

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

PROYECTO DE GRADUACIÓN

"Modelo de Gestión para la administración de proyectos de Ingeniería mediante Project Management for Results y Virtual Design Construction: Innovación digital para optimización de costos y tiempos"

Previo la obtención del Título de:

**Master en Ingeniería Civil mención Construcción y
Saneamiento.**

Presentado por:

Yudy Patricia Medina Sánchez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza, sabiduría y salud para alcanzar esta meta.

A mis padres, quienes con su amor, esfuerzo y enseñanzas han sido el pilar fundamental en mi vida,

A mi esposo Marcelo, compañero incondicional, por su amor, paciencia y apoyo inquebrantable en cada etapa de este camino.

A mis hijas Ariana y Rebeca, fuente inagotable de inspiración, que este logro sea un ejemplo de que con esfuerzo y determinación todo es posible.

A mi nieta, mi pequeña Galia, quien ilumina mi vida con su ternura y alegría.

A mi familia en general, por su cariño, comprensión y apoyo constante.

Este logro es de todos ustedes, porque sin su amor y respaldo, este camino habría sido mucho más difícil.

Con gratitud y cariño,

Yudy

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, el Ing. Cabrera, por su invaluable guía, paciencia y conocimientos compartidos a lo largo de este proceso. Su orientación fue clave para enriquecer este trabajo y llevarlo a un nivel de excelencia.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por brindarme las facilidades académicas y los recursos necesarios para desarrollar mi formación profesional en un ambiente de calidad y excelencia.

A mis compañeros de trabajo de mi querida Universidad Técnica de Machala por su constante apoyo. Sus palabras de aliento y confianza en mi capacidad fueron fundamentales para que pudiera perseverar y culminar este nuevo reto con éxito.

Este triunfo no es solo mío, sino de todos quienes han sido parte de este camino.

Yudy

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, Yudy Patricia Medina Sánchez acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, febrero del 2025.

Yudy Patricia Medina Sánchez

EVALUADORES

Fernanda Mejía Peralta

PROFESOR DE LA MATERIA

Rafael Cabrera García

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este estudio propone un enfoque innovador para mejorar la gestión de proyectos de ingeniería mediante la integración de Project Management for Results (PM4R) y Virtual Design Construction (VDC). Su objetivo es optimizar costos y tiempos en la construcción, utilizando herramientas digitales que permitan una planificación más precisa y reduzcan la incertidumbre en la ejecución.

Para el desarrollo de la investigación, se realizó una revisión de estudios previos sobre PM4R y VDC en la construcción. Luego, se implementó un modelo piloto en la construcción de una nave industrial en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala. En esta fase, se aplicaron herramientas como BIM 4D y 5D, el método del Valor Ganado (EVM) y sesiones de Ingeniería Concurrente Integrada (ICE) para evaluar su impacto en la gestión del proyecto.

Los resultados reflejaron una reducción del 15% en los tiempos de ejecución y una optimización del 20% en costos. Además, se mejoró la coordinación entre los equipos, reduciendo errores y retrasos. Se identificó la necesidad de fortalecer la capacitación en herramientas digitales y mejorar el monitoreo en tiempo real.

En conclusión, la integración de PM4R y VDC mejora la planificación y control de costos en proyectos de construcción. Se recomienda seguir validando este modelo en distintos proyectos e incorporar tecnologías emergentes, como inteligencia artificial y análisis de datos en tiempo real, para potenciar su impacto.

Palabras Clave: Gestión de proyectos, Project Management for Results (PM4R), Virtual Design Construction (VDC), Optimización de costos, Innovación digital

ABSTRACT

This study proposes an innovative approach to improving project management in civil engineering through the integration of Project Management for Results (PM4R) and Virtual Design Construction (VDC). Its objective is to optimize costs and execution times in construction by leveraging digital tools that enable more precise planning and reduce uncertainty during implementation.

For the development of this research, a literature review was conducted on the application of PM4R and VDC in the construction industry. Subsequently, a pilot model was implemented in the construction of an industrial warehouse at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Machala. During this phase, tools such as BIM 4D and 5D, the Earned Value Method (EVM), and Integrated Concurrent Engineering (ICE) sessions were applied to assess their impact on project management.

The results demonstrated a 15% reduction in execution times and a 20% optimization in costs. Additionally, coordination among project teams improved, leading to fewer errors and delays. The study identified the need to strengthen training in digital tools and enhance real-time monitoring to further improve project performance.

In conclusion, the integration of PM4R and VDC enhances planning and cost control in construction projects. It is recommended to continue validating this model in various projects and incorporate emerging technologies such as artificial intelligence and real-time data analysis to maximize its impact.

Keywords: *Project management, Project Management for Results (PM4R), Virtual Design Construction (VDC), Cost optimization, Digital innovation.*

INDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
1. CAPÍTULO 1	10
Introducción	10
1.1 Antecedentes	11
1.2 Localización	13
1.3 Estudios previos	14
1.4 Definición del problema	15
1.5 Justificación	16
1.5.1 Beneficiarios del Proyecto	17
1.6 Objetivo	18
1.6.1 Objetivo General	18
1.6.2 Objetivos Específicos	18
2. CAPÍTULO 2	19
DESARROLLO DEL PROYECTO	19
2.1 Marco conceptual	19
2.1.1 Gestión de Proyectos	19
2.1.2 Building Information Modeling (BIM)	19
2.1.3 Sinergias entre BIM y Construcción Lean	19
2.1.4 Áreas de Conocimiento en la Gestión de Proyectos	20
2.1.5 Retos y oportunidades en la adopción de BIM	20

2.1.6	Importancia de la Educación y formación en BIM	20
2.1.7	Innovación y Desarrollo Tecnológico	21
2.2	Marco metodológico.....	22
2.2.1	Trabajo de gabinete	22
2.2.2	Trabajo de campo	26
2.2.3	Tabulación de datos	26
2.2.4	Solución a diseñar.....	26
2.3.	Plan de trabajo actualizado.....	27
3.	CAPÍTULO 3	28
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
3.1.	Resultados.....	28
3.1.1.	ANALISIS FODA DE LA METODOLOGIA PM4R	28
3.1.2.	Capacidades de VDC.....	30
3.1.3.	Modelo de gestión PM4R y VDC, (NAVE INDUSTRIAL)	33
3.2.	Análisis de resultados	34
3.2.1.	Trabajo en Revit.....	35
3.2.2.	Curva “S”	39
3.3.	Diseño de la solución.....	40
3.3.1.	Estrategias de Implementación	40
3.3.2.	Gestión Financiera y Control de Costos	41
3.3.3.	Mitigación de Riesgos	41
4.	CAPÍTULO 4	48
	Conclusiones Y Recomendaciones	48
	Conclusiones	48
	Recomendaciones.....	49
	Referencias.....	50

ANEXOS.....	51
-------------	----

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PM4R	Project Management for Results
VDC	Virtual Design and Construction
BIM	Building Information Modeling
ICE	Integrated Concurrent Engineering
PMP	Project Management Professional
UTMACH	Universidad Técnica de Machala
FIC	Facultad de Ingeniería civil

SIMBOLOGÍA

m	metro
m ²	Metro cuadrado
M ³	Metro cubico

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 LOCALIZACIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL DE LA FIC	13
FIGURA 2.1 FASES DE INVESTIGACIÓN TIPO CASCADA	22
FIGURA 3.1 MODELAMIENTO DE ESCENARIOS CONSTRUCTIVOS.....	31
FIGURA 3.2 OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS	32
FIGURA 3.3 REDUCCIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS	32
FIGURA 3.4 MODELO DE GESTIÓN PM4R Y VDC	33
FIGURA 3.5 CREACIÓN DE PARÁMETROS.....	36
FIGURA 3.6 SELECCIÓN DE ELEMENTO	36
FIGURA 3.7 PARÁMETROS Y METRAJE.....	37
FIGURA 3.8 TABLA DE PLANIFICACIÓN EN REVIT	38
FIGURA 3.9 CURVA "S"	39
FIGURA 3.10 DASHBOARD	43

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CRONOGRAMA ACTUALIZADO	27
TABLA 3.1 ANÁLISIS FODA DE LA METODOLOGÍA PM4R.....	29
TABLA 3.2 RENDIMIENTOS POR ACTIVIDAD	46

1. CAPÍTULO 1

Introducción

La gestión eficiente de proyectos de ingeniería se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de infraestructuras sostenibles y competitivas. En un mundo globalizado, donde los retrasos y sobrecostos son frecuentes, las metodologías innovadoras, como Project Management for Results (PM4R) y Virtual Design Construction (VDC), ofrecen herramientas prometedoras para abordar estos desafíos ((BID), 2019)

La metodología PM4R, desarrollada por el BID, se enfoca en garantizar que los proyectos cumplan sus objetivos estratégicos mediante una gestión orientada a resultados, optimizando los recursos disponibles. Por su parte, el enfoque VDC permite integrar procesos de diseño y construcción utilizando modelos digitales que favorecen la toma de decisiones, la coordinación y la eficiencia (Eastman, 2020). La combinación de estas herramientas no solo asegura el cumplimiento de los objetivos de tiempo y costo, sino que también fomenta la innovación y sostenibilidad en proyectos de ingeniería.

Este trabajo se centra en diseñar un modelo de gestión que integre ambas metodologías, con el objetivo de optimizar los costos y tiempos en proyectos de construcción. Este enfoque se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en la meta 9.1, que promueve infraestructuras resilientes, y la meta 12.2, orientada a garantizar patrones sostenibles de consumo y producción (Unidas, 2019).

Al integrar las metodologías PM4R y VDC, este proyecto busca abordar de manera integral los desafíos en la gestión de proyectos de ingeniería, especialmente aquellos relacionados con la optimización de recursos y la mejora en los procesos de planificación y ejecución. Su relevancia radica no solo en la mejora de resultados operativos, sino también en su contribución a prácticas de construcción más sostenibles y competitivas.

Este modelo propone ser una solución replicable que fomente la innovación digital, permitiendo una transición más eficiente hacia la construcción inteligente en Ecuador y otros países con necesidades similares de modernización en el sector.

1.1 Antecedentes

La industria de la construcción representa uno de los sectores económicos más importantes a nivel global, pero enfrenta retos significativos relacionados con la eficiencia operativa y la sostenibilidad. Según datos de (Company., 2019), hasta el 70% de los proyectos de construcción exceden sus presupuestos iniciales, mientras que el 61% no cumple con los plazos establecidos. Este panorama resalta la necesidad de implementar modelos de gestión más innovadores que permitan optimizar el desempeño.

La metodología PM4R, ampliamente utilizada en proyectos de desarrollo financiados por el BID, ha demostrado ser una herramienta eficaz para asegurar resultados sostenibles, mediante la integración de procesos de planificación, ejecución y monitoreo basados en indicadores claros ((BID), 2019) Simultáneamente, el enfoque VDC ha revolucionado la gestión de proyectos al introducir herramientas digitales que mejoran la visualización y coordinación, logrando reducir errores en la fase de construcción hasta en un 25% (Eastman, 2020)

En Ecuador, el sector de la construcción enfrenta retos específicos relacionados con la falta de integración tecnológica y la limitada capacitación en metodologías avanzadas. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos ((INEC)., 2021) más del 60% de los proyectos exceden los plazos y costos previstos, afectando la competitividad del sector.

A pesar de los avances en metodologías y tecnologías, persisten vacíos importantes en su implementación conjunta, particularmente en países en vías de desarrollo como Ecuador. Aunque PM4R ha demostrado su efectividad en garantizar resultados sostenibles, su uso ha sido mayormente limitado a proyectos financiados por organismos multilaterales, dejando un espacio para adaptarlo a contextos locales y proyectos privados. Por otro lado, aunque VDC ha mostrado su potencial para reducir errores y optimizar recursos, su adopción enfrenta barreras relacionadas con la falta de

capacitación especializada y la resistencia al cambio tecnológico en el sector de la construcción.

En el contexto ecuatoriano, donde el sector enfrenta altos índices de sobrecostos y plazos incumplidos, estas herramientas presentan una oportunidad estratégica. Sin embargo, la ausencia de modelos integrados que combinen las fortalezas de PM4R y VDC limita el aprovechamiento de estas metodologías. Estudios recientes subrayan la necesidad de enfoques más holísticos que aborden no solo la planificación y ejecución, sino también la integración efectiva de las tecnologías en todo el ciclo de vida de los proyectos.

Este proyecto propone llenar este vacío mediante el diseño de un modelo de gestión que no solo optimice costos y tiempos, sino que también fomente la sostenibilidad y competitividad del sector de la construcción en Ecuador. Al abordar las limitaciones identificadas, esta investigación contribuirá al desarrollo de nuevas prácticas de gestión alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, estableciendo un estándar replicable en otros contextos similares.

Este proyecto busca proponer un modelo de gestión que combine las fortalezas de PM4R y VDC, estableciendo un enfoque sistemático para superar estas limitaciones.

1.2. Localización

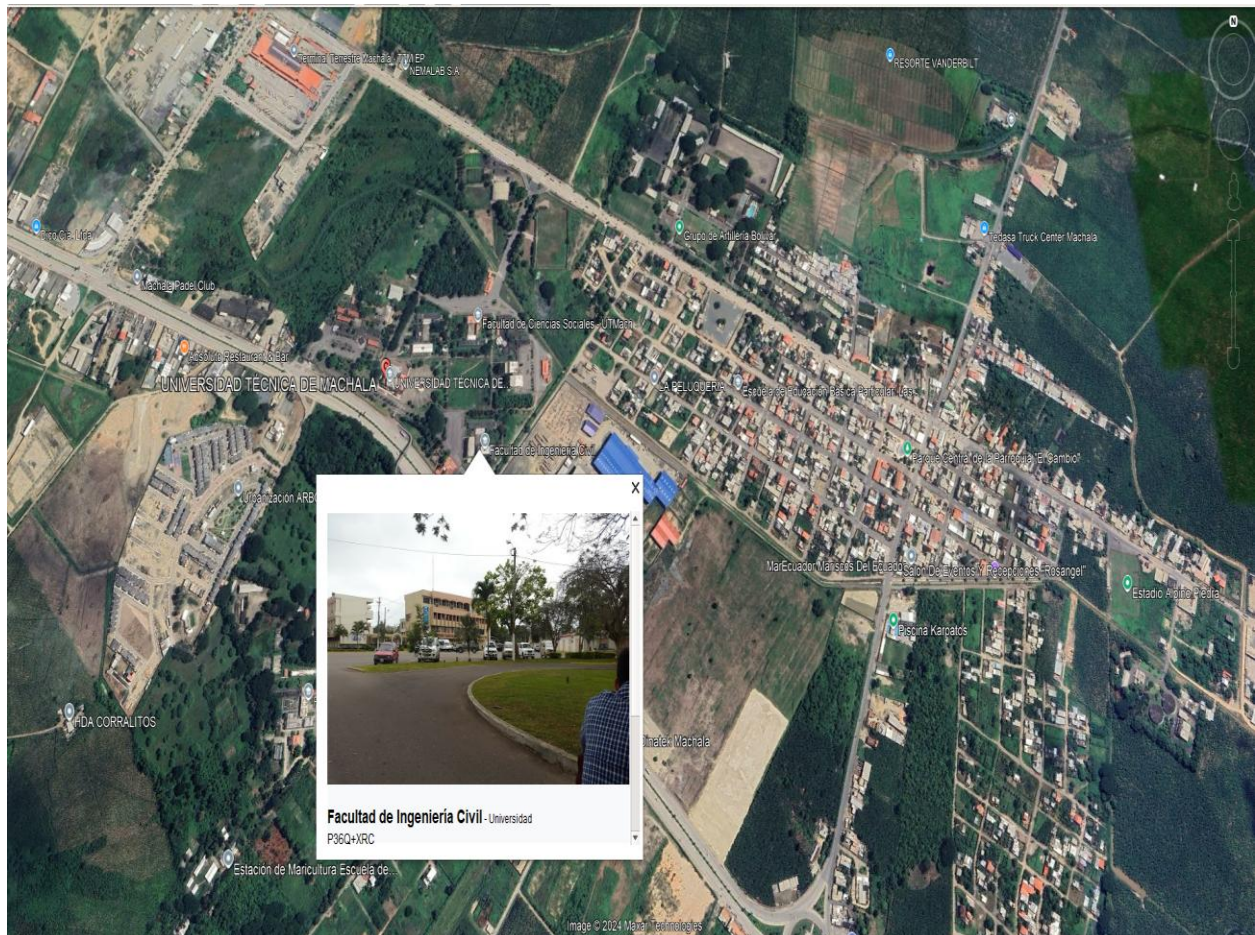


Figura 1.1 Localización de la Nave Industrial de la FIC

La Universidad Técnica de Machala (UTMACH) está situada en la ciudad de Machala, capital de la provincia de El Oro, Ecuador. Su campus principal se encuentra en la Avenida Panamericana, km 5 $\frac{1}{2}$, Vía a Pasaje, con coordenadas aproximadas 3°16'19.4"S 79°57'48.3"W. Esta ubicación estratégica facilita el acceso desde diferentes sectores de la ciudad y sus alrededores. La Facultad de Ingeniería Civil, perteneciente a la UTMACH, se encuentra dentro del campus principal.

El campus universitario cuenta con amplias instalaciones académicas, administrativas y recreativas, diseñadas para fomentar el desarrollo integral de sus estudiantes. Además, su ubicación conecta con las principales vías de comunicación de la región, favoreciendo su integración con la comunidad y el entorno.

El modelo propuesto se aplicará en proyectos de ingeniería desarrollados en Ecuador, específicamente en el sector de la construcción urbana. Este ámbito fue seleccionado debido a su importancia económica y a los desafíos recurrentes de sobrecostos y plazos extendidos, problemas que afectan tanto a la competitividad del sector como a la satisfacción de las necesidades de infraestructura en las comunidades. Como parte de la validación y desarrollo del modelo, se implementará un prototipo en la construcción de la Nave Industrial para el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la ciudad de Machala, provincia de El Oro.

Este proyecto piloto permitirá evaluar la efectividad del modelo en un entorno real, aplicando metodologías avanzadas como Project Management for Results (PM4R) y Virtual Design and Construction (VDC). La Nave Industrial servirá no solo como infraestructura académica para fortalecer la formación práctica de los estudiantes de ingeniería civil, sino también como un caso de estudio para analizar cómo estas herramientas pueden mejorar la gestión de recursos, reducir costos y optimizar tiempos de ejecución en el contexto de la construcción urbana en Ecuador. La experiencia obtenida en este proyecto proporcionará información clave para ajustar y escalar el modelo a otros proyectos de ingeniería en el país, promoviendo así una transformación digital en la industria de la construcción nacional.

1.3. Estudios previos

Aquí se ha planteado la construcción de la Nave Industrial del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil. Esta infraestructura servirá de modelo para aplicar las metodologías, basado en Project Management for Results (PM4R) y Virtual Design and Construction (VDC), y se enfoca en la integración de herramientas digitales y técnicas de planificación avanzada para optimizar costos, tiempos y recursos en proyectos de ingeniería, alineándose con las tendencias globales de la industria de la construcción.

En proyectos recientes, la implementación de VDC ha demostrado ser altamente efectiva. Un caso destacado es el Centro de Bienestar Universitario de la Universidad de Lima, donde la metodología permitió optimizar significativamente los procesos logísticos

y operativos de la construcción, reduciendo el tiempo de ingreso de vehículos y mejorando la coordinación general de la obra (Stanford, Center for Professional Developmet, 2020). Estos beneficios se logran gracias al modelado virtual y a la simulación de escenarios, que facilitan la detección temprana de conflictos y la toma de decisiones informada.

En Ecuador, la adopción de VDC en proyectos académicos y constructivos aún se encuentra en etapas iniciales, pero ya se vislumbran iniciativas prometedoras. En este sentido, la propuesta de adecuación de la Nave Industrial no solo se alinea con los avances globales, sino que también contribuye a posicionar a la Universidad Técnica de Machala como un referente en la implementación de tecnologías digitales aplicadas a la ingeniería civil. El uso de herramientas como BIM y modelos 3D integrados dentro de VDC permite una planificación precisa, mejora la colaboración entre los equipos involucrados y reduce la incertidumbre en los resultados esperados (Universidad de los Andes, 2024).

El laboratorio adecuado con este enfoque se convertirá en un espacio de aprendizaje y práctica para estudiantes y docentes, quienes tendrán la oportunidad de trabajar con herramientas tecnológicas de última generación y aplicar metodologías modernas de gestión de proyectos. Esto no solo fortalecerá las competencias técnicas de los futuros ingenieros civiles, sino que también sentará las bases para una mayor vinculación entre la academia y la industria, generando soluciones innovadoras y sostenibles para los desafíos locales y regionales.

1.4. Definición del problema

El sector de la construcción en Ecuador enfrenta retos significativos relacionados con la gestión ineficiente de proyectos, los cuales se traducen en sobrecostos, retrasos y una competitividad limitada a nivel local e internacional, más del 60% de los proyectos exceden los plazos previstos, mientras que el 70% sobrepasa los presupuestos iniciales. Estas cifras no solo evidencian un problema estructural en los procesos de gestión, sino también la necesidad urgente de modernizar las herramientas y enfoques utilizados en

la planificación y ejecución de proyectos, según datos del Instituto nacional de Estadística y Censos ((INEC)., 2021)

Entre las principales causas de esta problemática se encuentran la falta de integración entre las etapas de diseño y construcción, la limitada adopción de tecnologías avanzadas y una deficiente coordinación entre los actores involucrados. Estas deficiencias generan una desconexión que afecta directamente los resultados de los proyectos, traducida en infraestructuras de baja calidad y costos adicionales que impactan tanto a las empresas constructoras como a los usuarios finales. Además, estas fallas limitan la capacidad del sector para cumplir con las metas de sostenibilidad y eficiencia necesarias en el contexto actual.

La integración de metodologías modernas como Project Management for Results (PM4R) y herramientas digitales avanzadas como Virtual Design Construction (VDC) representa una solución prometedora para superar estos desafíos. PM4R, con su enfoque en la planificación orientada a resultados, y VDC, con su capacidad para modelar y simular escenarios constructivos, permiten mejorar la coordinación, optimizar recursos y garantizar la transparencia en todas las etapas del proyecto. Este modelo no solo mejorará la eficiencia y calidad de las obras, sino que también permitirá alinear los proyectos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, maximizando el impacto social, económico y ambiental de las infraestructuras. (Universidad de los Andes, 2024)

1.5. Justificación

La problemática de los retrasos, sobrecostos y la baja competitividad en la gestión de proyectos de construcción en Ecuador tiene implicaciones prácticas, económicas y sociales significativas. La falta de integración tecnológica y de metodologías avanzadas afecta tanto a las empresas constructoras como a los usuarios finales, quienes enfrentan infraestructuras de calidad cuestionable y costos indirectos elevados. Resolver esta problemática es crucial para optimizar recursos, aumentar la competitividad del sector y garantizar un desarrollo sostenible, elementos esenciales para el crecimiento económico del país. Este proyecto aborda estas deficiencias al combinar herramientas innovadoras

como Project Management for Results (PM4R) y Virtual Design Construction (VDC), estableciendo un modelo de gestión integral.

El proyecto contribuirá significativamente a la optimización de procesos constructivos mediante la implementación de tecnologías digitales y metodologías orientadas a resultados. El uso combinado de PM4R y VDC permitirá mejorar la planificación, reducir errores en el diseño, agilizar la ejecución y controlar los costos, garantizando una mayor eficiencia en los proyectos de ingeniería.

corto plazo, se espera una reducción de hasta un 20% en los costos de construcción y una disminución del 15% en los plazos de entrega, según datos de implementaciones similares. A largo plazo, el proyecto establecerá un estándar replicable que promoverá la adopción de tecnologías digitales y fomentará prácticas sostenibles en el sector de la construcción.

1.5.1. Beneficiarios del Proyecto

El proyecto generará múltiples beneficios significativos para diversos actores clave. Las empresas constructoras mejorarán su eficiencia operativa y fortalecerán su competitividad en el mercado, optimizando procesos y reduciendo costos. Los clientes y usuarios finales disfrutarán de infraestructuras de mayor calidad a un costo más accesible, lo que se traducirá en una mejor experiencia y satisfacción con los servicios provistos. Por su parte, los gobiernos locales encontrarán en el proyecto una herramienta para cumplir con sus metas de desarrollo sostenible, maximizando el impacto social y económico de los recursos destinados a proyectos públicos y fortaleciendo su capacidad de gestión.

El proyecto se alinea directamente con los ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y ODS 12 (Producción y consumo responsables). Promueve la construcción de infraestructuras resilientes mediante la optimización de recursos y la implementación de tecnologías avanzadas, y fomenta la sostenibilidad mediante la planificación eficiente y la reducción del desperdicio en proyectos de construcción. Estos avances contribuirán a un uso más racional de los recursos y a la sostenibilidad del sector a nivel nacional.

Aunque el enfoque inicial está en Ecuador, el modelo propuesto tiene un impacto potencial más allá del contexto local. Al abordar desafíos comunes en la industria de la construcción, como la falta de integración tecnológica y la baja eficiencia operativa, el proyecto establece un estándar replicable para otras regiones con necesidades similares. Esto no solo maximiza su relevancia, sino que también posiciona el modelo como una solución adaptable a nivel global, especialmente en países en desarrollo que buscan modernizar sus procesos de construcción. (Velez, 2018)

1.6. Objetivo

1.6.1. Objetivo General

Desarrollar un modelo de gestión para proyectos de ingeniería que integre las metodologías PM4R y VDC, mediante la innovación digital, para la optimización de costos y tiempos en el sector de la construcción.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar la metodología PM4R para identificando sus fortalezas y áreas de oportunidad en la gestión de proyectos de ingeniería.
- Evaluar las capacidades de VDC para el modelamiento de escenarios constructivos y la optimización de recursos, destacando su impacto en la reducción de costos y tiempos en proyectos de construcción.
- Diseñar un modelo de gestión que integre PM4R y VDC, proponiendo estrategias prácticas para la optimización de procesos en proyectos de ingeniería.

2. CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos se ha consolidado como una disciplina esencial para la planificación y ejecución de iniciativas en diversos ámbitos. Desde la antigüedad, proyectos como las pirámides egipcias o los acueductos romanos demostraron la necesidad de estructuras organizadas para alcanzar objetivos complejos. Sin embargo, no fue hasta mediados del siglo XX que esta disciplina se formalizó con metodologías como el PERT y CPM, promovidas por entidades como el Project Management Institute (PMI), que creó el PMBOK®, un marco de referencia estándar internacional para la gestión de proyectos (Velez, 2018)

2.1.2 Building Information Modeling (BIM)

El Modelado de Información de Construcción (BIM) ha emergido como un cambio de paradigma en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC). BIM integra políticas, procesos y tecnologías para gestionar de manera digital los datos de diseño y construcción a lo largo del ciclo de vida de un edificio. Entre sus beneficios destacan la reducción de errores de diseño, la optimización de costos y el aumento de la colaboración entre las partes interesadas (Behzad Abbasnejad, 2020). Además, niveles avanzados de BIM, como 4D y 5D, permiten simular cronogramas y estimaciones de costos, lo que aumenta la eficiencia del proyecto (Tran, 2024)

2.1.3 Sinergias entre BIM y Construcción Lean

La integración de BIM con principios de construcción Lean fomenta una colaboración efectiva y una reducción de desperdicios. La metodología Lean, orientada a maximizar el valor y minimizar el desperdicio, complementa las capacidades de BIM al proporcionar

una estructura óptima para la gestión de procesos y la coordinación de equipos multidisciplinarios (Mandujano, 2021). La implementación conjunta de BIM y Lean ha demostrado mejorar significativamente la productividad y calidad en proyectos de construcción, además de facilitar la toma de decisiones fundamentadas en datos integrados.

2.1.4 Áreas de Conocimiento en la Gestión de Proyectos

El PMBOK® define 10 áreas de conocimiento esenciales para la gestión de proyectos, incluyendo la gestión de tiempo, costos, calidad y riesgos (PMI, 2017). Estas áreas proveen un marco sistemático que permite a los gerentes de proyectos abordar las complejidades inherentes a cada iniciativa (Cruz Montero, 2020). La integración de estas áreas con herramientas tecnológicas como BIM amplía la capacidad de planificación y control, asegurando el éxito en la entrega de proyectos.

2.1.5 Retos y oportunidades en la adopción de BIM

Aunque BIM ofrece significativas ventajas, su adopción enfrenta retos tecnológicos, organizacionales y culturales. La resistencia al cambio y la falta de capacitación son barreras comunes. Además, la selección de software adecuado y la gestión de datos interdisciplinarios requieren una estrategia clara y recursos significativos (Tran, 2024). Para superar estas barreras, se recomienda la implementación de programas de capacitación y el desarrollo de una cultura organizacional orientada a la innovación y colaboración.

2.1.6 Importancia de la Educación y formación en BIM

La educación y la formación continua son factores determinantes para el éxito en la implementación de BIM. Programas educativos especializados permiten a los profesionales adquirir competencias necesarias para manejar herramientas y procesos relacionados con BIM. Según Abbasnejad et al. (2021), la falta de formación adecuada puede limitar significativamente los beneficios potenciales de BIM en las organizaciones.

Desde la metodología PM4R (Project Management for Results) desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y que está diseñada para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos, especialmente en contextos de desarrollo. PM4R se basa en el enfoque de gestión orientada a resultados, el cual busca garantizar que los proyectos no solo cumplan con sus objetivos dentro de los tiempos y presupuestos estipulados, sino también generen impactos positivos y sostenibles en las comunidades beneficiarias.

Esta metodología se estructura en tres fases principales:

- Planificación para resultados: Incluye la definición clara de los objetivos, indicadores de éxito y recursos necesarios para alcanzar los resultados deseados.
- Ejecución orientada a resultados: Promueve el monitoreo continuo y la gestión adaptativa para garantizar que los proyectos se ajusten a los cambios y riesgos que puedan surgir.
- Evaluación y aprendizaje: Se centra en medir el desempeño del proyecto, identificar lecciones aprendidas y garantizar la sostenibilidad de los resultados alcanzados.

PM4R también fomenta el uso de herramientas digitales y metodologías participativas para mejorar la colaboración entre los actores involucrados en los proyectos. Su aplicación ha demostrado ser especialmente útil en proyectos financiados por el BID en sectores como infraestructura, educación y salud, donde los recursos y resultados deben ser gestionados con gran eficiencia. (BID Ernesto Mondelo, 2019)

2.1.7 Innovación y Desarrollo Tecnológico

La integración de BIM con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) promete una transformación aún más profunda en la gestión de proyectos. Herramientas basadas en IA pueden mejorar la detección de conflictos, optimizar cronogramas y predecir posibles desviaciones en tiempo real (Tran, 2024). Además, la combinación de BIM con metodologías ágiles fortalece la capacidad de adaptación ante los cambios del entorno.

2.2 Marco metodológico

Se aplicará la metodología tipo cascada, un modelo secuencial y estructurado que divide el proyecto en fases progresivas, donde cada etapa depende de la finalización de la anterior. Este enfoque garantiza un control riguroso, minimiza riesgos y asegura el cumplimiento sistemático de los objetivos establecidos.

El estudio la investigación es aplicada y explicativa. Es aplicada porque busca resolver problemas específicos en la gestión de proyectos de ingeniería, y es explicativa al profundizar en las relaciones entre las herramientas digitales y metodologías utilizadas para optimizar costos y tiempos. Además, se emplea un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para un análisis integral del problema y la validación de resultados (Cruz Montero, 2020)

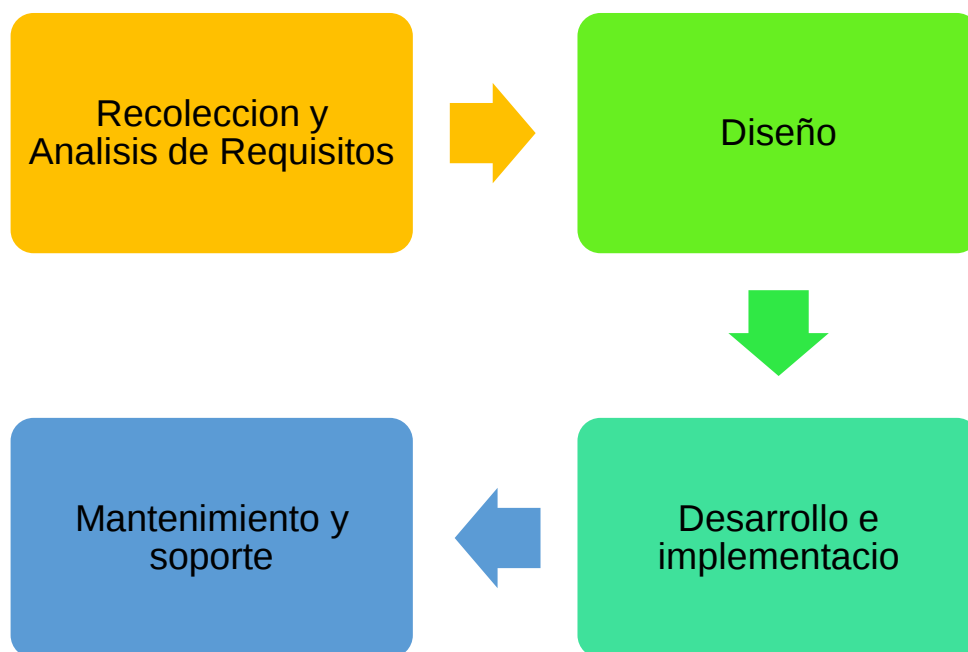


Figura 2.1 Fases de Investigación Tipo Cascada

2.2.1 Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete implica el procesamiento y análisis de datos obtenidos durante el trabajo de campo. Se emplearon herramientas como Autodesk Revit para generar modelos BIM, que permitieron realizar simulaciones de escenarios y detectar conflictos en los diseños. Además, se utilizaron plataformas de gestión como Primavera P6 para

comparar los cronogramas planeados con los reales. Las estadísticas recolectadas también incluyen indicadores clave de desempeño (KPI) como el índice de rendimiento de costos (CPI) y el índice de rendimiento del cronograma (SPI).

2.2.1.1 Recolección y Análisis de Requisitos

En esta fase inicial, el objetivo principal fue identificar, documentar y analizar los requisitos específicos del proyecto. Se aseguró un entendimiento claro de las necesidades de los usuarios, las restricciones del sistema y las condiciones del entorno. Las herramientas empleadas incluyen entrevistas, cuestionarios, reuniones con los stakeholders, análisis documental y de requisitos. Los datos de entrada son solicitudes iniciales de los clientes, normativas aplicables y documentación técnica previa. Esta etapa representa entre el 15% y el 20% del tiempo total del proyecto, dependiendo de su complejidad.

2.2.1.2 Diseño

Durante la fase de diseño, se desarrolla una solución técnica detallada que cumpla con los requisitos identificados en la fase anterior. Esto incluye la creación de diagramas de procesos, planos técnicos y especificaciones de diseño que servirán como guía para la implementación. Las herramientas utilizadas comprenden software CAD, herramientas de modelado como AutoCAD, Revit. Los datos de entrada son los requisitos funcionales y no funcionales documentados previamente. Esta fase ocupa aproximadamente el 20% del tiempo total del proyecto.

2.2.1.3 Desarrollo e Implementación

La etapa de desarrollo e implementación se enfoca en la construcción y ensamblaje de los componentes del proyecto de la construcción de la Nave Industrial en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala según el diseño aprobado. Este proceso incluye la programación, integración y construcción, utilizando herramientas especializadas de desarrollo descritas anteriormente, plataformas de integración continua y equipos específicos para la ejecución física, según corresponda. Los datos de entrada incluyen los planos y especificaciones técnicas generadas en la fase de

diseño. Esta es la fase más extensa del proyecto, abarcando entre el 30% y el 40% del tiempo total.

2.2.1.4 Mantenimiento y Soporte

La última fase del proceso es el mantenimiento y soporte continuo del sistema o infraestructura. Esta etapa asegura el correcto funcionamiento del producto a lo largo del tiempo y permite realizar ajustes o mejoras según las necesidades. Las herramientas utilizadas incluyen plataformas de monitoreo y gestión, sistemas de tickets para la resolución de incidencias y herramientas de mantenimiento preventivo. Los datos de entrada provienen de reportes de uso, retroalimentación de los usuarios y monitoreos periódicos. Esta fase no tiene un límite fijo y se realiza de manera permanente o periódica según lo requerido.

El diseño metodológico se estructura en cuatro fases principales:

Revisión Bibliográfica: Se realiza un análisis exhaustivo de literatura académica y documentos técnicos relevantes sobre PM4R, VDC, BIM y construcción Lean. La revisión incluye estudios de caso y artículos de revistas indexadas que detallan la aplicación de estas metodologías en proyectos de ingeniería.

Diseño del Modelo de Gestión: Basado en los principios de PM4R y VDC, se desarrolla un modelo de gestión que integra:

- Fases de PM4R: Planificación orientada a resultados, ejecución adaptativa y evaluación para aprendizaje.
- Elementos de VDC: Uso de BIM como herramienta de simulación de escenarios, colaboración interdisciplinaria y análisis de datos en tiempo real.
- Aplicación Piloto: Se selecciona un proyecto de ingeniería civil para implementar el modelo desarrollado. Uno de los proyectos se gestiona con

metodologías tradicionales. Durante esta fase, se monitorean los indicadores de rendimiento clave, como la reducción de costos, el cumplimiento de cronogramas y la eficiencia de los recursos (Velez, 2018)

Análisis de Resultados y Validación: Los resultados obtenidos en los proyectos piloto se analizan para determinar la efectividad del modelo en comparación con las prácticas tradicionales. Se aplican técnicas de análisis estadístico y entrevistas cualitativas con los involucrados para validar el impacto del modelo en la optimización de costos y tiempos.

Herramientas y Técnicas:

- Software de Gestión de Proyectos: Se utiliza software como Autodesk Revit para la implementación de BIM y Primavera P6 para la gestión de cronogramas.
- Métodos Participativos: Talleres con partes interesadas para garantizar que los objetivos del proyecto sean comprendidos y alineados con las necesidades de los beneficiarios ((BID), 2019)

Entre las limitaciones del estudio se encuentran la resistencia al cambio por parte de los equipos de trabajo y la falta de experiencia en el uso de herramientas digitales avanzadas. Además, la aplicación piloto está restringida a un número reducido de proyectos, lo que podría limitar la generalización de los resultados

El modelo propuesto se alinea con los principios de sostenibilidad y responsabilidad social, promoviendo prácticas constructivas que minimicen el impacto ambiental y maximicen el beneficio comunitario. Además, se asegura el consentimiento informado de todos los participantes en el estudio.

El marco metodológico descrito proporciona un enfoque sistemático para el desarrollo y validación de un modelo de gestión innovador que combina PM4R y VDC. Este modelo no solo busca optimizar costos y tiempos, sino también fomentar la sostenibilidad y la colaboración interdisciplinaria en los proyectos de ingeniería.

2.2.2 Trabajo de campo

En este estudio, el trabajo de campo consistió en la observación y recopilación de datos del proyecto de ingeniería seleccionado como piloto que es la Nave Industrial, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala. Las actividades incluyen entrevistas con los equipos de proyecto, inspecciones en sitio para evaluar el progreso de las obras y levantamientos de información relacionada con el uso de recursos y cumplimiento de cronogramas. Estos datos son fundamentales para identificar brechas en la gestión y evaluar el impacto del modelo propuesto frente a metodologías tradicionales.

2.2.3 Tabulación de datos

Los datos obtenidos se tabularon utilizando metodologías basadas en BIM, VDC y PM4R. Esto incluirá la organización de información sobre costos, tiempos y desviaciones identificadas durante los proyectos piloto. Por ejemplo, tablas comparativas que muestran las diferencias en los resultados entre el modelo tradicional y el propuesto. Estas tablas facilitarán la identificación de patrones y áreas de mejora en la gestión. Ver Anexo 1

2.2.4 Solución a diseñar

Consiste en un modelo integrado de PM4R y VDC que aborda las principales limitaciones de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos. Este modelo se implementó en los proyectos piloto siguiendo estas etapas:

- Planificación inicial: Definición de objetivos claros basados en resultados, utilizando la estructura de PM4R.
- Uso de BIM: Creación de modelos 3D para visualizar escenarios y optimizar la colaboración entre disciplinas.
- Monitoreo y control: Aplicación de herramientas digitales para rastrear avances, predecir riesgos y ajustar los cronogramas en tiempo real.

- Evaluación final: Análisis de los resultados para validar la efectividad del modelo en la optimización de costos y tiempos, así como en la mejora de la calidad del proyecto.

Herramientas y Técnicas: Software de Gestión de Proyectos: Se utiliza software como Autodesk Revit para la implementación de BIM y Project libre para la gestión de cronogramas.

2.3. Plan de trabajo actualizado

Tabla 2.1 Cronograma Actualizado

Actividad	Fecha de Inicio	Fecha de Fin
Selección del Tema	29/11/2024	31/11/2024
Presentación del Proyecto de Titulación	11/11/2024	21/11/2024
Recolección de datos en campo	18/11/2024	30/11/2024
Análisis preliminar de datos recolectados	01/12/2024	15/12/2024
Implementación del modelo de gestión (PM4R + VDC)	16/12/2024	29/12/2024
Simulación y análisis de resultados con software	30/12/2024	15/01/2025
Redacción del informe preliminar	16/01/2025	23/01/2025
Revisión y corrección del informe	24/01/2025	31/01/2025
Presentación final del proyecto	01/02/2025	09/02/2025

3. CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

E. Quiso. En el 2021 evidenció en su estudio titulado “Propuesta de aplicación de sesiones ICE y BIM para incrementar la productividad en la construcción” que uno de los desafíos más significativos en la industria de la construcción es su baja productividad. En respuesta a esta problemática, se pretende mejorar la eficiencia en la ejecución de edificaciones y las estrategias adoptadas fueron la metodología de Diseño y Construcción Virtual (VDC), la cual se fundamenta en cuatro pilares esenciales: Modelado de Información para la Construcción (BIM), Ingeniería Concurrente Integrada (ICE), métricas de desempeño y Gestión de Proyectos por Resultado (PM4R). (E Quiso, 2021).

El proyecto propone integrar las metodologías PM4R y VDC para optimizar costos y tiempos en la construcción de proyectos de ingeniería civil. Los resultados esperados se centran en mejorar la eficiencia operativa, reducir errores y fomentar la sostenibilidad. Se anticipa que, mediante la implementación piloto en la construcción de la Nave Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala.

3.1.1. ANALISIS FODA DE LA METODOLOGIA PM4R

La metodología PM4R tiene un gran potencial para mejorar la gestión de proyectos de ingeniería, especialmente en contextos donde la planificación y el control son críticos. Sin embargo, su éxito dependerá de la capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto y de superar desafíos como la resistencia al cambio y la falta de recursos.

Tabla 3.1 Análisis FODA de la Metodología PM4R

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
• Planificación Orientada a Resultados: PM4R promueve la planificación basada en resultados, lo que permite a los equipos de ingeniería alinear sus actividades con los objetivos estratégicos del proyecto. • Adaptabilidad: Puede aplicarse a diferentes tipos de proyectos de ingeniería. • Herramientas estandarizadas: PM4R utiliza herramientas estándar como la Estructura Desglosada del Trabajo (EDT), el cronograma, la curva S, y la matriz de riesgos, que son ampliamente reconocidas y aplicables a proyectos de ingeniería. • Capacitación y certificación: Avalada por el BID, brindando credibilidad. • Enfoque en la planificación: Permite evitar sobrecostos y retrasos y da un enfoque en la gestión de riesgos, lo que es crucial en proyectos de ingeniería, donde los riesgos técnicos, financieros y ambientales son comunes. • Orientación al sector público: Beneficiosa en proyectos de infraestructura.	• Expansión en proyectos de ingeniería: Potencial para su adopción en países en desarrollo. • Integración con tecnologías emergentes: Uso de IA, Big Data y BIM para optimizar procesos. • Colaboración internacional: Facilita cooperación en proyectos transfronterizos. • Fortalecimiento de capacidades locales: Capacitación de equipos locales. • Enfoque en sostenibilidad: Posibilidad de incluir criterios ambientales. • Monitoreo y Control Continuo: La metodología incluye herramientas como el valor ganado (VG) para monitorear el avance del proyecto en términos de costos y plazos, lo que es esencial en proyectos de ingeniería donde los desvíos pueden ser costosos.

DEBILIDADES	AMENAZAS
• Complejidad inicial: Puede ser difícil de adoptar sin experiencia en gestión de proyectos. • Dependencia de la capacitación: Requiere formación especializada para su efectividad. • Enfoque en el sector público: Dificultad para adaptarse a proyectos privados. • Rigidez en algunos procesos: Puede percibirse como demasiado estructurado. • Falta de seguimiento post-proyecto: Deficiencias en la fase de operación y mantenimiento.	• Resistencia al cambio: Dificultades en organizaciones tradicionales. • Competencia de otras metodologías • Falta de recursos financieros: Limitaciones presupuestarias pueden afectar su implementación. • Contextos políticos y burocráticos: Obstáculos en la gestión del sector público. • • Riesgos externos: Factores como desastres naturales e inestabilidad económica.

3.1.2. Capacidades de VDC.

VDC (Diseño y Construcción Virtual) es una herramienta avanzada en la gestión de proyectos de construcción que permite mejorar la planificación y ejecución mediante el Modelamiento de escenarios constructivos. Con su capacidad para visualizar y analizar múltiples opciones antes de la construcción física, facilita la identificación de riesgos y optimización de procesos. Además, permite la optimización de recursos al coordinar mejor la asignación de materiales, personal y tiempo, evitando desperdicios y sobrecostos. Gracias a su enfoque integrador, VDC contribuye significativamente a la

reducción de costos y tiempos, asegurando una ejecución más eficiente y alineada con los objetivos del proyecto.

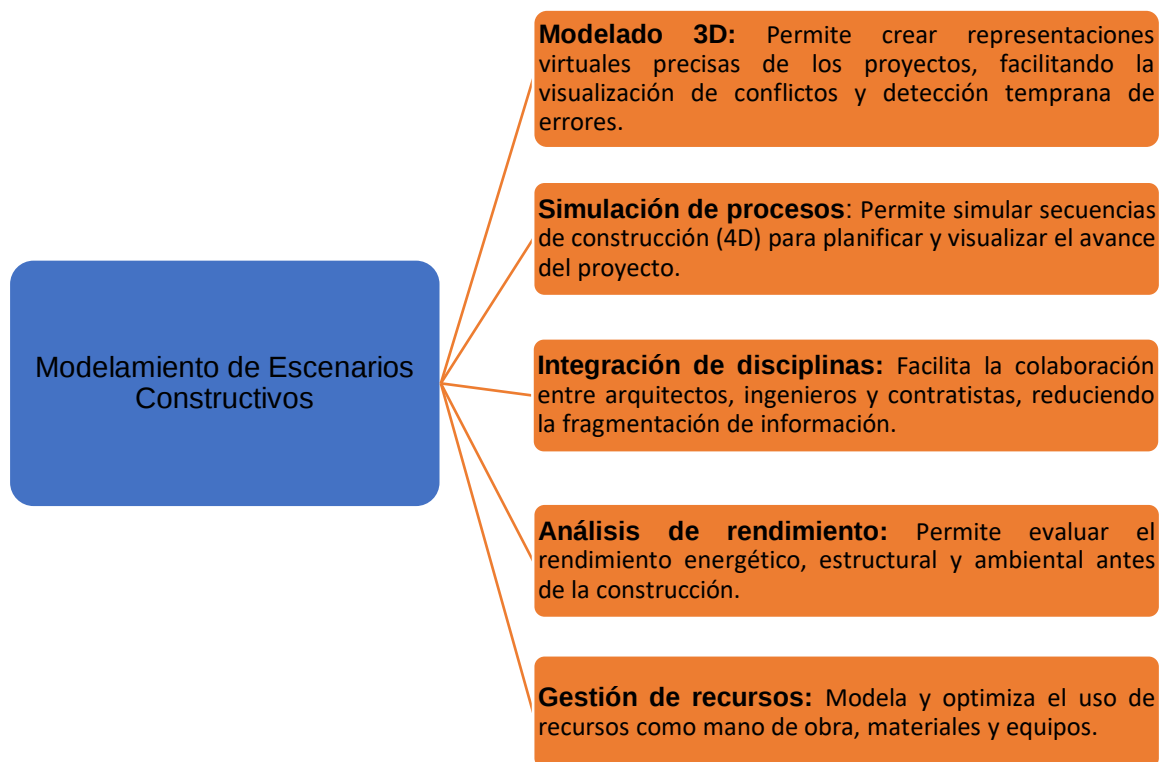


Figura 3.1 Modelamiento de Escenarios Constructivos

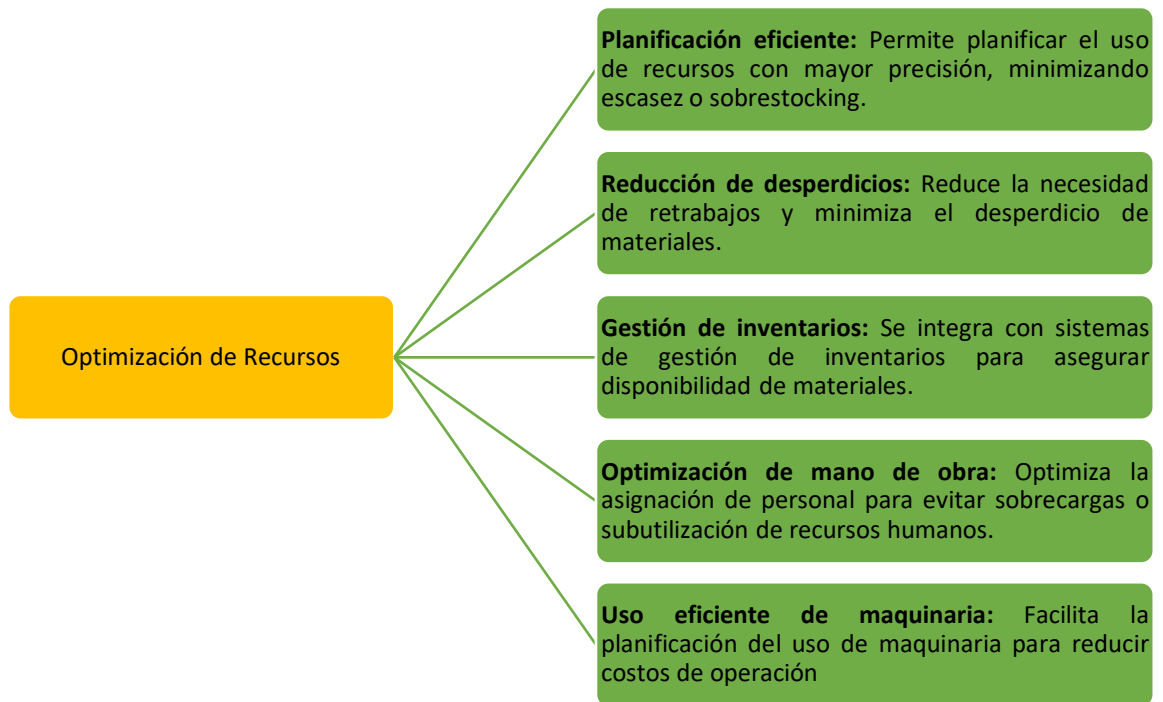


Figura 3.2 Optimización de Recursos

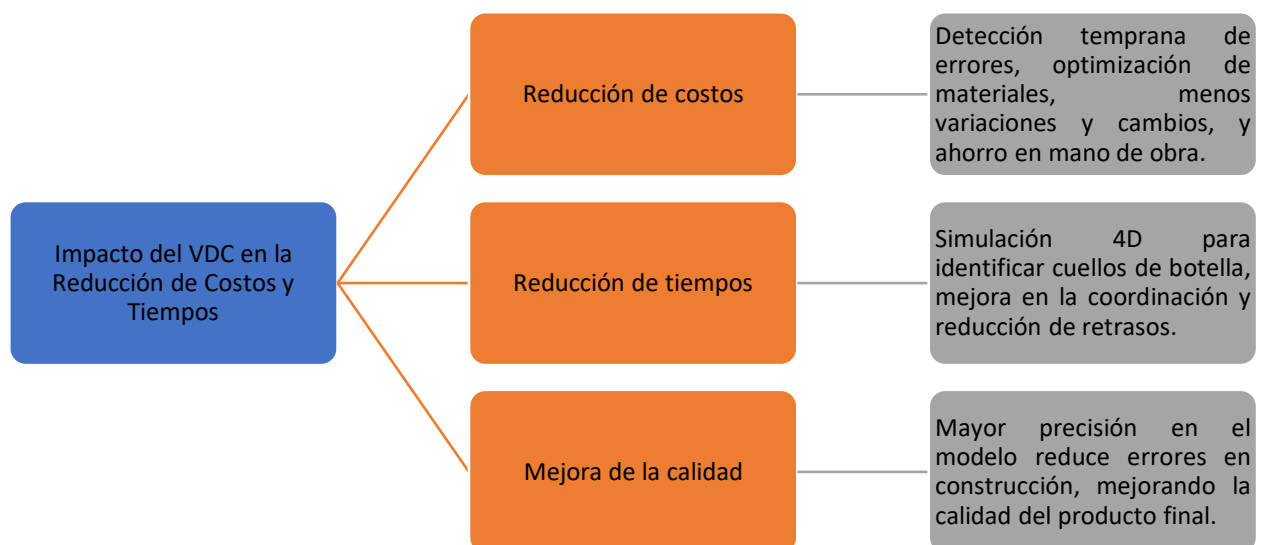


Figura 3.3 Reducción de Costos y Tiempos

3.1.3. Modelo de gestión PM4R y VDC, (NAVE INDUSTRIAL)

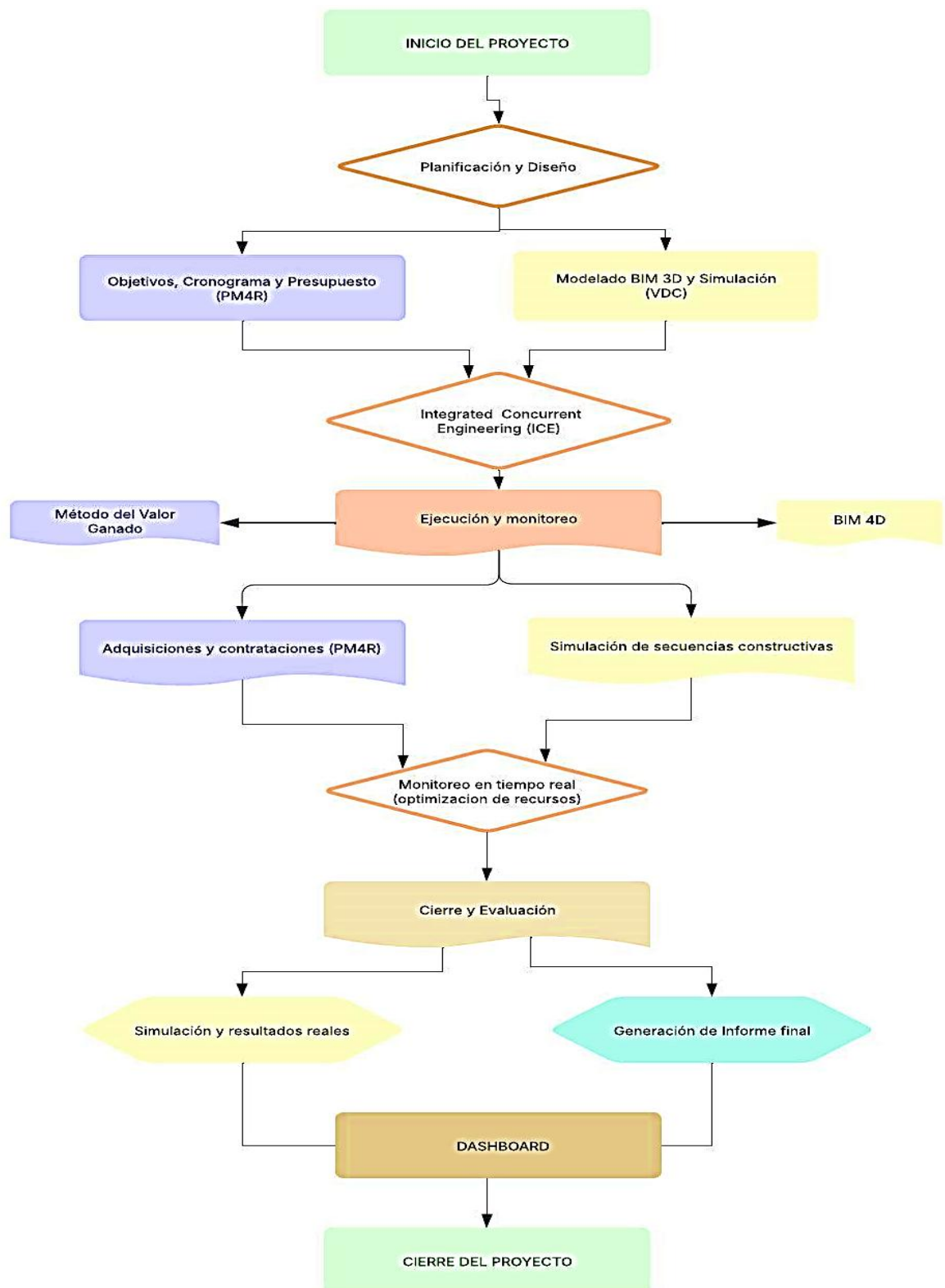


Figura 3.4 Modelo de gestión PM4R y VDC

El presente modelo de gestión sigue una secuencia estructurada para la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de un proyecto de construcción mediante metodologías avanzadas como BIM, VDC y el Método del Valor Ganado.

El proceso inicia con la Planificación y Diseño, donde se establecen los Objetivos, cronograma y presupuesto Utilizando el enfoque PM4R. Paralelamente, se lleva a cabo el modelado BIM 3D y simulación VDC, lo que permite visualizar el proyecto antes de su construcción física. Ambas actividades e Ingeniería Concurrente Integrada (ICE), que facilita la colaboración interdisciplinaria para optimizar los procesos

En la ejecución y monitoreo, se implementa el Método del Valor Ganado para evaluar el desempeño en términos de costo y tiempo. Simultáneos BIM 4D para la simulación y control de las secuencias constructivas. Además, se gestionan las adquisiciones y contrataciones (PM4R) para garantizar la disponibilidad de recursos.

El siguiente paso es el Monitoreo en Tiempo Real, que optimiza los recursos y permite ajustes en la planificación. Posteriormente, se realiza el cierre y evaluación, donde se comparan los resultados reales con las simulaciones. Finalmente, se genera un Dashborad para la toma de decisiones y se elabora el informe final, cerrando así el proyecto de manera estructurada y eficiente.

Podemos ver en el Anexo 5 el Manual de Implementación del Modelo.

3.2. Análisis de resultados

Basándonos en la aplicación del método del Valor Ganado y el cálculo de los índices de desempeño en la ejecución del proyecto y a partir de los resultados obtenidos, se ha realizado una evaluación del avance planificado y ejecutado, así como de los indicadores clave de desempeño (SPI y CPI) para determinar la eficiencia del cronograma y el uso de los recursos.

En primer lugar, al comparar el avance planificado con el ejecutado, se observa que en los primeros meses del proyecto la ejecución real estuvo por debajo de lo programado,

con un SPI de 0.99 en el mes inicial. Sin embargo, se evidenció una recuperación progresiva, alcanzando un SPI de 1.05 en el último mes evaluado. El SPI promedio del proyecto fue de 1.02, lo que indica que, en general, el desempeño temporal del proyecto fue adecuado y que la ejecución se ajustó cada vez más a la planificación establecida.

Por otro lado, el análisis del índice de desempeño de costos (CPI) muestra una tendencia favorable, iniciando con un valor de 1.29 en el primer mes y aumentando hasta 1.50 en la última evaluación. Esto indica que los costos reales han sido inferiores a los presupuestados, reflejando una eficiencia en la gestión financiera del proyecto. En promedio, el CPI del proyecto fue de 1.26, lo que sugiere una utilización óptima de los recursos financieros.

En términos de costos, el costo total real del proyecto ha sido de \$216,689.54, mientras que el costo total presupuestado fue de aproximadamente \$89,167.72. Esto evidencia que la ejecución ha estado alineada con los costos estimados, logrando incluso optimizaciones en ciertas fases.

En cuanto al desglose de actividades, se evidencia que aquellas relacionadas con la cimentación y estructura presentaron mayores desviaciones en su ejecución respecto al cronograma inicial. Esto pudo deberse a factores externos como retrasos en la entrega de materiales o condiciones imprevistas en el sitio de construcción. Sin embargo, la implementación de estrategias correctivas permitió mejorar el desempeño en etapas posteriores.

3.2.1. Trabajo en Revit

Para la elaboración del proyecto en Revit, se siguieron varios pasos clave para integrar parámetros personalizados, asignar valores a los elementos del modelo, generar una tabla de planificación y exportar los datos para su análisis en Excel.

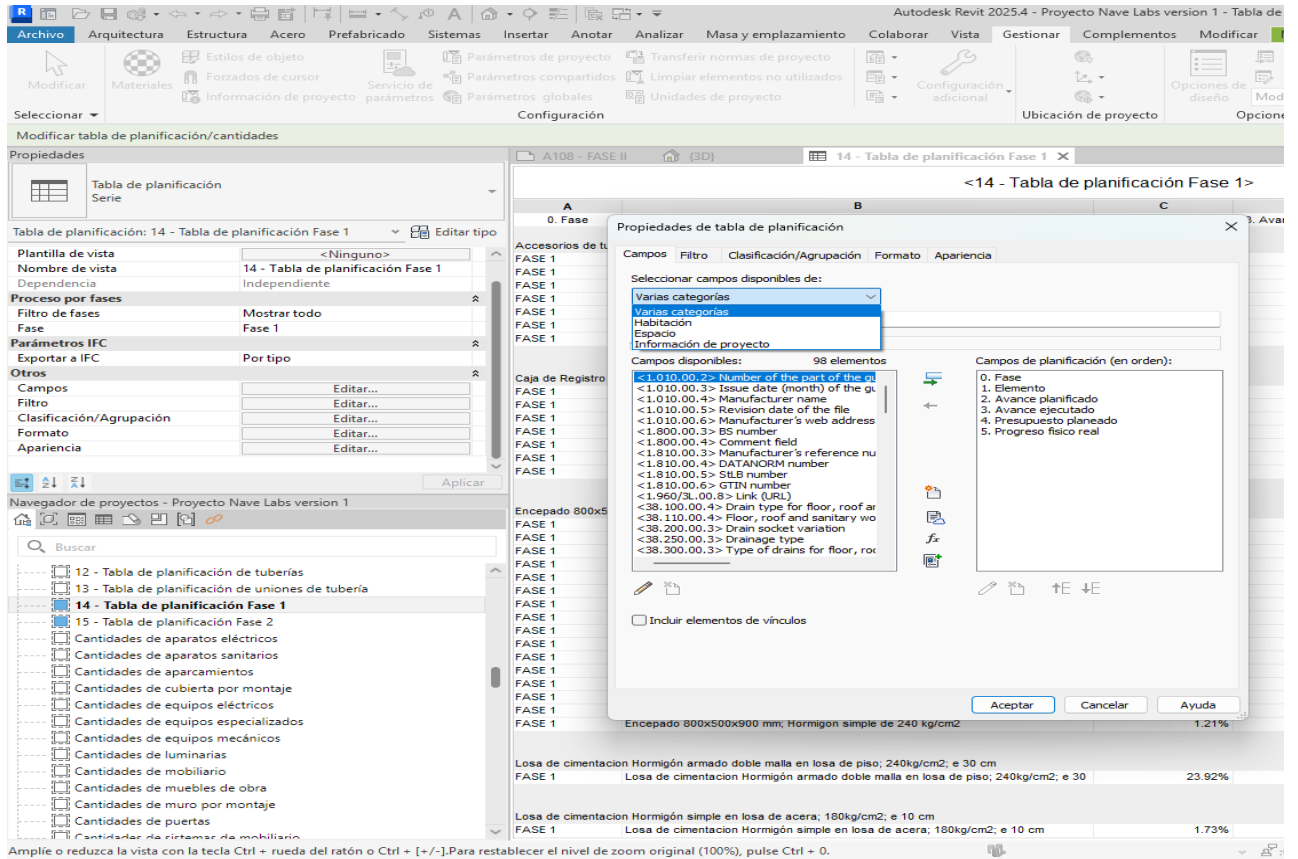


Figura 3.5 Creación de Parámetros

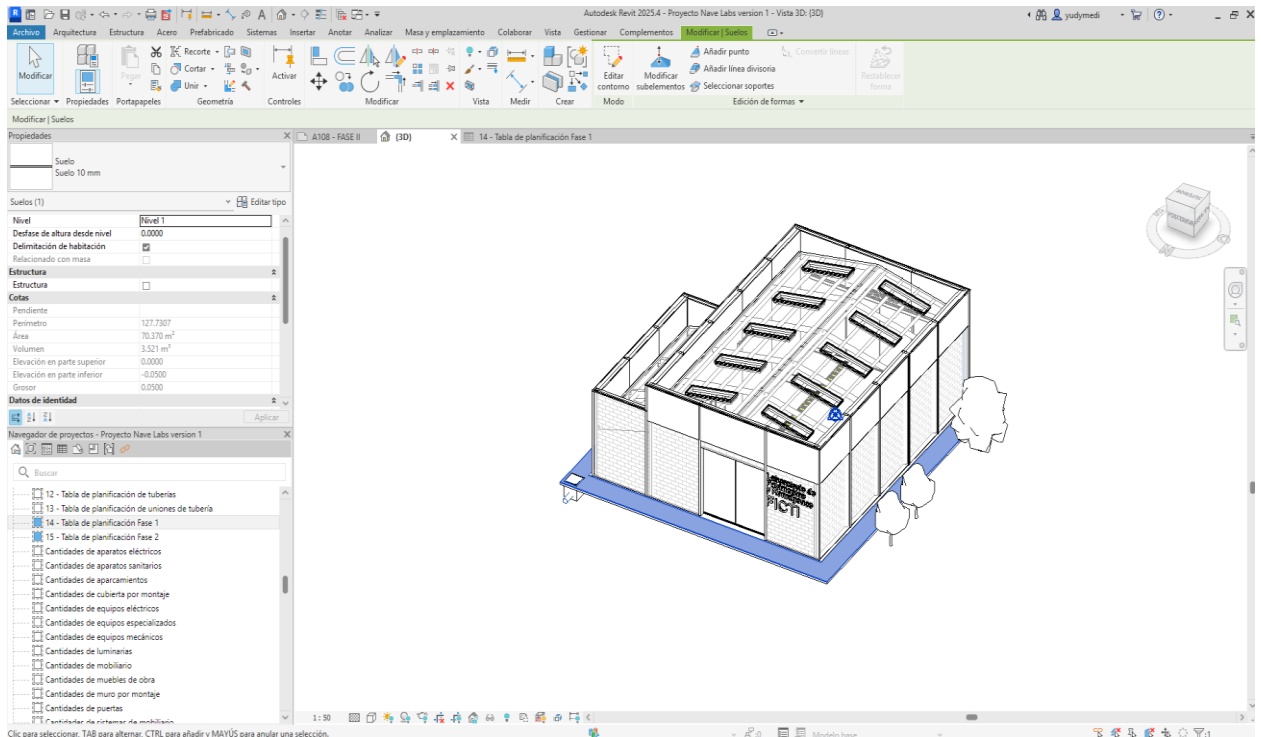


Figura 3.6 Selección de elemento

En la siguiente figura podemos ver la interfaz de Autodesk Revit con una tabla de planificación detallada del proyecto Nave Industrial, donde se han configurado parámetros como avance planificado, avance ejecutado, presupuesto planeado y progreso físico real. Se han creado y estructurado diferentes fases accesorias de tubería, cajas de registro, encepados y losas de cimentación.

A	B	C	D	E	F
0 Fase	1 Elemento	2 Avance planificado	3 Avance ejecutado	4 Presupuesto planeado	5 Progreso físico real
<14- Tabla de planificación Fase 1>					
Accesorios de tubería					
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
FASE 1	Accesorios de tubería	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%
Caja de Registro 600x600x800 mm					
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
FASE 1	Caja de Registro 600x600x800 mm	2.14%	2.14%	\$1506.26	100.00%
Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²					
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
FASE 1	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm²	1.21%	1.10%	\$852.64	90.91%
Losa de cimentación Hormigón armado doble malla en losa de piso; 240kg/cm²; e 30 cm					
FASE 1	Losa de cimentación Hormigón armado doble malla en losa de piso; 240kg/cm²; e 30 cm	23.92%	23.90%	\$16864.25	99.92%
Losa de cimentación Hormigón simple en losa de acero; 180kg/cm²; e 10 cm					
FASE 1	Losa de cimentación Hormigón simple en losa de acero; 180kg/cm²; e 10 cm	1.73%	1.60%	\$1221.08	92.49%

Figura 3.8 Tabla de Planificación en Revit

3.2.2. Curva "S"

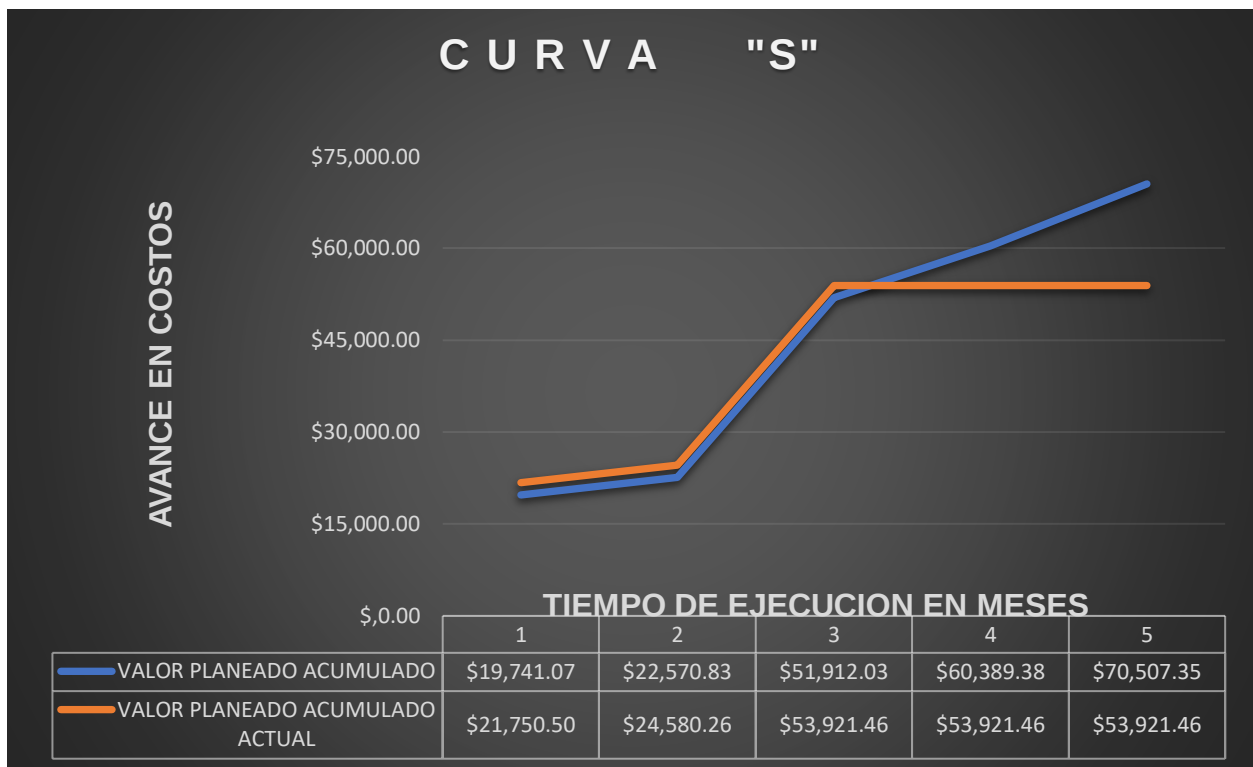


Figura 3.9 Curva "S" del Proyecto

La curva "S" presentada refleja la evolución del avance financiero del proyecto en términos del valor planeado acumulado y el valor planeado acumulado actual a lo largo del tiempo de ejecución en meses.

Se observa que, en las primeras etapas del proyecto (meses 1 y 2), el costo real del avance ha sido ligeramente superior al valor planeado, lo que indica que la ejecución en estas fases iniciales se desarrolló con mayor inversión de lo estimado. Sin embargo, a partir del mes 3, ambas curvas muestran una coincidencia en el avance, lo que sugiere que la ejecución se alineó con la planificación prevista.

A partir del mes 4, la curva del valor planeado acumulado actual se estabiliza, mientras que la curva del valor planeado acumulado continúa ascendiendo hasta el mes 5. Esto indica que la ejecución del proyecto se ha detenido en términos de costos, mientras que el plan original preveía una inversión continua hasta la conclusión.

Este comportamiento refleja un posible retraso en la ejecución física del proyecto, dado que los costos proyectados no se han materializado completamente en la realidad. Este estancamiento puede estar relacionado con problemas en la adquisición de materiales, falta de recursos, dificultades técnicas o cambios en la planificación.

En términos de gestión del proyecto, este análisis sugiere que es necesario evaluar las razones por las cuales la ejecución se ha desacelerado, identificar las actividades críticas afectadas y tomar acciones correctivas para realinear el proyecto con el cronograma y presupuesto iniciales.

3.3. Diseño de la solución

Considerando los hallazgos obtenidos a través del análisis del método del Valor Ganado. Con base en los índices SPI y CPI evaluados, se implementarán estrategias correctivas que permitan mejorar la planificación y ejecución de las actividades.

Se busca garantizar el cumplimiento del cronograma planificado mediante un monitoreo más riguroso del avance de obra., para la mejora de la eficiencia en la asignación de recursos financieros y materiales, implementando medidas de contingencia que minimicen los riesgos de retrasos y sobrecostos.

La aplicación de VDC en proyectos de construcción facilita la comunicación entre los involucrados y permite la visualización de la capacidad y secuencia constructiva, factores clave para el éxito del proyecto en términos de costos y plazos de entrega. Es programación temporal (4D) y la estimación de costos (5D), dentro de un modelo tridimensional, con el propósito de simular un proceso basado en Modelado de Información para la Construcción (BIM). (ML Lee, 2020)

3.3.1. Estrategias de Implementación

- Optimización del Cronograma A partir del análisis de desempeño, se observó que el SPI mejoró progresivamente hasta alcanzar un valor de 1.05 en el

último mes. Para consolidar esta tendencia positiva, se adoptarán las siguientes acciones:

- Implementación de herramientas de gestión de proyectos que permitan una actualización en tiempo real del avance.
- Mayor supervisión de las actividades críticas con la asignación de responsables específicos.
- Revisión y ajuste del cronograma para garantizar la alineación con los objetivos.

3.3.2. Gestión Financiera y Control de Costos

El análisis del CPI reflejó una eficiencia en el uso de los recursos, con valores que oscilaron entre 1.29 y 1.50. Para mantener esta tendencia, se aplicarán las siguientes estrategias:

- Implementación de reportes financieros semanales para monitorear las desviaciones presupuestarias.
- Negociación con proveedores para optimizar la adquisición de materiales a mejores costos.
- Priorización de actividades críticas para evitar gastos innecesarios.

3.3.3. Mitigación de Riesgos

Para minimizar los retrasos y optimizar los procesos constructivos, se integrarán las siguientes acciones:

- Desarrollo de un plan de contingencia para abordar posibles imprevistos en la ejecución.
- Evaluación continua del desempeño de cada actividad en base a los valores de SPI y CPI.

- Creación de mecanismos de comunicación efectivos entre los equipos de trabajo para agilizar la toma de decisiones.

La implementación de este modelo permitirá optimizar la ejecución del proyecto, reducir riesgos y mejorar la eficiencia del uso de los recursos. Con un enfoque basado en los valores del SPI y CPI, se espera consolidar un proceso de construcción más eficiente y alineado con los objetivos financieros y de planificación.

El presente Dashboard: Aplicación de Metodologías VDC y PM4R en el Proyecto de la Nave Industrial, refleja los avances Nave Industrial a partir de la aplicación de metodologías como **VDC (Virtual Design y VDC (Diseño y Construcción Virtual) y **PM4R (Gestión de Proyectos para ResPM4R (Gestión de Proyectos por Resultados). La información se centra en tres aspectos clave: avance físico vs. planificador

Desempeño de costos y cumplimiento del cronograma:

Cumplimiento del Avance Planificado

- En la gráfica de avance acumulado (Curva S), se observa que el avance ejecutado (línea naranja) sigue de cerca al avance planificado (línea negra), lo que indica una adecuada ejecución del proyecto. Sin embargo, en los últimos meses, se nota una leve desviación en la ejecución respecto a lo planificado.
- La comparación de actividades planificadas y ejecutadas muestra que algunas partidas presentan retrasos leves, pero en general, la ejecución ha seguido la planificación establecida.

Desempeño de Costos

- El Índice de Desempeño de Costo (CPI) es 1.29, lo que en ahorros en comparación con el presupuesto origen
- En el gráfico de costos, se aprecia que el gasto real se ha mantenido dentro de los valores planificados, confirmando que la gestión de costos ha sido efectiva.

Desempeño del Cronograma

- El Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) es 0.99, lo que indica que la ejecución está ligeramente por debajo del cronograma previsto, aunque dentro de un margen aceptable.
- Algunas actividades muestran diferencias entre lo planeado y lo ejecutado, lo que sugiere que ciertos procesos pueden haber requerido más tiempo del previsto.

El Dashboard evidencia que la aplicación de VDC ha permitido una gestión eficiente de los recursos. Al Coordinar ha facilitado un seguimiento estructurado de costos y tiempos. Si bien el proyecto se encuentra financieramente eficiente ($IPC > 1$), es necesario atender las ligeras desviaciones en el cronograma ($SPI < 1$) para evitar acumulación de retrasos en las siguientes fases.

Tabla 3.2 Rendimientos por Actividad

ITEM	FASE / ACTIVIDAD	PRESUPUESTO BASE	PRESUPUESTO PLANEADO	PORCENTAJE PLANIFICADO	PORCENTAJE EJECUTADO	COSTO ACTUAL	PROGRESO FISICO REAL	VALOR GANADO	VARIACION COSTO	VARIACION PROGRAMA	INDICE DESEMPEÑO COSTO	INDICE DESEMPEÑO CRONOGRAMA	VARIACION COSTO	VARIACION PROGRAMA	INDICE DESEMPEÑO COSTO	INDICE DESEMPEÑO CRONOGRAMA
			PV			AC		EV	CV	SV	CPI	SPI				
1	FASE I	\$22,570.83														
1.0	Replanteo 1000x700x100mm; Hormigón simple de 180 kg/cm2	\$183.52	\$183.52	0.26%	0.26%	\$193.52	100.00%	\$183.52	-\$10.00	\$0.00	0.95	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Dentro del cronograma	Costo peor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
1.0	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm2	\$852.64	\$852.64	1.21%	1.10%	\$832.40	90.91%	\$775.13	-\$57.27	-\$77.51	0.93	0.91	Sobrepasando el presupuesto	Retrasado	Costo peor de lo esperado	Cronograma peor de lo esperado
1.0	Losa de cimentación Hormigón simple en losa de acera; 180kg/cm2; e 10 cm	\$1,221.08	\$1,221.08	1.73%	1.60%	\$1,221.08	92.49%	\$1,129.32	-\$91.76	-\$91.76	0.92	0.92	Sobrepasando el presupuesto	Retrasado	Costo peor de lo esperado	Cronograma peor de lo esperado
1.0	Losa de cimentación Hormigón armado doble malla en losa de piso; 240kg/cm2; e 30 cm	\$16,864.25	\$16,864.25	23.92%	23.90%	\$19,504.50	99.92%	\$16,850.15	\$2,654.35	-\$14.10	0.86	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Retrasado	Costo peor de lo esperado	Cronograma peor de lo esperado
1.0	Viga cimentación 300x300mm Hormigón armado en Ríostro; 210kg/cm2; incluye encofrado	\$1,840.66	\$1,840.66	2.61%	2.61%	\$1,220.08	100.00%	\$1,840.66	\$620.58	\$0.00	1.51	1.00	Por debajo del presupuesto	Dentro del cronograma	Costo mejor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
1.0	Caja de Registro 600x600x800 mm	\$1,506.26	\$1,506.26	2.14%	2.14%	\$1,506.26	100.00%	\$1,506.26	\$0.00	\$0.00	1.00	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Dentro del cronograma	Costo peor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
1.0	Tubería PVC 50mm a 250mm	\$88.82	\$88.82	0.13%	0.13%	\$88.82	100.00%	\$88.82	\$0.00	\$0.00	1.00	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Dentro del cronograma	Costo peor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
1.0	Accesorios de tubería	\$13.60	\$13.60	0.02%	0.02%	\$13.60	100.00%	\$13.60	\$0.00	\$0.00	1.00	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Dentro del cronograma	Costo peor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
2	FASE II	\$23,007.33														
2.0	Pilares estructurales; Tubo rectangular estructural 250 x 150 x 4 mm	\$9,564.77	\$9,564.77	13.57%	13.57%	\$9,564.77	100.00%	\$9,564.77	\$0.00	\$0.00	1.00	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Dentro del cronograma	Costo peor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
2.0	Pilares estructuras de fachada 80 x 80	\$2,085.68	\$2,085.68	2.96%	2.96%	\$2,085.68	100.00%	\$2,085.68	\$0.00	\$0.00	1.00	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Dentro del cronograma	Costo peor de lo esperado	El cronograma según lo planificado
2.0	Acero estructural de cubierta	\$11,356.88	\$11,356.88	16.11%	15.11%	\$11,356.88	93.79%	\$10,651.92	\$704.96	-\$704.96	0.94	0.94	Sobrepasando el presupuesto	Retrasado	Costo peor de lo esperado	Cronograma peor de lo esperado
3	FASE III	\$24,929.19														
3.0	Cubierta Rooftec Master 1000, galvalume(aluzinc) e=0.40 mm/Cubierta	\$3,804.97	\$3,804.97	5.40%	5.34%	\$3,804.97	98.89%	\$3,762.69	-\$42.28	-\$42.28	0.99	0.99	Sobrepasando el presupuesto	Retrasado	Costo peor de lo esperado	Cronograma peor de lo esperado
3.0	Claraboyas de 3mm	\$2,528.90	\$2,528.90	3.59%	3.58%	\$2,528.90	99.72%	\$2,521.86	-\$7.04	-\$7.04	1.00	1.00	Sobrepasando el presupuesto	Retrasado	Costo peor de lo esperado	Cronograma peor de lo esperado
3.0	Paredes - bloques 140 mm - Bloques de hormigón	\$7,270.38	\$7,270.38	10.31%		\$0.00		\$7,270.38								
3.0	Plancha perforada redonda	\$4,484.70	\$4,484.70	6.36%		\$0.00		\$4,484.70								
3.0	Laminado de plástico - Azul marino	\$5,633.27	\$5,633.27	7.99%		\$0.00		\$5,633.27								
3.0	Ventanas 2500 x 600mm	\$486.97	\$486.97	0.69%		\$0.00		\$486.97								
3.0	Mueble - Puerta doble - 600 x 900 x 900 mm	\$720.00	\$720.00	1.02%		\$0.00		\$720.00								
		\$70,507.35	\$70,507.35			\$53,921.46		\$69,569.70	\$2,947.08	-\$937.65	1.29	0.99				

La tabla presenta un análisis detallado del desempeño del proyecto de construcción de la Nave Industrial de la FIC, considerando costos planificados, costos actuales y avance físico real. En términos generales, se observa que el presupuesto base y el presupuesto planeado coinciden en la mayoría de las actividades, lo que indica una planificación adecuada desde el inicio. Sin embargo, los costos-variaciones significativas en algunas partidas, reflejando desviaciones financieras.

El análisis del Valor Ganado (EV) muestra que, en varias actividades, como el Encepado y la Losa de Cimentación, el progreso físico real es menor al planificado, resultando en valores negativos en la Variación del Programa (SV) y un índice de desempeño del cronograma (SPI) menor a 1. Los índices de desempeño del costo (CPI) menores a 1, lo que significa que el proyecto está gastando más de lo previsto.

Se destaca que algunos elementos, como la Viga de Cimentación, tienen un IPC mayor a 1, lo que indica un mejor rendimiento en costos. Sin embargo, en otras áreas, como la estructura de cubierta, se presentan desviaciones negativas, lo que impacta la ejecución.

En conclusión, el proyecto enfrenta sobrecostos y retrasos en diversas fases, lo que requiere una revisión y ajuste de la planificación, además de estrategias de optimización de recursos para mejorar la ejecución y alinearse con el cronograma original.

4. CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis de la metodología PM4R permitió identificar sus fortalezas, destacando su estructura en planificación y seguimiento de proyectos. Sin embargo, se evidenció la necesidad de reforzar su integración con herramientas digitales para optimizar la gestión en tiempo real y mejorar el control de los recursos.

La incorporación de BIM 4D y 5D en estos procesos ha favorecido la detección temprana de riesgos, una mejor coordinación entre los equipos de trabajo y una reducción en el desperdicio de materiales. Uno de sus mayores beneficios es la disminución de incertidumbres en la gestión del cronograma, lo que contribuye a la optimización de costos y tiempos. No obstante, su aplicación enfrenta desafíos importantes, entre ellos, la necesidad de Formación especializada y una mayor inversión en Infraestructura Digital, lo que podría dificultar su adopción en ciertos entornos laborales.

El modelo de gestión desarrollado ha logrado una sinergia efectiva entre PM4R y VDC, permitiendo una mayor eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería. La combinación de estas metodologías ha optimizado tanto los costos como los tiempos, proporcionando una gestión de recursos más precisa. La implementación del método del Valor Ganado ha facilitado un monitoreo detallado del progreso del proyecto, permitiendo detectar desviaciones y aplicar acciones correctivas en fases tempranas. No obstante, para garantizar la sostenibilidad del modelo, es fundamental fortalecer la capacitación del equipo y estandarizar su aplicación. Asimismo, la incorporación de Nuevas tecnologías emergentes podría amplificar los beneficios logrados, mejorando aún más la eficiencia y efectividad en la gestión de proyectos.

Recomendaciones

Se debe fortalecer la implementación de PM4R mediante la incorporación de herramientas digitales que permitan mejorar el seguimiento y control de proyectos en tiempo real. Para ello, es clave capacitar a los equipos de trabajo en la aplicación de esta metodología en combinación con tecnologías como BIM y VDC, lo que permitirá una gestión más eficiente y una mayor precisión en la planificación. Asimismo, se recomienda desarrollar estudios comparativos que analicen el impacto de la aplicación de PM4R en distintos tipos de proyectos de construcción, permitiendo identificar tableros de control digitalizados.

Para maximizar los beneficios de VDC, se recomienda fomentar su aplicación en todas las fases del proyecto, asegurando que desde la planificación inicial se integren modelos digitales que permitan una evaluación temprana de posibles conflictos constructivos. Es fundamental promover la capacitación continua de los equipos en herramientas como BIM 4D y simulaciones digitales, con el fin de optimizar la toma de decisiones en tiempo real. Además, se sugiere implementar sesiones ICE (Ingeniería Concurrente Integrada) para mejorar la colaboración entre los diferentes actores del proyecto y agilizar la identificación y resolución de problemas.

Se recomienda continuar con la implementación y validación del modelo en proyectos futuros, asegurando su adaptabilidad a distintos tipos de construcción. Para ello, es esencial desarrollar protocolos estandarizados que faciliten la aplicación del modelo en diferentes contextos. También se sugiere la incorporación de inteligencia artificial y análisis de datos en tiempo real, lo que permitiría mejorar la predictibilidad de costos y tiempos. Asimismo, es fundamental establecer indicadores de desempeño específicos para evaluar la efectividad del modelo en cada fase del proyecto. Finalmente, se recomienda la creación de un manual de implementación, que sirva como guía para la adopción del modelo en diferentes empresas y proyectos de ingeniería.

REFERENCIAS

- (BID), B. I. (2019). *Project Management for Results: Guía de aprendizaje*.
- (INEC), I. N. (2021). *Informe de estadísticas del sector construcción*. Quito.
- Behzad Abbasnejad, P. d. (2020). Modelización de los facilitadores clave de la implementación del modelado de información (BIM) para la construcción organizacional: un enfoque de modelado estructural interpretativo (ISM). *Revista de Tecnología de la Información en la Construcción*, 974-1080.
- BID Ernesto Mondelo, P. R. (2019). *PM4R GUIA METODOLOGICA*.
- Company., M. &. (2019). *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. McKinsey Global Institute.
- Cruz Montero, J. M. (2020). Áreas de conocimiento y fases clave en la gestión de proyectos: consideraciones teórica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 90.
- E Quiso, J. R. (2021). Propuesta de aplicación de sesiones ICE y BIM para incrementar la productividad en la construcción. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Eastman, C. T. (2020). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*.
- Mandujano, M. G. (2021). Understanding the Interaction Between Virtual Design, Construction and Lean Construction. *Proceedings of the International Group for Lean Construction*, 107-115.
- ML Lee, W. C. (2020). Evaluación de la viabilidad del diseño y construcción virtual (VDC) con modelado de información de construcción 5D (BIM) a través de un estudio de caso. *Serie de conferencias del IOP: ciencia e ingeniería de materiales*.
- Stanford, Center for Profesional Developmet. (2020). *Presentación del Trabajo de Implementación VDC*. Lima.
- Tran, E. V. (2024). Una revisión de los desafíos y oportunidades en la adopción de BIM para la gestión de proyectos de construcción. *Engineering Journal*, 79-92.
- Unidas, N. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Informe 2019*. Nueva York.
- Universidad de los Andes, C. E. (2024). *Virtual Design & Construction: maximizando el valor del BIM*. Obtenido de https://educacioncontinua.uniandes.edu.co/es/programas/virtual-design-construction-maximizando-el-valor-del-bim?utm_source=chatgpt.com
- Velez, S. G. (2018). Gestión de Proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones. *Entre ciencia e ingeniería*, 68-76.

ANEXOS

Anexo 1. Plantillas de Desarrollo de Actividades

Matriz de Stakeholder					
Proyecto:	Nombre del proyecto.				
Código:	Código identificador del proyecto.				
Fecha de Inicio:	Fecha de comienzo del proyecto.				
Stakeholder:	Nombre con el que se identifica al interesado.				
Tipo:	Identifica si el interesado desempeña un rol interno o externo al proyecto				
Objetivo o Resultados	Nivel de Interés	Nivel de Influencia	Acciones Posibles		Estrategias
			De impacto positivo	De impacto negativo	
Conclusiones: Síntesis sobre puntos clave a considerar en el manejo de las expectativas del interesado.					

Matriz de Adquisiciones

Proyecto:	NAVE INDUSTRIAL FIC - UTMACH
ID:	

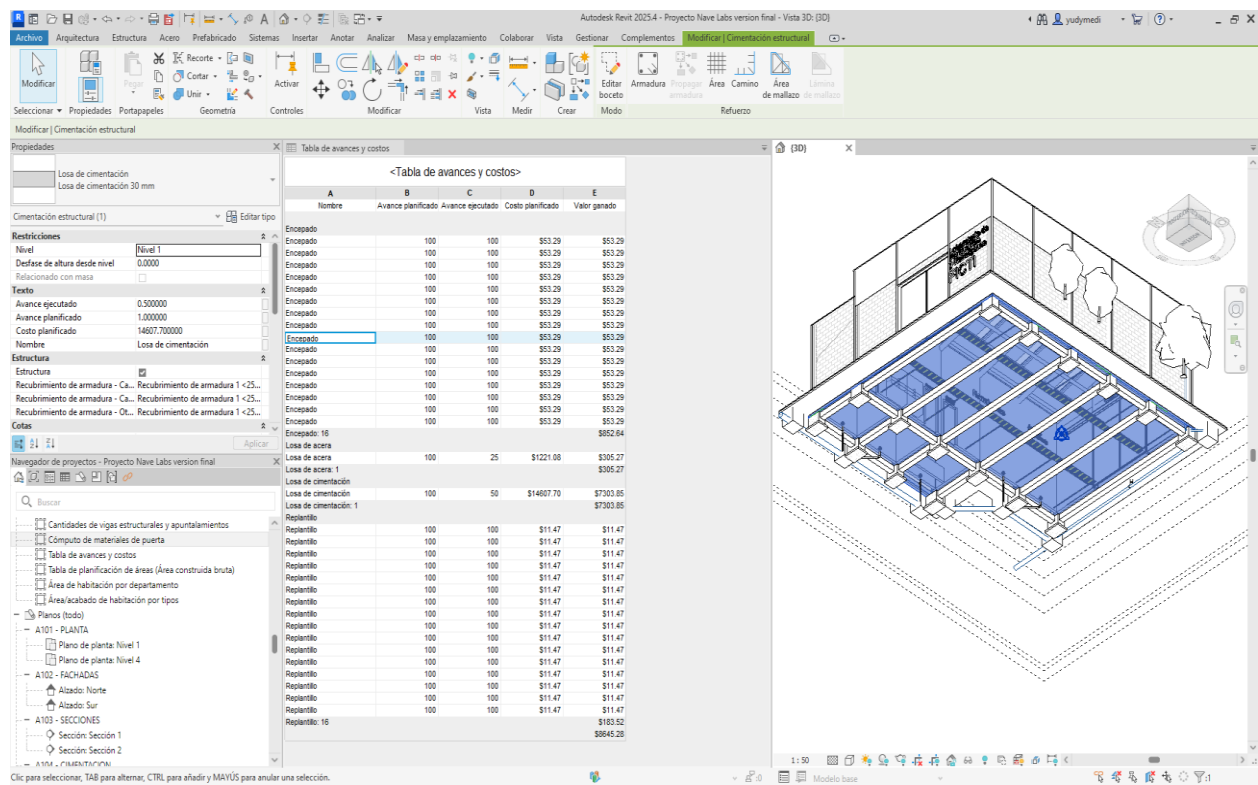
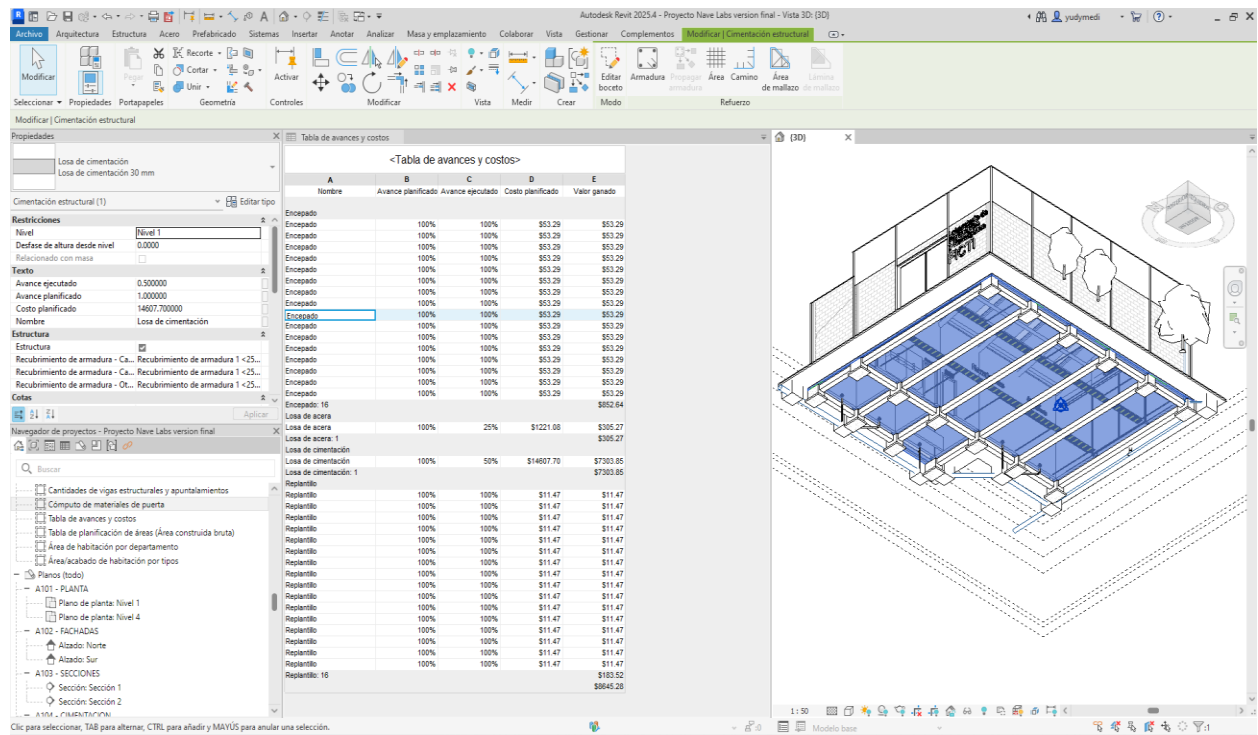
[illegible]

LPI = Licitación Pública Internacional

LPN = Licitación Pública Nacional

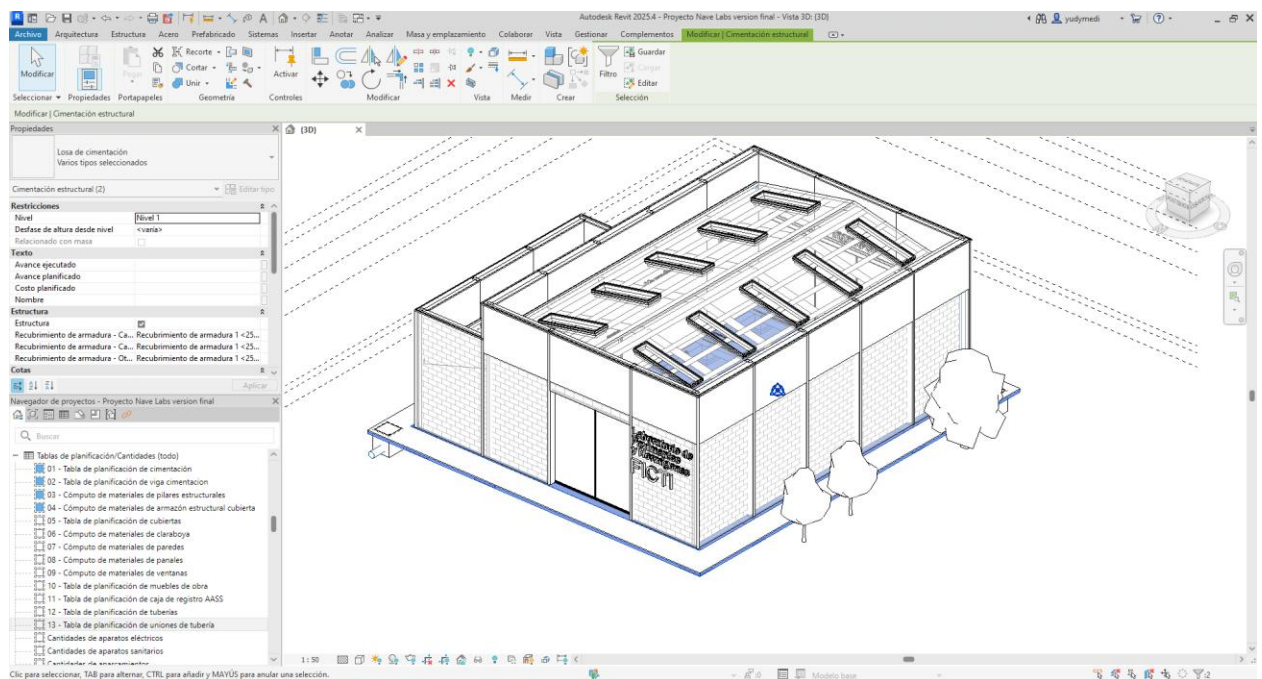
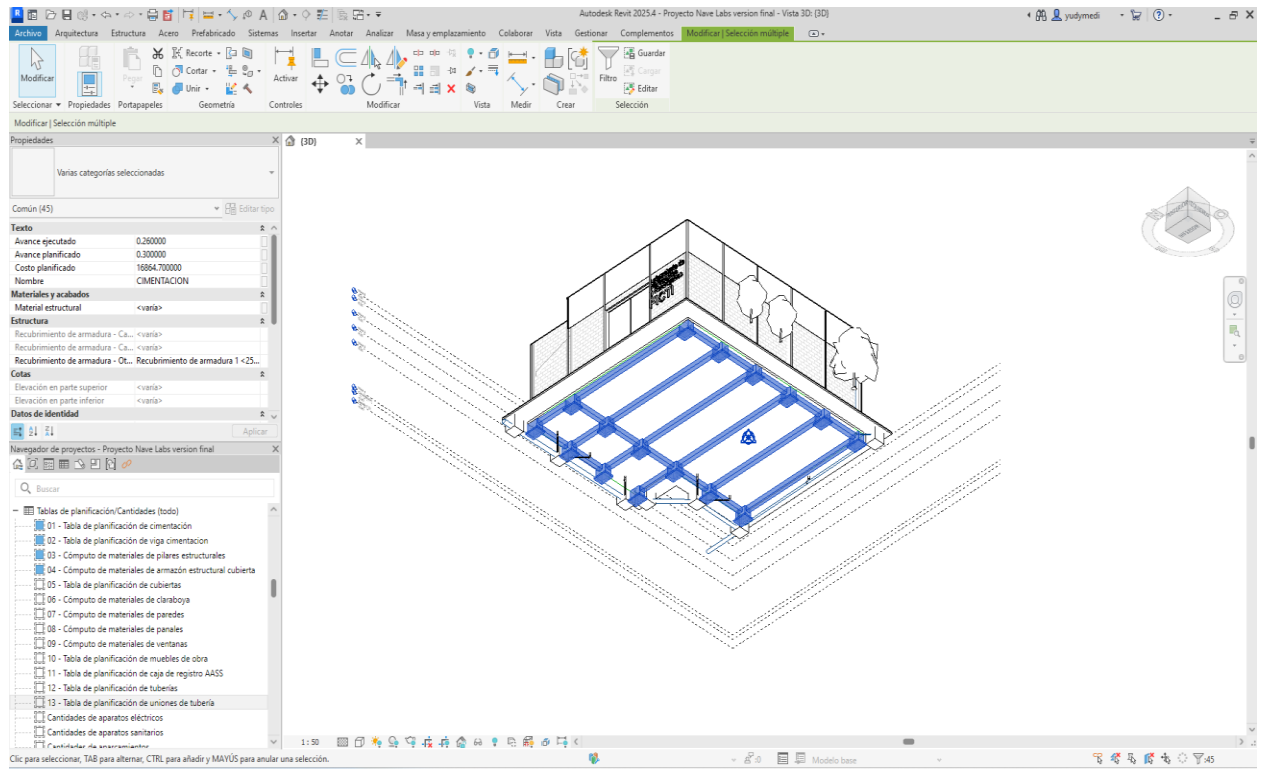
Matriz de Responsabilidades							
Proyecto:	Nombre de proyecto						
ID:	Código identificador del proyecto						
EDT	Producto o Entregable	Interesados (Stakeholders)					
		Gerente del proyecto	Miembro del equipo	Miembro del equipo	Miembro del equipo	Interesado (Stakeholder)	Interesado (Stakeholder)
Código en la EDT	Nombre del entregable o producto	Asignar rol de acuerdo con el formato RACI	Asignar rol de acuerdo con el formato RACI	Asignar rol de acuerdo con el formato RACI	Asignar rol de acuerdo con el formato RACI	Asignar rol de acuerdo con el formato RACI	Asignar rol de acuerdo con el formato RACI
R = responsable de la ejecución A=Aprueba=Consultado I = Informado		Nota: debe haber un único responsable por cada elemento de la EDT Los demás roles se pueden asignar a más de una persona. No es necesario que para cada elemento de la EDT se asignen los cuatro roles.					

Anexo 2. Procesos en Revit



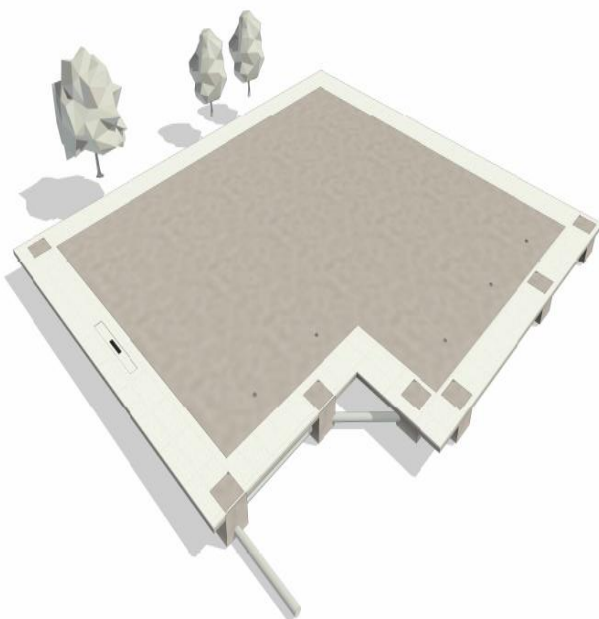
Amplíe o reduzca la vista con la tecla Ctrl + rueda del ratón o Ctrl + [+/-]. Para restablecer el nivel de zoom original (100%), pulse Ctrl + 0.

Amplíe o reduzca la vista con la tecla Ctrl + rueda del ratón o Ctrl + [+/-]. Para restablecer el nivel de zoom original (100%), pulse Ctrl + 0.



Anexo 3. Fases de construcción en Revit

PROYECTO NAVE INDUSTRIAL



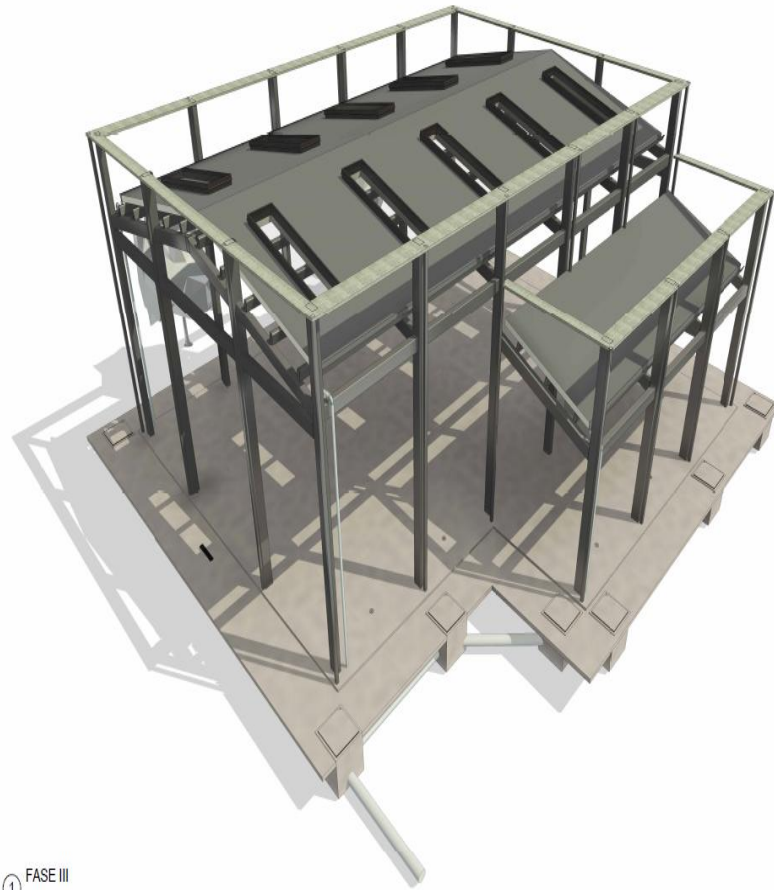
① FASE 1

Elaborado por: Ing. Yudy Medina Sánchez

14 - Lista de distribuição final						
3. Fase	1. Elemento	2. Área certificada	3. Área ocupada	4. Percentual (m²/m²)	5. Percentual final	
Academia de Lábios						
FA01	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA02	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA03	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA04	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA05	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA06	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA07	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA08	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA09	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
FA10	Academia de Lábios	0,029	0,029	111,00	100,00	
Casa de Fagundes 100x200,00 m						
FA01	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA02	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA03	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA04	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA05	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA06	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA07	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA08	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA09	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
FA10	Casa de Fagundes 100x200,00 m	2,149	2,149	1.709,28	100,00	
Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m						
FA01	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA02	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA03	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA04	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA05	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA06	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA07	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA08	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA09	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA10	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA01	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA02	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA03	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA04	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA05	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA06	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA07	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA08	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA09	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
FA10	Complexo 80x200,00 m - Terrapleno entre 2 e 40 m	1,278	1,179	995,54	90,01	
Local de armazenamento Terrapleno entre 20m e 40m, 20x20m, a 30 m						
FA01	Local de armazenamento Terrapleno entre 20m e 40m, 20x20m, a 30 m	20,000	20,000	1.600,00	100,00	
Local de armazenamento Terrapleno entre 20m e 40m, 20x20m, a 1						

[illegible]

PROYECTO NAVE INDUSTRIAL



① FASE III

Elaborado por: Ing. Yudy Medina Sánchez

[illegible]

Anexo 4. Presupuesto Planeado Y Costo Actual

RUBRO	FASE / ACTIVIDAD	PRESUPUESTO BASE	MESES				
			1	2	3	4	5
1	FASE I	\$22,570.83					
1.1	Replanto 1000x700x100mm; Hormigón simple de 180 kg/cm2	\$183.52	\$183.52				
1.2	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm2	\$852.64	\$852.64				
1.3	Losa de cimentación Hormigón simple en losa de acera; 180kg/cm2; e 10 cm	\$1,221.08		\$1,221.08			
1.4	Losa de cimentación Hormigón armado doble malla en losa de piso; 240kg/cm2; e 30 cm	\$16,864.25	\$16,864.25				
1.5	Viga cimentación 300x300mm Hormigón armado en Riostra; 210kg/cm2; incluye encofrado	\$1,840.66	\$1,840.66				
1.6	Caja de Registro 600x600x800 mm	\$1,506.26		\$1,506.26			
1.7	Tubería PVC 50mm a 250mm	\$88.82		\$88.82			
1.8	Accesorios de tubería	\$13.60		\$13.60			
2	FASE II	\$29,341.20					
2.1	Pilares estructurales; Tubo rectangular estructural 250 x 150 x 4 mm	\$9,564.77			\$9,564.77		
2.2	Pilares estructuras de fachada 80 x 80	\$2,085.68			\$2,085.68		
2.3	Acero estructural de cubierta	\$11,356.88			\$11,356.88		
2.4	Cubierta Rooftec Master 1000, galvalume(aluzinc) e=0.40 mm/Cubierta	\$3,804.97			\$3,804.97		
2.5	Claraboyas de 3mm	\$2,528.90			\$2,528.90		
3	FASE III	\$18,595.32					
3.1	Paredes - bloques 140 mm - Bloques de hormigón	\$7,270.38				\$7,270.38	
3.2	Plancha perforada redonda	\$4,484.70					\$4,484.70
3.3	Laminado de plástico - Azul marino	\$5,633.27					\$5,633.27
3.4	Ventanas 2500 x 600mm	\$486.97				\$486.97	
3.5	Mueble - Puerta doble - 600 x 900 x 900 mm	\$720.00				\$720.00	
		\$70,507.35					
	VALOR PLANEADO MES		\$19,741.07	\$2,829.76	\$29,341.20	\$8,477.35	\$10,117.97
	VALOR PLANEADO ACUMULADO		\$19,741.07	\$22,570.83	\$51,912.03	\$60,389.38	\$70,507.35

RUBRO	FASE / ACTIVIDAD	PRESUPUESTO BASE	MESES				
			1	2	3	4	5
1	FASE I	\$24,580.26					
1.1	Replanto 1000x700x100mm; Hormigón simple de 180 kg/cm2	\$193.52	\$193.52				
1.2	Encepado 800x500x900 mm; Hormigón simple de 240 kg/cm2	\$832.40	\$832.40				
1.3	Losa de cimentación Hormigón simple en losa de acera; 180kg/cm2; e 10 cm	\$1,221.08		\$1,221.08			
1.4	Losa de cimentación Hormigón armado doble malla en losa de piso; 240kg/cm2; e 30 cm	\$19,504.50	\$19,504.50				
1.5	Viga cimentación 300x300mm Hormigón armado en Riostra; 210kg/cm2; incluye encofrado	\$1,220.08	\$1,220.08				
1.6	Caja de Registro 600x600x800 mm	\$1,506.26		\$1,506.26			
1.7	Tubería PVC 50mm a 250mm	\$88.82		\$88.82			
1.8	Accesorios de tubería	\$13.60		\$13.60			
2	FASE II	\$29,341.20					
2.1	Pilares estructurales; Tubo rectangular estructural 250 x 150 x 4 mm	\$9,564.77			\$9,564.77		
2.2	Pilares estructuras de fachada 80 x 80	\$2,085.68			\$2,085.68		
2.3	Acero estructural de cubierta	\$11,356.88			\$11,356.88		
2.4	Cubierta Rooftec Master 1000, galvalume(aluzinc) e=0.40 mm/Cubierta	\$3,804.97			\$3,804.97		
2.5	Claraboyas de 3mm	\$2,528.90			\$2,528.90		
3	FASE III	\$0.00					
3.1	Paredes - bloques 140 mm - Bloques de hormigón	\$0.00					
3.2	Plancha perforada redonda	\$0.00					
3.3	Laminado de plástico - Azul marino	\$0.00					
3.4	Ventanas 2500 x 600mm	\$0.00					
3.5	Mueble - Puerta doble - 600 x 900 x 900 mm	\$0.00					
		\$53,921.46					
	VALOR PLANEADO MES		\$21,750.50	\$2,829.76	\$29,341.20	\$0.00	\$0.00
	VALOR PLANEADO ACUMULADO		\$21,750.50	\$24,580.26	\$53,921.46	\$53,921.46	\$53,921.46

MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN PM4R - VDC

INTRODUCCIÓN

Este manual proporciona una guía paso a paso para la implementación del modelo de gestión basado en PM4R y VDC, integrando tecnologías digitales en la administración de proyectos de ingeniería. Se detalla el flujo de trabajo desde la planificación hasta el cierre del proyecto, incluyendo el uso de Revit para la simulación y el control.

Este manual está diseñado para guiar a profesionales en la implementación del modelo PM4R-VDC en proyectos de ingeniería civil.

La implementación de este modelo de gestión permite una gestión más eficiente de costos y tiempos, mejorando la coordinación entre equipos y reduciendo los riesgos de retrasos y sobrecostos. Siguiendo estos pasos en Revit y herramientas PM4R, es posible optimizar la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería de manera efectiva.

1. FLUJO DE TRABAJO DEL MODELO DE GESTIÓN

1.1. Planificación y Diseño

Paso 1: Definir los Objetivos del Proyecto

- Establecer metas claras de costos, tiempos y calidad.
- Definir los hitos principales del cronograma.
- Aplicar la metodología PM4R para estructurar la planificación.

Paso 2: Creación del Modelo BIM 3D

- Generar el modelo 3D en Revit, asegurando que todos los elementos constructivos estén bien definidos.
- Aplicar criterios de modelado estructural, arquitectónico y MEP según corresponda.

Paso 3: Definición de Parámetros en Revit

- Crear parámetros compartidos para integrar información de costos y tiempos.
- Configurar tablas de planificación para gestionar recursos y actividades.

1.2. Integración de Ingeniería Concurrente (ICE)

Paso 4: Coordinación de Disciplinas

- Realizar reuniones ICE con todas las partes interesadas.
- Identificar conflictos de diseño mediante revisiones de modelos BIM.

Paso 5: Creación de la Programación 4D y 5D

- Vincular el cronograma con el modelo BIM en Navisworks o mediante tablas de planificación en Revit.
- Generar simulaciones de construcción para optimizar la secuencia de actividades.

1.3. Ejecución y Monitoreo

Paso 6: Aplicación del Método del Valor Ganado (EVM)

- Establecer los indicadores clave (CPI y SPI).
- Registrar costos reales y comparar con los planificados.

Paso 7: Control de Avance con Matrices PM4R

- Utilizar matrices de seguimiento para comparar progreso físico y financiero.
- Identificar desviaciones y proponer correcciones en tiempo real.

1.4. Monitoreo en Tiempo Real y Optimización de Recursos

Paso 8: Implementación de Herramientas de Seguimiento en Revit

- Utilizar tablas de planificación dinámicas en Revit para actualizar el estado del proyecto.
- Incorporar parámetros de estado de ejecución en el modelo BIM.
- Aplicar filtros visuales en Revit para identificar actividades críticas.

Paso 9: Uso de Dashboard para Seguimiento del Proyecto

- Integrar herramientas como Excel, Power BI o Autodesk para visualizar avances.
- Configurar alertas automáticas para actividades fuera de plazo o presupuesto.

Paso 10: Toma de Decisiones Basadas en Datos

- Evaluar escenarios en función de los índices obtenidos.
- Reasignar recursos según las tendencias observadas en el monitoreo.
- Ajustar la planificación de manera ágil para reducir riesgos de sobrecostos y retrasos.

1.5. Cierre y Evaluación

Paso 11: Análisis de Resultados

- Comparar simulaciones con el rendimiento real del proyecto.
- Evaluar éxitos y lecciones aprendidas.

Paso 12: Generación de Informes Finales

- Consolidar datos en Dashboard y reportes de cierre.
- Presentar resultados a los interesados.

2. IMPLEMENTACIÓN EN REVIT: PASOS DETALLADOS

2.1. Creación de Tablas de Planificación

Ir a la pestaña "Vista" > "Tablas de Planificación".

- Seleccionar "Nueva Tabla" y elegir la categoría de elementos constructivos.
- Agregar los campos: "Nombre de actividad", "Fecha de inicio", "Duración", "Costo planificado", "Costo real".
- Aplicar filtros y clasificaciones según las fases del proyecto.

2.2. Creación de Parámetros Compartidos

- Ir a "Gestionar" > "Parámetros compartidos".
- Crear nuevos parámetros: Costo planificado, Avance físico, Estado de ejecución.
- Vincular los parámetros con las familias de elementos.

2.3. Simulación 4D

- Exportar el modelo de Revit a Navisworks Manage.
- Vincular la programación con los elementos del modelo.
- Generar la animación de la secuencia constructiva.