



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**Evaluación de Tiempos y Costos en Procesos
Constructivos con Estructuras Metálicas Empleando
Metodología BIM: Caso PRONACA Quevedo**

TUTOR

Mgrt. EDMUNDO JAVIER MURILLO VITERI

AUTORES

ACEBO SALTOS JUSEPH ANTONIO

ZAMBRANO ARAY LIDER JOAO

GUAYAQUIL

AGOSTO 2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Evaluación de Tiempos y Costos en Proyectos con Estructuras Metálicas
Usando Metodología BIM: Caso PRONACA Quevedo

AUTOR/ES:

Acebo Saltos Joseph Antonio
Zambrano Aray Lider Joao

TUTOR:

Mgrt. EDMUNDO JAVIER MURILLO VITERI

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniería Civil

FACULTAD:

Ingeniería, industria y
construcción

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

113

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE: Ingeniería de la construcción, Ingeniería civil, Diseño estructural, Optimización

RESUMEN:

Este trabajo de titulación evalúa el impacto de la metodología BIM (Building Information Modeling) en la optimización de tiempos y costos durante los procesos constructivos de estructuras metálicas en la planta industrial PRONACA Quevedo. Se llevó a cabo una investigación que comparó las tácticas usuales de diseño y desarrollo de proyectos, contrastándolas con el uso de modelos tridimensionales digitales, calendarios bien estructurados y utilidades de gestión logística. Los resultados muestran que el uso de softwares como Autodesk Revit, Trimble Connect y Microsoft Project mejoran indudablemente el seguimiento, disminuye los desperdicios y optimiza la comunicación entre los equipos técnicos. Al contrastar ambas formas de trabajo, se descubrieron mejoras importantes tanto en la eficacia operativa como en la reducción de gastos generales. Este

estudio define un punto de referencia técnico para implementar BIM en proyectos constructivos dentro del contexto ecuatoriano.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Acebo Saltos Juseph Antonio Zambrano Aray Lider Joao	Teléfono: 0959662934 0939228580	E-mail: jacebosa@ulvr.edu.ec lzambranoar@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PH. D MARCIAL CALERO AMORES Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec ING. JORGE ENRIQUE TORRES Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242 E-mail: etorrest@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TT_2025A_ACEBO-
ZAMBRANO

31%
Textos
sospechosos



4% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
3% Idiomas no reconocidos
25% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TT_2025A_ACEBO-ZAMBRANO.docx
ID del documento: 60009b115cf47b3a3eb48e6074bec7a76b6e378
Tamaño del documento original: 17,01 MB
Autor: Joseph Acebo

Depositante: Joseph Acebo
Fecha de depósito: 17/8/2025
Tipo de carga: url_submission
fecha de fin de análisis: 17/8/2025

Número de palabras: 18.499
Número de caracteres: 128.043

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.ulvr.edu.ec https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/07/file_1680023977-1.docx 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (309 palabras)
2	www.archdaily.cl ¿Cuál es la diferencia entre BIM y Revit? ArchDaily en Español https://www.archdaily.cl/cl/948125/cual-es-la	1%		Palabras idénticas: 1% (229 palabras)
3	Documento de otro usuario #ea5c7e Viene de de otro grupo 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (117 palabras)
4	Documento de otro usuario #8d947b Viene de de otro grupo 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (120 palabras)
5	Documento de otro usuario #8dd0de Viene de de otro grupo 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (114 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.urp.edu.pe Aplicación de la metodología BIM en el expediente técni... https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/9285	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unid... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/29046/5/T-ESPE-052160.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
3	Documento de otro usuario #ae6077 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
4	www.universidades.com.ec Sede Central - ULVR https://www.universidades.com.ec/universidad-laica-vicente-rocafuerte-de-guayaquil/sede-ce...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
5	Documento de otro usuario #0168ed Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://drive.google.com/drive/folders/1y5BipAcRvEkK5SWAmEXrXR50QJPswqWa
2	https://drive.google.com/drive/folders/1WonscOu6nCPmdDj5dJ8ixMh0JfqLFWyV
3	https://21noticias.com/2024/07/11/durabilidad-y-resistencia-definen-la-eficacia-de-estructuras-metalicas/
4	https://360enconcreto.com/blog/detalle/aeropuerto-internacional-de-hong-kong-un-hito-en-concreto/
5	https://www.archdaily.cl/cl/948125/cual-es-la-diferencia-entre-bim-y-revit



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El(Los) estudiante(s) egresado(s) Juseph Antonio Acebo Saltos y Lider Joao Zambrano Aray, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Evaluación de Tiempos y Costos en Proyectos con Estructuras Metálicas Usando Metodología BIM: Caso PRONACA Quevedo, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:



JUSEPH ANTONIO ACEBO SALTOS

C.I. 1207338805

Firma:



LIDER JOAO ZAMBRANO ARAY

C.I. 1315774776

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Evaluación de Tiempos y Costos en Proyectos con Estructuras Metálicas Usando Metodología BIM: Caso PRONACA Quevedo, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Evaluación de Tiempos y Costos en Proyectos con Estructuras Metálicas Usando Metodología BIM: Caso PRONACA Quevedo, presentado por el (los) estudiante (s) Juseph Antonio Acebo Saltos y Lider Joao Zambrano Aray como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Mgt. EDMUNDO JAVIER MURILLO VITERI

AGRADECIMIENTO

Con el corazón firme y la mirada en el sendero recorrido, levanto esta tesis como un símbolo de resistencia. No es solo un documento académico: es un legado. Cada palabra aquí escrita honra a quienes caminaron antes que yo, descalzos, bajo el peso de la injusticia, la pobreza y el olvido. Hoy declaro que la grandeza no pertenece solo a quienes nacen con privilegios... sino a quienes se niegan a rendirse.

Agradezco, ante todo, a Dios, por sostenerme cuando el camino fue oscuro, por darme fuerzas cuando sentí que todo se venía abajo. A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, a sus docentes, y en especial al Mgrt. Edmundo Murillo, les agradezco por guiarme con firmeza y exigencia hacia este momento.

A ti, Juseph Antonio Acebo Saltos, mi compañero de tesis, gracias por ser más que un colega. En ti encontré un hermano de batalla, un aliado leal que compartió esfuerzo, ideales y propósito. Esta travesía no habría sido la misma sin tu fortaleza.

A mis padres, Lider Antonio Zambrano Zambrano y Diana Jacinta Aray Zambrano, los verdaderos arquitectos de este destino. Padre, tu niñez entre campos de maíz y candiles me enseñó que el trabajo digno forja acero en el alma. Madre, tu valentía silenciosa y tu luz, incluso en la oscuridad, me dieron el coraje para avanzar. Ustedes me heredaron algo más valioso que el oro: su ejemplo. Esta victoria es suya.

A mis hermanas, Diana Renata y Dialid Graciela, ustedes son mi motor y mi esperanza. Que este logro les recuerde que las raíces humildes no limitan... forjan.

El camino no fue fácil. Fue esculpido con manos callosas y días inciertos. Conocí el lodo, el cansancio, la desigualdad, la angustia de no saber si habría un mañana con recursos. Pero también vi cómo, con determinación, se puede cambiar el destino.

A mis amigos —Juseph, Manuel, Nick, Joshua y Juan— gracias por su lealtad, por estar en los días difíciles, por las risas sinceras y las palabras sabias. Y a quienes me subestimaron, que creyeron que mis orígenes eran debilidad... gracias. Me impulsaron a ser más fuerte.

Hoy no solo me gradúo como ingeniero civil. Me levanto como hijo, como hermano, como nieto... como un soñador que no olvida de dónde viene. Esta tesis no marca un final.

Es la señal de que el futuro se está construyendo.

Y si esta historia ha de inspirar a alguien más, que así sea. Porque mientras exista voluntad, mientras haya quien crea... la construcción del mañana continuará.

DEDICATORIA

A ustedes, Lider Antonio Zambrano Zambrano y Diana Jacinta Aray Zambrano, mis padres... Este logro es un monumento invisible construido con sus lágrimas, sus silencios, su trabajo incansable y su amor sin medida. Porque donde otros heredaron fortuna, yo heredé algo más poderoso: su ejemplo. A ti, padre, que desde niño cargaste pomas de agua en un burro, con los pies descalzos y el alma firme; que sembraste sandía bajo el sol de Manabí y trabajaste machete en campos ajenos sin perder tu fe; que recorriste las madrugadas de Posorja cargando el gas al hombro, sin una queja, sin descanso, solo por asegurarte de que yo llegara a estudiar, a soñar, a intentar. A ti, madre, que sufriste en silencio en casas ajenas, cocinando, limpiando y llorando lejos de casa; que caminaste por las noches para seguir estudiando mientras de día cuidabas niños que no eran tuyos; que te tragaste el dolor para sonreírme, que hiciste de una casa humilde un refugio invencible. A ustedes les debo mi voz, mi camino, mi historia. Si hoy levanto esta tesis como bandera, es porque ustedes cavaron los cimientos con sus propias manos. Y a quienes iniciaron esta línea de resistencia silenciosa: A mis abuelos paternos Pascual Zambrano y María Zambrano, y a mis abuelos maternos Emilio Aray y Emnie Zambrano, gracias por sembrar, por luchar, por vivir en la sombra para que hoy pueda caminar bajo el sol.

Este trabajo no es solo académico. Es un acto de justicia histórica. Una declaración para el mundo: los hijos de campesinos también llegan lejos. Y los sueños que nacen entre el barro y el sacrificio son los más inquebrantables. Que esta dedicatoria sea testigo de que ustedes, sin títulos ni aplausos, fueron, son y serán mis verdaderos maestros.

Con orgullo y amor

Lider Joao Zambrano Aray

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme vida y salud para poder cumplir esta anhelada meta.

A mis padres Mery Saltos y Evaristo Acebo por ayudarme en todo lo que han podido en esta etapa y durante toda mi vida, por nunca dejarme solo y jamás dejar de apoyarme todo este tiempo, a mis hermanos Johann y Evaristo Jr. por estar presentes siempre y ayudarme en todo lo que ha estado a su alcance.

A mi Esposa Ing. María José Zuriaga Anchundia, por brindarme su apoyo incondicional, su comprensión y su amor, por regalarme a mis maravillosos hijos Althair e Isaac cuyas vidas son el motor de la mía, mi razón de seguir y salir adelante.

A mi grupo de trabajo durante toda mi carrera universitaria, Nick, Manuel, Joshua, Jota, así como de manera especial a Lider mi compañero de tesis. Gracias por todo. Por último, a mi cuñado Anthony J. Zuriaga, sé que desde el cielo nos ha estado cuidando y ayudando en muchos aspectos de nuestras vidas, gracias, Javiercito...

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a mi familia, mis padres, mis hermanos por estar conmigo apoyándome siempre, para que se sientan orgullosos de mi por haber logrado esta meta tan anhelada y demostrar que el límite es el cielo, siempre en esta vida existirán dificultades, pero estos logros son producto de jamás darnos por vencidos. Por último, este logro va dedicado especialmente para mi amada esposa e hijos Althair e Isaac. Sin ellos en mi vida no hubiera logrado nada, esto es por ellos y para ellos.

Con mucho amor...

Joseph Antonio Acebo Saltos.

RESUMEN

Este trabajo de titulación evalúa el impacto de la metodología BIM (Building Information Modeling) en la optimización de tiempos y costos durante los procesos constructivos de estructuras metálicas en la planta industrial PRONACA Quevedo. Se llevó a cabo una investigación que comparó las tácticas usuales de diseño y desarrollo de proyectos, contrastándolas con el uso de modelos tridimensionales digitales, calendarios bien estructurados y utilidades de gestión logística. Los resultados muestran que el uso de softwares como Autodesk Revit, Trimble Connect y Microsoft Project mejoran indudablemente el seguimiento, disminuye los desperdicios y optimiza la comunicación entre los equipos técnicos. Al contrastar ambas formas de trabajo, se descubrieron mejoras importantes tanto en la eficacia operativa como en la reducción de gastos generales. Este estudio define un punto de referencia técnico para implementar BIM en proyectos constructivos dentro del contexto ecuatoriano.

Palabras Clave – Ingeniería de la construcción, Ingeniería civil, Diseño estructural, Optimización

ABSTRACT

This thesis evaluates the impact of the Building Information Modeling (BIM) methodology on optimizing time and costs during the construction processes of steel structures at the PRONACA Quevedo industrial plant. A study was conducted comparing conventional project design and development tactics with the use of digital 3D models, well-structured schedules, and logistics management tools. The results show that the use of software such as Autodesk Revit, Trimble Connect, and Microsoft Project clearly improves tracking, reduces waste, and optimizes communication between technical teams. Comparing both working methods revealed significant improvements in both operational efficiency and overhead reduction. This study defines a technical benchmark for implementing BIM in construction projects within the Ecuadorian context.

Keywords: Construction engineering, Civil engineering, Structural design, Optimization

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	2
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.4. Objetivo General.....	3
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Justificación	4
1.7. Idea a Defender / Hipótesis	5
1.8. Línea de Investigación Institucional / Facultad	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1. Marco Teórico	6
2.1.1. Optimización de Procesos Constructivos en Estructuras Metálicas	7
2.1.2. Metodología BIM y su Aplicación en la Construcción.....	12
2.1.3. Herramientas BIM Aplicadas a la Optimización de Tiempos y Costos	19
2.1.4. Casos de Éxito en la Implementación de BIM en Construcción con Estructuras Metálicas.....	25
2.1.5. Aplicación de BIM en el Caso de PRONACA Quevedo	26
2.1.6. Modelos o experiencias análogas:.....	27
2.1.7. Estructuras metálicas: conceptos y características	31
2.1.8. Metodología BIM: fundamentos y aplicaciones	32
2.1.9. Gestión de tiempos y costos en proyectos de construcción	32
2.2. Marco Legal	33
2.2.1. Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNCP)	
33	
2.2.2. Código Civil y Normativa de la Construcción en Ecuador	34

2.2.3. Normativas NTF INEN ISO 19650-1 y 19650-2	35
2.2.4. Leyes Ambientales y de Innovación Tecnológica.....	36
2.2.5. Propiedad Intelectual y Derechos de Autor	36
CAPÍTULO III.....	37
MARCO METODOLÓGICO.....	37
3.1. Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto).....	37
3.1.1. Operacionalización de variables	38
3.2. Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional).....	41
3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	43
3.4. Población y muestra	44
3.5. Desarrollo de la investigación	45
3.5.1. Diagrama metodológico.....	46
3.5.2. Desarrollo.....	49
CAPÍTULO IV	61
PROPUESTA O INFORME.....	61
4.1. Presentación y análisis de resultados.....	61
4.1.1. Resultados de las fases	63
4.1.2. Cuadro comparativo Metodología BIM vs. Tradicional.....	69
4.1.3. Resultados de la Encuesta	70
4.2. Comparación Económica: Implementación BIM vs. Método Tradicional	76
4.2.1. Análisis de costos SIN BIM	76
4.2.2. Análisis de costos CON BIM.....	77
4.2.3. Comparación porcentual entre metodología tradicional y metodología BIM	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

ANEXOS.....	83
-------------	----

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Línea de investigación	5
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables de la investigación	39
Tabla 3 Plan de recolección de datos	43
Tabla 4 Encuesta dirigida a Ingenieros, Arquitectos y Personal técnico en Obras Civiles	49
Tabla 5 Tabla de costos en pérdidas por inutilización de metodología BIM	55
Tabla 6 Alquileres de grúas y equipos de izaje adicionales código 1,001	55
Tabla 7 Multas contractuales por incumplimiento de hitos código 1,002	56
Tabla 8 Costos por deterioro de materiales metálicos código 1,003	57
Tabla 9 Desviaciones presupuestarias no previstas código 1,004	57
Tabla 10 Valor del costo total del montaje estructural	58
Tabla 11 Ventajas de la implementación BIM	59
Tabla 12 Cuadro comparativo de Tiempos	69
Tabla 13 TABLA DE COSTOS DE MONTAJE POR PISO SIN APLICAR METODOLOGÍA BIM	76
Tabla 14 COSTOS INDIRECTOS OBTENIDO DE LA “ILUSTRACIÓN 37”	77
Tabla 15 Infraestructura Tecnológica	77
Tabla 16 Recurso Humano (Técnicos)	77
Tabla 17 Sumatoria de TABLA 15 Y TABLA 16	78
Tabla 18 Comparación porcentual de metodologías	78

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Fachada principal de edificio de producción – PRONACA Quevedo.....	6
Ilustración 2 Construcción con estructuras metálicas.....	8
Ilustración 3 Proceso de metodología BIM.....	13
Ilustración 4 Desarrollo de la metodología BIM.....	15
Ilustración 5 Reducción de costos con eficiencia.....	17
Ilustración 6 Simulación 4D en Revit.....	18
Ilustración 7 TRIMBLE CONNECT, VIGAS METALICAS.....	21
Ilustración 8 Demostración 3d en Revit.....	22
Ilustración 9 Funciones clave de Autodesk Revit.....	23
Ilustración 10 Software Microsoft Project.....	24
Ilustración 11 Microsoft Project.....	25
Ilustración 12 Aeropuerto de Barcelona-El Prat. Esquema de la remodelación del aeropuerto.....	28
Ilustración 13 Desarrollo de la ciudad de Medellín con BIM.....	30
Ilustración 14 Montaje metálico de PRONACA QUEVEDO.....	31
Ilustración 15 Planta PRONACA Quevedo edificio en proceso de construcción.....	33
Ilustración 16 Diagrama en la que se muestra de una manera condensada la planificación constructiva.....	48
Ilustración 17 Rubros de montaje estructural.....	52
Ilustración 18 APU del Rubro 4.1 montaje de estructura principal.....	53
Ilustración 19 APU del Rubro 4.2 montaje de estructura secundaria.....	54
Ilustración 20 Modelado de perfil con nomenclatura 11VM6-A3 - VIGA - Rev 1.....	63
Ilustración 21 Modelado de perfil con nomenclatura 11VM6-A2 - VIGA – Re.....	63
Ilustración 22 Modelado de perfil con nomenclatura 11VM6-A1 - VIGA - Rev 1.....	64
Ilustración 23 PLANTAS NIVEL +0-00m, +3-00m Y DETALLES.....	64
Ilustración 24 PLANTAS NIVEL +6-50m Y +10-00m.....	65
Ilustración 25 CORTES DE SECCIÓN.....	65
Ilustración 26 Modelado en Autodesk Revit.....	66
Ilustración 27 Modelado importado de Revit a Trimble Connect (Visualizador).....	66
Ilustración 28 Flujograma del proceso de coordinación y decisiones en fase de ejecución.....	67
Ilustración 29 Flujograma desarrollado en Gantt Project (parte1).....	67
Ilustración 30 Flujograma desarrollado en Gantt Project (parte2).....	68

Ilustración 31 Diagrama de montaje en Project de la METODOLOGÍA TRADICIONAL.....	68
Ilustración 32 Diagrama de montaje en Project de la METODOLOGÍA BIM.....	69
Ilustración 33 Resultados de pregunta 1	70
Ilustración 34 Resultados de pregunta 2	71
Ilustración 35 Resultados de pregunta 3	71
Ilustración 36 Resultados de pregunta 4	72
Ilustración 37 Resultados de pregunta 5	72
Ilustración 38 Resultados de pregunta 6	73
Ilustración 39 Resultados de pregunta 7	73
Ilustración 40 Resultados de pregunta 8	74
Ilustración 41 Resultados de pregunta 9	74
Ilustración 42 Resultados de pregunta 10	75
Ilustración 43 Resultados de pregunta 11	75
Ilustración 44 Resumen del APU de montaje de estructura	76

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Edificio en su fase final de montaje PRONACA-QUEVEDO.....	83
Anexo 2 Clasificación de elementos	83
Anexo 3 Clasificación de vigas metálicas por niveles o pisos	84
Anexo 4 Deterioro de elementos a montar.....	84
Anexo 5 Zona de clasificación de elementos previo a montaje con torre grúa	85
Anexo 6 Centro de acopio de elementos sin clasificar	85
Anexo 7 Camión grúa alquilado para movimiento y clasificación de elementos	86
Anexo 8 Clasificación de elementos en centro de acopio	86
Anexo 9 Verificación de elementos recibidos en planta	87
Anexo 10 Traslado de elementos con camión grúa	87
Anexo 11 Movimiento de elementos usando camión grúa	88
Anexo 12 Marcaje de vigas para su clasificación y montaje.....	88
Anexo 13 Utilización de camión grúa	89
Anexo 14 Uso de camión grúa.....	89
Anexo 15 Ordenamiento de elementos a trasladar	90
Anexo 16 Clasificación de elementos en zona de acopio.....	90
Anexo 17 Personal maniobrando con camión grúa.....	91
Anexo 18 Clasificación de elementos por tipo.....	91
Anexo 19 Guía de elementos enviados a planta	92
Anexo 20 Trabajos adicionales de clasificación	92
Anexo 21 Camión grúa en zona de acopio	93
Anexo 22 Traslado de columna metálica	93
Anexo 23 Movimiento de columna metálica	94
Anexo 24 Descarga de elementos en planta.....	94
Anexo 25 Edificio en un 30% del montaje planificado	95
Anexo 26 Visualización de modelado 3D en Trimble Connect	95
Anexo 27 Modelado en REVIT.....	96

INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro mundo globalizado y cambiante, la tecnología avanza a un ritmo imparable, en efecto, el sector de la construcción no es la excepción. Así pues, el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) a nivel mundial permite a los profesionales de la Ingeniería Civil llevar a cabo sus proyectos de manera más eficiente, logrando así reducir los costos en la etapa de diseño. Por otra parte, BIM no solo mejora el diseño, sino que también conlleva a un impacto considerable en la planificación, ejecución y control de los proyectos, especialmente en aquellos que implican el uso de estructuras metálicas. Por lo tanto, los beneficios de esta metodología en aspectos como precisión, sostenibilidad y rentabilidad al tiempo, sugiere soluciones adaptadas a las necesidades del sector de la construcción en Ecuador. Sin embargo, las nuevas tecnologías, especialmente metodologías como el Modelado BIM, ofrecen una forma de trabajar innovadora y avanzada, permitiendo llevar a cabo las obras de manera más eficiente, ya que integra todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la ejecución.

Adicionalmente, la aplicación del método BIM en construcciones con elementos metálicos posibilita la simulación de diversos escenarios de construcción y el análisis anticipado del comportamiento estructural, lo que disminuye los márgenes de error durante su ejecución. Esta habilidad para prever no solo incrementa la calidad final del proyecto, sino que también fortalece la colaboración entre los diferentes participantes, tales como arquitectos, ingenieros, proyectistas y contratistas. Por lo tanto, se maximizan los recursos existentes, se disminuyen los residuos de materiales y se reducen los trabajos de reconstrucción, esto es clave para lograr una edificación más eficaz, sustentable y acorde a las normas internacionales.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1. Tema

Evaluación de Tiempos y Costos en Procesos Constructivos con Estructuras Metálicas Empleando Metodología BIM: Caso PRONACA Quevedo

1.2. Planteamiento del Problema

La industria de la construcción, al igual que cualquier área de negocio, se desarrolla en términos de incertidumbre, sobre todo en lo relacionado a calidad, tiempos y costos, estos son riesgos que todo proyecto implica y como consecuencia, diferentes empresas buscan implementar a sus oficinas una mejor gestión de proyectos basada en metodologías globales existentes, con el fin de mejorar la estructura organizacional de sus empresas y adaptarse de mejor manera a los cambios del mercado, buscando así, satisfacer las necesidades y exigencias del cliente (Caibinagua, 2018).

El crecimiento poblacional desmedido señala que para el año 2050, existirán 9700 millones de individuos en el planeta, lo que requiere que el sector de la construcción emplee técnicas innovadoras y tecnologías contemporáneas en la edificación de estructuras que permitan maximizar la utilización de los recursos escasos existentes en el mundo (Cobos Avila, 2024)

La industria de la edificación se topa siempre con retos vinculados a la eficacia en la administración de tiempo y costos, particularmente en proyectos que implican estructuras de metal, donde los procedimientos de diseño y construcción son complicados. En Ecuador, empresas como PRONACA demandan soluciones modernas que les permitan cumplir con los cronogramas y presupuestos establecidos. Sin embargo, existe una brecha significativa entre la actualización constante de los diseños y la ejecución en obra, ya que muchas contratistas no logran adaptar sus procesos constructivos a los cambios o mejoras generadas en la etapa

de planificación. Esta falta de sincronización entre diseño y ejecución ocasiona sobrecostos, retrasos y desperdicio de materiales. Tales problemáticas se ven agravadas por la limitada implementación de tecnologías avanzadas como la metodología BIM (Building Information Modeling) mencionada anteriormente, la cual ha demostrado ser efectiva en otros contextos para mejorar la planificación, la precisión del diseño y la previsión de problemas constructivos. Esto plantea la necesidad de investigar cómo la adopción de BIM puede contribuir a la optimización de tiempos y costos en proyectos con estructuras metálicas en PRONACA Quevedo, sentando un precedente para su aplicación y ejecución en proyectos similares del país.

1.3. Formulación del Problema

- ¿Cómo incide la falta de integración entre las fases de diseño, planificación y ejecución en los costos y tiempos del proyecto PRONACA Quevedo?
- ¿Cómo mejorar la eficiencia constructiva la implementación de la metodología BIM en proyectos con estructuras metálicas como el caso de PRONACA Quevedo?

1.4. Objetivo General

Evaluar como los costos y tiempos en procesos constructivos con estructuras metálicas en la nueva planta de producción de PRONACA Quevedo pueden mejorar empleando Metodología BIM.

1.5. Objetivos Específicos

- Examinar como la optimización de tiempos y recursos, empleando metodología BIM influye en los procesos de planificación, así como la construcción de una obra empleando estructuras metálicas.
- Demostrar los procesos constructivos con estructuras metálicas en la obra PRONACA Quevedo, simulando escenarios de planificación y construcción mediante modelado BIM.

- Comparar el impacto de esta metodología en la disminución de costos y tiempos de trabajo a los procesos constructivos con estructuras metálicas, identificando los principales beneficios económicos y de eficiencia en el caso PRONACA Quevedo.

1.6. Justificación

Es de suma importancia que se incremente la eficacia en los procedimientos constructivos en el sector ecuatoriano, usualmente en construcciones que emplean estructuras con elementos metálicos, al igual que otras compañías a nivel nacional, el sector constructivo se encuentra con retos vinculados a la planificación, la gestión de costos y los plazos de construcción. Entonces, la implementación de la metodología BIM constituye una oportunidad invaluable para perfeccionar estos procesos a través de la incorporación de tecnologías que ayudan a la coordinación y visualización del proyecto para así tener un resultado más acertado. Este estudio aportará datos técnicos y aplicados que facilitarán la toma de decisiones más acertadas en futuras construcciones parecidas, además de promover la utilización de herramientas tecnológicas contemporáneas en la edificación nacional.

Además, la implementación de BIM en construcciones con estructuras de metal permite la identificación precoz de interrupciones y fallos en el diseño, lo que disminuye considerablemente las alteraciones durante la ejecución y, consecuentemente, los gastos extra y el tiempo desperdiciado. Esta habilidad para prever y gestionar es particularmente importante en proyectos industriales como los de PRONACA, donde la exactitud y eficacia son esenciales para preservar la operatividad y respetar tiempos precisos.

Como último recurso, este análisis busca potenciar la iniciativa de aplicar innovación en el campo de la ingeniería civil en el Ecuador. Al mostrar los beneficios concretos de la utilización de BIM en un proyecto verídico, se planea que se incentive a empresas, expertos y gobiernos a adoptar esta metodología en sus procesos constructivos. Así, no solo se fomentará la competitividad en el sector antes mencionado, sino que también aumentaran los criterios de calidad en la construcción a escala nacional, siendo esto algo muy beneficioso para el país.

1.7. Idea a Defender / Hipótesis

La implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos de estructuras metálicas en PRONACA Quevedo permitirá una mayor integración y coordinación entre las fases de diseño, planificación y ejecución, lo que reducirá significativamente los tiempos de construcción y los costos operativos, optimizando así la eficiencia del proyecto.

1.8. Línea de Investigación Institucional / Facultad

Tabla 1

Línea de investigación

Línea de Investigación Institucional	Descripción	Relación con el Estudio
Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Este campo de estudio se centra en la creación y uso de tecnologías, métodos y materiales que fomenten edificaciones más efectivas, ecológicas y creativas, teniendo en cuenta su efecto en el suelo y el entorno natural.	El análisis utiliza métodos novedosos como BIM para así optimizar los gastos y el tiempo de ejecución, adaptándose a prácticas sostenibles y efectivas en la construcción.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2025)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

En la industria de la construcción, la optimización de tiempos y costos es desafiante, especialmente en proyectos que involucran estructuras metálicas. A lo largo de los años, diversas metodologías han surgido con el objetivo de mejorar la planificación y ejecución de obras, siendo BIM (Building Information Modeling) una de las más revolucionarias. Esta metodología no solo permite una visualización tridimensional del proyecto, sino que también integra información detallada que facilita la coordinación entre las diferentes fases de diseño, planificación y ejecución. Gracias a su capacidad de prever conflictos y optimizar recursos, BIM ha demostrado ser una herramienta clave para reducir desperdicios y sobrecostos. Por ello, su implementación en proyectos como el de PRONACA Quevedo representa una oportunidad para mejorar la eficiencia y establecer un modelo de referencia aplicable en futuras obras del sector.

Ilustración 1

Fachada principal de edificio de producción – PRONACA Quevedo



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

El uso de estructuras metálicas en proyectos de construcciones civiles ha cobrado importancia debido a su adaptabilidad, sencillez de instalación y robustez estructural. Sin embargo, estos beneficios conllevan una mayor exigencia de exactitud en los comienzos de la etapa de diseño y planificación, dado que cualquier fallo puede implicar un elevado gasto en corrección. En este contexto, la metodología BIM ofrece una solución integral, permitiendo no solo modelar los componentes con una gran exactitud milimétrica, sino que también, se puede simular procesos constructivos, prever interferencias y calcular volúmenes de obra en tiempo real. Esta capacidad predictiva se convierte en un recurso estratégico para proyectos constructivos, donde el monitoreo de tiempos y costos es determinante para cumplir con los objetivos ya establecidos.

Además, BIM favorece la colaboración interdisciplinaria al centralizar toda la información del proyecto en un entorno común de datos, accesible para arquitectos, ingenieros, técnicos y contratistas. Esta integración no solo mejora la comunicación entre los distintos actores involucrados, sino que también permite una toma de decisiones más rápida y fundamentada. En el caso específico del proyecto PRONACA Quevedo, el uso de BIM no solo optimiza los aspectos técnicos, sino que también contribuye a mejorar la trazabilidad de cada fase constructiva, generando un registro digital que puede ser consultado y actualizado en cualquier momento. De esta forma, la metodología no solo aporta beneficios durante la ejecución, sino también en el mantenimiento y operación futura de las instalaciones.

2.1.1. Optimización de Procesos Constructivos en Estructuras Metálicas

Estructuras Metálicas en la Construcción

Las estructuras con elementos metálicos se han empleado extensamente en la edificación gracias a su resistencia, durabilidad y adaptabilidad. Se ha implementado en áreas industriales, comerciales y de infraestructura, sobresaliendo por su sencillez de instalación y menor residuo de material en comparación con otros métodos de construcción 21Noticias (2024). Además, la fabricación preestablecida de componentes metálicos posibilita un control de calidad más efectivo y disminuye las

incertidumbres en la construcción, lo que ayuda a mejorar los plazos de realización y reducir los gastos relacionados con los retrabajos.

En este caso, la implementación de la metodología BIM juega un papel crucial en la planificación y coordinación de proyectos con estructuras metálicas. Al usar modelos digitales tridimensionales con información técnica detallada, BIM permite identificar las posibles interferencias o problemas antes de la fase de ejecución, disminuyendo errores y optimizando la gestión de los recursos. Esto no solo aumenta la eficiencia en el montaje estructural, sino que también ayuda a que exista una mejor gestión durante todo el proceso de construcción. Además de sus beneficios técnicos, las construcciones de metal brindan una destacada flexibilidad ante los cambios de diseño en la fase de planificación, lo cual resulta especialmente ventajoso al utilizar métodos como BIM. Esta flexibilidad permite integrar cambios en tiempo real dentro del modelo digital, favoreciendo una toma de decisiones más rápida y fundamentada. Además, la menor pesadez del acero en comparación con otros materiales estructurales ayuda a reducir las cargas muertas sobre la base de la construcción, lo que puede resultar en ahorros tanto estructurales como financieros. Dentro del marco de proyectos contemporáneos que persiguen una mayor sostenibilidad y precisión, la fusión de estructuras metálicas con plataformas colaborativas como BIM constituye una alternativa innovadora para abordar los retos actuales en el ámbito de la construcción.

Ilustración 2

Construcción con estructuras metálicas



Fuente: Comando Construcciones (2025)

Factores que afectan los tiempos y costos en proyectos con estructuras metálicas

Cuando se habla de proyectos constructivos con estructuras metálicas, los factores que afectan los tiempos y costos no son aislados, sino que se interrelacionan de manera compleja. En esta investigación se explorará cómo estos factores impactan directamente en la optimización que se busca implementar con la metodología BIM en el proyecto de PRONACA Quevedo. Entre los factores más relevantes que inciden en los tiempos y costos se encuentran la logística de transporte y montaje, la precisión en la fabricación de elementos estructurales, la coordinación entre especialidades y la gestión de cambios durante la obra.

La ausencia de una planificación integral puede generar retrasos significativos y duplicación de esfuerzos, especialmente cuando existen interferencias no detectadas entre componentes estructurales y sistemas complementarios. Por ello, herramientas como BIM se presentan como una alternativa eficaz para anticipar estos problemas, al permitir simular secuencias constructivas, coordinar modelos de distintas disciplinas y mantener actualizado el cronograma en función de la evolución real del proyecto.

Errores en el Diseño

En los proyectos de estructuras metálicas, uno de los elementos más esenciales es la posibilidad de errores de diseño, como irregularidades en los planos o errores en los cálculos estructurales. Estos fallos pueden provocar demoras importantes y gastos excesivos, particularmente cuando se encuentran en etapas avanzadas de la edificación.

En el enfoque BIM, los modelos digitales facilitan una revisión minuciosa del diseño previo a la implementación. La simulación en tres dimensiones y la colaboración entre todas las disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones) permiten identificar con anticipación los fallos de diseño Castro y Campoverde (2024). Esto disminuye la posibilidad de realizar más trabajos en la obra, mejorando tanto el

tiempo de realización como los costos, previniendo costos extra derivados de la rectificación de errores.

Mala Coordinación entre Diseño y Ejecución

La ausencia de coordinación entre los grupos de diseño y construcción es otro elemento crucial que puede impactar negativamente en los plazos de edificación y elevar los gastos. Esto generalmente sucede debido a una comunicación inadecuada, ya sea por una mala comprensión de los planos, ausencia de datos actualizados o desajuste de los objetivos entre las distintas etapas del proyecto.

BIM ayuda a mitigar este problema al integrar todos los datos en una plataforma centralizada, lo que asegura que tanto diseñadores como constructores trabajen con la misma información, y cualquier cambio en el diseño se refleje en tiempo real para todos los involucrados Tectura (2024). Esta mejor coordinación reduce el riesgo de confusión y permite que las fases de construcción se realicen de manera más eficiente, evitando interrupciones y retrasos innecesarios. Además, la falta de coordinación no solo genera retrasos, sino también incrementa los costos por reprocesos, compras no planificadas y conflictos en obra que podrían haberse evitado desde la fase de diseño. En proyectos con estructuras metálicas, donde la precisión en medidas y secuencias es fundamental, cualquier error de interpretación o ajuste de último momento puede comprometer la calidad estructural o generar tiempos muertos significativos. Por ello, una comunicación fluida entre las partes involucradas no es un valor agregado, sino una necesidad crítica que asegura que el proyecto sea exitoso.

En este trabajo de investigación, el uso de BIM como plataforma de colaboración no solo facilita la distribución de modelos 3D actualizados, sino que también incluye horarios, especificaciones técnicas y análisis de interferencias que aceleran la toma de decisiones. La interoperabilidad entre programas y disciplinas reduce la posibilidad de fallos humanos originados por la duplicación de información o versiones anticuadas. Así, se fortalece la trazabilidad del proyecto, se optimizan los recursos humanos y materiales, y se garantiza que cada etapa avance conforme a lo planificado.

Problemas en la Logística de Materiales y Montaje

La organización de los materiales y la instalación de las estructuras de metal son esenciales para garantizar la observancia de los tiempos de edificación. Las demoras en la distribución de materiales, fallos en la administración del inventario o errores en la organización de los recursos pueden provocar retrasos considerables. Estos inconvenientes también repercuten en el aumento de costos, afectando directamente la eficiencia del proyecto. Por ello, contar con una logística bien estructurada es clave para el éxito de la obra.

Mediante BIM, se pueden incorporar instrumentos de administración que facilitan la visualización de la secuencia de montaje y mejoran la logística de los materiales. La simulación del proceso constructivo, por ejemplo, permite planificar con mayor precisión la entrega de materiales en función del avance de la obra. Esto asegura que los recursos estén disponibles exactamente cuándo se necesitan, evitando tiempos muertos o acumulación innecesaria en el sitio. Además, se mejora la coordinación entre proveedores, supervisores y operarios.

La implementación de modelos BIM también posibilita prever interrupciones o disputas logísticas antes de que sucedan en terreno. Esto permite la modificación del calendario y la redistribución de recursos según las circunstancias reales. Así, se consigue una ejecución más suave y con un riesgo reducido de interrupciones. El beneficio principal de esta metodología es la disminución de trabajos repetitivos y pérdidas de materiales.

En conclusión, BIM funciona como un instrumento completo para administrar la logística y el montaje de estructuras de metal. Al optimizar la gestión del inventario y la organización de recursos, se aporta de manera significativa a la disminución de gastos y a la mejora de los plazos de implementación. Su implementación en proyectos como PRONACA Quevedo permite enfrentar con mayor eficacia los desafíos logísticos característicos de este tipo de construcciones. Esto refuerza la importancia de incorporar tecnologías digitales en la planificación y gestión de obras industriales complejas.

Impacto de la Tecnología y Herramientas BIM en la Optimización

Es crucial subrayar que, en proyectos de estructuras metálicas, la aplicación de BIM no solo resuelve las dificultades previamente citadas, sino que también funciona como un instrumento esencial para la administración completa del proyecto. La habilidad para simular, examinar y coordinar con exactitud todos los elementos del proceso de construcción en un ambiente digital facilita la optimización de los plazos de realización y la disminución de costos de forma considerable.

Por ejemplo, en el caso del proyecto PRONACA Quevedo, la integración de modelos BIM ayudará a planificar y coordinar tanto la fabricación de las piezas metálicas como su posterior ensamblaje en el sitio. Además, mediante el uso de herramientas como Revit, se podrá detectar interferencias antes de la ejecución, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente y reduciendo el tiempo de inactividad del equipo de construcción.

La implementación de BIM a través de Revit no solo optimiza la coordinación entre las diferentes disciplinas involucradas, sino que también permite una visualización anticipada y detallada del proceso constructivo. Esto facilita la toma de decisiones estratégicas en etapas tempranas, como la secuencia de montaje y la logística en obra. Al contar con un modelo digital preciso y actualizado, es posible generar planos de fabricación directamente desde Revit, lo que asegura que cada componente metálico llegue al sitio con las especificaciones exactas.

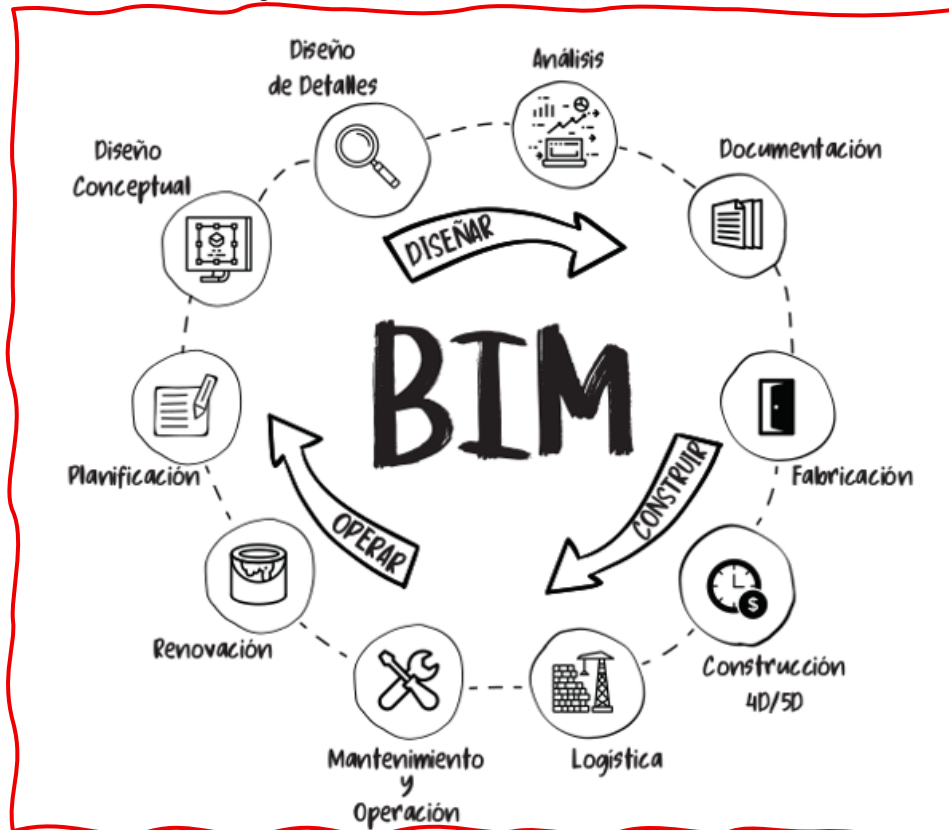
2.1.2. Metodología BIM y su Aplicación en la Construcción

En el mundo de la construcción, la utilización de nuevas metodologías ha sido muy importante para mejorar la eficiencia, disminuir costos y optimizar los tiempos de ejecución. La metodología BIM es una de las metodologías más innovadoras y efectivas que ha revolucionado la manera en que los proyectos se planifican, diseñan, ejecutan y gestionan. La implementación de BIM en la construcción de estructuras metálicas no solo contribuye a mejorar la calidad y precisión del diseño, sino que también tiene un impacto directo en la optimización de los recursos, gestión de

tiempos y reducción de costos. En el caso del proyecto PRONACA Quevedo, BIM ofrece un camino claro para gestionar estos factores de manera más eficaz (Gimenez ,2019) .

Ilustración 3

Proceso de metodología BIM



Fuente: Barbieri (2020)

Una de las mayores ventajas de BIM en proyectos como PRONACA Quevedo es la capacidad de llevar a cabo simulaciones de construcción antes de comenzar la construcción. Estas simulaciones facilitan la evaluación de diversos escenarios de montaje, traslado y montaje de las estructuras metálicas, previendo posibles interferencias o errores. Así, se consigue una organización más precisa y realista, que impacta directamente en la mejora del calendario y en una implementación más suave. Además, programas como Revit y Navisworks facilitan la identificación de choques entre componentes estructurales, eléctricos o hidráulicos desde los primeros pasos del diseño.

Adicionalmente, el uso de BIM facilita el control de costos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Al contar con un modelo integrado, es posible actualizar presupuestos en tiempo real conforme se introducen cambios en el diseño o en los procesos constructivos. Esta trazabilidad reduce el riesgo de desviaciones presupuestarias y mejora la toma de decisiones estratégicas. En el contexto ecuatoriano, donde aún se transita desde métodos tradicionales hacia procesos más tecnificados, BIM representa una oportunidad significativa para mejorar la competitividad del sector y garantizar obras más sostenibles, seguras y eficientes.

Definición y Evolución de BIM

La metodología BIM alude a un enfoque para crear y manejar datos digitales para un proyecto edificatorio durante todo su ciclo vital. Más que ser únicamente una imagen visual, BIM constituye un modelo inteligente que amalgama no solo la forma del proyecto, sino también datos importantes sobre los materiales, los costos, los plazos de construcción, entre otros factores. La noción de BIM ha experimentado una evolución notable desde sus orígenes. En sus comienzos, el uso de modelos en formato digital era meramente una representación visual, pero a lo largo del tiempo ha integrado una administración más exhaustiva y activa de la información. Esta evolución ha permitido que BIM no solo se utilice para diseñar, sino también para planificar y gestionar los recursos de manera más inteligente (Itec, 2023).

En proyectos que implican estructuras de metal, el BIM se ha vuelto un instrumento crucial para mejorar la edificación, dado que proporciona una perspectiva completa y exacta de todas las fases, desde el diseño inicial hasta la implementación y el mantenimiento posterior a la construcción.

Ilustración 4

Desarrollo de la metodología BIM



Fuente: Acero Estudio (2024)

Beneficios de BIM en la Construcción con Estructuras Metálicas

La implementación de BIM en la construcción de estructuras metálicas ofrece una serie de beneficios significativos. Estos beneficios son clave para optimizar los tiempos y costos, especialmente en proyectos complejos como el de PRONACA Quevedo. Uno de los principales beneficios de aplicar BIM en estructuras metálicas es la precisión en el modelado y fabricación. BIM permite generar modelos tridimensionales detallados que incluyen las dimensiones exactas de cada elemento metálico, las conexiones, los puntos de soldadura y los ensamblajes. Esto facilita la prefabricación en taller bajo estándares exactos, reduciendo errores y desperdicios de material. Al contar con piezas perfectamente diseñadas y listas para ensamblar, se minimiza el trabajo en obra y se acelera significativamente el proceso de montaje.

Otro beneficio clave es la mejora en la logística y planificación de obra. Con BIM, se puede definir un calendario de actividades que se sincronice con la llegada de materiales, la utilización de grúas y el traslado de personal. Esto disminuye los tiempos de espera, previene el almacenamiento superfluo en el lugar y potencia la eficacia del flujo de trabajo. En proyectos como el de PRONACA Quevedo, en los que los elementos metálicos poseen dimensiones y pesos determinados, una adecuada organización previene demoras costosas y potencia la seguridad en su manejo y montaje.

Además, BIM potencia la administración de cambios y la supervisión de la calidad a lo largo de todo el ciclo del proyecto. Cualquier cambio en el diseño puede ser observado y valorado antes de su implementación, previniendo improvisaciones en la obra. Al tener un seguimiento de cada elección técnica, se puede asegurar que se respeten los criterios de calidad en cada fase. Esta habilidad para prever fallos y confirmar decisiones desde la etapa de diseño facilita la entrega de proyectos más fiables, respetando el presupuesto y respetando los tiempos fijados.

Mejora en la Coordinación entre Fases del Proyecto

Uno de los grandes beneficios de BIM es su capacidad para coordinar de manera fluida las diferentes fases del proyecto. Con una herramienta centralizada que involucra a todos los equipos (diseñadores, ingenieros, constructores, etc.), BIM facilita que todos los involucrados trabajen sobre el mismo modelo y la misma información. Esta coordinación es fundamental para evitar errores de comunicación y retrasos en el cronograma. Por ejemplo, en PRONACA Quevedo, BIM permitirá una mejor sincronización entre los equipos de diseño y construcción de las estructuras metálicas, evitando conflictos y optimizando los tiempos de trabajo.

Reducción de Costos mediante Detección Temprana de Errores

La implementación de BIM facilita la detección de posibles problemas en las fases iniciales del proyecto, incluso antes de que comience la edificación física. Al identificar disputas o interrupciones entre las diferentes disciplinas (estructura, instalaciones, etc.) en el modelo digital, es posible rectificarlas sin generar gastos extra. Esto no solo evita gastos excesivos debido a fallos imprevistos, sino que también posibilita la modificación del diseño y la organización para asegurar que el proyecto se conserve dentro del presupuesto fijado. Por ejemplo, en un proyecto con estructuras de metal, donde los componentes deben ajustarse de manera ideal y cualquier fallo en el cálculo o diseño puede provocar retrasos o errores en la instalación, BIM facilita la detección de estos inconvenientes antes de que los materiales sean producidos o trasladados al lugar de trabajo. No solo disminuye los

gastos, sino que mejora la utilización de los materiales, lo cual repercute directamente en los costos del proyecto.

Ilustración 5

Reducción de costos con eficiencia



Fuente: Super User (s.f.)

Optimización de Tiempos Gracias a la Simulación Digital

Una de las grandes ventajas de BIM es la capacidad de simular los procesos constructivos antes de que ocurran en la realidad. Con esta simulación, los equipos de trabajo pueden visualizar y planificar cómo se llevará a cabo la construcción de las estructuras metálicas, lo que permite prever posibles cuellos de botella o dificultades logísticas. Esta simulación no solo mejora la planificación, sino que también asegura que los recursos se utilicen de manera eficiente, reduciendo tiempos muertos y acelerando la ejecución del proyecto.

El BIM (o sobre la misma línea Modelado de Información de Construcción) te facilita identificar, organizar y controlar los recursos técnicos y humanos en cada una de las etapas de la construcción. Esto es suponer una buena asignación del personal, con una programación adecuada de maquinaria y herramientas, una adecuada administración de los recursos existentes y también determina el cumplimiento de los

plazos, siempre que estos sean los correctos. El hecho de que esté fomentando la etapa de la planificación de la construcción, por medio de esta visualización exhaustiva, hace que tengas la certeza en la administración de los recursos desde el inicio de la obra, lo cual excluye la falta de recursos ya sea por un mal uso del personal o bien de los equipos (ArchDaily, 2023).

Para PRONACA Quevedo, la simulación de los procedimientos de edificación con BIM puede anticipar la secuencia de montaje de las estructuras de metal, mejorando así el tiempo de trabajo y garantizando que todos los componentes se acomoden de forma ágil y eficaz. Además, la simulación también ofrece la posibilidad de hacer modificaciones en tiempo real, lo que simplifica la toma de decisiones veloces que afectan directamente los tiempos y gastos (BIMnD, 2020).

De esta manera, la aplicación de simulaciones digitales mediante BIM no solo optimiza la ejecución en campo, sino que también fortalece la comunicación entre los diferentes actores del proyecto. Al contar con una visión compartida y detallada de cada fase constructiva, se reducen los riesgos de errores por interpretación y se promueve una coordinación más fluida. En consecuencia, se logra una mayor precisión en los cronogramas y un mejor control sobre los costos asociados a retrasos o reprocesos.

Ilustración 6

Simulación 4D en Revit



Fuente: Biblus (2025)

Integración con Otras Herramientas de Gestión

Además de la modelización y simulación, BIM se integra fácilmente con otras herramientas de gestión que mejoran aún más la eficiencia de los proyectos. Por ejemplo, herramientas como Microsoft Project o Gantt Project pueden sincronizarse con BIM para optimizar el cronograma del proyecto, asegurando que todas las actividades se realicen dentro del tiempo previsto.

En PRONACA Quevedo, la incorporación de BIM con instrumentos de administración de tiempos y recursos facilitará la coordinación de todas las tareas vinculadas a las estructuras metálicas, garantizando que el proyecto progrese sin contratiempos y sin interrupciones. Al emplear estas herramientas en conjunto, se optimiza la administración del tiempo, lo cual repercute directamente en la disminución de costos y plazos de implementación.

La implementación de BIM en proyectos de construcción, especialmente aquellos que involucran estructuras metálicas, ofrece beneficios que van más allá de la simple visualización 3D. La coordinación mejorada, la reducción de costos mediante la detección temprana de errores y la optimización de los tiempos mediante simulaciones digitales son aspectos claves que permiten la optimización de procesos constructivos. En el caso de PRONACA Quevedo, BIM representa una herramienta esencial para garantizar la eficiencia, reducir los costos imprevistos y acelerar el proceso constructivo, lo que convierte a este proyecto en un ejemplo claro de cómo la tecnología puede mejorar la construcción en el sector.

2.1.3. Herramientas BIM Aplicadas a la Optimización de Tiempos y Costos

La implementación de herramientas BIM resulta ser fundamental para la optimización en costes asociados al tiempo de ejecución de la construcción, esto sucede especialmente con proyectos que poseen estructuras metálicas. Las herramientas BIM no sólo permiten graficar los proyectos, también permiten gestionar todos los recursos de manera conjunta. Gracias a herramientas concretas, los proyectos se gestionan eficazmente, asegurando que se cumplan los objetivos que

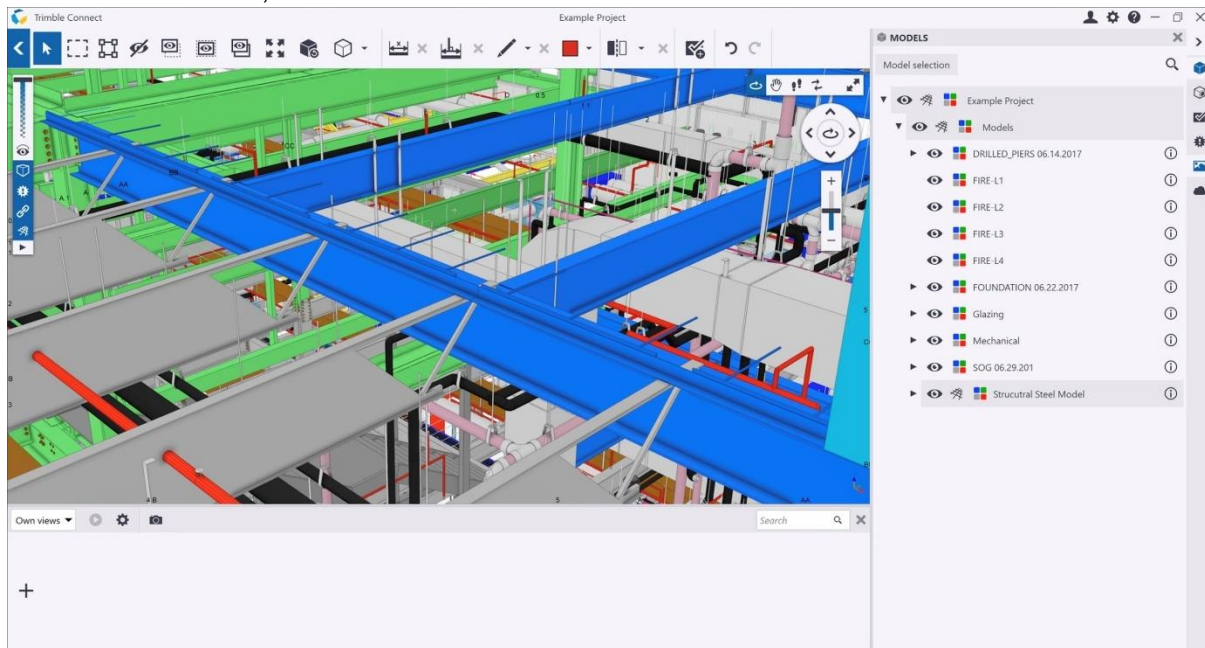
se habían acordado en cuanto costes y tiempos de ejecución. Un ejemplo de la herramienta BIM que más se usa es Autodesk Revit, ya que permite realizar una proyección en 3D. Dicha visualización se hace con un alto nivel de detalle y precisión y facilita ver todo lo que compone la estructura metálica, introduciendo datos técnicos que permiten anticipar interferencias entre disciplinas. Debido a su habilidad para actualizarse automáticamente ante cualquier modificación en el diseño, se previenen trabajos repetitivos y se optimiza la coordinación entre los diferentes equipos, lo que impacta directamente en la disminución de tiempos y gastos excesivos en la obra (Karan, 2025).

Microsoft Project es otra herramienta sobresaliente, empleada para la organización y programación de tareas dentro del proyecto. Esta herramienta, al integrarse con modelos BIM, facilita la conexión de cada componente constructivo con una tarea concreta del calendario, creando de esta manera simulaciones en 4D que representan el progreso del proyecto a lo largo del tiempo. Esta visualización permite tomar decisiones basadas en información, ajustar horarios en tiempo real y prever posibles obstáculos en la realización de la obra.

Finalmente, plataformas colaborativas como Trimble Connect y Gantt Project ofrecen entornos de trabajo integrados donde todos los actores del proyecto pueden acceder, compartir y revisar la información en cualquier momento. Esto mejora la comunicación y la trazabilidad de los cambios, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos humanos y materiales. Al centralizar la información y garantizar su actualización constante, estas herramientas fortalecen el control del proyecto y permiten optimizar tanto el tiempo como los costos asociados a cada fase de la construcción.

Ilustración 7

TRIMBLE CONNECT, VIGAS METALICAS



Fuente: Khemlani (s.f.)

Revit en el Modelado de Estructuras Metálicas

Uno de los principales programas utilizados dentro de la metodología BIM es Autodesk Revit, una herramienta que ha revolucionado la forma en que se modelan las estructuras metálicas en los proyectos de construcción Autodesk (s.f.). Revit permite generar modelos tridimensionales detallados que no solo muestran la geometría de la estructura, sino que también integran información crítica sobre los materiales, dimensiones y conexiones. En el caso de PRONACA Quevedo, Revit tiene un papel crucial en la optimización de tiempos y costos. Gracias a su capacidad para detectar interferencias en el diseño antes de la construcción, Revit ayuda a evitar costosos errores de diseño que podrían surgir durante la ejecución de la obra. La detección temprana de conflictos, como la colisión de elementos estructurales o de instalaciones, permite corregir los problemas en la fase de diseño, evitando cambios costosos y retrasos en la obra. Además, la posibilidad de realizar una planificación precisa del montaje de las estructuras metálicas mejora la coordinación entre los equipos de trabajo y reduce el tiempo invertido en actividades no planificadas.

La herramienta también permite automatizar la creación de planos y detalles constructivos, lo que acelera el proceso de documentación y entrega de los proyectos,

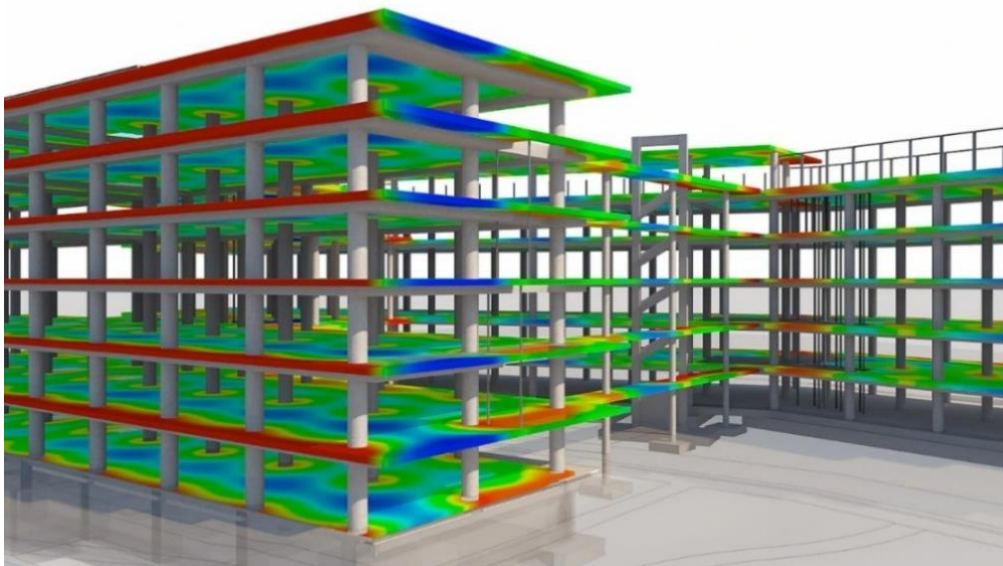
ahorrando tiempo y esfuerzo en la parte administrativa. Todo esto contribuye a una reducción significativa de los costos operativos y de materiales debido a una mayor precisión en los cálculos y en la planificación.

¿Qué es Revit?

Revit es un software de Autodesk creado específicamente para trabajar en un entorno BIM. Las funciones de Revit permiten optimizar los flujos de trabajo de las disciplinas arquitectónicas, MEP (Mecánica, Eléctrica, Hidráulica) y estructural de la industria de la construcción. Por lo tanto, Revit es una herramienta que permite crear aquellos modelos 3D necesarios para crear proyectos BIM. BIM proporciona la información, mientras que Revit es un medio que podemos utilizar para crear y acceder a esta información.

Ilustración 8

Demostración 3d en Revit



Fuente: Autodesk (s.f.)

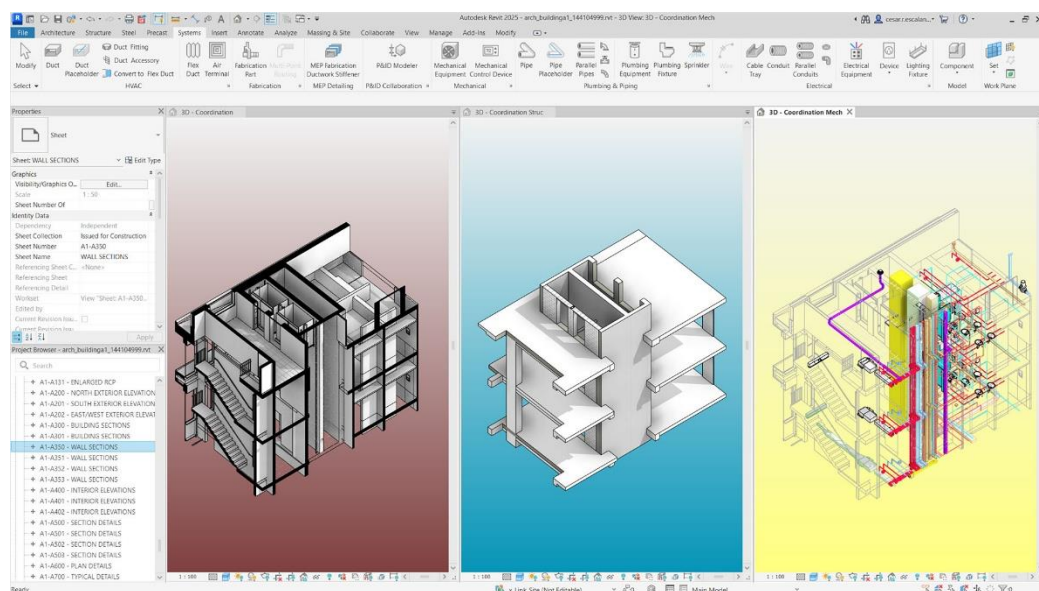
Revit posibilita, además de la creación precisa de modelos tridimensionales, que todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto, desde el diseño conceptual hasta la construcción y el mantenimiento, se integren en un único entorno colaborativo. Los elementos del modelo no son meras representaciones gráficas, sino componentes inteligentes que incluyen información como las dimensiones, los costos

y los cronogramas. Esto es posible gracias a su enfoque BIM (Modelado de Información para la Construcción). Esto posibilita que los equipos de trabajo tomen decisiones más coordinadas e informadas, lo cual permite reducir los errores y mejorar la eficiencia en cada fase del proyecto.

Además, Revit es conocido por su habilidad para el trabajo en equipo en tiempo real, que posibilita que varios usuarios accedan y modifiquen el mismo modelo al mismo tiempo. En contextos BIM, donde ingenieros, arquitectos y otros profesionales deben colaborar de manera cercana, esta función es esencial. Asimismo, Revit posibilita la realización de simulaciones, análisis energéticos, detección de interferencias y planificación constructiva. Esto hace que se pueda prever potenciales conflictos antes de que sucedan en la obra. En su conjunto, estas herramientas convierten a Revit en una plataforma potente para llevar a cabo proyectos de construcción actuales siguiendo los lineamientos de BIM.

Ilustración 9

Funciones clave de Autodesk Revit



Fuente: Autodesk (s.f.)

¿Cómo proporciona Revit la plataforma de soporte BIM?

BIM es un proceso en el que toda la información de los modelos de construcción 3D se vincula e incorpora para producir un modelo 3D en su totalidad.

Por lo tanto, Revit es simplemente uno de los softwares que admite el proceso BIM al crear el modelo basado en el diseño arquitectónico, el diseño estructural y los datos de diseño MEP. Cualquier cambio realizado en la entrada de datos se actualiza automáticamente a lo largo de la salida de Revit, lo que ayuda a agilizar el proceso de documentación del diseño y maximizar la productividad.

El proyecto desarrollado con el software Revit se puede visualizar en formato 2D o, para una mejor visualización, en un modelo 3D, lo que permite a todas las partes involucradas en el trabajo de diseño tomar decisiones precisas aprovechando la información detallada compartida por el propio modelo de Revit (Academy, 2020)

Microsoft Project en la Gestión de Tiempos y Costos

Otra herramienta indispensable en la gestión de proyectos BIM es Microsoft Project, que se utiliza para gestionar y planificar el cronograma de las actividades en el proyecto. Microsoft Project es ampliamente conocido por su capacidad para crear líneas de tiempo detalladas y asignar recursos de manera efectiva (Microsoft, s.f.). Esta herramienta se complementa con el uso de BIM, ya que permite coordinar las actividades que se generan a partir del modelo digital de la construcción y asignarles los tiempos y recursos necesarios.

Ilustración 10

Software Microsoft Project

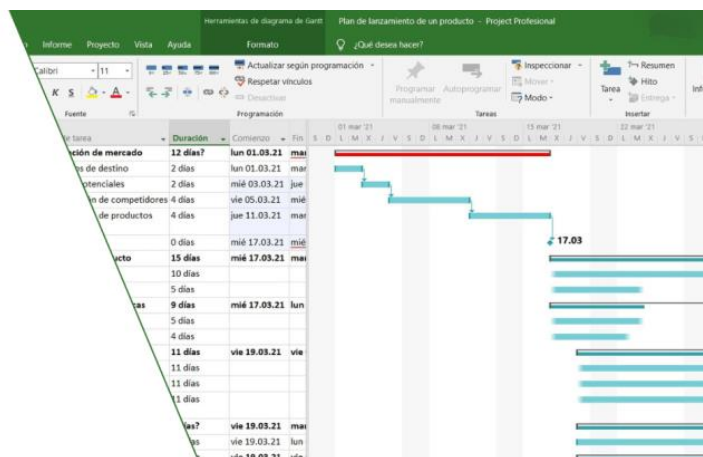


Fuente: Noblejas (2023)

En el caso de PRONACA Quevedo, dar la integración de Microsoft Project con el modelo BIM permitirá trabajos en el cronograma, de tal forma que las actividades se efectúen en el tiempo estimado y no haya demoras imprevisibles. Además, la exhaustiva planificación que permite Microsoft Project logra que el flujo del trabajo se adapte a los recursos que se tengan asignados y es capaz de suprimir cuellos de botella y trabajar genuinamente en la asignación de mano de obra y materiales. A su vez, al vincular el cronograma de trabajo con las estructuras metálicas representadas digitalmente era capaz de poder simular los posibles retrasos o conflictos antes de que sucediesen en la obra misma y a la postre obligar a tomar decisiones a tiempo para conseguir mitigar las repercusiones de costes y tiempos de ejecución. La gestión de tiempos es sumamente proactiva, y más aún permite que los recursos subutilizados puedan verse, mejorando la reducción de costes de obras que son realizadas de forma eficiente.

Ilustración 11

Microsoft Project



Fuente: Noblejas (2023)

2.1.4. Casos de Éxito en la Implementación de BIM en Construcción con Estructuras Metálicas.

La implementación de BIM ha demostrado ser clave en la optimización de proyectos con estructuras metálicas, como se evidencia en varios casos de éxito a nivel global. En el proyecto de rehabilitación de la Torre de Control del Aeropuerto Internacional de Hong Kong, BIM permitió gestionar eficientemente la reconstrucción

de la estructura metálica, detectando interferencias y reduciendo tiempos de ejecución 360 EN CONCRETO (2022). De manera similar, en el proyecto "The Edge" en Ámsterdam, BIM optimizó el diseño y la instalación de estructuras metálicas, facilitando simulaciones para prever el comportamiento ante cargas sísmicas LAIIR (2022). El edificio Amazon en Seattle y el Estadio Nacional de Qatar también utilizaron BIM para coordinar materiales, gestionar tiempos y realizar simulaciones sísmicas, asegurando la resiliencia de las estructuras metálicas. Estas experiencias son cruciales para el proyecto PRONACA Quevedo, donde BIM puede ser una herramienta clave para la detección temprana de interferencias, la optimización de la logística y la coordinación de materiales, y la simulación de cargas sísmicas, mejorando así la resistencia sísmica y la eficiencia del diseño. La implementación de BIM en esta circunstancia puede garantizar estructuras metálicas óptimas, seguras y eficientes, asegurando el éxito del proyecto en zonas de alto riesgo sísmico como Guayaquil.

2.1.5. Aplicación de BIM en el Caso de PRONACA Quevedo

La utilización de BIM en el proyecto de PRONACA Quevedo constituye una inmejorable oportunidad de transformar los procesos constructivos de la industria de estructuras metálicas en el Ecuador. Este proyecto, que enfrenta grandes retos en aspectos como la planificación, la ejecución y el control de tiempos y costos, representa una gran oportunidad de mejorar mediante las capacidades de BIM para incorporar con una única plataforma digital todos las vertientes del diseño, la planificación y la ejecución. La generación de modelos tridimensionales que posibilite BIM permitirá prever las interferencias en las distintas fases iniciales que emerjan del proceso de planificación de la ejecución, lo que permitirá reducir de modo considerable los errores y retrabajos en obra, produciendo más rapidez en los plazos de los procesos constructivos.

Asimismo, la herramienta permitirá simular cargas sísmicas, aspecto muy importante para este proyecto que se desarrolla en zonas de alto riesgo sísmico, como la ciudad de Guayaquil. Mediante la utilización de BIM se logra coordinar de mejor manera la logística de material, gestionar mejor los recursos y realizar mejor y

más rápido la ejecución de las estructuras metálicas, que a la postre se transforma en un mejor control de los costos componentes del proyecto. En conclusión, la implementación de BIM en PRONACA Quevedo no solo mejora los procesos de construcción, sino que también sienta las bases para la implementación de este método en futuras construcciones de gran magnitud, favoreciendo la sostenibilidad y eficacia del sector de la construcción en Ecuador.

2.1.6. Modelos o experiencias análogas:

La implementación del método BIM en la edificación de estructuras de metal ha demostrado resultados favorables en proyectos a escala global, regional y local, lo que ofrece valiosos ejemplos y enseñanzas para la optimización de tiempos y costos en el proyecto de PRONACA Quevedo.

1. A nivel mundial:

Proyecto de Construcción del Aeropuerto de Barcelona-El Prat (España):

Este proyecto es un ejemplo paradigmático del uso de BIM para gestionar tanto el tiempo como los costos en obras de gran envergadura que requieren estructuras metálicas complejas Aviacionline (2024). El uso de BIM facilitó la coordinación de equipos multidisciplinarios, permitiendo una mejor planificación y detección temprana de conflictos. A través de la modelización digital, se lograron reducir tiempos de construcción al minimizar los errores en la ejecución y optimizando el uso de materiales. El análisis de este caso es fundamental para entender cómo la integración de BIM puede mejorar la eficiencia y reducir costos en proyectos con estructuras metálicas a gran escala.

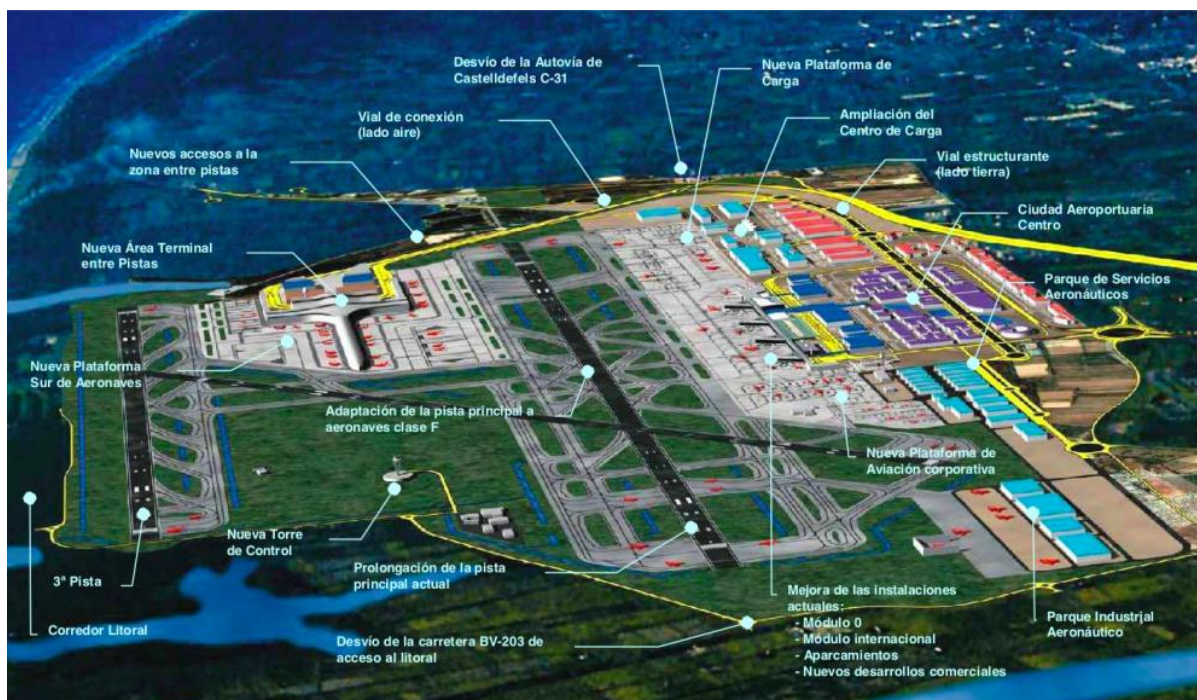
Además de la reducción de tiempos y costos, el proyecto del Aeropuerto de Barcelona-El Prat demostró cómo BIM puede ser una herramienta clave para la gestión integral de grandes infraestructuras. La creación de modelos digitales detallados permitió simular distintas fases constructivas, evaluar su viabilidad técnica y ajustar la planificación sin afectar el avance real de la obra. Esto fue especialmente

valioso en un entorno tan exigente como un aeropuerto en funcionamiento, donde era esencial mantener altos niveles de precisión y seguridad. La interoperabilidad de BIM con otras plataformas también facilitó la colaboración entre ingenieros, arquitectos, contratistas y autoridades aeroportuarias, mejorando la comunicación y reduciendo los márgenes de error.

Otro aspecto destacado fue la gestión de las estructuras metálicas, que representan una parte crítica en la infraestructura aeroportuaria. Mediante el uso de herramientas como Revit, se generaron modelos tridimensionales que incluían no solo la geometría, sino también la información técnica de cada elemento estructural. Esto permitió planificar con mayor exactitud la fabricación, transporte y montaje de estas piezas, anticipando posibles interferencias con otros sistemas del aeropuerto. Como resultado, se logró un proceso constructivo más fluido y coordinado, minimizando interrupciones operativas y garantizando la calidad en cada etapa del proyecto.

Ilustración 12

Aeropuerto de Barcelona-El Prat. Esquema de la remodelación del aeropuerto



Fuente: Vázquez (2019)

2. A nivel regional

Caso de estudio: Proyecto de Infraestructura en la Ciudad de Medellín (Colombia):

En varias ciudades de Colombia, se han implementado tecnologías BIM en proyectos de infraestructura, como la construcción de puentes y edificios de gran altura. En el caso de Medellín, se ha demostrado que BIM mejora la integración de procesos constructivos, optimiza la comunicación entre equipos de trabajo y reduce significativamente los sobrecostos y los retrasos Restrepo (2024). Este ejemplo regional es relevante para PRONACA Quevedo, ya que ilustra cómo BIM contribuye a la eficiencia en proyectos de infraestructura en contextos urbanos de América Latina, donde las condiciones y retos pueden ser similares.

El caso de Medellín destaca no solo por la adopción de BIM como herramienta técnica, sino por su impacto estratégico en la gestión de proyectos urbanos complejos. En un entorno caracterizado por restricciones de espacio, alto tráfico urbano y múltiples actores involucrados, el uso de modelos digitales permitió una planificación más precisa de las fases constructivas, lo que fue clave para minimizar afectaciones a la movilidad y a la vida cotidiana de la ciudad. Además, la integración de BIM con sistemas de planificación urbana permitió una mejor alineación entre los proyectos de infraestructura y los planes de desarrollo municipal, favoreciendo una ejecución más armónica y sostenible.

Otro aspecto relevante fue la mejora en la trazabilidad y control de los recursos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Gracias a la información centralizada en los modelos BIM, fue posible hacer un seguimiento detallado de materiales, cronogramas y costos, facilitando la toma de decisiones informadas en tiempo real. Esta capacidad de gestión se tradujo en una disminución de errores por falta de coordinación y en una respuesta más ágil ante imprevistos, elementos críticos en contextos urbanos donde las condiciones pueden cambiar rápidamente. La experiencia de Medellín representa, por tanto, una referencia valiosa para proyectos como PRONACA Quevedo, al demostrar cómo la digitalización de procesos constructivos mediante BIM puede adaptarse eficazmente a los desafíos propios de América Latina.

En síntesis, la experiencia de Medellín evidencia que la implementación de BIM no solo optimiza los tiempos y costos, sino que también fortalece la sostenibilidad y la resiliencia de los proyectos en contextos urbanos complejos.

Ilustración 13

Desarrollo de la ciudad de Medellín con BIM



Fuente: Edu - Empresa de Desarrollo Urbano (2020)

3. A nivel local (Ecuador)

Caso de estudio: Proyecto de Construcción de la Planta Industrial de PRONACA (Quevedo):

Aunque el análisis específico de este caso aún no se ha realizado, la experiencia de PRONACA en la ejecución de proyectos industriales en Ecuador es un punto de partida clave. La empresa ha demostrado un fuerte enfoque en la modernización de sus procesos de construcción e implementación de tecnología. La adopción de BIM en futuros proyectos industriales podría representar un cambio significativo en la optimización de tiempos y costos, facilitando una mejor gestión de los recursos y la coordinación entre las distintas etapas del proceso constructivo. Al incorporar BIM en la planificación y ejecución de las estructuras metálicas en la planta

de Quevedo, PRONACA podría maximizar la eficiencia, reducir los tiempos de ejecución y controlar mejor los costos asociados al proyecto.

Esto posicionaría a PRONACA como un referente nacional en la aplicación de metodologías digitales en la industria, impulsando la innovación y marcando un precedente para futuros proyectos en Ecuador.

Ilustración 14

Montaje de elementos metálicos PRONACA QUEVEDO



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Estos ejemplos similares ofrecen una visión exhaustiva de cómo se ha implementado exitosamente la metodología BIM en proyectos a escala global, regional y local, proporcionando un contexto pertinente y aplicable al caso de PRONACA Quevedo. La aplicación de BIM en este proyecto puede incrementar la eficiencia en las operaciones, la coordinación entre los equipos y la optimización de recursos, comparable a las ventajas obtenidas en los casos citados.

2.1.7. Estructuras metálicas: conceptos y características

Las estructuras metálicas se definen como sistemas constructivos cuyo esqueleto principal está compuesto por perfiles de acero, los cuales pueden ser

laminados, soldados o atornillados. Estas estructuras destacan por su alta resistencia, ductilidad y capacidad de soportar cargas dinámicas y sísmicas, lo que las hace ideales para naves industriales y edificios de gran altura. Además, permiten prefabricación y montaje rápido, lo que impacta directamente en la reducción de tiempos de construcción y en la optimización de recursos, siendo un factor clave en proyectos donde se aplica la metodología BIM.

2.1.8. Metodología BIM: fundamentos y aplicaciones

Building Information Modeling (BIM) es un enfoque basado en modelos digitales inteligentes que integran información geométrica, técnica y de costos en un solo entorno colaborativo. Su implementación permite mejorar la coordinación entre disciplinas, detectar conflictos antes de la construcción y optimizar la planificación de actividades. BIM no solo se centra en la representación tridimensional, sino que incluye dimensiones adicionales como tiempo (4D) y costos (5D), lo que facilita la gestión integral de proyectos de construcción, especialmente en estructuras metálicas complejas.

2.1.9. Gestión de tiempos y costos en proyectos de construcción

La gestión de tiempos y costos constituye un proceso crítico para garantizar la eficiencia y viabilidad de cualquier proyecto. En la planificación tradicional, los retrasos o desviaciones presupuestarias pueden afectar significativamente los resultados finales. La integración de herramientas como BIM permite una visualización clara de las fases constructivas, la asignación adecuada de recursos y la estimación precisa de costos, promoviendo decisiones fundamentadas y la optimización del desempeño del proyecto. Este enfoque resulta esencial para proyectos industriales como PRONACA Quevedo, donde los tiempos y costos impactan directamente en la operación y competitividad de la planta.

Un aspecto adicional que merece destacarse es el potencial de BIM para fortalecer la seguridad laboral y la sostenibilidad ambiental en el proyecto de PRONACA Quevedo. Al permitir simulaciones detalladas de los procedimientos constructivos, se pueden identificar de antemano zonas de riesgo para los

trabajadores y definir estrategias de prevención más efectivas. De igual manera, la digitalización facilita un control más riguroso del uso de materiales y de la generación de residuos, promoviendo prácticas constructivas responsables con el entorno. Estos beneficios, que trascienden la eficiencia técnica y económica, consolidan a BIM como una herramienta integral que aporta valor en dimensiones sociales y ambientales, alineándose con los estándares actuales de desarrollo sostenible.

Ilustración 15

Planta PRONACA Quevedo edificio en proceso de construcción



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

2.2. Marco Legal

Este trabajo de titulación se fundamenta en el cumplimiento del marco normativo vigente que regula los procesos constructivos, así como el uso de metodología y tecnología aplicadas en la ingeniería civil. Por consiguiente, a continuación, se detalla, las leyes, reglamentos y normativas técnicas legales que nos respalda para poder realizar esta investigación.

2.2.1. *Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNCP)*

Esta ley regula las contrataciones de bienes, obras, servicios y consultorías realizadas por las entidades del sector público en Ecuador. En el contexto de

proyectos constructivos como PRONACA Quevedo, la LOSNCP establece los principios de transparencia, eficiencia y calidad que deben cumplirse durante el desarrollo de la obra. Si bien el proyecto es privado, las buenas prácticas derivadas de esta ley suelen ser adoptadas como referencia en el sector para garantizar la eficiencia y la rendición de cuentas. La aplicación de la metodología BIM, al facilitar una gestión más precisa de costos, cronogramas y documentación, se alinea con estos principios.

La LOSNCP promueve el uso de herramientas tecnológicas que mejoren la planificación y el control de los procesos contractuales, lo que abre la puerta a la integración de metodologías como BIM incluso en proyectos del ámbito privado. Aunque no sea de cumplimiento obligatorio para iniciativas no estatales, su enfoque en la trazabilidad, el seguimiento técnico y la transparencia en la ejecución resulta aplicable como estándar de calidad. En este sentido, implementar BIM en proyectos como PRONACA Quevedo no solo mejora la gestión interna, sino que también posiciona la obra bajo parámetros que facilitan auditorías, control de avances y toma de decisiones basada en datos verificables, promoviendo una gestión más profesional y alineada con las mejores prácticas del sector.

2.2.2. Código Civil y Normativa de la Construcción en Ecuador

El Código Civil ecuatoriano regula los contratos de obra entre partes privadas, estableciendo responsabilidades legales sobre la ejecución de proyectos. En tanto, el Reglamento de Construcciones del Ecuador (aunque aún en desarrollo integral) establece parámetros técnicos que deben cumplirse en cuanto a seguridad estructural, materiales y procedimientos. La metodología BIM apoya el cumplimiento de estas normativas al permitir un mayor control del diseño, de la calidad constructiva y del seguimiento técnico.

En el contexto de proyectos con estructuras metálicas, el cumplimiento normativo cobra especial relevancia, ya que estos sistemas constructivos requieren precisiones milimétricas y una trazabilidad completa de materiales y procesos. La normativa ecuatoriana exige que toda edificación cuente con un respaldo técnico y

legal que garantice su seguridad, durabilidad y sostenibilidad. En este sentido, herramientas BIM permiten integrar criterios normativos desde la etapa de diseño, evitando errores que puedan generar sanciones o retrasos por incumplimientos.

Además, el uso de modelos BIM facilita la generación de documentación técnica precisa y actualizada, lo cual resulta útil en auditorías o revisiones por parte de entidades municipales o reguladoras. Esta documentación digital puede incluir memorias de cálculo, fichas técnicas de materiales, simulaciones estructurales y cronogramas detallados, lo que demuestra el cumplimiento con el marco normativo vigente. Así, BIM no solo mejora la eficiencia del proyecto, sino que se convierte en un aliado para la legalidad y la transparencia en la construcción en el Ecuador.

2.2.3. Normativas NTF INEN ISO 19650-1 y 19650-2

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2021) adoptó oficialmente la norma internacional ISO 19650, que se convirtió en normativa nacional bajo los códigos:

- **NTF INEN ISO 19650-1:2021** – Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluida la modelación de información de construcción (BIM) – Gestión de la información – Parte 1: Conceptos y principios.
- **NTF INEN ISO 19650-2:2021 – Parte 2:** Fase de entrega de los activos.

Estas normas establecen un marco estandarizado para la gestión de la información durante el ciclo de vida del proyecto mediante BIM. Su aplicación mejora la colaboración entre los actores del proyecto, reduce riesgos de información duplicada o incompleta y establece responsabilidades claras sobre el flujo de datos. La inclusión de estas normativas refuerza el cumplimiento de estándares internacionales en el proyecto PRONACA Quevedo, promoviendo la eficiencia, trazabilidad y calidad en cada etapa.

2.2.4. *Leyes Ambientales y de Innovación Tecnológica*

El Código Orgánico del Ambiente y la Ley Orgánica de Emprendimiento e Innovación promueven la adopción de tecnologías limpias, eficientes y sostenibles en los sectores productivos. BIM, al optimizar el uso de materiales y reducir el retrabajo y los residuos, está alineado con los principios de sostenibilidad ambiental. Asimismo, el uso de herramientas tecnológicas avanzadas en proyectos de construcción se enmarca en la visión de innovación que promueve el Estado ecuatoriano.

2.2.5. *Propiedad Intelectual y Derechos de Autor*

La Ley de Propiedad Intelectual protege los modelos digitales, planos y documentos generados durante el desarrollo de un proyecto BIM, los cuales constituyen obras intelectuales. Es importante definir, dentro del contrato, la titularidad de los derechos de los modelos BIM entre las partes involucradas (propietario, diseñadores, contratistas y subcontratistas), especialmente en proyectos de gran escala como PRONACA Quevedo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se fundamenta en el análisis objetivo y medible de los datos recolectados durante el estudio. En este caso, se utilizarán métricas de tiempos y costos antes y después de aplicar la metodología BIM, mediante herramientas como Revit, Trimble Connect y Microsoft Project. Así, se podrán generar estadísticas comparativas que evidencien el impacto de dicha metodología en la eficiencia del proyecto. Además, el enfoque cuantitativo permite establecer relaciones numéricas entre las variables clave, como los costos optimizados y el tiempo de ejecución. Por ello, esta perspectiva será esencial para validar los resultados mediante datos empíricos confiables. La naturaleza cuantitativa del estudio también permite aplicar métodos estadísticos para evaluar la significancia de los resultados obtenidos. Por ejemplo, se podrán realizar comparaciones entre actividades planificadas y ejecutadas para determinar desviaciones y analizar su impacto en el cronograma global. Asimismo, al contar con datos numéricos concretos, será posible calcular indicadores de productividad y eficiencia, lo que permitirá identificar con mayor precisión en qué fases del proyecto BIM generó un valor agregado tangible. Esta capacidad de análisis detallado fortalece la confiabilidad de las conclusiones y facilita la generación de recomendaciones fundamentadas.

Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo, por su parte, se apoya en el entendimiento e interpretación de experiencias de los profesionales involucrados en el proyecto. A través de entrevistas semiestructuradas y análisis de documentos, se podrá explorar la percepción técnica sobre la aplicación de BIM en construcciones con estructuras metálicas. De igual manera, se busca comprender cómo esta metodología influye en

la toma de decisiones, la coordinación de equipos y la planificación de procesos en la construcción. Esta información contextual permite alimentar los datos numéricos y detecta factores humanos o técnicos que provocan la eficiencia del proyecto. Como consecuencia directa, lo cualitativo ofrecerá una visión más amplia del entorno operativo.

Enfoque Mixto

Dado lo anterior, se adopta un enfoque mixto, ya que la integración de métodos cuantitativos y cualitativos permite una visión más completa del fenómeno de estudio. Mientras los datos numéricos reflejan el impacto directo de BIM en tiempos y costos, el análisis cualitativo complementa estos hallazgos desde una perspectiva experiencial. En conjunto, ambas técnicas fortalecerán la validez y confiabilidad de la investigación aplicada al caso PRONACA Quevedo. Así también, se logrará correlacionar la eficacia técnica con la percepción profesional en un entorno constructivo real. Por ende, el enfoque mixto resulta el más adecuado para alcanzar los objetivos planteados.

3.1.1. Operacionalización de variables

Las variables son características, propiedades o elementos que pueden medirse, observarse o modificarse y que tiene un papel fundamental para formular hipótesis, recolectar datos y analizar resultado. Según Fred N. Kerlinger (1964), “las variables son símbolos que pueden variar y adoptan valores”

Tabla 2

Matriz de operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	TIPO	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS	HERRAMIENTA	ESCALA DE DIMENSIÓN
Metodología BIM	Independiente	Niveles de aplicaciones	Modelados 3D	Revisión de documentos	Fichas y registros	Nominal
		Coordinación	Detección de irregularidades	Utilización de software		
Tiempos de ejecución	Dependiente	Duración del montaje	Días de ejecución por elemento	Observación	Cronograma	Cuantización
		Retrasos por procesos	Numero de día perdidos por errores	Documentos	Bitácoras de obra	
Planificación BIM	Independiente	Programación de obra	Uso de cronograma BIM	Revisión técnica	Cronograma BIM	Ordinal (Bajo/Medio/Alto)

Presupuesto BIM	Independiente	Cumplimiento de plazos	Actividades completadas a tiempo	Revisión documental	Reporte de avances	Cuantización
		Costo estimado vs. Real	Variación entre presupuesto BIM y costo real	Análisis de costos	Presupuesto	Cuantización
Costo de ejecución	Dependiente	Costos directos	Costo real	Análisis documental	Informe financiero	Cuantización
		Costos indirectos	Costos de administración	Documentación o entrevistas	Informe de obra	Cuantización

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

3.2. Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)

Alcance Exploratorio

La investigación tiene un enfoque exploratorio, ya que busca analizar un fenómeno reciente en el contexto ecuatoriano: el uso de modelado BIM en proyectos industriales que involucran estructuras metálicas. Esta fase exploratoria permite reconocer características, actores, desafíos y oportunidades que aún no han sido examinados en el país. Mediante la recopilación de datos técnicos y el análisis de casos concretos, se busca identificar elementos fundamentales para llevar a cabo esta metodología. Además, este tipo de enfoque actúa como un punto inicial para formular hipótesis más concretas. Por lo tanto, es relevante al tratarse de una tecnología que se está adoptando paulatinamente.

En este sentido, en el alcance exploratorio de la investigación no solo permite mapear o verificar el estado actual del uso del modelado BIM en obras con estructuras metálicas, sino que también se puede detectar vacíos en la aplicación práctica, en la capacitación del talento humano y en la integración con normativas locales. A través de este enfoque, se podrán establecer los cimientos para que se realicen investigaciones posteriores con mayor profundidad, como estudios descriptivos o explicativos que analicen el impacto concreto del BIM en términos de eficiencia, sostenibilidad y calidad constructiva. Es por eso que, se pretende aportar con información relevante que contribuya al desarrollo de lineamientos técnicos y estratégicos para impulsar su implementación a nivel nacional, considerando las particularidades del sector constructivo en el Ecuador.

Alcance Descriptivo

El estudio de esta tesis tiene un carácter descriptivo, ya que se busca detallar cómo influye BIM en los tiempos, costos, así como la eficiencia de los procesos constructivos en la obra PRONACA Quevedo. Se va a documentar herramientas utilizadas, como Revit y Microsoft Project, así como actividades específicas de planificación, simulación y control de avance de obra. Además, se presentan los

procesos constructivos y su evolución tras la aplicación de esta tecnología. Todo ello permitirá una caracterización completa de las variables y su comportamiento en el entorno de estudio. Por consiguiente, el enfoque descriptivo facilita de manera eficaz la comprensión detallada del fenómeno investigado.

Este enfoque también permite identificar patrones de mejora y establecer comparaciones entre métodos tradicionales y aquellos que incorporan herramientas tecnológicas como BIM. Al describir de manera sistemática cada etapa del proceso constructivo y los efectos observados en la gestión del proyecto, se genera una base de conocimiento aplicable a contextos similares dentro del país. Además, la recopilación de información específica, tanto cuantitativa como cualitativa, facilita la elaboración de indicadores que reflejan el impacto de BIM en la obra, permitiendo así establecer criterios técnicos que podrían orientar futuras implementaciones en proyectos de infraestructura industrial en Ecuador.

Alcance Correlacional

También este trabajo tiene alcance correlacional, dado que se pretende identificar la relación existente entre la implementación de BIM y la mejora en los tiempos y costos constructivos. Para ello, se contrastarán datos del sistema tradicional y del entorno digital BIM, a fin de establecer vínculos entre ambas formas de gestión. Esta comparación permitirá inferir si existe una correlación positiva entre el uso de la metodología y la eficiencia del proyecto. Por lo que, se analizará si las herramientas de BIM que influyen directamente en la toma de decisiones técnicas. En consecuencia, este tipo de estudio aporta evidencia sobre la efectividad de la metodología aplicada.

Además, este enfoque permite verificar cómo varía el comportamiento de ciertas variables clave como: la duración de actividades, consumo de recursos o cumplimiento de cronogramas, cuando se implementa la metodología BIM. A través del análisis comparativo de registros documentales, planificaciones previas y resultados obtenidos, se podrá identificar tendencias que respalden o cuestionen la efectividad de esta herramienta tecnológica. Para determinar conexiones fundamentadas entre la implementación de tecnologías recientes y los resultados

específicos en el terreno, este tipo de análisis es esencial. Esto fortalece el valor práctico de la investigación y permite que estos descubrimientos se utilicen en futuros proyectos o construcciones.

3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos

Para lograr una recolección de datos eficiente, se emplearon diversas técnicas adaptadas al enfoque mixto:

Tabla 3

Plan de recolección de datos

Técnica	Instrumentos
Entrevista	Cuestionario semiestructurado aplicado a profesionales de obra y modeladores BIM.
Observación directa	Guía de observación aplicada en la obra de PRONACA Quevedo para registrar actividades y cronogramas.
Estudio de caso	Análisis de documentación técnica del proyecto y modelado en software especializado (Revit, Trimble Connect, MS Project).
Simulación y modelado	Software BIM (Revit, Trimble Connect) para medir interferencias y cronogramas simulados.
Análisis comparativo	Matriz de comparación entre el sistema tradicional vs. BIM para tiempos y costos.

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

El uso de software especializado es primordial, ya que permite generar modelos digitalizados tridimensionales con datos técnicos exactos que, además de facilitar la simulación, ayudan a integrar herramientas de gestión del tiempo y de costos.

3.4. Población y muestra

La población objeto de estudio está conformada por los actores clave involucrados en el diseño, planificación y ejecución del proyecto de construcción de la planta PRONACA en Quevedo, específicamente profesionales como ingenieros civiles, modeladores BIM, supervisores de obra, planificadores de costos y tiempos, y técnicos en estructuras metálicas. Asimismo, se consideran documentos técnicos, modelos digitales y cronogramas asociados al proceso constructivo, como parte de los insumos materiales del estudio.

Dado que la investigación es de enfoque mixto, se aplican distintos tipos de muestreo según el carácter de la información requerida en cada fase del análisis:

- En la fase cualitativa, se utiliza un muestreo de expertos, que permite seleccionar a profesionales con experiencia y conocimientos específicos en la aplicación de la metodología BIM en estructuras metálicas, lo cual es esencial para generar análisis técnicos válidos. Adicionalmente, se aplica un muestreo por conveniencia, debido a las limitaciones de acceso a los actores del proyecto y a la disponibilidad temporal de los participantes. En este contexto, se recurre también al muestreo de casos típicos, al seleccionar como unidad de análisis una obra que representa condiciones comunes dentro del sector industrial ecuatoriano, pero con potencial innovador en el uso de BIM.
- En la fase cuantitativa, se realiza un muestreo del material, al seleccionar modelos BIM, cronogramas, métricas de tiempo y presupuesto como insumos técnicos para el análisis comparativo y las simulaciones con herramientas como Revit, Trimble Connect y Microsoft Project. Esto permite cuantificar las diferencias entre el método tradicional y el sistema digitalizado BIM en cuanto a eficiencia y costos.

El uso de esta combinación de estrategias da la seguridad de la rigurosidad científica de la muestra, tanto en el análisis empírico como en el técnico, validando

verdaderamente el estudio y permitiendo obtener resultados relevantes y aplicables en el contexto real del proyecto u obra.

3.5. Desarrollo de la investigación

Al desarrollar las fases metodológicas necesarias para evaluar los tiempos y costos en los procesos constructivos con estructuras metálicas mediante el uso de metodología BIM. Las fases están alineadas con los objetivos, e integra el uso de herramientas tecnológicas como Autodesk Revit, Trimble Connect, Microsoft Project y Gantt Project.

Estos pasos de la metodología comienzan, con el levantamiento de información del proyecto de obra civil, teniendo especial énfasis en los elementos que componen la estructura metálica. Para lo anterior se levantan los planos, las especificaciones técnicas, el cronograma inicial y el presupuesto estimado en el método tradicional. Con esta información se inicia el modelamiento del proyecto en el entorno BIM, utilizando Autodesk Revit para el modelamiento en tres dimensiones, permitiendo una mayor exactitud de la cantidad, de los ensambles y de la planificación por secuencia.

Posteriormente, se procede a integrar el modelo con plataformas colaborativas como Trimble Connect, facilitando la gestión del flujo de información entre los actores del proyecto. A continuación, se vincula el modelo BIM con herramientas de programación como Microsoft Project o Gantt Project, lo que permite realizar una simulación 3D del proceso constructivo en lo que tiene que ver con el plazo de la obra. Esta integración hace posible comparar el avance proyectado con el avance real, identificando oportunidades de mejora en la gestión del tiempo y los costos. Finalmente, los resultados son analizados para determinar el impacto cuantificable de BIM en términos de eficiencia, reducción de desperdicios o errores y ayuda al cumplimiento de metas constructivas.

3.5.1. Diagrama metodológico

FASE 1: Recolección de información del sistema constructivo tradicional.

- **Actividades:**
 - Revisión de planos estructurales 2D en AutoCAD.
 - Extracción de medidas de vigas, columnas, correas y detalles estructurales.
 - Observación directa en campo de los procesos constructivos tradicionales.
 - Levantamiento de datos sobre tiempos de ejecución reales, costos y cronogramas.
- **Herramientas utilizadas:**
 - AutoCAD (Visualización y lectura de planos)
 - Observación en obra / Bitácora técnica
 - Microsoft Excel (registro de tiempos y costos)
 - Cronogramas existentes en Project o Excel

FASE 2: Modelo digital tridimensional del proyecto en Revit

- **Actividades:**
 - Creación de modelos 3D de la estructura metálica en Revit.
 - Incorporación de datos técnicos: tipos de perfiles, uniones, detalles constructivos.
 - Validación del modelo con planos reales y específicos.
 - Exportación del modelo a plataformas colaborativas (Trimble Connect).
- **Herramientas utilizadas:**
 - Autodesk Revit (modelado 3D)
 - Trimble Connect (Visualización de detalles)
 - AutoCAD (base de información)

FASE 3: Simulación de procesos constructivos y planificación con herramientas BIM

- **Actividades:**
- Integración de modelo 3D con cronograma en Microsoft Project o Gantt Project.
- Simulación de montaje por fases (Por pisos o bloques).
- Asignación de recursos (Mano de obra, equipos, materiales) por tarea.
- Evaluación virtual del avance de obra con trazabilidad digital.
- **Herramientas utilizadas:**
- Microsoft Project / Gantt Project (cronograma)
- Autodesk Revit (Simulación constructiva)
- Trimble Connect (Toma de decisiones técnicas antes del proceso constructivo)

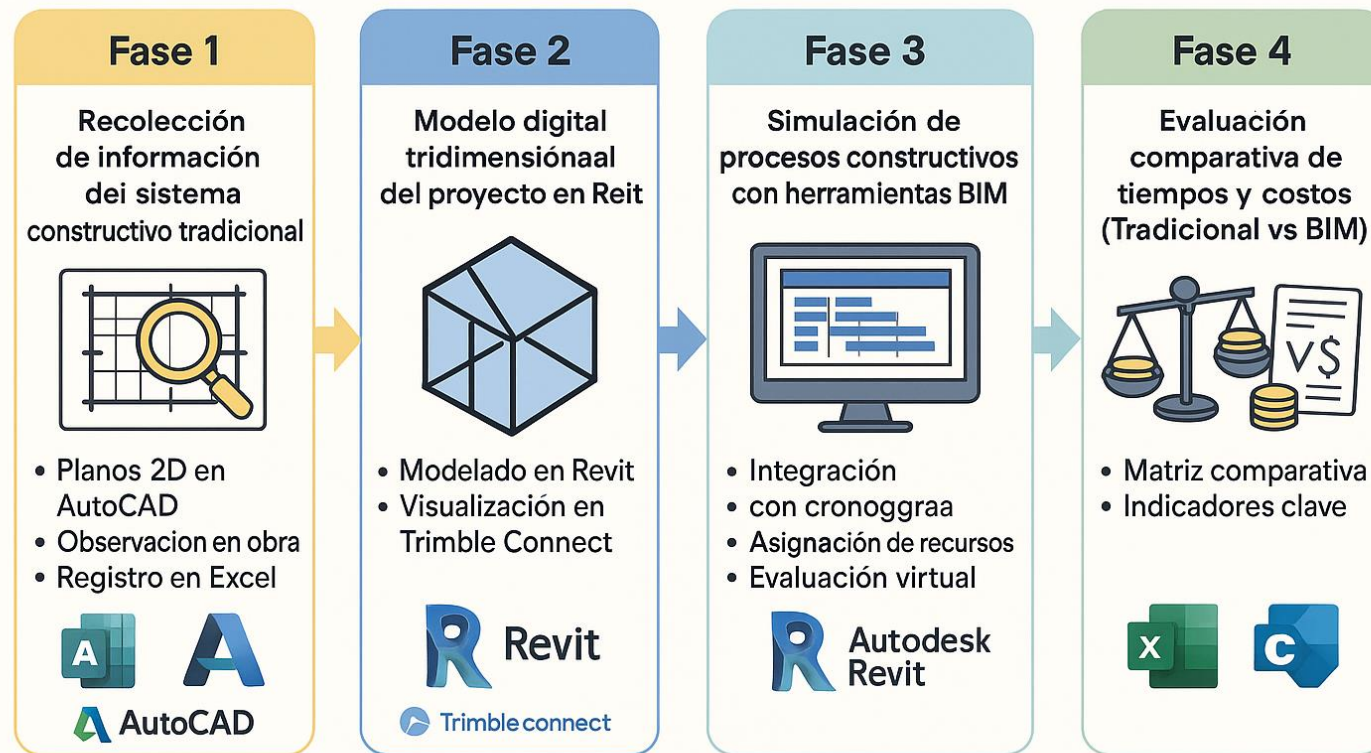
FASE 4: Evaluación comparativa de tiempos y costos (Tradicional vs BIM)

- **Actividades:**
- Elaboración de matrices comparativas entre método tradicional y BIM.
- Evaluación de indicadores: Días de montaje, secuencias, costos directos e indirectos.
- Análisis de reducción de desperdicio y conflictos logísticos.
- Presentación de resultados y redacción de conclusiones técnicas.
- **Herramientas utilizadas:**
- Microsoft Excel (Cuadro de costos y tiempos)
- Microsoft Project / Revit (Datos constructivos)
- Encuestas técnicas

Ilustración 16

Diagrama en la que se muestra de una manera condensada la planificación constructiva

Diagrama metodológico



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

3.5.2. Desarrollo

Durante la evaluación del proceso constructivo tradicional implementado en la obra industrial PRONACA Quevedo, se identificaron múltiples deficiencias asociadas a la planificación, la logística de materiales y la documentación técnica. Estos problemas se reflejan en pérdidas económicas, desperdicio de recursos y retrasos en los cronogramas. La investigación permitió observar directamente cómo la ausencia de herramientas tecnológicas adecuadas afecta negativamente la eficiencia operativa de una obra que depende, en gran medida, de la correcta ejecución y secuencia del montaje de estructuras metálicas.

Tabla 4

Encuesta dirigida a Ingenieros, Arquitectos y Personal técnico en Obras Civiles

PREGUNTAS	RESPUESTAS
DATOS GENERALES	
Años de experiencia en obras civiles:	· 1–3
	· 4–6
	· Más de 6
¿Ha trabajado en proyectos con estructuras metálicas?	· Sí
	· No
¿Conoce o ha trabajado con metodología BIM?	· Sí
	· No
EXPERIENCIA EN OBRA SIN BIM	
¿Con qué frecuencia ha experimentado problemas de coordinación entre diseño y ejecución en estructuras metálicas?	· Muy frecuente
	· Ocasional
	· Raro
	· Nunca
¿Se han presentado casos en los que se reciben perfiles metálicos fuera de secuencia o de pisos superiores?	· Sí
	· No
¿Qué consecuencias ha observado por la mala planificación o falta de control digital? (Marque las que apliquen)	· Retrasos en el cronograma
	· Incremento de costos
	· Deterioro de materiales por mala logística
	· Retrabajos o cambios de última hora

	· Ninguna
¿Cómo gestiona normalmente el control de montaje y secuencia de estructuras metálicas?	· Planos impresos marcados manualmente
	· Hojas Excel
	· Software especializado
	· No se realiza un control específico
IMPLEMENTACIÓN DE BIM	
¿Cree que la metodología BIM puede mejorar la planificación y ejecución de estructuras metálicas?	· Sí, definitivamente
	· Parcialmente
	· No
¿Qué beneficios cree que aporta BIM en la obra? (Marque los más relevantes)	· Control de montaje por fases
	· Menor desperdicio de materiales
	· Coordinación entre diseño y obra
	· Reducción de tiempos
¿Qué barreras ve para implementar BIM en obras industriales reales?	· Falta de capacitación del personal
	· Costo de software y licencias
	· Resistencia al cambio
	· Falta de equipos tecnológicos
	· No se aplica por política de la empresa
	· Ninguna
OPINIÓN FINAL	
En una escala del 1 al 5, ¿qué tan urgente considera que es implementar BIM en el control de estructuras metálicas en Ecuador?	· 1 (Nada urgente)
	· 2
	· 3
	· 4
	· 5 (Muy urgente)
Comentario adicional o experiencia relacionada con estructuras metálicas y BIM:	

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Problemas del sistema tradicional y su impacto en tiempos y costos

Uno de los principales errores detectados es la falta de un sistema formal de trazabilidad técnica y documental. Actualmente, los requerimientos de materiales se

gestionan mediante planos físicos impresos, donde los responsables de obra marcan con resaltadores las piezas que deben fabricarse o despacharse. Esta técnica artesanal no solo es propensa a errores humanos, sino que también carece de respaldo digital, lo cual impide mantener un historial compartido y verificable de las decisiones tomadas.

Como consecuencia de este método rudimentario, el departamento de fabricación tiende a tomar decisiones basadas en criterios operativos internos y no en las necesidades reales de la obra. Esto provoca que muchas veces se fabriquen perfiles estructurales que no corresponden al orden de ejecución establecido en el cronograma. Además, en varios casos se han fabricado elementos correspondientes a niveles superiores (por ejemplo, del piso 6), mientras los del piso 1 aún no han sido despachados. Esta incoherencia genera desorganización operativa, bloqueos en el montaje, y requiere que los elementos se guarden temporalmente en zonas libres, afectando la logística en campo.

Impacto directo en tiempos y operaciones

- Retrasos acumulados en la ejecución de tareas críticas por falta de elementos estructurales disponibles en el momento requerido.
- Reprogramación constante de actividades, afectando la secuencia constructiva establecida en el cronograma maestro.
- Aumento en los costos indirectos debido a la paralización o ralentización de equipos y mano de obra mientras se espera la disponibilidad de materiales o equipos necesarios para avanzar en hitos establecidos.
- Mayor dificultad para coordinar y sincronizar las actividades de distintos subcontratistas, lo que genera cuellos de botella y pérdidas de productividad en la obra

Impacto directo en costos

- Alquileres de grúas y equipos de izaje adicionales, necesarios para movilizar materiales almacenados fuera de secuencia.

- Multas contractuales asociadas al incumplimiento de hitos o entregas por causas internas de desorganización.
- Costos por deterioro de materiales, ya que los perfiles metálicos almacenados a la intemperie sufren corrosión debido a la exposición prolongada
- Desviaciones presupuestarias, que afectan los márgenes financieros del proyecto, generando partidas adicionales no previstas.

Además de los puntos mencionados, el impacto en los costos también se ve reflejado en la duplicación de esfuerzos y reprocesos que surgen por falta de una planificación integral. Cuando no se cuenta con una metodología adecuada como BIM, las interferencias entre disciplinas no se detectan a tiempo, lo que obliga a realizar modificaciones en obra que implican gastos adicionales en mano de obra, materiales y logística. Esta falta de previsión también retrasa la toma de decisiones técnicas y contractuales, lo que puede generar penalizaciones indirectas por retrasos en pagos, pérdida de confianza del cliente y necesidad de extender contratos de proveedores, incrementando aún más los costos totales del proyecto.

Ilustración 17

Rubros de montaje estructural

3	OBRAS PRELIMINARES		0,00	\$0,00	\$64.591,49	
3.1	Validación ingeniería estructural	GBL	1,00	\$0,00	\$0,00	
3.2	Instalación de campamentos y acometidas de luz/agua	GBL	1,00	\$26.539,20	\$26.539,20	
3.3	Implementación PMA	GBL	1,00	\$38.052,29	\$38.052,29	
4	MONTAJE ESTRUCTURA				\$493.441,32	
4.1	Montaje estructura principal	KG	796.805,07	\$0,47	\$374.498,38	
4.2	Montaje estructura secundaria	KG	36.240,66	\$0,60	\$21.744,39	
4.3	Montaje de recubrimiento de cubierta y pantallas.	M2	6.584,80	\$8,09	\$53.271,07	
4.4	Montaje de marcos y ventanas	M2	1.064,06	\$34,50	\$36.710,07	
4.5	Desmontaje de cubierta andén de despacho	GBL	1,00	\$7.217,40	\$7.217,40	
5	ENSAYOS DE ACEPTACIÓN DE CALIDAD		0,00	\$0,00	\$17.840,93	
5.1	Pruebas de soldadura (tintas penetrantes y ultrasonido)	GBL	1,00	\$9.923,52	\$9.923,52	

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 18

APU del Rubro 4.1 montaje de estructura principal

DESCRIPCION DEL RUBRO		Montaje estructura principal				FECHA		
CODIGO DEL RUBRO		4.1		UNIDAD	kg	CANTIDAD	796.805,07	
MATERIALES								
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDADES	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	%		
M38	Soldadura de electrodo revestido (E-70xx)	kg	0,0035	\$ 2,50	\$ 0,009	2,227%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
0		0		\$ -	\$ -	0,000%		
						0		
TOTAL MATERIALES					\$ 0,01	2,227%		
MANO DE OBRA								
CODIGO	DESCRIPCION	CATEGORIA	JORNAL NOMINAL	COSTO REAL	CANTIDAD	RENDIM. UNITARIO	P. TOTAL	%
MO19	Maestro de montaje estructural	Montaje estr.	\$ 30,67	\$ 43,06	1,00	0,00021	\$ 0,009	2,301%
MO13	Armador / soldador	Montaje estr.	\$ 33,33	\$ 46,80	12,00	0,00021	\$ 0,118	30,014%
MO14	Ayudante de armador	Montaje estr.	\$ 18,67	\$ 26,21	8,00	0,00021	\$ 0,044	11,205%
MO34	Oficial	Montaje estr.	\$ 17,33	\$ 24,34	3,00	0,00021	\$ 0,015	3,902%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
								0
TOTAL MANO DE OBRA						\$ 0,19	47,422%	
USO DE MAQUINIARIA Y EQUIPO								
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORA	COSTO TOTAL	RENDIM. HOR. UNITARIO	HORAS EQUIPO	P. TOTAL	%
E2	Herramienta menor (% M.O.)	1,00	\$ 0,03	\$ 0,03	1,0000	0,19	\$ 0,006	1,423%
E3	Seguridad industrial (% M.O.)	1,00	\$ 0,05	\$ 0,05	1,0000	0,19	\$ 0,009	2,371%
E23	Torre grua de 4 ton	1,00	\$ 32,50	\$ 32,50	0,0019	1,00	\$ 0,062	15,754%
E24	Grua movil de 70 ton	1,00	\$ 40,00	\$ 40,00	0,0019	1,00	\$ 0,076	19,390%
E20	Soldadora arco manual	1,00	\$ 30,40	\$ 30,40	0,0002	1,00	\$ 0,006	1,625%
E25	Equipo de oxicorte	1,00	\$ 12,50	\$ 12,50	0,0002	1,00	\$ 0,003	0,668%
E26	Pulidora	1,00	\$ 4,38	\$ 4,38	0,0002	1,00	\$ 0,001	0,234%
E27	Pistola para apriete de pernos	1,00	\$ 9,38	\$ 9,38	0,0002	1,00	\$ 0,002	0,501%
E15	Andamios marco tipo H certifica	1,00	\$ 0,15	\$ 0,15	0,0105	1,00	\$ 0,002	0,401%
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO						\$ 0,17	42,366%	
MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE								
CODIGO	RUTA	TIPO DE CAMIÓN	COSTO POR KILOMETRO	KILOMETROS RECORRIDO	P. TOTAL	%		
T6	Logistica Torre grua (montaje y desmontaje)	Varios	\$ 25.000,00	0,000001	\$ 0,03	7,985%		
0			0 \$ -		\$ -	0,000%		
0			0 \$ -		\$ -	0,000%		
TOTAL MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE					\$ 0,03	7,985%		
RESUMEN								
COSTO TOTAL MATERIALES					\$ 0,01	2,23%		
COSTO TOTAL MANO DE OBRA					\$ 0,19	47,42%		
COSTO TOTAL USO MAQUINARIA/EQUIPO					\$ 0,17	42,37%		
COSTO TOTAL MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE					\$ 0,03	7,98%		
COSTO DIRECTO DEL RUBRO					\$ 0,39	100,00%		
COSTOS INDIRECTOS Y ADMINISTRATIVOS					14,00%	\$ 0,06		
UTILIDAD					6,00%	\$ 0,02		
PRECIO UNITARIO DEL RUBRO					\$ 0,47			
Son: CERO DOLARES 48/100 (antes de IVA)								

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 19

APU del Rubro 4.2 montaje de estructura secundaria

DESCRIPCION DEL RUBRO		Montaje estructura secundaria				FECHA	19/1/2024	
CODIGO DEL RUBRO		4.2		UNIDAD	kg	CANTIDAD	36.240,66	
MATERIALES								
CODIGO	DESCRIPCION			UNIDADES	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL	%
M38	Soldadura de electrodo revestido (E-70xx)			kg	0,0035	\$ 2,50	\$ 0,01	1,739%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
0				0		\$ -	\$ -	0,000%
						\$ -	\$ -	0,000%
								0
				TOTAL MATERIALES		\$ 0,01		1,739%
MANO DE OBRA								
CODIGO	DESCRIPCION	CATEGORIA	JORNAL NOMINAL	COSTO REAL	CANTIDAD	RENDIM. UNITARIO	P. TOTAL	%
MO19	Maestro de montaje estructural	Montaje estr.	\$ 30,67	\$ 43,06	1,00	0,00069	\$ 0,03	5,905%
MO13	Armador / soldador	Montaje estr.	\$ 33,33	\$ 46,80	5,00	0,00069	\$ 0,16	32,095%
MO14	Ayudante de armador	Montaje estr.	\$ 18,67	\$ 26,21	4,00	0,00069	\$ 0,07	14,378%
MO34	Oficial	Montaje estr.	\$ 17,33	\$ 24,34	1,00	0,00069	\$ 0,02	3,338%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
0		0	\$ -	\$ -			\$ -	0,000%
								0
				TOTAL MANO DE OBRA		\$ 0,28		55,716%
USO DE MAQUINIARIA Y EQUIPO								
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO HORA	COSTO TOTAL	RENDIM. HOR. UNITARIO	HORAS EQUIPO	P. TOTAL	%
E2	Herramienta menor (% M.O.)	1,00	\$ 0,03	\$ 0,03	1,0000	0,28	\$ 0,01	1,671%
E3	Seguridad industrial (% M.O.)	1,00	\$ 0,05	\$ 0,05	1,0000	0,28	\$ 0,01	2,786%
E23	Torre grua de 4 ton	1,00	\$ 32,50	\$ 32,50	0,0018	1,00	\$ 0,06	11,746%
E24	Grua movil de 70 ton	1,00	\$ 40,00	\$ 40,00	0,0018	1,00	\$ 0,07	14,457%
E20	Soldadora arco manual	1,00	\$ 30,40	\$ 30,40	0,0007	1,00	\$ 0,02	4,170%
E25	Equipo de oxicorte	1,00	\$ 12,50	\$ 12,50	0,0007	1,00	\$ 0,01	1,714%
E26	Pulidora	1,00	\$ 4,38	\$ 4,38	0,0007	1,00	\$ 0,00	0,600%
E27	Pistola para apriete de pernos	1,00	\$ 9,38	\$ 9,38	0,0007	1,00	\$ 0,01	1,286%
E15	Andamios marco tipo H certificado	1,00	\$ 0,15	\$ 0,15	0,1380	1,00	\$ 0,02	4,115%
				TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO		\$ 0,21		42,544%
MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE								
CODIGO	RUTA			TIPO DE CAMIÓN	COSTO POR KILOMETRO	KILOMETROS RECORRIDO	P. TOTAL	%
0				0	\$ -		\$ -	0,000%
0				0	\$ -		\$ -	0,000%
0				0	\$ -		\$ -	0,000%
								0
				TOTAL MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE		\$ -		0,000%
RESUMEN								
COSTO TOTAL MATERIALES						\$ 0,01		1,74%
COSTO TOTAL MANO DE OBRA						\$ 0,28		55,72%
COSTO TOTAL USO MAQUINARIA/EQUIPO						\$ 0,21		42,54%
COSTO TOTAL MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE						\$ -		0,00%
COSTO DIRECTO DEL RUBRO						\$ 0,50		100,00%
COSTOS INDIRECTOS Y ADMINISTRATIVOS						14,00% \$ 0,07		
UTILIDAD						6,00% \$ 0,03		
PRECIO UNITARIO DEL RUBRO						\$ 0,60		
Son: CERO DOLARES 70/100 (antes de IVA)								

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Costos y pérdidas por no implementar la metodología BIM

Antes de la adopción de la metodología BIM, los proyectos presentan una serie de deficiencias en la gestión de recursos, planificación y control. A continuación, se detallan algunos de los costos y pérdidas más frecuentes que se generan al no contar con esta metodología, los cuales afectan directamente la eficiencia, el cronograma y el presupuesto de la obra.

Tabla 5

Tabla de costos en pérdidas por inutilización de metodología BIM

<i>Impacto Directo en Costos Utilizando Método Tradicional</i>					
Código	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1,001	Alquileres de grúas y equipos de izaje adicionales	Día	1	\$ 9.884,25	\$ 9.884,25
1,002	Multas contractuales por incumplimiento de hitos	Global	1	\$ 14.743,00	\$ 14.743,00
1,003	Costos por deterioro de materiales metálicos	Global	1	\$ 1.925,45	\$ 1.925,45
1,004	Desviaciones presupuestarias no previstas	Global	1	\$ 9.056,25	\$ 9.056,25
Total, de Costo perdido					\$ 35.608,95

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 6

Alquileres de grúas y equipos de izaje adicionales código 1,001

Alquileres de grúas y equipos de izaje adicionales					
Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Equipo	Grúa hidráulica	día	12	\$ 625,00	\$7.500,00
Combustible	Diésel	galón	50	\$ 1,50	\$ 75,00
Mano de Obra	Rigger/ayudante de izaje	día	12	\$ 35,00	\$ 420,00

Herramientas	Eslingas, cadenas, mosquetones (amortización)	día	12	\$ 50,00	\$ 600,00
Subtotal					\$8.595,00
IVA (15%)					\$1.289,25
Precio Unitario					\$9.884,25

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 7

Multas contractuales por incumplimiento de hitos código 1,002

Multas contractuales por incumplimiento de hitos					
Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Penalización	Cláusula de contrato: \$500/día de atraso	día	20	\$625,00	\$12.500,00
Documentación	Gestión documental y administrativa	evento	2	\$ 100,00	\$200,00
Supervisión	Reuniones y ajustes de cronograma	hora	2	\$60,00	\$120,00
Subtotal					\$12.820,00
IVA (15%)					\$ 1.923,00
Precio Unitario					\$14.743,00

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 8

Costos por deterioro de materiales metálicos código 1,003

Costos por deterioro de materiales metálicos					
Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Mano de obra	Pintor metálico especializado	día	15	\$ 50,00	\$ 750,00
Material	Pintura epóxica 100 um y acabado con poliuretano 50 um - RAL 7035	galón	28	\$ 21,50	\$ 602,00
Herramienta	Lijadora, discos, brochas (amort.)	global	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Material	Imprimante base anticorrosiva	litro	18	\$ 12,35	\$ 222,30
Subtotal					\$ 1.674,30
IVA (15%)					\$ 251,15
Precio Unitario				global	\$ 1.925,45

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 9 Desviaciones presupuestarias no previstas código 1,004

Desviaciones presupuestarias no previstas					
Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Mano de Obra	Personal administrativo adicional	mes	2	\$ 2.100,00	\$ 2.400,00
Material	Costos de documentación y papelería extra	global	1	\$ 350,00	\$ 350,00
Reprogramación	Horas extras de personal técnico	hora	250	\$ 18,00	\$ 4.500,00
Equipos	Alquiler de equipo no planificado	mes	1	\$ 650,00	\$ 6.50,00
Subtotal					\$ 7.875,00
IVA (15%)					\$ 1.181,25
Precio Unitario				global mensual	\$ 9.056,25

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 10

Valor del costo total del montaje estructural

Valor total de rubros de montaje estructural	\$ 396.242,77
---	----------------------

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Estos costos no planificados evidencian la importancia de implementar la metodología BIM desde las etapas iniciales de la obra, no solo como una herramienta tecnológica, sino como un modelo integral y necesario de gestión constructiva.

Causas estructurales del problema

Estos errores no son solo pertinentes a problemas humanos, tampoco tienen solo que ver con la falta de sistemas colaborativos digitales para poder interrelacionar eficazmente las áreas de planificación, producción, obra, compras e ingeniería. Al no existir una base de datos única ni una interfaz gráfica centralizada, cada departamento actúa con criterios parciales, generando incoherencias entre la intención del diseño y la ejecución real. Por la misma razón se produce también un problema con la gestión de materiales importados, cuya fabricación en otros países puede alargarse temporariamente por una media del orden de los 30-60 días. Hacer las verificaciones necesarias para que la fabricación de los materiales importados se pueda hacer en el tiempo adecuado, requiere una planificación sincronizada con las operaciones de producción. Un problema adicional puede ser la falta de un correcto ajuste entre lo que se fabrica en la planificación, lo que se despacha en la producción y lo que se monta en la obra. Esto evidentemente puede llevar a presentar desajustes temporales que perjudican el cronograma y el cash flow del proyecto final.

Implementación de BIM como solución: control, trazabilidad y eficiencia

La metodología BIM parece ser una solución bien estructurada y efectiva que resuelve estas deficiencias. Mediante la utilización de herramientas digitales para modelar (por ejemplo, Trimble Connect, Autodesk Revit o Tekla Structures) o de gestión (como Microsoft Project o Gantt Project), es posible llevar a cabo una digitalización integral de las etapas de planificación, ejecución y control. Esto permite un seguimiento completo del flujo operativo y de los elementos constructivos.

La metodología BIM, además de posibilitar la trazabilidad, posibilita que todos los ejecutores del proyecto colaboren sobre un solo modelo, el cual está preparado y actualizado en tiempo real. Esta integración hace que las posibilidades de cometer errores por la falta de coordinación de distintos perfiles se reduzcan drásticamente, ya que cualquier cambio realizado en el diseño en cualquiera de las disciplinas queda inmediatamente reflejado en el resto de los ámbitos del proyecto.

Por otro lado, BIM ofrece ventajas relevantes en el seguimiento de cronogramas, hitos y la estimación de recursos. La vinculación de modelos 3D con líneas de tiempo (4D) y con presupuestos (5D) permite simular el avance del proyecto antes de su ejecución, facilitando la identificación de cuellos de botella o posibles retrasos.

Tabla 11

Ventajas de la implementación BIM

Ventajas específicas de la implementación de BIM	
1.- Trazabilidad digital en tiempo real	Cada componente estructural (perfil, viga, columna) puede identificarse mediante códigos únicos y nomenclatura estandarizada, los cuales están integrados al modelo tridimensional. Esto permite que el departamento de fabricación trabaje directamente desde el modelo BIM, asegurando que los elementos producidos correspondan a lo requerido por la obra, y no a criterios subjetivos. A diferencia del método tradicional, con BIM se puede marcar digitalmente los elementos instalados, montados o pendientes en el propio modelo. Esta información se comparte en línea con todos los departamentos, generando respaldo digital, histórico de cambios y trazabilidad
2.- Control de avances sin marcar planos físicos	

	documental, incluso ante auditorías o revisiones técnicas. Con herramientas como Revit o Tekla, es posible simular la secuencia de montaje antes de iniciar obra, evitando solapamientos o interferencias. Esta simulación permite prever qué elementos deben fabricarse y entregarse primero, alineando producción, transporte y montaje. La planificación digital permite integrar costos unitarios y partidas presupuestarias directamente al modelo (5D BIM), lo que facilita el control de desviaciones presupuestarias y la toma de decisiones financieras en función del avance físico y del flujo de caja. Esto resulta especialmente útil cuando se trabaja con materiales importados de alto costo. BIM posibilita que ingenieros estructurales, arquitectos, expertos en planificación y responsables de adquisiciones colaboren en un mismo ambiente digital. La interoperabilidad entre plataformas (Revit, Trimble, MS Project) asegura que todos los participantes utilicen información validada y actualizada, lo cual reduce la probabilidad de errores comunicativos.
3.- Simulación de escenarios logísticos	
4.- Optimización del presupuesto	
5.- Coordinación multidisciplinaria e interoperabilidad	

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1. Presentación y análisis de resultados

Como parte del proceso investigativo aplicado a la obra PRONACA Quevedo, se procedió a analizar el impacto que tiene la implementación de la metodología BIM frente al sistema tradicional de gestión constructiva. Los resultados obtenidos fueron producto de la observación directa en obra, el levantamiento documental y el análisis técnico-comparativo utilizando herramientas como Autodesk Revit, Trimble Connect, Microsoft Project, y Gantt Project.

Durante la observación de campo, se identificaron varias ineficiencias logísticas y administrativas derivadas del uso de métodos tradicionales. Entre los hallazgos más importantes se destacan los siguientes:

- La solicitud de materiales mediante planos impresos marcados manualmente, sin respaldo digital ni trazabilidad.
- La fabricación de elementos estructurales sin priorización técnica, lo que provocó demoras por el desorden en la entrega de perfiles.
- El almacenamiento inadecuado de elementos metálicos, al llegar fuera de secuencia, generando necesidad de maniobras adicionales, alquiler de grúas y transporte interno.
- Aumentos de costos no previstos por la exposición prolongada de materiales al ambiente, lo cual desencadenó corrosión en componentes críticos.

Estos problemas fueron documentados y clasificados en función de su impacto en tiempo, costo y calidad, y serán complementados con cuadros comparativos elaborados por el equipo investigador, donde se evidencien los valores perdidos o

desviados por efecto de la mala planificación y control tradicional. En contraste, la implementación de un modelo BIM permitió simular escenarios constructivos más eficientes, con trazabilidad completa de cada elemento estructural desde su diseño hasta su montaje. Mediante la codificación en Revit y la coordinación entre disciplinas en plataformas como Trimble Connect, se logró lo siguiente:

- Establecer una nomenclatura estándar que garantiza la correcta identificación y fabricación de perfiles.
- Simular cronogramas de montaje secuencial, donde se optimiza el flujo logístico y se eliminan cuellos de botella.
- Seleccionar digitalmente los avances de obra, generando evidencia inmediata del estado de ejecución real de la obra.
- Visualizar en modelos 4D y 5D las variaciones de tiempo y presupuesto ante diferentes decisiones operativas.

La información obtenida fue organizada en fichas técnicas y gráficos de flujo que muestran la ruta de transformación digital desde la reunión técnica hasta la ejecución final en obra, con claras mejoras en eficiencia operativa.

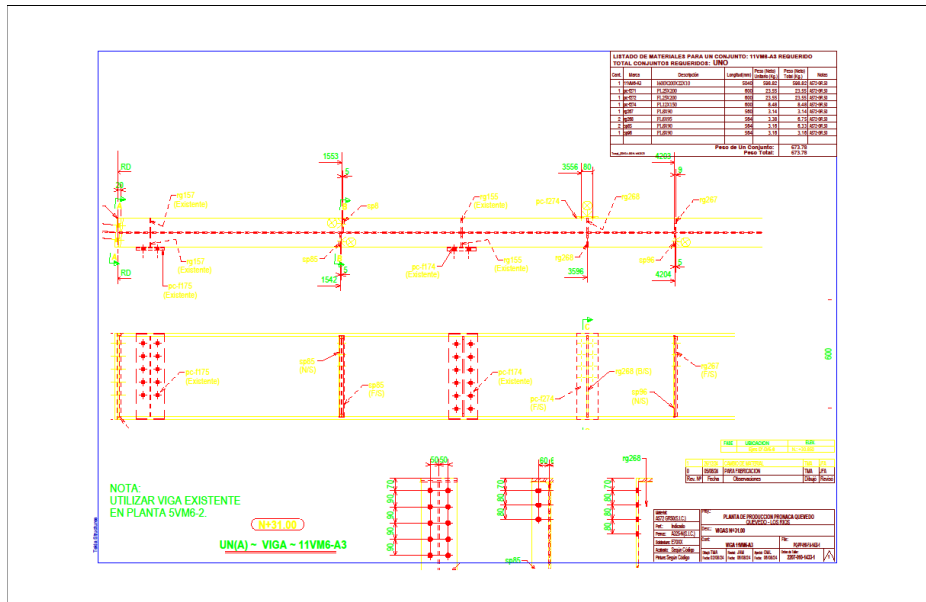
Otro aspecto relevante identificado es la mejora en la gestión documental y la trazabilidad de decisiones técnicas al implementar BIM. Mientras que en el sistema tradicional gran parte de la información se dispersaba en correos, anotaciones físicas o documentos no estandarizados, la metodología digital permitió consolidar en una sola plataforma el historial de cambios, aprobaciones y versiones de los planos. Esto no solo agilizó la comunicación entre contratistas, supervisores y proveedores, sino que también fortaleció la transparencia en la toma de decisiones y el control de responsabilidades, reduciendo conflictos contractuales y facilitando auditorías posteriores.

4.1.1. Resultados de las fases

Resultados – FASE 1

Ilustración 20

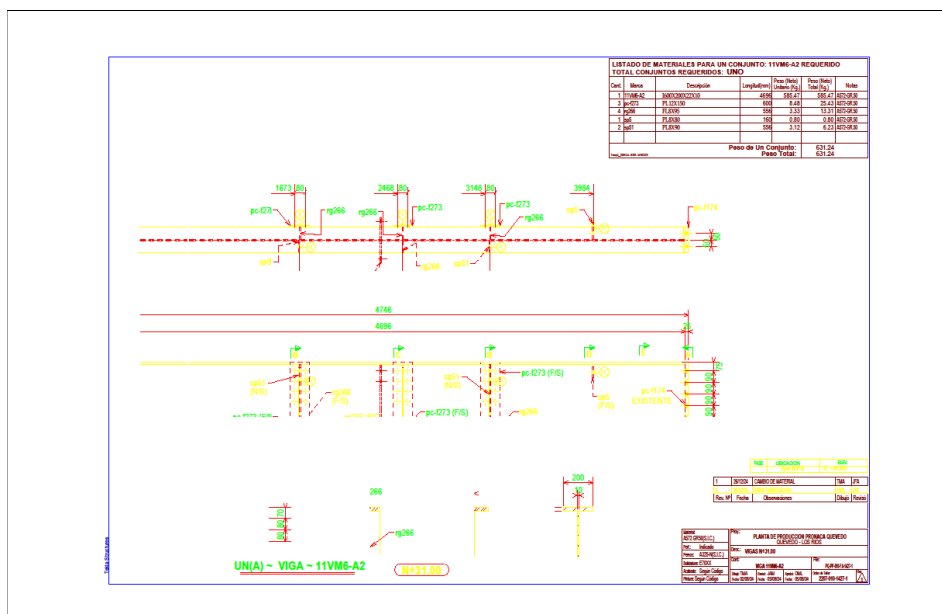
Modelado de perfil con nomenclatura 11VM6-A3 - VIGA - Rev 1



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

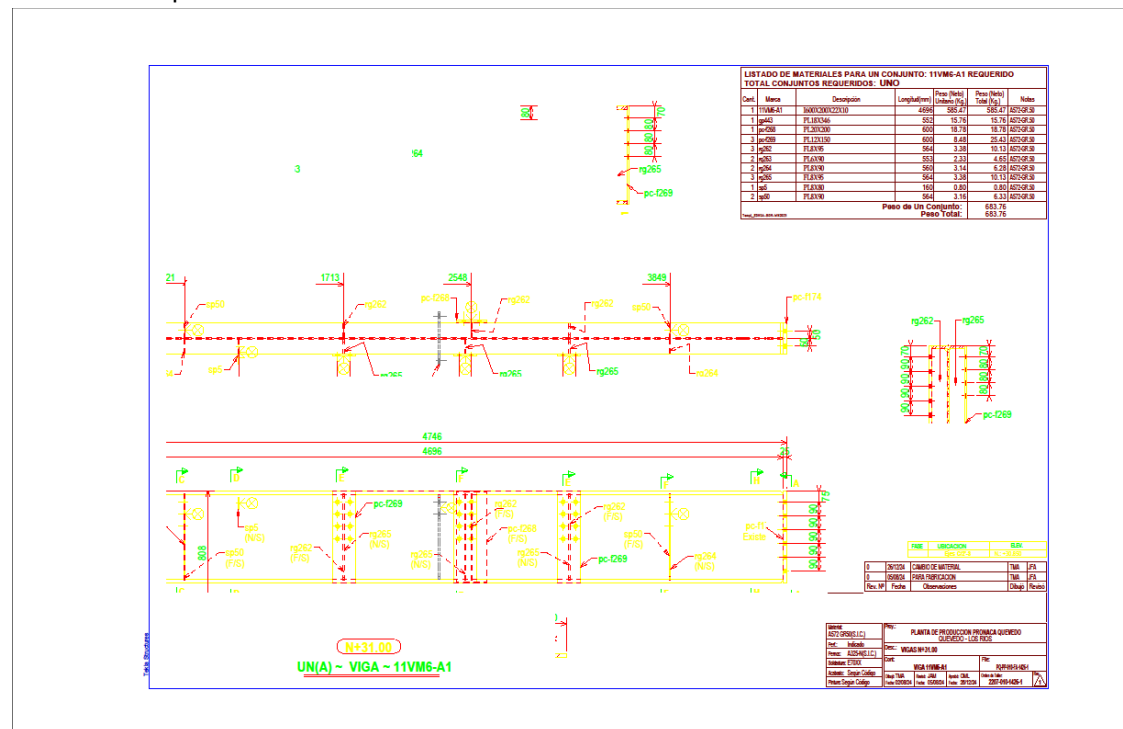
Ilustración 21

Modelado de perfil con nomenclatura 11VM6-A2 - VIGA - Rev 1



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

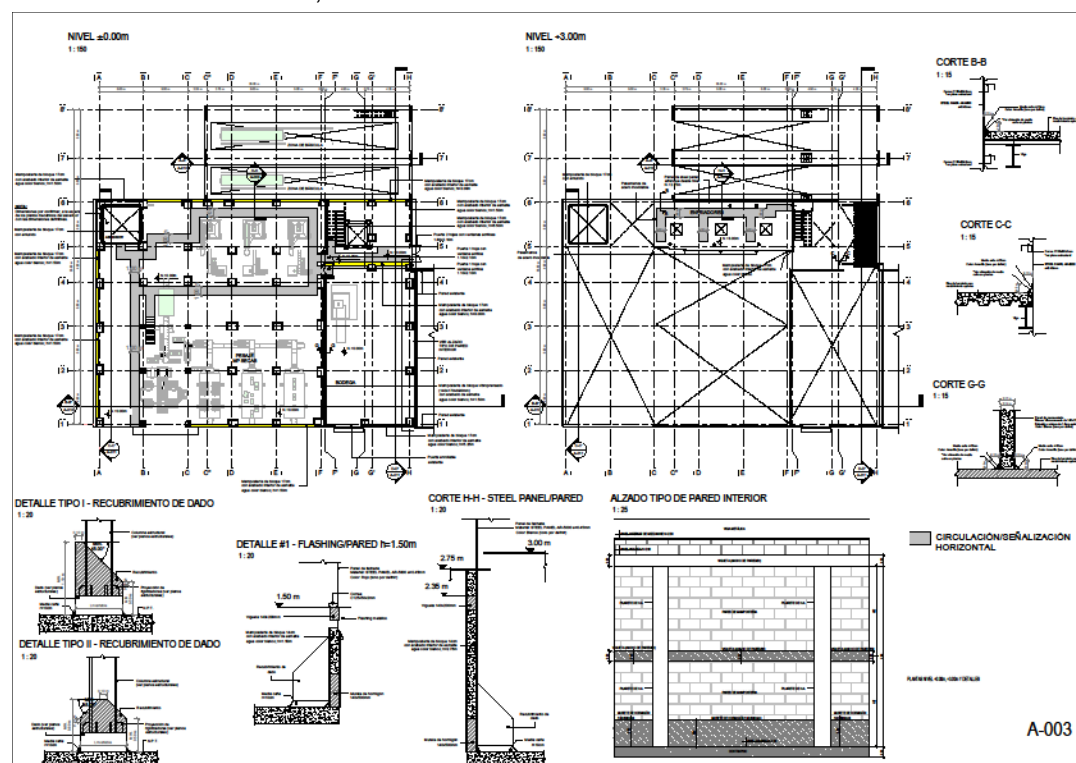
Modelado de perfil con nomenclatura 11VM6-A1 - VIGA - Rev 1



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 23

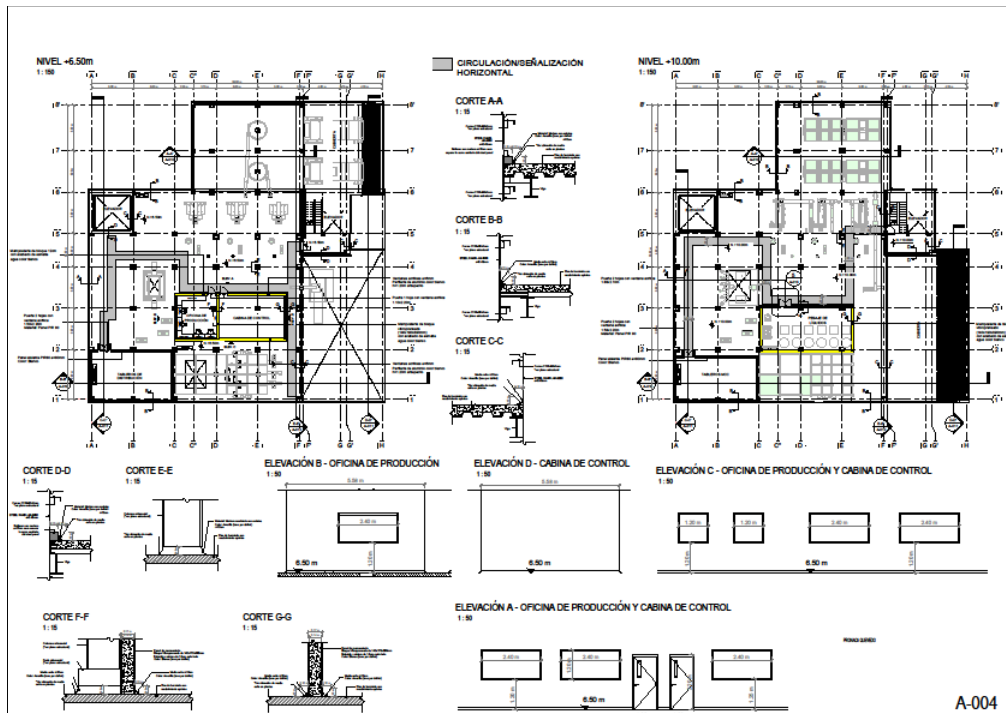
PLANTAS NIVEL +0-00m, +3-00m Y DETALLES



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 24

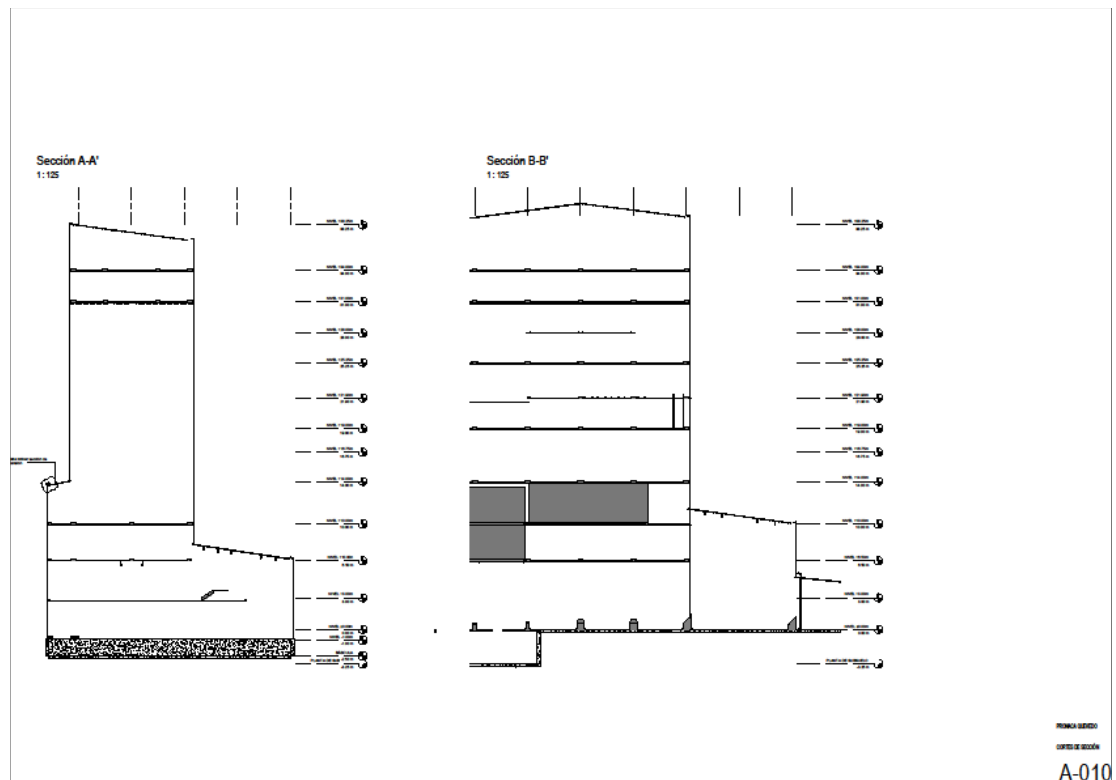
PLANTAS NIVEL +6-50m Y +10-00m



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 25

CORTES DE SECCIÓN

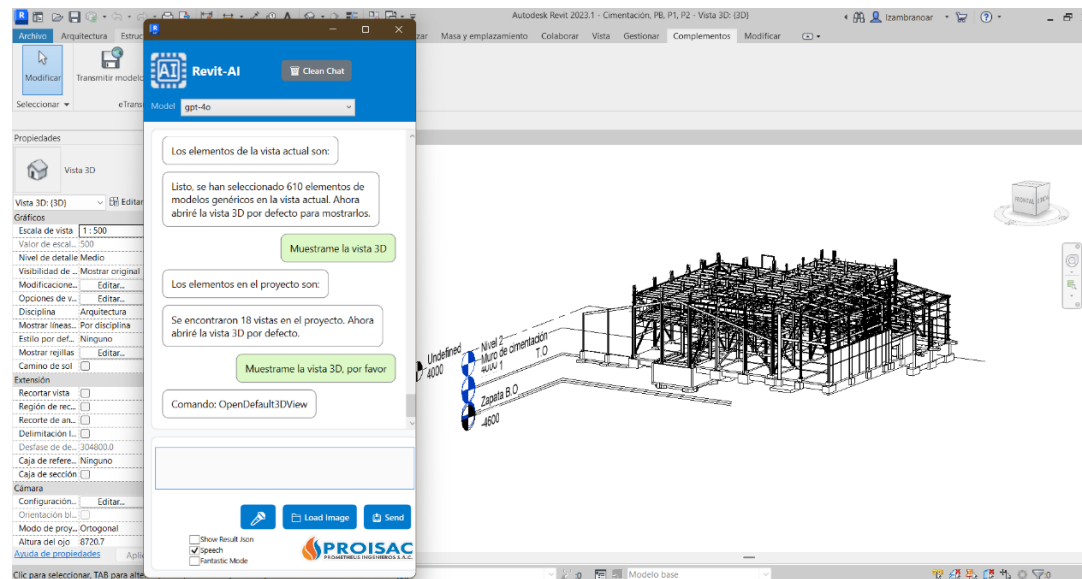


Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados – FASE 2

Ilustración 26

Modelado en Autodesk Revit

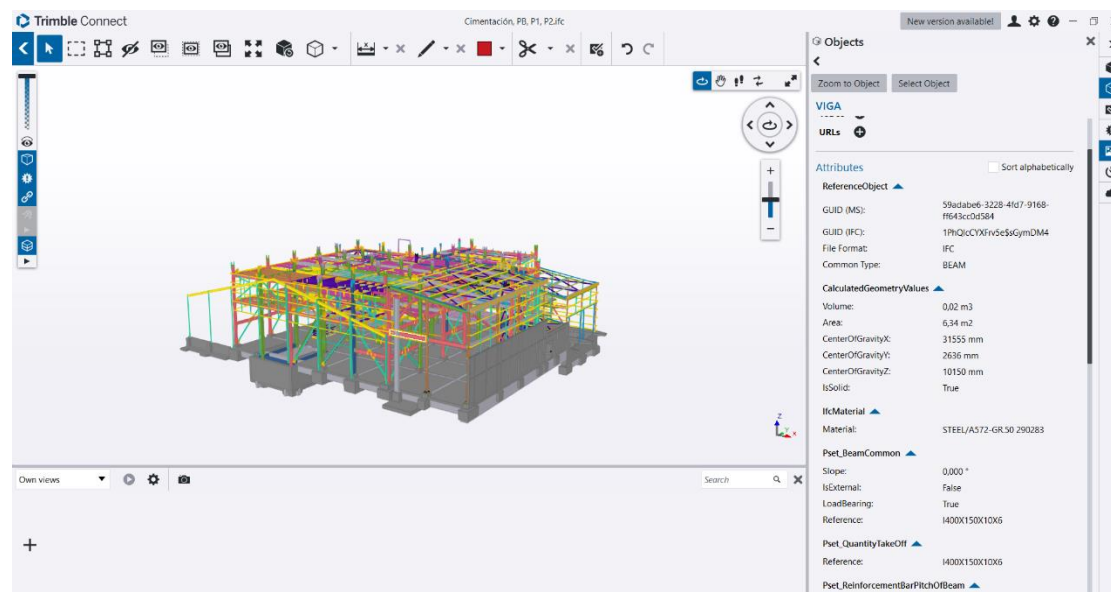


Nota: Modelado limitado a los niveles +6.50 m y +10.00 m

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 27

Modelado importado de Revit a Trimble Connect (Visualizador)

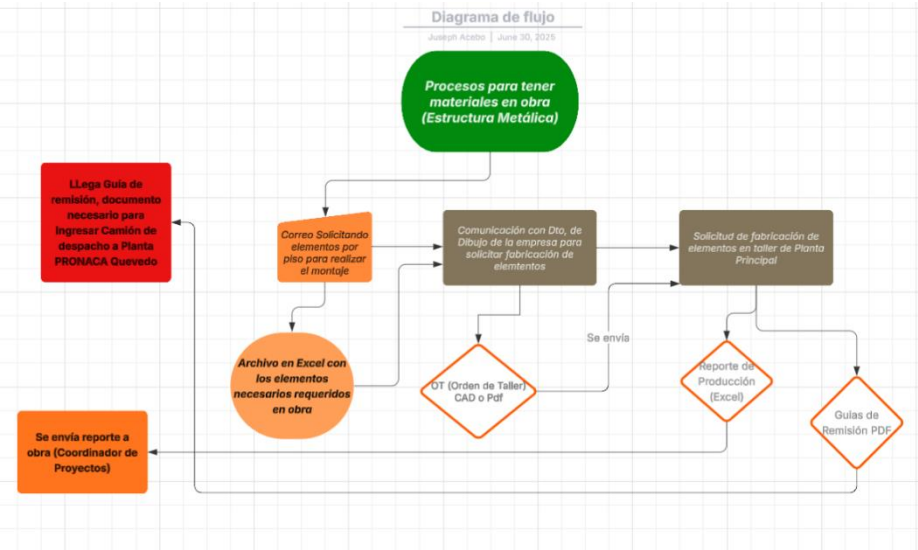


Nota: Modelado limitado a los niveles +6.50 m y +10.00 m

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados – FASE 3

Ilustración 28
Flujograma del proceso de coordinación y decisiones en fase de ejecución.



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

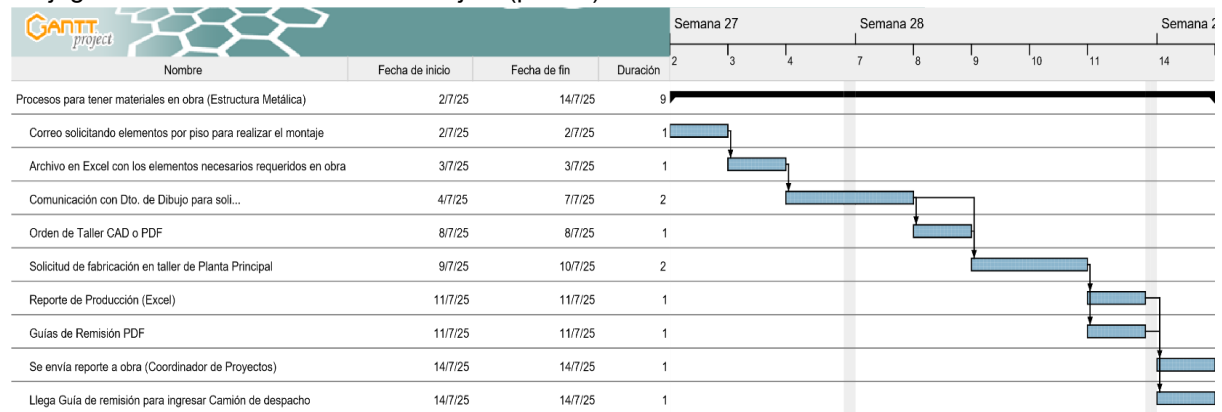
Ilustración 29
Flujograma desarrollado en Gantt Project (parte1)

Untitled Gantt Project				3 ago 2025
Tarea				2
Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración	
Procesos para tener materiales en obra (Estructura Metálica)	2/7/25	14/7/25	9	
Correo solicitando elementos por piso para realizar el montaje	2/7/25	2/7/25	1	
Archivo en Excel con los elementos necesarios requeridos en obra	3/7/25	3/7/25	1	
Comunicación con Dto. de Dibujo para solicitar fabricación de elementos	4/7/25	7/7/25	2	
Orden de Taller CAD o PDF	8/7/25	8/7/25	1	
Solicitud de fabricación en taller de Planta Principal	9/7/25	10/7/25	2	
Reporte de Producción (Excel)	11/7/25	11/7/25	1	
Guías de Remisión PDF	11/7/25	11/7/25	1	
Se envía reporte a obra (Coordinador de Proyectos)	14/7/25	14/7/25	1	
Llega Guía de remisión para ingresar Camión de despacho	14/7/25	14/7/25	1	

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 30

Flujograma desarrollado en Gantt Project (parte2)

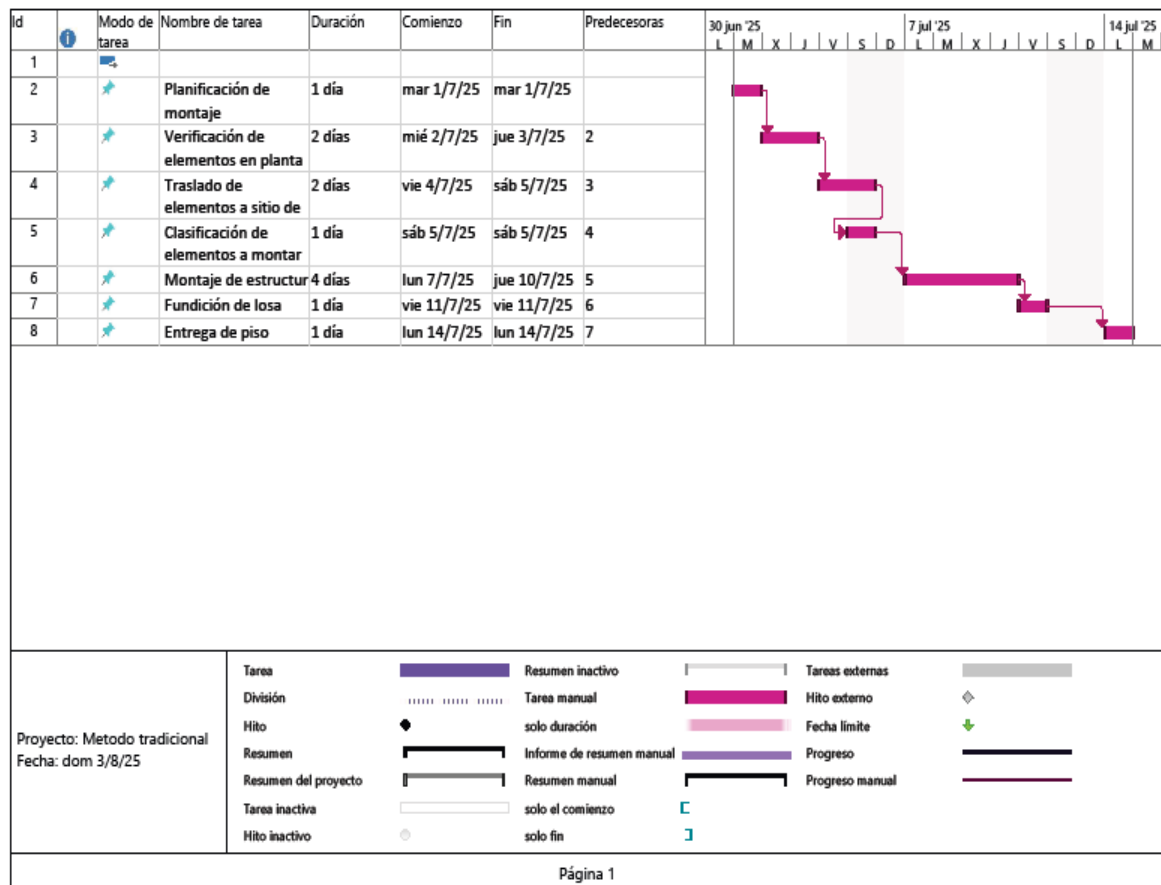


Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados – FASE 4

Ilustración 31

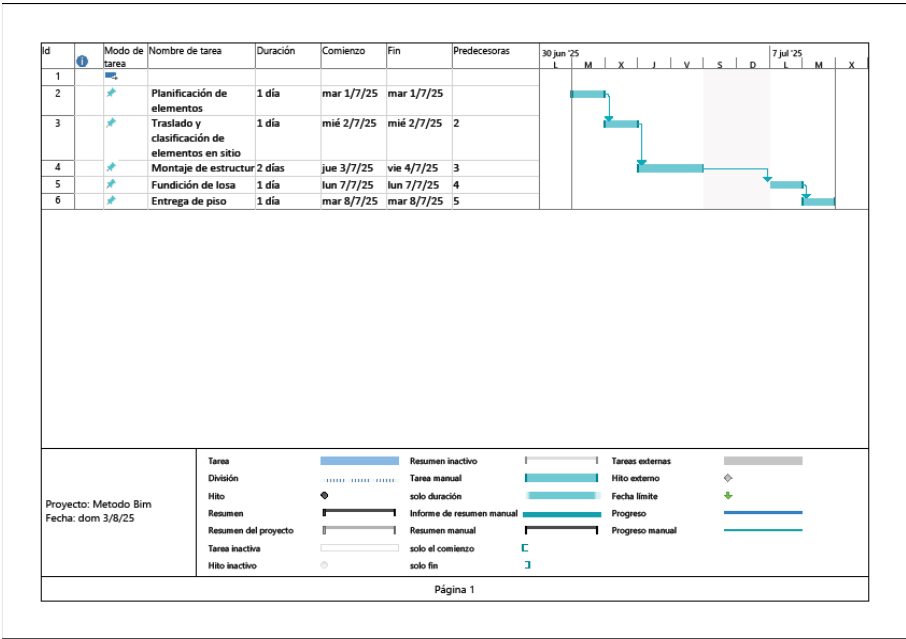
Diagrama de montaje en Project de la METODOLOGÍA TRADICIONAL



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 32

Diagrama de montaje en Project de la METODOLOGÍA BIM



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

4.1.2. Cuadro comparativo Metodología BIM vs. Tradicional

La implementación de la metodología BIM en el caso PRONACA Quevedo no solo ofrece una mejora en la precisión técnica y en la eficiencia de ejecución, sino que también representa una respuesta directa a los problemas recurrentes del sistema constructivo tradicional. Mediante la digitalización de procesos, el control de la trazabilidad, la sincronización de la producción y la integración de equipos multidisciplinarios, se logra optimizar tiempos, reducir costos y minimizar el riesgo operativo.

Tabla 12

Cuadro comparativo de Tiempos

Cuadro comparativo de Tiempos	
Metodología Tradicional	Metodología BIM
Planificación de montaje (1día)	Planificación de elementos (1 día)
Verificación de elementos en planta (2 días)	Traslado y clasificación de elementos en sitio (1día)

Traslado de elementos a sitio de montaje (2 días)	Montaje de estructura (2 días)
Clasificación de elementos a montar (1 día)	Fundición de losa (1 día)
Montaje de estructura (4 días)	Entrega de piso (1 día)
Fundición de losa (1 día)	
Entrega de piso (1 día)	
11 DÍAS	6 DÍAS

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

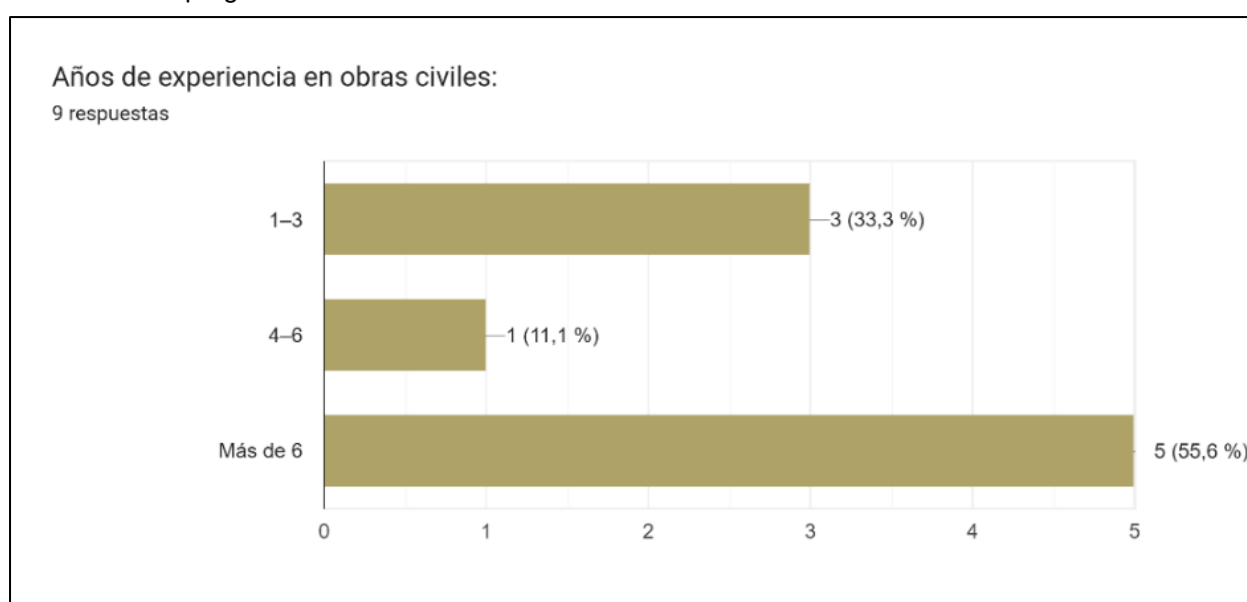
4.1.3. Resultados de la Encuesta

Con el fin de reconocer los retos, percepciones y posibilidades vinculados a la adopción de la metodología BIM en la construcción de estructuras metálicas, se llevó a cabo una encuesta dirigida a expertos del ámbito. Por ello, a continuación, se muestran los resultados obtenidos junto con su correspondiente análisis, que servirán como fundamento para respaldar la propuesta presentada en este capítulo.

Resultados Pregunta 1: Años de experiencia en obras civiles:

Ilustración 33

Resultados de pregunta 1

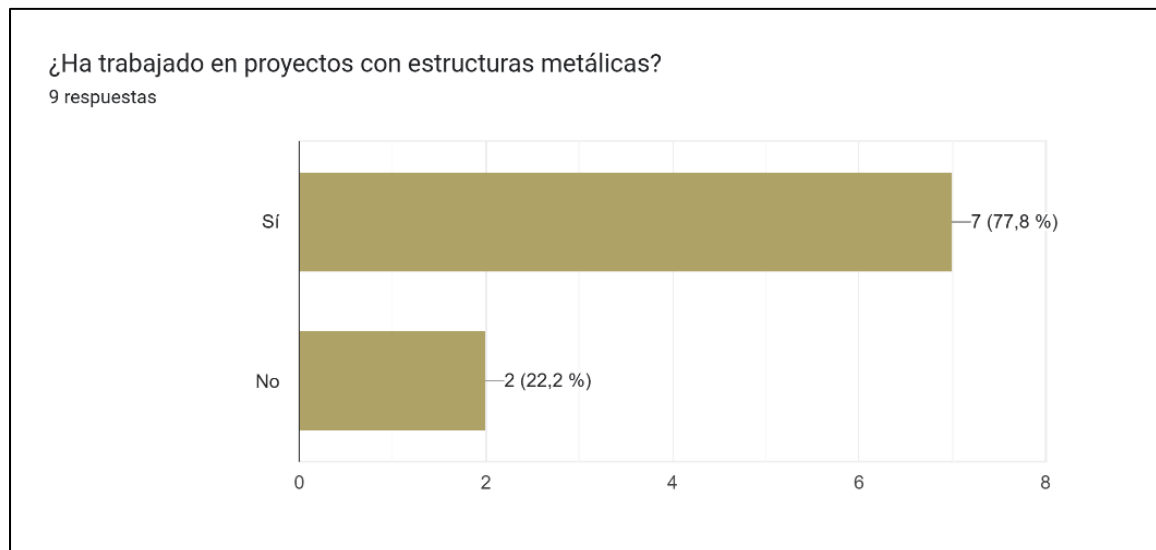


Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 2: ¿Ha trabajado en proyectos con estructuras metálicas?

Ilustración 34

Resultados de pregunta 2

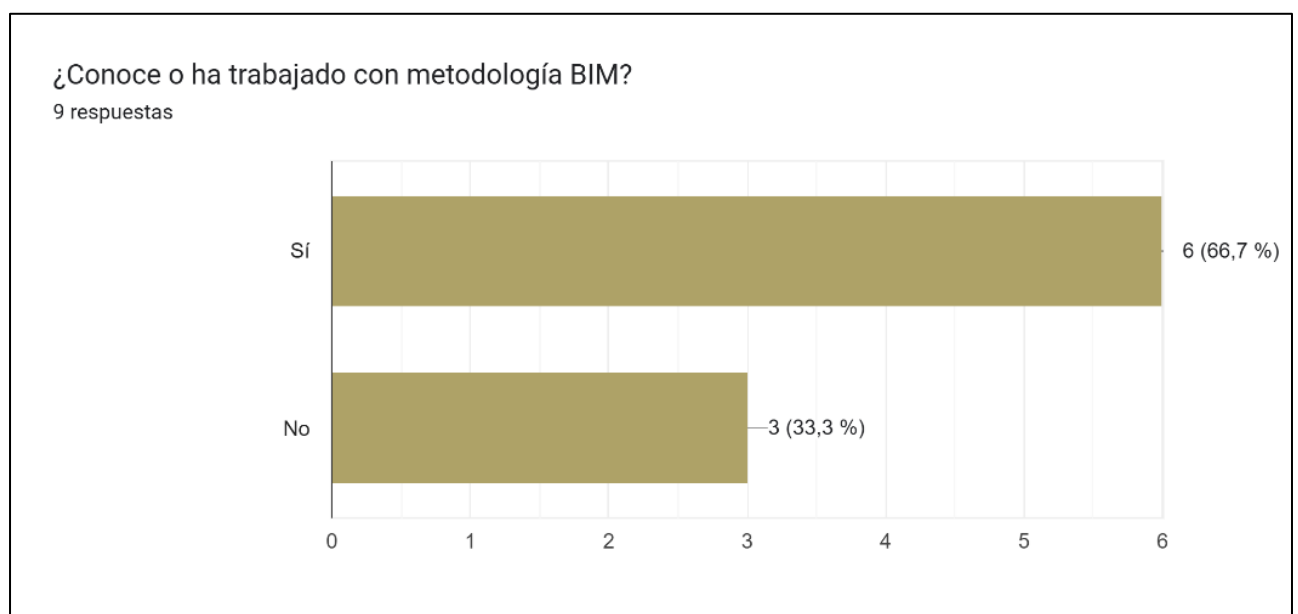


Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 3: ¿Conoce o ha trabajado con metodología BIM?

Ilustración 35

Resultados de pregunta 3



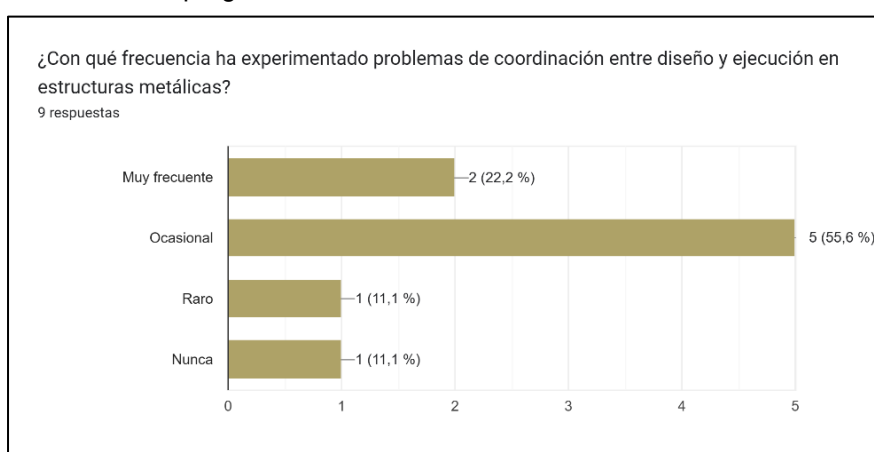
Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 4: ¿Con qué frecuencia ha experimentado problemas de coordinación entre diseño y ejecución en estructuras metálicas?

El 80 % indicó que los problemas de coordinación son ocasionales, y un 20 % indicó que son raros. Aunque no se considera una ocurrencia crítica, sí es lo suficientemente frecuente como para justificar mejoras en los procesos, como las que ofrece BIM.

Ilustración 36

Resultados de pregunta 4

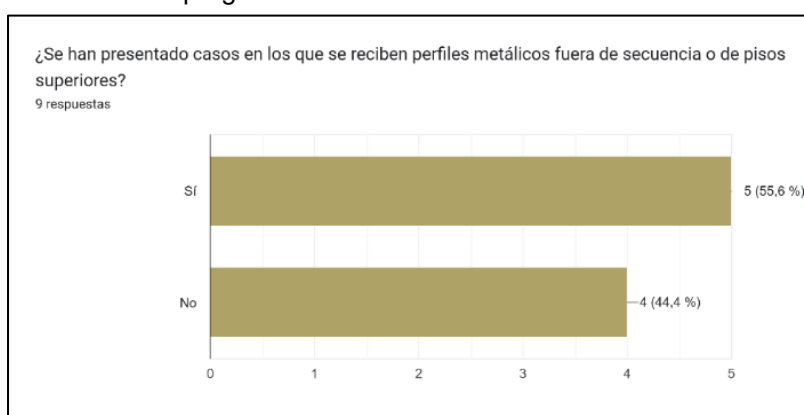


Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 5: ¿Se han presentado casos en los que se reciben perfiles metálicos fuera de secuencia o de pisos superiores?

Ilustración 37

Resultados de pregunta 5



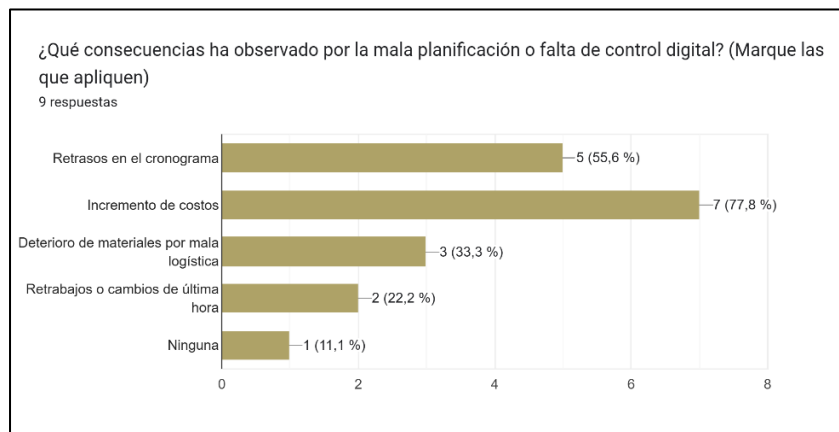
Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 6: ¿Qué consecuencias ha observado por la mala planificación o falta de control digital? (Marque las que apliquen)

Este conjunto de respuestas evidencia una afectación multidimensional, tanto en tiempo, como en presupuesto y calidad.

Ilustración 38

Resultados de pregunta 6



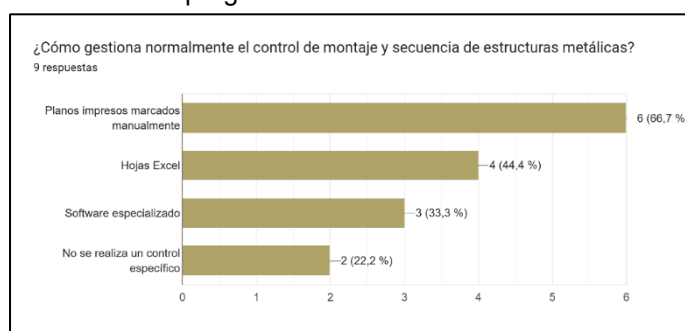
Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 7: ¿Cómo gestiona normalmente el control de montaje y secuencia de estructuras metálicas?

La mayoría aún depende de planos impresos y hojas Excel, y sólo algunos utilizan software especializado. Esto muestra que el control digital aún no se ha estandarizado, lo cual deja espacio para una propuesta basada en BIM.

Ilustración 39

Resultados de pregunta 7

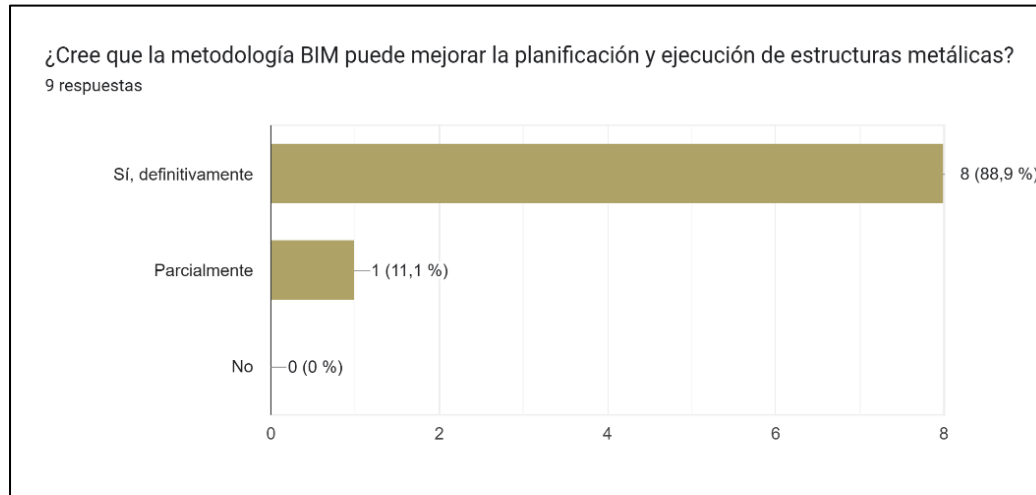


Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 8: ¿Cree que la metodología BIM puede mejorar la planificación y ejecución de estructuras metálicas?

Ilustración 40

Resultados de pregunta 8



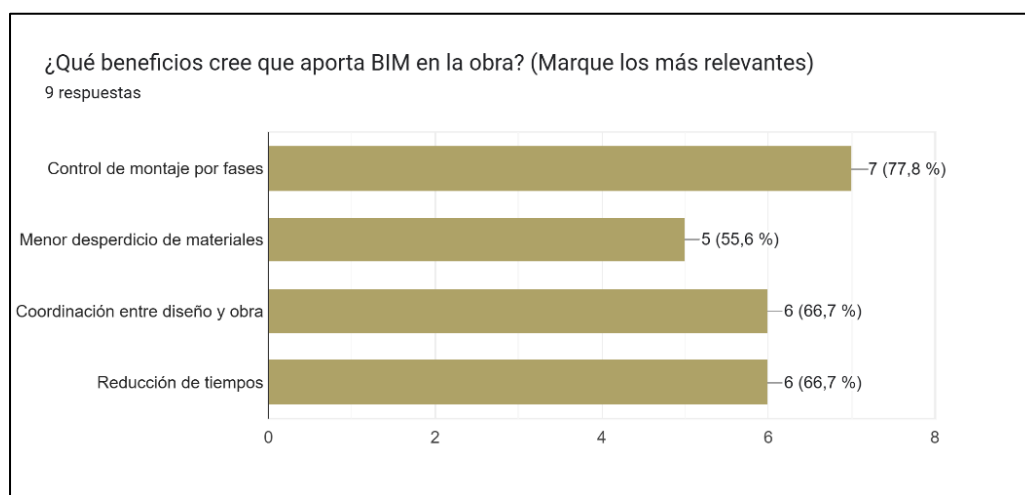
Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 9: ¿Qué beneficios cree que aporta BIM en la obra? (Marque los más relevantes)

La frecuencia con la que se mencionan estos beneficios coincide con los problemas señalados en la investigación, lo cual la refuerza.

Ilustración 41

Resultados de pregunta 9



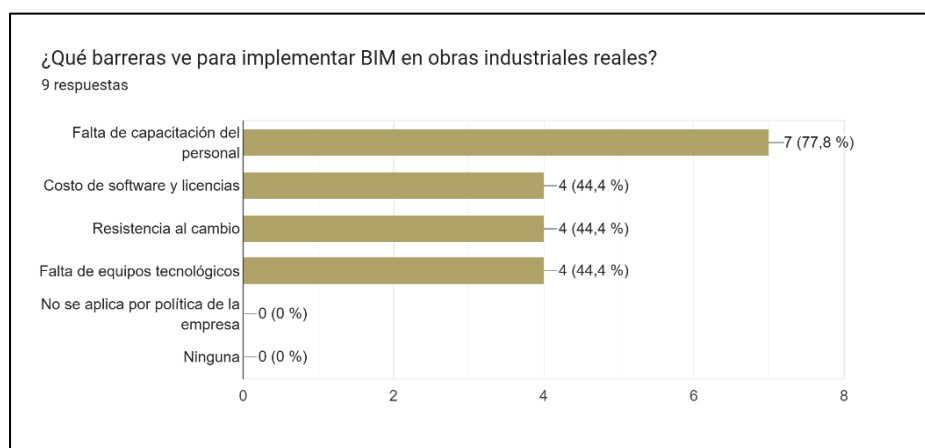
Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 10: ¿Qué barreras ve para implementar BIM en obras industriales reales?

Este resultado indica que la adopción de BIM no es solo un tema técnico, sino también organizacional y formativo.

Ilustración 42

Resultados de pregunta 10



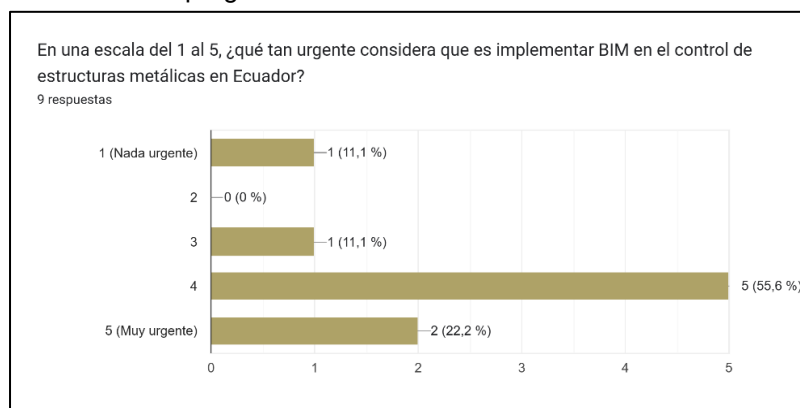
Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Resultados Pregunta 11: En una escala del 1 al 5, ¿qué tan urgente considera que es implementar BIM en el control de estructuras metálicas en Ecuador?

Esto muestra que hay conciencia de la necesidad inmediata de modernizar la gestión de estructuras metálicas, lo cual valida el objetivo de esta tesis.

Ilustración 43

Resultados de pregunta 11



Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

4.2. Comparación Económica: Implementación BIM vs. Método Tradicional

4.2.1. Análisis de costos SIN BIM

Tabla 13

TABLA DE COSTOS DE MONTAJE POR PISO SIN APLICAR METODOLOGÍA BIM

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Costo planificado				
Precio por kilo de montaje con grúa torre por piso	kilo	100000	\$ 0,13	\$ 13.000,00
Costos adicionales sin BIM				
Precio obtenido de impacto directo de costos ver tabla 1,001	Global	1	\$ 9.884,25	\$ 9.884,25
TOTAL				\$ 22.884,25
PÉRDIDA SIN UTILIZAR METODOLOGÍA BIM				
Dato obtenido de la tabla de Impacto Directo en Costos			\$ 35.608,95	
Utilizando Método Tradicional por 5 pisos				
				\$ 178.044,73

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Ilustración 44

Resumen del APU de montaje de estructura

COSTO TOTAL MATERIALES	\$	0,01	1,74%
COSTO TOTAL MANO DE OBRA	\$	0,28	55,72%
COSTO TOTAL USO MAQUINARIA/EQUIPO	\$	0,21	42,54%
COSTO TOTAL MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE	\$	-	0,00%
COSTO DIRECTO DEL RUBRO	\$	0,50	100,00%
COSTOS INDIRECTOS Y ADMINISTRATIVOS	14,00% \$	0,07	
UTILIDAD	6,00% \$	0,03	

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 14

COSTOS INDIRECTOS OBTENIDO DE LA "ILUSTRACIÓN 37"

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
Precio de costos indirectos por piso	Kg	100000	\$ 0,10	\$ 10.000,00

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

4.2.2. Análisis de costos CON BIM

Tabla 15

Infraestructura Tecnológica

1. I.F.				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Ordenadores	UND	3	\$ 1.250,00	\$ 3.750,00
Licencias	UND	3	\$ 3.000,00	\$ 9.000,00
Mobiliarios	UND	3	\$ 450,00	\$ 1.350,00
			TOTAL	\$ 14.100,00

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 16

Recurso Humano (Técnicos)

2. R.H.				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Coordinador BIM	UND	1	\$ 1.250,00	\$ 1.250,00
Modelador BIM	UND	2	\$ 1.050,00	\$ 2.100,00
Beneficios 25%				\$ 837,50
			TOTAL	\$ 4.187,50
Precio de los técnicos por 6 meses de trabajo				\$ 25.125,00

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

Tabla 17

Sumatoria de TABLA 15 Y TABLA 16

TOTAL, DE INVERSIÓN BIM	\$ 39.225,00
-------------------------	--------------

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

4.2.3. Comparación porcentual entre metodología tradicional y metodología BIM

Tabla 18

Comparación porcentual de metodologías

Resumen de comparativa de costos	
Pérdidas Metodología tradicional	Inversión Metodología BIM
$\frac{\$178.044,73}{\$396.242,77}$	$\frac{\$39.225,00}{\$396.242,77}$
45%	10%

Elaborado por: Acebo y Zambrano (2025)

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología BIM permite una mejora significativa en la planificación y coordinación de proyectos con estructuras metálicas, ya que proporciona una plataforma centralizada para integrar información técnica, optimizar secuencias constructivas y anticipar interferencias. Esto se traduce en una mayor precisión desde las fases iniciales del proyecto hasta su ejecución.

El uso de la metodología BIM en el caso PRONACA Quevedo ha demostrado que es posible simular escenarios reales de construcción, lo que permite modificar cronogramas, estimar costos con mayor exactitud y tomar decisiones importantes antes de iniciar la obra. Esta capacidad de simulación reduce la improvisación y mejora el control operativo en campo mejorando la eficiencia de su ejecución.

Comparando escenarios tradicionales con aquellos planificados bajo metodología BIM, se evidenció una reducción clara en tiempos de ejecución y en costos operativos, gracias a la mejor coordinación entre disciplinas, menor cantidad de retrabajos y optimización en el uso de materiales. Esto demuestra que BIM no solo es viable en el contexto ecuatoriano, sino también beneficioso para mejorar la eficiencia de obras similares. Debido a que tenemos un 35% de diferencias entre metodologías (Tradicional vs BIM). Dejando a la Metodología BIM como una alternativa altamente efectiva.

RECOMENDACIONES

Fomentar la capacitación técnica del personal involucrado en proyectos constructivos sobre el uso de herramientas BIM, como Autodesk Revit, Trimble Connect y Microsoft Project, ya que el éxito de esta metodología depende en gran parte del dominio y correcta aplicación por parte del equipo multidisciplinario.

Se recomienda aplicar la metodología BIM desde las primeras etapas del proyecto, especialmente durante la fase de diseño y planificación, para aprovechar al máximo sus beneficios en la detección de interferencias, control de costos y estimación precisa de tiempos en obra. Esto permite anticiparse a errores y así, se evita gastos innecesarios durante su ejecución.

Replicar este estudio de caso en otros proyectos similares dentro del país, especialmente en obras que utilicen estructuras metálicas, para continuar verificando la eficiencia de BIM en distintos contextos constructivos. Esto ayudaría a fomentar la implementación de esta metodología en el sector constructivo ecuatoriano como una práctica regular

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 21Noticias. (07 de 11 de 2024). Recuperado el 14 de 02 de 2025, de 21Noticias:
<https://21noticias.com/2024/07/11/durabilidad-y-resistencia-definen-la-eficacia-de-estructuras-metalicas/>
- 360 EN CONCRETO. (06 de 09 de 2022). (C. 3. Concreto, Editor) Recuperado el 14 de 02 de 2025, de 360 EN CONCRETO: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/aeropuerto-internacional-de-hong-kong-un-hito-en-concreto/>
- Academy, G. (12 de 10 de 2020). Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/948125/cual-es-la-diferencia-entre-bim-y-revit>
- Acebo Saltos, J. A., & Zambrano Aray, L. J. (07 de 2025). *Drive*. Obtenido de <https://drive.google.com/drive/folders/1y5BipAcRVeKk55WAmEXrXR50QJPswqWa>
- Acero Estudio. (15 de 05 de 2024). Obtenido de Acero Estudio: <https://aceroestudio.com/breve-historia-del-desarrollo-de-la-metodologia-bim/>
- ArchDaily. (14 de 12 de 2023). Obtenido de <https://www.e-zigurat.com/es/blog/bim-en-la-planificacion-de-proyectos/>
- Autodesk. (s.f.). Recuperado el 14 de 02 de 2025, de Autodesk.com: <https://www.autodesk.com/mx/solutions/revit-vs-autocad>
- Autodesk. (s.f.). Recuperado el 03 de 08 de 2025, de Autodesk.com: <https://www.autodesk.com/es/products/revit/features>
- Aviacionline. (04 de 09 de 2024). Recuperado el 14 de 02 de 2025, de Aviacionline: <https://www.aviacionline.com/aeropuerto-de-barcelona-el-prat-obras-de-ampliacion-podrian-comenzar-en-2027-si-hay-acuerdo-politico>
- Barbieri. (14 de 07 de 2020). *Adbarbieri.com*. Obtenido de <https://www.adbarbieri.com/blog/que-es-como-functiona-bim>
- Biblus. (04 de 07 de 2025). Obtenido de Biblus.accasoftware.com.
- BIMnD. (22 de 04 de 2020). Recuperado el 14 de 02 de 2025, de BIMnD - SERVICIOS Y CONSULTORIA BIM: <https://www.bimnd.es/los-8-grandes-beneficios-de-bim-en-la-construccion/>
- Caibinagua, M. A. (2018). *Uso de tecnología BIM para optimizar la gestión del tiempo según metodología project management institute*. Obtenido de <https://dspace-test.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30126>
- Castro Castro, S. A., & Lupercio Campoverde, D. I. (2024). *Diseño de la metodología BIM del edificio familiar castillo calvo, cantón de Macará, provincia de Loja*. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil. Recuperado el 14 de 02 de 2025, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27663/1/UPS-GT005132.pdf>

- Cobos Avila, K. P. (2024). *Repositorio ULVR*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7169>
- Comando Construcciones. (03 de 08 de 2025). Obtenido de Comando Construcciones: <https://www.comandoconstrucciones.com/construccion-de-estructuras-metalicas-ventajas-y-desventajas/>
- Edu - Empresa de Desarrollo Urbano. (07 de 11 de 2020). (EDU - Empresa de desarrollo urbano) Obtenido de Gov.co: <https://www.edu.gov.co/noticias/item/180-medellin-es-premiada-por-incorporacion-de-tecnologias-3d-en-diseno-de-la-avenida-34>
- Gimenez, M. (15 de 08 de 2019). (Hiberus, Productor) Recuperado el 14 de 02 de 2025, de Blog de hiberus: <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/#:~:text=BIM%20es%20una%20metodolog%C3%ADa%20de,y%20eficacia%20en%20los%20procesos.>
- Itec. (19 de 07 de 2023). Recuperado el 04 de 02 de 2025, de Itec.es: <https://app.bibguru.com/p/fa9af91f-e364-465b-b1d6-7058c0089a38>
- Karan, D., Salman, K., & Kumar, V. (2025). The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover materials*, 5(1). doi:10.1007/s43939-025-00200-2
- Khemlani. (s.f.). *Aecbytes.com*. Obtenido de <https://www.aecbytes.com/>
- LAIER. (13 de 09 de 2022). (LAIER, Editor) Recuperado el 14 de 02 de 2025, de Laiier.io: <https://blog.laiier.io/what-is-a-smart-building-the-edge-amsterdam>
- Microsoft. (s.f.). (M. project, Productor) Recuperado el 14 de 02 de 2025, de Microsoft.com: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/project/project-management-software>
- Noblejas, D. (04 de 07 de 2023). Obtenido de Nunsys: <https://app.bibguru.com/p/69983415-1154-49c4-b5fb-d43dbd02c858>
- Restrepo, V. (05 de 04 de 2024). Recuperado el 14 de 02 de 2025, de ArchDaily en Español: <https://www.archdaily.cl/cl/1015321/la-transformacion-urbana-de-medellin-un-caso-de-estudio>
- Super User. (s.f.). *ESAN Graduate School Of Business*. Obtenido de <http://ESAN.EDU.PE>
- Techtiva. (27 de 08 de 2024). Recuperado el 14 de 02 de 2025, de Techtiva: <https://techtiva.tech/optimizacion-gestion-proyectos-software-planificacion-construccion/>
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. (02 de 02 de 2025). *Trabajo de titulación*. Obtenido de <https://www.ulvr.edu.ec/unidad-de-titulacion-2>
- Vázquez, M. (15 de 06 de 2019). (Anomalía Ediciones, S.L.) Obtenido de EL MERCANTIL | Actualidad sobre el negocio de la logística: <https://elmercantil.com/2019/06/15/un-proyecto-de-altura-10-anos-de-la-t1-de-barcelona/>

ANEXOS

Anexo 1

Edificio en su fase final de montaje PRONACA-QUEVEDO



Anexo 2

Clasificación de elementos



Anexo 3

Clasificación de vigas metálicas por niveles o pisos



Anexo 4

Deterioro de elementos a montar



Anexo 5

Zona de clasificación de elementos previo a montaje con torre grúa



Anexo 6

Centro de acopio de elementos sin clasificar



Anexo 7

Camión grúa alquilado para movimiento y clasificación de elementos



Anexo 8

Clasificación de elementos en centro de acopio



Anexo 9

Verificación de elementos recibidos en planta



Anexo 10

Traslado de elementos con camión grúa



Anexo 11

Movimiento de elementos usando camión grúa



Anexo 12

Marcaje de vigas para su clasificación y montaje



Anexo 13

Utilización de camión grúa



Anexo 14

Uso de camión grúa



Anexo 15

Ordenamiento de elementos a trasladar



Anexo 16

Clasificación de elementos en zona de acopio



Anexo 17

Personal maniobrando con camión grúa



Anexo 18

Clasificación de elementos por tipo



Anexo 19

Guía de elementos enviados a planta



Anexo 20

Trabajos adicionales de clasificación



Anexo 21

Camión grúa en zona de acopio



Anexo 22

Traslado de columna metálica



Anexo 23

Movimiento de columna metálica



Anexo 24

Descarga de elementos en planta



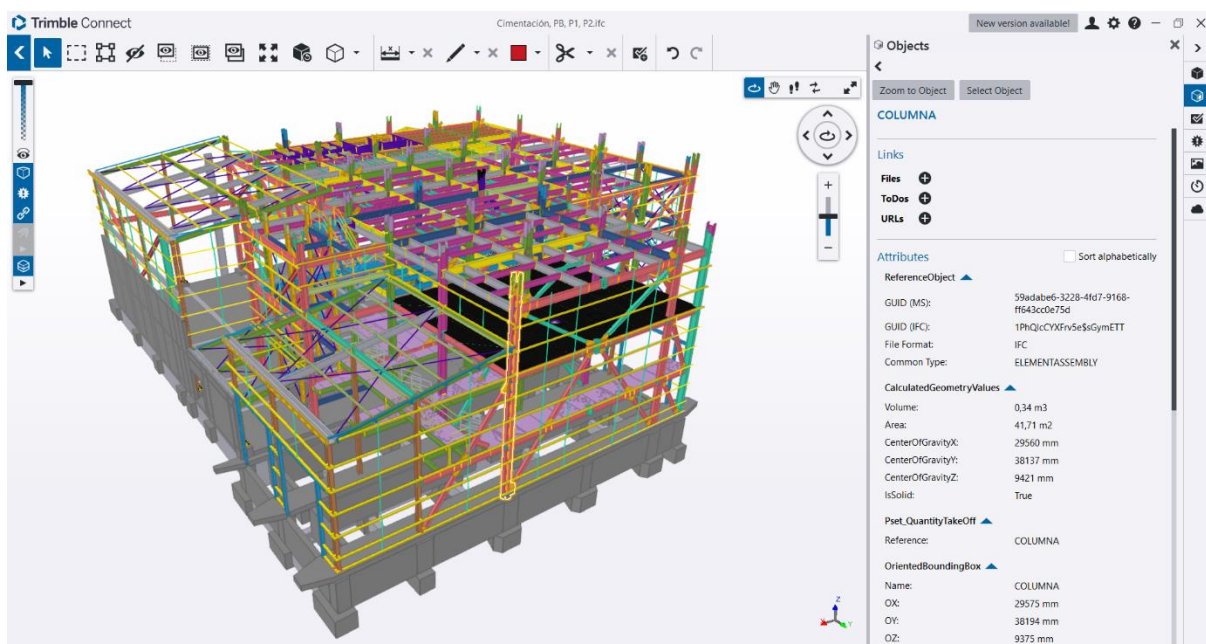
Anexo 25

Edificio en un 30% del montaje planificado



Anexo 26

Visualización de modelado 3D en Trimble Connect



Anexo 27

Modelado en REVIT

