



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERIA CIVIL**

“ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE ESTÁNDARES
TÉCNICOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y
COORDINACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL
DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE BAJA Y
MEDIANA COMPLEJIDAD”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Alvaro Fernando Diaz Arribasplata

Kevin Osama Herrera Cabrera

Asesor:

Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen

<https://orcid.org/0000-0001-5024-7595>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Lizbeth Milagros Merma Gallardo	40012838
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ítalo David Bendeuzú Checcllo	47050486
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Luis Vásquez Ramírez	26693344
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME SIMILITUD

Ouriginal
by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Tesis_AlvaroDiaz_y_KevinHerrera_01.docx (D154899147)
Submitted	2023-01-04 16:18:00
Submitted by	
Submitter email	tulio.guillen@upn.pe
Similarity	8%
Analysis address	tulio.guillen.delnor@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64067/Gonzales_EIC-Rodr%C3%ADguez... Fetched: 2021-12-02 23:00:53	26
SA	PROYECTOS DE TESIS_NANCY PEREZ Y ROSALINDA HERRERA.pdf Document PROYECTOS DE TESIS_NANCY PEREZ Y ROSALINDA HERRERA.pdf (D154609288)	1
SA	Universidad Privada del Norte / 1. FORMATO PARA TESIS COR-F-REC-VAC-05.15.docx Document 1. FORMATO PARA TESIS COR-F-REC-VAC-05.15.docx (D111690843) Submitted by: anita.alva@upn.edu.pe Receiver: anita.alva.delnor@analysis.arkund.com	2
SA	Universidad Privada del Norte / UPN_CIVIL_2021_TS_CHRISTIAN ROJAS_V1.pdf Document UPN_CIVIL_2021_TS_CHRISTIAN ROJAS_V1.pdf (D107963648) Submitted by: ruben.manturano@upn.edu.pe Receiver: ruben.manturano.delnor@analysis.arkund.com	2
W	URL: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/164774/V%C3%A9lez%20-%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%... Fetched: 2021-05-30 09:10:24	1
W	URL: https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/4412/Tesis_tecnolog%C3%ADa%20BIM... Fetched: 2022-11-24 17:23:10	1
SA	EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA INSTITUCIÓN_V1.pdf Document EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA INSTITUCIÓN_V1.pdf (D122934286)	1

Entire Document

FACULTAD DE INGENIERÍA
Carrera de INGENIERIA CIVIL
“ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE ESTÁNDARES TÉCNICOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN VIRTUAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE BAJA Y MEDIANA COMPLEJIDAD”
Proyecto de tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Civil
Autores:
Alvaro Fernando Díaz Arribasplata Kevin Osama Herrera Cabrera
Asesor:
Ing.
Tulio Edgar Guillén Sheen
2023

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico en primer lugar a Dios, por brindarme la salud y fuerzas para continuar, a mis queridos padres por el apoyo constante e incondicional que brindan día a día para poder lograr uno de mis mayores anhelos que es ser ingeniero.

Alvaro.

La presente investigación se la dedico en primer lugar a Dios, por darme la vida, salud, y la fuerza necesaria para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, sobre todo a mi hermano Gabriel por ser mi guía y a mi familia por apoyarme en este proceso para poder cumplir con mi objetivo.

Kevin.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por su infinito amor y bondad, que nos permiten sonreír ante nuestros logros. A mis padres por confiar y creer en mí, además de darme los ánimos necesarios para no decaer ante las adversidades y lograr mis objetivos.

Alvaro.

Primero agradecer a Dios, por la fuerza y salud brindada. A mi hermano por ser mi guía en todo, a mi familia porque gracias a su esfuerzo yo puedo continuar mi carrera y lograr mi objetivo.

Kevin.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO II: METODOLOGIA	51
CAPÍTULO III: RESULTADOS	64
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	123
REFERENCIAS	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación del valor o magnitud del monto de inversión estimado del proyecto.	25
Tabla 2: Comparación entre CAD y BIM.	45
Tabla 3: Herramientas TIC más influyentes en la construcción.	49
Tabla 4: Agrupación de “MSI – Estándares Técnicos BIM”.	64
Tabla 5: Estructura de directorios y nombre de archivos de los proyectos.	67
Tabla 6: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Exc. Manual de Zanjas para Cimientos.	77
Tabla 7: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Exc. Manual de Banquetas.	78
Tabla 8: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Relleno con Material Propio.	79
Tabla 9: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Vigas.	80
Tabla 10: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Losas Macizas.	81
Tabla 11: Diferencias Metrado y Costo BIM vs ET – Concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas.	82
Tabla 12: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Cisterna.	83
Tabla 13: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET –M. Ladrillo KK de arcilla 18 H Cabeza.	84
Tabla 14: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – M. Ladrillo KK de arcilla 18 H Soga.	85
Tabla 15: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Muros Interiores.	86
Tabla 16: Resumen comparativo de metrados BIM vs Expediente Técnico.	87
Tabla 17: Resumen comparativo de costos BIM vs Expediente Técnico.	89
Tabla 18: Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico.	91

Tabla 19: Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra.	92
Tabla 20: Estructura de directorios y nombre de archivos de los proyectos.	93
Tabla 21: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Enc. y Desenc. Normal de Cisterna.	103
Tabla 22: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET - Acero Corrugado $f^y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Muros Anclados de Concreto.	104
Tabla 23: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Enc. y Desenc. Normal de Vigas.	105
Tabla 24: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET - Acero Corrugado $f^y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Vigas.	106
Tabla 25: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Poliestireno Exp. (0.60x0.60x0.30m).	107
Tabla 26: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET - Acero Corrugado $f^y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Losas Macizas.	108
Tabla 27: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Muros Interiores.	109
Tabla 28: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Columnas.	110
Tabla 29: Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Vigas.	111
Tabla 30: Resumen comparativo de Metrados BIM vs Expediente Técnico.	112
Tabla 31: Resumen Comparativo de Costos BIM vs Expediente Técnico.	114
Tabla 32: Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico.	116
Tabla 33: Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra.	117
Tabla 34: Diferencias entre BIM y CAD.	119
Tabla 35: Ventajas del BIM sobre el CAD.	120
Tabla 36: Desventajas del CAD.	121
Tabla 37: Desventajas del BIM.	121
Tabla 38: “Plan BIM Perú” – Metas.	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación del nivel de complejidad de un proyecto de inversión.	25
Figura 2: Mapa de implantación BIM en el mundo.	27
Figura 3: Herramientas BIM del marco colaborativo.	28
Figura 4: Etapas de un proceso BIM.	29
Figura 5: Dimensiones de una edificación BIM.	30
Figura 6: Level of development o Nivel de desarrollo.	31
Figura 7: LOD (Nivel de detalle) + LOI (Nivel de información).	32
Figura 8: LOD (level of development) – Estructuras (Viga de concreto armado).	33
Figura 9: Pre – visualización.	34
Figura 10: Información paramétrica.	34
Figura 11: Trabajo colaborativo.	35
Figura 12: Evaluación de alternativas de diseño con metrados.	35
Figura 13: Proyecto multifamiliar Tejada 17 pisos (12,000 m ²). Alternativas de diseño.	36
Figura 14: Sostenibilidad.	37
Figura 15: Modelo de diseño estructural.	37
Figura 16: Revisión y solución de posibles errores de diseño.	38
Figura 17: Detalle constructivo.	38
Figura 18: Programación de obra.	39
Figura 19: Información visual en obra.	39
Figura 20: Estimación de recursos tiempo y costos.	40
Figura 21: Control de avance de obra.	40
Figura 22: Simulación de la seguridad en obra.	41

Figura 23: Prefabricación de muros.	41
Figura 24: As – Built.	42
Figura 25: Gestión del inventario.	43
Figura 26: Modelo de madurez BIM.	43
Figura 27: Diseño en Revit vs AutoCAD.	44
Figura 28: Curva de esfuerzo del proceso constructivo de Patrick MacLeamy.	47
Figura 29: Esquema – Flujograma de trabajo.	56
Figura 30: Modelo General de Estructuras.	70
Figura 31: Modelo General de Arquitectura.	70
Figura 32: Modelo General de Instalaciones Mecánicas.	71
Figura 33: Modelo General de Instalaciones Sanitarias (AF, ACI y DSG).	71
Figura 34: Modelo General de Instalaciones Eléctricas.	72
Figura 35: Modelo General de Instalaciones de Comunicaciones (TIC).	72
Figura 36: Modelo Federado, preparado para la Coordinación BIM.	74
Figura 37: Clash Detective, entre las especialidades (MEC vs II.SS).	74
Figura 38: Clash Detective, entre las especialidades (II.EE vs II.SS).	75
Figura 39: Partidas con Metrados Generales.	76
Figura 40: Metrado BIM – Excavación Manual de Zanjas para Cimientos.	77
Figura 41: Metrado BIM – Excavación Manual de Banquetas.	78
Figura 42: Metrado BIM – Relleno con Material Propio.	79
Figura 43: Metrado BIM – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Vigas.	80
Figura 44: Metrado BIM – C. premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Losas Macizas.	81
Figura 45: Metrado BIM – Concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas.	82

Figura 46: Metrado BIM – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Cisterna.	83
Figura 47: Metrado BIM – Muro Ladrillo KK de arcilla 18 H Cabeza.	84
Figura 48: Metrado BIM – Muro Ladrillo KK de arcilla 18 H Soga.	85
Figura 49: Metrado BIM – Tarrajeo de Muros Interiores.	86
Figura 50: Variación de Metrados BIM vs Expediente Técnico.	88
Figura 51: Variación de Costos BIM vs Expediente Técnico.	90
Figura 52: Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico.	91
Figura 53: Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra.	92
Figura 54: Modelo General de Estructuras.	96
Figura 55: Modelo General de Arquitectura.	96
Figura 56: Modelo General de Instalaciones Mecánicas.	97
Figura 57: Modelo General de Instalaciones Sanitarias (AF, ACI y DSG).	97
Figura 58: Modelo General de Instalaciones Eléctricas.	98
Figura 59: Modelo General de Instalaciones de Comunicaciones (TIC).	98
Figura 60: Modelo Federado, preparado para la Coordinación BIM.	100
Figura 61: Clash Detective, entre las especialidades de (AF vs II.EE).	100
Figura 62: Clash Detective, entre las especialidades de (AF vs HVAC).	101
Figura 63: Partidas con Metrados Generales.	102
Figura 64: Metrado BIM – Encofrado y Desencofrado Normal de Cisterna.	103
Figura 65: Metrado BIM – A. Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en M. Anclados de Concreto.	104
Figura 66: Metrado BIM – Encofrado y Desencofrado Normal de Vigas.	105
Figura 67: Metrado BIM – Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Vigas.	106
Figura 68: Metrado BIM – Poliestireno Expandido (0.60 x 0.60 x 0.30m).	107

Figura 69: Metrado BIM – Acero Corrugado $f_y=4200$ kg/cm ² en Losas Macizas.	108
Figura 70: Metrado BIM – Tarrajeo en Muros Interiores.	109
Figura 71: Metrado BIM – Tarrajeo de Columnas.	110
Figura 72: Metrado BIM – Tarrajeo de Vigas.	111
Figura 73: Variación de Metrados BIM vs Expediente Técnico.	113
Figura 74: Variación de Costos BIM vs Expediente Técnico.	115
Figura 75: Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico.	116
Figura 76: Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra.	117
Figura 77: “Plan BIM Perú” – Avances.	126

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito analizar e implementar estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Se aplicó un diseño no experimental de nivel descriptivo – comparativo y de tipo aplicada con enfoque cualitativo. La población y muestra de estudio son dos proyectos de inversión los cuales se eligieron por conveniencia de los autores y son no probabilísticos. Los instrumentos usados fueron la documentación (planos 2D, metrados y presupuestos) obtenido de los expedientes técnicos, los software’s Revit 2022 (para el modelamiento, extracción de información y documentación), Dynamo 2022 (para optimizar procesos), Naviswork 2022 (para la coordinación 4D), Delphin Express 2022 (para el presupuesto) y finalmente Microsoft Excel 2019 (para el análisis de datos). Los resultados evidencian la optimización de recursos (tiempo – costos), aumento de la productividad y mejora en los procesos de modelado y coordinación, mediante la gestión de la información, gracias a los estándares técnicos implementados. En conclusión, se acepta la hipótesis que establece: el análisis e implementación de estándares técnicos optimiza y mejora la productividad de procesos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad, debido a que los estándares técnicos sirven como lineamientos, procesos y formatos recurrentes que se deben seguir cuando se tiene que aplicar la metodología BIM en proyectos de infraestructura vertical, ya que nos permite tener alcances de cómo se va hacer, para que se va hacer y que se va a obtener a fin de cumplir con los objetivos del proyecto y mantener un lenguaje sincrónico entre el equipo BIM.

PALABRAS CLAVE: Estándares técnicos, planificación y coordinación, construcción virtual.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Actualmente, la complejidad de los proyectos de construcción requeridos por los clientes está aumentando, debido a su gran envergadura y la amplia variedad de especialidades (topografía, arquitectura, estructuras, instalaciones: sanitarias, eléctricas, mecánicas, gas, red contra incendios, aire acondicionado, internet, cable, etc.), materiales, suministros y procedimientos constructivos. Dichas exigencias desencadenan un desarrollo deficiente en la calidad del proyecto, desde la etapa de planificación hasta la operación y mantenimiento, donde los errores más frecuentes son la falta de coordinación y comunicación sincrónica entre los agentes implicados. Taboada, et ál. (2011) alega que el diseño del proyecto a menudo pasa a la etapa de construcción con un perfil no optimizado (documentación incompleta) y con interferencias e incompatibilidades entre especialidades, lo que obliga a la empresa constructora a asumir el liderazgo en revisar y rectificar las deficiencias encontradas, y lo más crítico es que esta revisión se da muchas veces en plena construcción del proyecto, la cual puede incidir negativamente en los plazos y costos de obra si estos errores no son detectados oportunamente.

Por esta razón, no solo se requiere la aplicación de herramientas tecnológicas de modelado 3D y detección de interferencias; sino también una adecuada organización de diseño de sistemas constructivos, análisis de constructibilidad, programación de operación y mantenimiento, etc. Es así, que en la Municipalidad Distrital de San Isidro “MSI” pretendieron realizar proyectos pilotos BIM, sin tomar en cuenta que no se contaba con una base técnica referencial para desarrollarlos; por lo tanto, al remarcar esta deficiencia se optó por implementar el “MSI - Estándares Técnicos BIM” el cual es un documento que regula los lineamientos, procesos y formatos recurrentes para mejorar la productividad de los proyectos de inversión en sus diversas etapas (diseño, planificación y construcción). Así mismo, este estándar técnico

servirá como base de apoyo para el Plan de Ejecución BIM “BEP” al momento de dar respuesta al EIR “*Employer's Information Requirement*” – “*Requisitos de Información del Empleador*” que consiste en transferir información, en qué formato, con qué nivel de información y establecer un acuerdo entre las partes interesadas sobre cómo y con qué características necesitan intercambiar su información digital en tiempo real.

Prado (2021) en su estudio “*BIM – Building Information Modeling, como Herramienta de Mejora para el Desarrollo, Planificación y Ejecución de Proyectos de Inversión Pública*”. Su objetivo fue proponer la implementación de la metodología BIM, como herramienta de planificación, ejecución, monitoreo y control de proyectos de inversión pública bajo los procesos y procedimientos del Sistema Nacional de Inversión Pública – SNIP, en un contexto de cultura colaborativa y práctica integrada (p. 5). El enfoque de la investigación es mixto y de diseño no experimental transaccional, con muestra probabilística. Para ello, usó como instrumentos fichas, cuadro de registro, cuestionario con preguntas de desarrollo y lista de cotejo (pp. 87 – 88). Concluye con la identificación de normas y reglamentos estatales para el desarrollo de proyectos de inversión pública; así mismo, los procesos y procedimientos específicos de gestión, los diferentes pasos que debe seguir un proyecto de inversión tanto en la fase de pre – inversión e inversión. Finalmente, se realizó la comparación de la metodología tradicional para proyectos de inversión pública frente a la aplicación de la metodología BIM, logrando evidenciar una considerable diferencia y mejora en eficiencia a partir de los parámetros de costos, tiempo y calidad en todo el ciclo de vida del proyecto (p. 117).

Sánchez, et ál. (2020) en su investigación “*Análisis de la Implementación de Metodología BIM en Edificaciones de Baja Complejidad en Colombia, mediante IDM y Mapas de Procesos*”. Tuvo como objetivo identificar el nivel de implementación de la metodología

BIM, los posibles problemas y aspectos de mejora en los procesos de construcción. La investigación es de diseño exploratorio y de campo, con una muestra de un proyecto de baja complejidad (edificio). Se usaron como instrumentos, entrevistas a grupos focales de la empresa de construcción y dichos datos se integraron aplicando el Manual de Entrega de Información “IDM” (p. 166). Finalmente, concluye que se evidencian problemas en la adaptación de BIM en obra; así mismo, el IDM fue de gran utilidad en el proceso de levantamiento de información de forma organizada, y aportó datos relevantes para generar el mapa de procesos a partir de la identificación de las estrategias, flujos, actividades, tiempos y agentes que intervienen en cada una de las etapas del proyecto (p. 189).

Ángel (2019) en su investigación *“Coordinación de un Proyecto de Edificación mediante Metodologías BIM – caso de estudio edificio Tequendama II- Permoda”*. Propuso como objetivo identificar y describir las ventajas de la Metodología BIM 3D-4D-5D en la planificación de un proyecto de edificación, a través de la ejecución y uso de modelos de información (p. 11). Su investigación es aplicada, y su muestra es un expediente técnico concerniente a un proyecto de edificación desarrollado con el sistema tradicional, para lo cual vinculó e integró dichos documentos a través de la metodología BIM 3D (modelado), 4D (planificación) y 5D (costos). Manejó como instrumentos los software’s Autodesk Revit, Navisworks, MS Project y el Generador de Precios Unitarios Colombia (CYPE Ingenieros S.A.) para la gestión del proyecto (pp. 31-41). Por último, concluye que la correcta coordinación e implementación BIM a un proyecto de construcción está sujeto en gran medida a las configuraciones paramétricas iniciales que se le dé al modelo, debido a que depende de ello los errores que surjan en adelante (metrados, interferencias, imprecisiones, etc.); un parámetro importante es el LOD que establece la cantidad de información asociado al modelo, mientras

más alto sea, puede llegar a brindar información sobre el gasto energético de los diferentes mecanismos. Así mismo, es vital el uso de BIM en proyectos de gran magnitud porque resulta más favorable tener la información actualizada en un modelo central, en el que todos los agentes (stakeholders) pueden agregar valor al mismo, sincronizándose y vinculando las acciones en tiempo real. Además, la relación con el cliente llega a ser más satisfactoria y grata cuando se trabaja mediante BIM, porque se representa de manera fácil las acciones planificadas en un modelo 3D que en planos 2D (pp. 51-52).

Trejo (2018) en su tesis *“Estudio de impacto del uso de la Metodología BIM en la Planificación y Control de Proyectos de Ingeniería y Construcción”*. Planteó como objetivo analizar periódicamente los cambios que se dan en la etapa de planificación, control de los alcances, tiempo, costo y calidad en los proyectos de ingeniería y construcción con el uso de la metodología BIM (p. 3). Como instrumentos empleó revisión bibliográfica, entrevistas, encuestas, estudio de proyectos y análisis de la información (p. 4). Tuvo una muestra de diez proyectos BIM de diferentes rubros ubicados en: Inglaterra, Argentina, Estados Unidos, Chile, Colombia y China; desarrollados entre los años 1989 y 2017 (pp. 91-94). En conclusión, describe que BIM ha generado un impacto positivo en todos los procesos de planificación y control de los proyectos aeroportuarios, mineros, industriales, de edificación e infraestructura, en cuanto a la optimización de recursos de tiempos, costos y calidad (p. 105).

Vera (2018) en su investigación denominado *“Aplicación de la Metodología BIM a un Proyecto de Construcción de un Corredor de Transporte para un Complejo Industrial Modelo BIM 5D Costes”*. Tuvo como objetivo fundamental encargarse de planificar y encontrar estrategias sobre la implementación BIM, así como la innovación y desarrollos futuros. Utilizó revisión bibliográfica y como muestra desarrolló un proyecto BIM de obra lineal (corredor de

transporte) que da acceso a una zona industrial, en un tramo donde transcurren de forma paralela una carretera y una vía ferroviaria (p. 11), dicha obra cuenta con 1.880 Km de longitud y tiene obras de arte (alcantarillas, cunetas y canales de descarga). En conclusión, la definición y exportación de los sólidos 3D del modelo BIM sobre el que se trabaja, facilitará o dificultará la vinculación de unidades de obras para ser presupuestadas en un modelo BIM 5D; y se evidenciará la reducción de costos en las obras de construcción, en la etapa de diseño y no en la construcción, el momento más idóneo para resolver conflictos o problemas presentados (p. 166).

Ramos (2019) en su tesis *“Eficiencia de la Metodología BIM a través de la Simulación 4D, 5D en el Control de Tiempos y Costos para la obra Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el distrito de Puno”*. Su objetivo fue comprobar la influencia de dicha metodología, mediante el Modelamiento de Información en Construcciones (BIM 4D – 5D) en tiempo y costos de ejecución de obra. (p. 20). Su estudio fue de consideración aplicada, ya que como muestra tomó el expediente técnico de un proyecto de inversión elaborado con el sistema tradicional y para su desarrollo mediante la metodología BIM. Usó como instrumentos de modelado, los softwares Autodesk Revit y Navisworks. Concluye que la metodología BIM 4D – 5D obvia los trabajos rehechos, estableciendo prioridades en las especialidades, coordinando de manera anticipada soluciones a diferentes problemas constructivos y simulando la construcción para evitar defectos en la etapa de planificación. También, obtuvo una reducción del tiempo de ejecución en un total de 15 días que equivale a un 7.69 % respecto al tiempo de ejecución programado, en las partidas de estructuras y arquitectura donde se vio diferencias considerables. Por otro lado, BIM es una metodología primordial en la ejecución de obras, pero también puede ser empleada en etapas tempranas para mejorar de los proyectos (pp. 127 – 128).

Vásquez (2019) en su tesis *“Implementación del Building Information Modeling (BIM) para la Optimización de Gestión de Proyectos de Edificaciones en Huancayo-2018”*. Su objetivo principal fue determinar y optimizar la gestión de proyectos de edificaciones mediante la implementación BIM (p. 26). El diseño de dicha investigación es descriptivo – correlacional con enfoque de tipo aplicada; tomó como muestra un proyecto de edificación “Instituto Continental” elegido por conveniencia. Además, consideró como instrumentos el Autodesk Revit para simulaciones (modelos 3D), entrevistas, encuestas, análisis documental, diseño para cuantificar y describir las observaciones de la gestión del proyecto (pp. 119-121). El autor concluye que BIM influye de manera significativa en la calidad de los proyectos, porque anticipa problemas de interferencias e incompatibilidades en la fase de diseño antes de llegar a la construcción, garantizando la nula solicitud de adicionales de obra, retrasos, actualización de As Built, etc. Asimismo, BIM genera un impacto positivo en obra, donde el equipo encargado de la construcción no destinará su tiempo para identificar errores y/o consultas, para remitirlas al equipo de supervisión mediante solicitudes de requerimiento de información (RFI’s), que es lo que siguen los procesos burocráticos en obras ejecutadas por administración directa o indirecta, claro que en el primer caso tomaría mayor tiempo en devolver la solicitud de información con respuesta validada por el consultor (p. 160).

Candia, Navarro & Salazar (2018) en su estudio *“Mejoramiento de la Planificación de Proyectos de Infraestructura Hospitalaria aplicando BIM para Optimizar la Constructibilidad”*. Planteó como objetivo mejorar la planificación durante la etapa de preconstrucción en un proyecto, aplicando la metodología BIM para optimizar la constructibilidad (p. 2). Manejó una investigación de tipo exploratorio, con una muestra de cuatro expedientes técnicos correspondiente a infraestructura hospitalaria. De igual forma, usó

como instrumentos fichas que le permitieron elaborar cuadros, esquemas, gráficas y formatos genéricos con información general de cada proyecto (nombres, plazos, montos según contratos e información proveniente de la liquidación de obra, en donde se refiere el incremento de costos, plazos, etc.) (pp. 65-66). En conclusión, ha podido establecer según el análisis de los casos presentados; que, a mayor complejidad de las distintas especialidades de un edificio hospitalario, es mayor el costo de modelado; siendo está el grado de dificultad al momento de manejar la información. Pero en sí son mayores los beneficios de constructibilidad, por lo cual se hace más predecible sus procesos constructivos al contar con un modelado virtual y lo más importante, se minimizan los riesgos asociados a la deficiente información típica del desarrollo convencional de un proyecto (p. 165).

Eyzaguirre (2015) en su investigación llamada *“Potenciando la Capacidad de Análisis y Comunicación de los Proyectos de Construcción, mediante Herramientas Virtuales BIM 4D durante la Etapa de Planificación”*. Sostuvo como objetivo incorporar herramientas BIM 4D para el análisis y comunicación en la etapa de planificación de los proyectos de construcción. La investigación es de diseño descriptivo, con una muestra de un proyecto (edificio multifamiliar) basado en tres torres y un patio central, teniendo una geometría y estructura compleja e independiente con varios frentes y fachadas. Utilizó como instrumentos los software's Autodesk Revit para el modelado 3D de las especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones: sanitarias, eléctricas, mecánicas y de comunicaciones) y Navisworks como software integrador BIM, para la vinculación del cronograma de obra con el modelo de información, así mismo las reuniones ICE para llevar a cabo las sesiones de Coordinación BIM. En conclusión, el origen de las causas es el bajo nivel de planificación y visualización; además, se tiene un concepto equivocado de que BIM es Revit, debemos distinguir y comprender que

BIM es mucho más que un software; es una metodología de trabajo alineada con los procesos, políticas, personas, tecnología y gestión de la información de los proyectos de construcción. Los nuevos procesos servirán para establecer la forma de colaboración, intercambio de información y conocimientos. La incorporación de políticas definidas, enmarcadas en las especificaciones y contratos brindará soporte a la aplicación BIM, mediante la estandarización y estrategias de ejecución para los modelos 3D. El recurso humano, elemento imprescindible de la metodología BIM, por medio de sus habilidades, conocimientos, experiencia y amplias capacitaciones, son los encargados de liderar y ejecutar la implementación, para alcanzar los objetivos planteados y garantizar el éxito. Por último, pero no menos importante, la tecnología comprende al conjunto de herramientas y softwares, los cuales están aptos para ser configurados, monitoreados y adaptados para cualquier situación y/o requerimientos de cada proyecto (pp. 86-87).

Alcántara (2013) en su investigación denominada *“Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño basada en la Construcción Virtual usando Tecnologías BIM”*, Estableció como objetivo emplear una metodología para minimizar las deficiencias del diseño a través de la construcción virtual usando herramientas BIM (p. 5). El diseño de su investigación es no experimental y de tipo descriptivo-aplicada, su muestra fue un proyecto de infraestructura educativa sucursal “Universidad del Pacífico”. Sus instrumentos fueron los software’s Autodesk Revit que le sirvió para modelar las especialidades de arquitectura y estructuras a un nivel de detalle LOD 300 y extraer los metrados exactos, también usó el software Navisworks que le permitió obtener el TimeLiner del proyecto y así definir los plazos de ejecución para un óptimo control (pp. 64-66). Concluye que BIM permite equivocarnos de forma virtual y no en campo, de esta manera se ahorran recursos de tiempo y costos por procesos mal diseños. El modelo de información no solo se utiliza para identificar conflictos entre especialidades, sino que se

convierte en una herramienta de análisis para inspeccionar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad entre las diversas instalaciones que operan de forma dependiente. Adicionalmente, permite evaluar aspectos constructivos que faciliten una mejor planificación y control de las actividades de construcción mediante la gestión de subcontratistas (p. 121).

Pajares (2020) en su investigación *“Aplicación de Herramientas BIM en la Determinación de Incompatibilidades del Proyecto Módulo Termal Lúdico del Complejo Turístico de los Baños del Inca, 2019”*. Su objetivo fue determinar las incompatibilidades mediante la aplicación de herramientas BIM de un proyecto recreativo (p. 28). El diseño de la investigación es no experimental, con alcance transversal-descriptivo y enfoque cuantitativo; el proyecto “Módulo Termal Lúdico del Complejo Turístico de los Baños del Inca-Cajamarca” fue su única muestra elegida por conveniencia. Como instrumentos aplicó el software Autodesk Revit para el modelo 3D de las especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas y sanitarias), una guía de incompatibilidades en el modelo 3D y una ficha de incompatibilidades en el cuaderno de obra, para luego usar el software Microsoft Excel para realizar la evaluación y comparación de las mismas (pp. 30-31). Como resultado el autor identificó 11 incompatibilidades e interferencias que presenta dicho proyecto mediante el modelado 3D, donde el 55% corresponde a la especialidad de arquitectura y estructura, el 18% a arquitectura e instalaciones sanitarias, el 18% solo arquitectura y el 9% a estructuras. Con respecto al análisis del cuaderno de obra identificó 8 incompatibilidades e interferencias registradas por el asistente y supervisor de obra; se difirieron ambas situaciones y arrojó un 73% de coincidencia en errores encontrados durante el proceso constructivo. En conclusión, el sistema tradicional es susceptible a generar deficiencias en los diseños de edificaciones en cada una de sus especialidades, porque es complejo realizar un contraste bidimensional de un proyecto, sobre todo en los más

complejos; por otro lado, BIM permite trabajar bidimensionalmente y tridimensionalmente facilitando supervisar el proyecto con mayor precisión, debido a que se puede trabajar a un alto nivel de detalle detectando y corrigiendo errores de manera oportuna (pp. 68-70).

Alfaro (2019) en su investigación denominado “*Incidencia en Presupuesto aplicando la Metodología Building Information Modeling (BIM) para la Ugel – Bambamarca y Bloque I del Hospital de Jaén*”. Su objetivo fue determinar la incidencia del presupuesto aplicando la metodología BIM vs método tradicional (p. 3). Asumió una muestra de dos proyectos de inversión de baja y mediana complejidad, para su desarrollo empleó como instrumento el software Autodesk Revit. El resultado obtenido es que, la incidencia en el presupuesto es de 3.37% de la Ugel – Bambamarca y de 1.53% para el Bloque I del Hospital de Jaén. La variación fue obtenida de la comparación del presupuesto determinado a partir del uso de cuantificaciones con la herramienta BIM con respecto a la metodología tradicional. El análisis del total de la variación del presupuesto, para los dos casos estudiados, se consiguió montos menores al 4% en función del costo directo total y presupuesto. Finalmente, se considera que no podemos generalizar esta regla en todos los proyectos ya que cada uno es independiente, además de tener diferentes contextos, muchas variables y situaciones (p. 83).

Julcamoro (2019) en su tesis “*Implementación de la Metodología BIM con Revit en la fase de Diseño de Expediente Técnico de Edificaciones del Gobierno Regional de Cajamarca – 2018*”. Planteó como objetivo realizar modelamiento con Autodesk Revit de las especialidades de arquitectura y estructuras del proyecto “Mejoramiento de los servicios de atención integral de niñas, niños y adolescentes de la aldea infantil San Antonio, Cajamarca, Cajamarca”. Su investigación es de tipo descriptiva, con una población de quince proyectos de inversión y uno de ellos como muestra, para la elección consideró: el monto contratado, liquidación, valor

referencial, plazo de ejecución y ampliación. También utilizó el software Autodesk Revit como instrumento para el desarrollo de dicho plan y poder verificar las variaciones existentes. Posteriormente, analizó el presupuesto del expediente técnico de S/. 2,807,298.92 con el presupuesto obtenido mediante el modelado virtual de S/. 3,103,881.59, y afirma que se tiene una diferencia de S/. 296,582.67 que corresponde al 10.56% del monto actualizado, siendo la causante el error en metrados, omisiones y excesos lo cual se pudo haber evitado mediante la aplicación BIM y uso del software Revit (pp. 34-35).

Poclín (2014) en su investigación titulada *“Evaluación del Diseño del Hospital Modulo II-2 de Jaén con el uso de Tecnología BIM”*. Como objetivo fue identificar todas las incompatibilidades entre los planos de arquitectura e ingeniería producidas por un deficiente diseño del Hospital módulo II de Jaén. Su investigación es de tipo descriptivo y consideración aplicada, con una muestra de un proyecto de infraestructura hospitalaria; para dicho trabajo utilizó como instrumento el software Autodesk Revit en la elaboración del modelo BIM - 3D de las especialidades de arquitectura, estructuras e instalaciones: eléctricas, sanitarias y mecánicas (p. 48). Obtuvo como resultado que en las especialidades de arquitectura e ingeniería deben ser compatibilizados eficientemente; para esto propuso como alternativa evaluar y compatibilizar la metodología BIM; detectó las incompatibilidades e interferencias, coordinó con los involucrados del proyecto y se corrigió las deficiencias del diseño en el modelo en tiempo real, de tal modo que la generación de planos fue eficaz y precisa. En conclusión, la compatibilización de planos de arquitectura e ingeniería del Hospital II -2 de Jaén, mediante modelos BIM - 3D permite identificar conflictos entre elementos estructurales y no estructurales tales como, muros con placas, ductos de HVAC con tuberías de agua, entre otros (p. 63).

La complejidad de los proyectos de inversión se define en función de: I) el nivel de riesgo o incertidumbre de los resultados del proyecto; y II) el valor o magnitud del monto estimado a la inversión del proyecto, tabla 1 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

Tabla 1

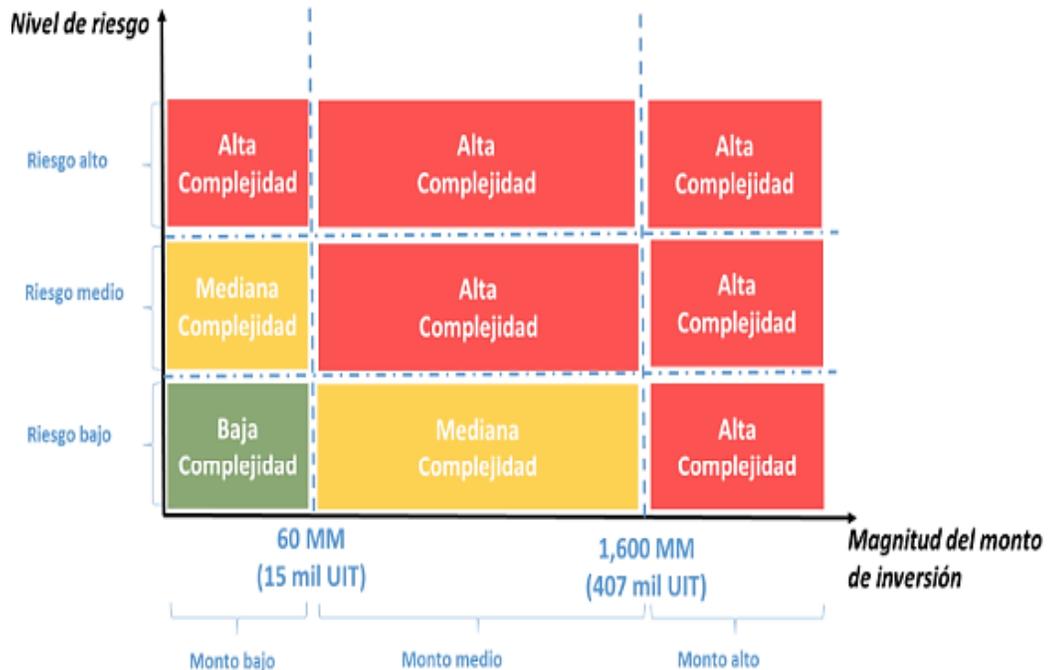
Clasificación del valor o magnitud del monto de inversión estimado del proyecto

Rango de montos de inversión estimado del proyecto	Clasificación del nivel de riesgo
Menor o igual a 15 mil UIT	Valor bajo
Mayor a 15 mil UIT y menor a 407 mil UIT	Valor medio
Mayor o igual a 407 mil UIT	Valor alto

Nota: Ministerio de Economía y Finanzas 2019.

Figura 1

Clasificación del nivel de complejidad de un proyecto de inversión



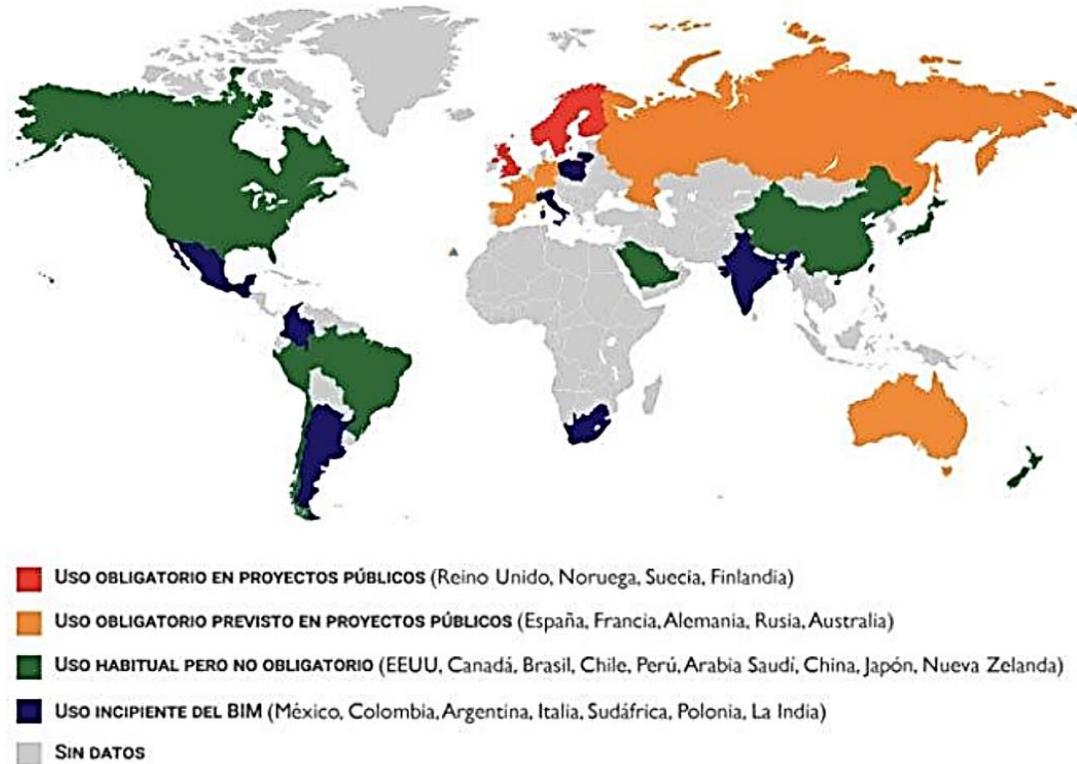
Nota: Ministerio de Economía y Finanzas (2019).

Durante los últimos veinte años a nivel internacional, se viene desarrollando un avance significativo en materia de tecnologías de información para proyectos de construcción, una de ellas es la metodología Building Information Modeling (BIM), la cual se va extendiendo rápidamente en gran parte del mundo y está llamada a ser el futuro de este mercado (Mojica, et ál., 2016). Álvarez & Bouzas (2015) mencionan que la metodología BIM es ampliamente usada gracias a sus funcionalidades de visualización, análisis, documentación, etc. que prestan sus diferentes software's. De este modo, dichas herramientas ayudan a la implementación y eficacia de las estrategias de planificación y coordinación (Mojica, et ál, 2016). Por otro lado, Salinas & Prado (2019) refieren que BIM, genera beneficios ambientales por una reducción del volumen de residuos que terminan en los causes de ríos, botaderos, etc., gracias a una mayor precisión en el requerimiento de materiales o una optimizada simulación de estudios energéticos.

En el mundo, EE. UU es uno de los países donde el uso y aplicación BIM está cubierta al 100%, Reino Unido quien fue pionero registra un 80%, en Singapur su aplicación está en ascenso alrededor del 65%; es así que dichos países apuestan por esta metodología ya que les ha generado grandes cifras de rentabilidad económica a las empresas, puesto que al utilizar BIM se optimizan recursos y detectan errores tempranos, que es lo que se busca desde la etapa de planificación. Para Salinas & Prado (2019) en países como: España, México, Perú y Chile están empezando a acogerse a esta metodología a través de la promulgación de nuevas leyes que contemplan los objetivos y metas que se pretenden alcanzar en un determinado plazo con el uso de BIM, como parte fundamental en la elaboración de expedientes técnicos de proyectos de inversión; frente a ello, existe una deficiente estandarización para complementar dichas leyes y alinear a las instituciones; es decir, que se adapten y permitan ser auditadas y replicadas.

Figura 2

Mapa de implantación BIM en el mundo

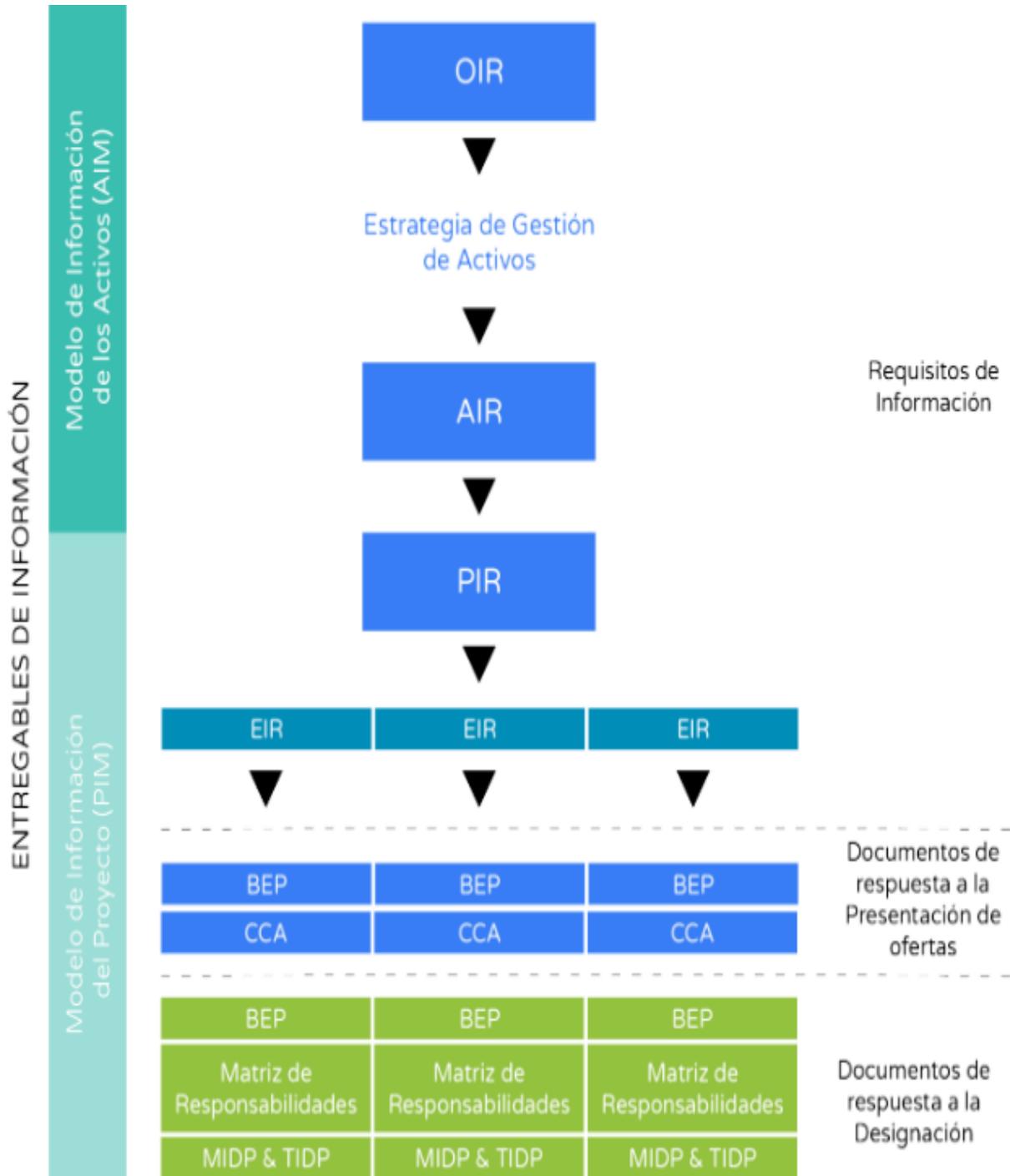


Nota: Plan implantación BIM (2016).

En el Perú, la implementación de esta nueva metodología de trabajo empezó en el 2005, donde diversas entidades publicas y generalmente privadas estuvieron ejecutando modelos 3D que no contaban con la información necesaria para la elaboración de expedientes técnicos de los proyectos de inversión, desperdiciando así la máxima potencialidad del Building Information Modeling (BIM), además de no llevar un adecuado orden en la comunicación al momento de pretender implementarla. Por ello, el Ministerio de Economía y Finanzas al notar dicho acontecimiento, decidió iniciar la correcta adopción BIM a partir de la creación del “Plan BIM Perú” aprobada bajo el Decreto Supremo N° 237 – 2019 - EF y que establece como medida política mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos de inversión pública de todo el país.

Figura 3

Herramientas BIM del marco colaborativo



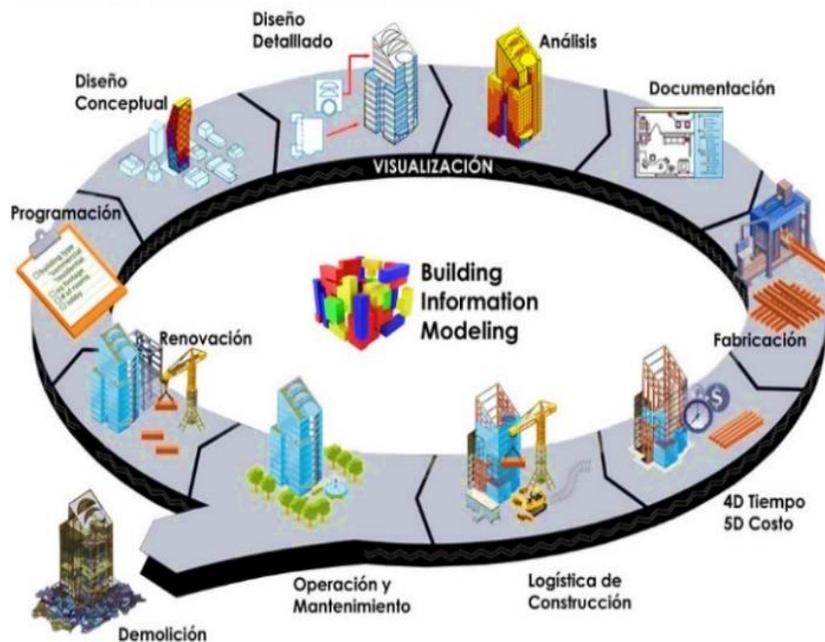
Nota: ISO 19650 – Guía Nacional BIM.

Building Information Modeling o más conocido como BIM, es una metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de proyectos de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información (física y funcional) del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes (Choclán, Soler & Gonzáles, 2014).

BIM abarca todo el ciclo de vida de una infraestructura, el cual se encarga de la gestión de toda la información que se genera en las distintas etapas del proyecto (desde la concepción del proyecto, diseño, análisis, documentación, construcción, gestión de tiempo y costos, logístico de construcción, operación y mantenimiento, hasta su demolición), figura 4.

Figura 4

Etapas de un proceso BIM



Nota: Servicios BIM (2013).

Así mismo, BIM sirve para determinar la forma particular en la que diversos tipos de información son vinculados al modelo BIM mediante sus siete dimensiones, y a mayor que sean hacen que se puedan entender de mejor manera el proyecto de inversión, figura 5 (NIBS, 2017).

- ✓ **(3D) Modelado:** A partir de toda la información recopilada, se genera el modelo geométrico en 3D de la infraestructura en coordinación con las distintas especialidades como: arquitectura, estructura e instalaciones, etc.
- ✓ **(4D) Planificación:** Se tiene como objetivo establecer los plazos de ejecución de la construcción y lograr que se cumplan.
- ✓ **(5D) Costo:** Se centra en la estimación de los costes de la estructura. Se generan los presupuestos, los cuales se pueden consultar en cualquier momento para estimar la rentabilidad del proyecto, que es el principal objetivo.
- ✓ **(6D) Simulación:** En este punto, se tiene que plantear una serie de opciones y analizarlas, para saber cuál es más conveniente llevar a cabo (simulaciones sobre el comportamiento energético, certificados en sostenibilidad, etc.).
- ✓ **(7D) Mantenimiento:** Es el manual que se debe llevar a cabo durante la vida del proyecto, una vez construido, para la operación y mantenimiento del mismo.

Figura 5

Dimensiones de una edificación BIM



Nota: Academia (2016).

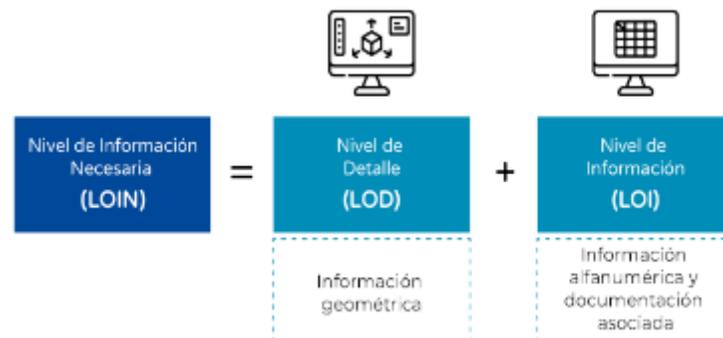
La metodología BIM no solo es un software de modelado 3D. Para usar tecnologías BIM se debe partir de un software de modelado 3D, pero no todos son una herramienta BIM. Además, se debe basar en objetos y generar una base de datos relacionales; dichos objetos deben cumplir con parámetros definidos de construcción. A continuación, se detallan algunos softwares:

- ✓ **Revit:** Es un programa desarrollado por Autodesk que permite modelar la información de la construcción. Así mismo, facilita al usuario diseños con elementos modelados (parámetros BIM) y basado en objetos inteligentes en tres dimensiones 3D.
- ✓ **Naviswork:** Otorga a los usuarios la facilidad de abrir y combinar modelos 3D, además de navegar en tiempo real y analizar el modelo a través de la detección de interferencias. También permite la simulación de tiempo 4D.
- ✓ **Dynamo:** Asiste al usuario mediante la creación de algoritmos para obtener datos y generar geometrías con el fin de automatizar procesos, se planifica mediante el uso de nodos y/o elementos visuales.

El nivel de información necesaria (LOIN) define el alcance y granularidad de la información a intercambiar y hace referencia al nivel de datos, parámetros, detalle (geometría - madurez) y nivel de información (cantidad de datos) de un modelo tridimensional, figura 6 y 7.

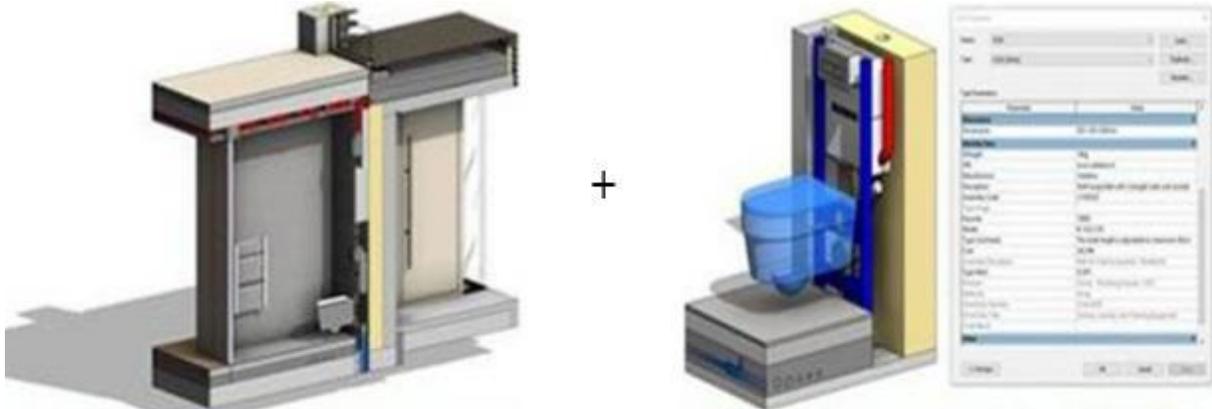
Figura 6

Level of development o Nivel de desarrollo



Nota: ISO 19650 – Guía Nacional BIM.

Figura 7



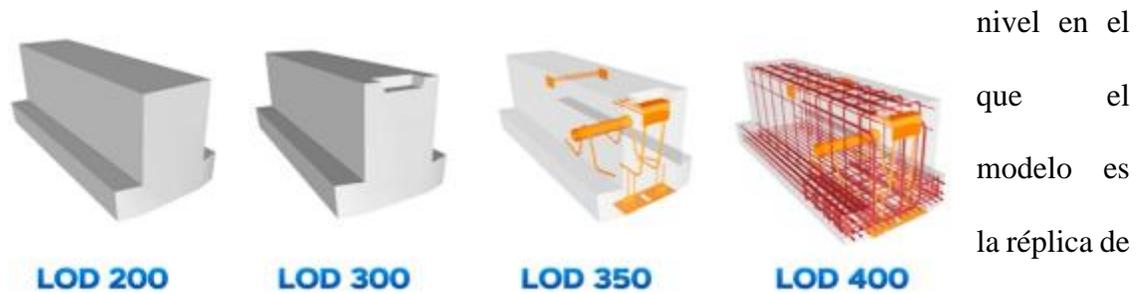
LOD (Nivel de detalle) + LOI (Nivel de información)

Nota: Servicios BIM (2013).

El BIM Forum es una institución sin fines de lucro que norma y establece los niveles de LOD en un modelo de información, al igual que Morea & Zaragoza (2015) identifican los siguientes niveles de desarrollo LOD:

- ✓ **LOD 100:** Se trata de un nivel de aspecto físico, propuesta visual o de diseño conceptual que viene a equivaler a un 20% de la cantidad de información total posible.
- ✓ **LOD 200:** Se considera un nivel básico o esquematizado que incluye información dimensional parametrizada y viene a equivaler a un 40% de la información total.
- ✓ **LOD 300:** En este nivel los elementos ya incluyen funciones determinadas, además de sus dimensiones geométricas y corresponde a un 60% de la información total.
- ✓ **LOD 350 - 400:** Los elementos cuentan con la información de un LOD 300 + los parámetros de un modelo concreto, fabricante, coste, etc. y se contempla ya a nivel de proyecto de construcción, equivaliendo al 80% de la cantidad de información total.

✓ **LOD 500:** A este nivel se le conoce como “AS BUILT”, es decir, hace referencia a un



gran fidelidad a la edificación ya construida. Este nivel se entiende que contiene el 100% de la información total.

Figura 8

LOD (level of development) – Estructuras (Viga de concreto armado)

Nota: BIM Forum (2020).

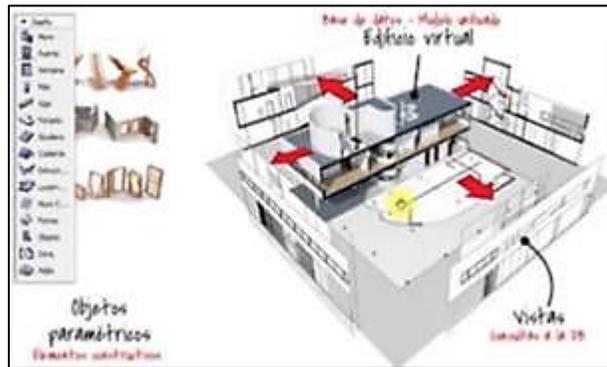
Building Information Modeling es una metodología que facilita diversas aplicaciones y está presente durante todo el desarrollo de un proyecto, la gestión contempla el diseño, construcción, operación y mantenimiento; en cada etapa, la metodología puede ser empleada de diferentes maneras (Konstruedu, 2021).

✓ **Diseño:** Se prioriza el análisis e inspección del proyecto en el modelado; se toma en cuenta las propiedades, cantidades, etc. que se usa para así lograr una mejor perspectiva y toma de decisiones oportunas.

✓ **Pre visualización,** permite representar las necesidades y requerimientos del cliente a través del modelo digital; por lo tanto, nos permite tener una comunicación sincrónica entre los stakeholders involucrados y el cliente, para luego ser plasmado en obra.

Figura 9

Pre – visualización



Nota: Konstruedu (2021).

se

✓ **Información paramétrica**, una vez que establece la información del modelo y se genera cambios

(columnas, muros, etc.), automáticamente se actualiza en todo el modelo; es decir, en los planos de planta, elevación, cortes, tablas de cuantificación, etc. De esta manera BIM contribuye a la corrección del proyecto de manera eficiente.

Figura 10

Información paramétrica



Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Trabajo colaborativo**, gracias al modelo digital se logra identificar y detectar interferencias o conflictos en la etapa de pre – construcción; es así, que los especialistas ayudan a contribuir y solucionar estos problemas en tiempo real, a través de la ingeniería concurren de detalle. A fin de obtener proyectos más compatibilizados para garantizar una correcta ejecución a nivel de tiempo, costo y calidad.

Figura 11

Trabajo colaborativo

Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Estimación de recursos y costos en la etapa de diseño**, para la evaluación de alternativas y toma de mejores decisiones, esto se verá reflejado en un ahorro económico importante para el cliente.

Figura 12

Evaluación de alternativas de diseño con metrados

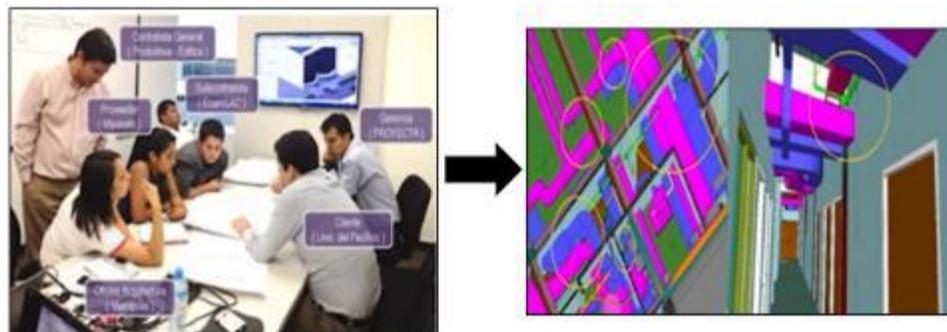
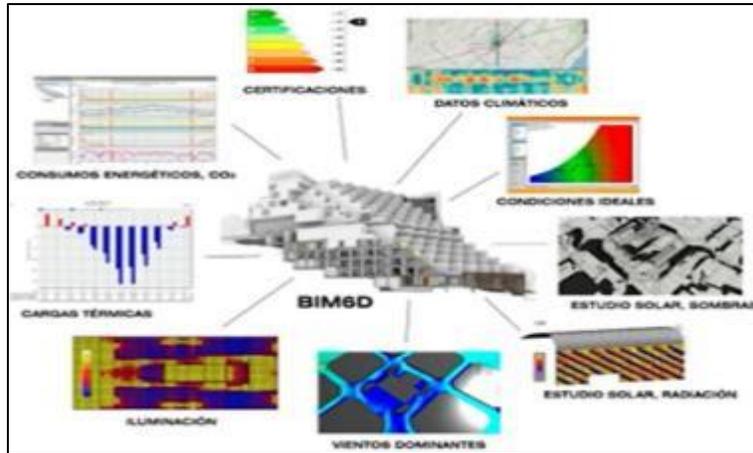


Figura 14

Sostenibilidad

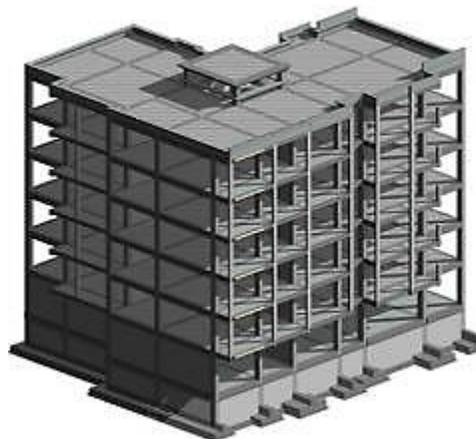


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Construcción:** La metodología BIM logra mitigar los riesgos en la construcción gracias al modelo de información. También, mejora su planificación y aumenta la productividad.
- ✓ **Modelo de diseño como base para la construcción,** el expediente técnico se plasma mediante el modelo digital, y se traslada bajo un criterio de constructibilidad de tal manera que al construir virtualmente se identifican problemas, esto favorece en la optimización y productividad en campo, al momento de ejecutar la obra.

Figura 15

Modelo de diseño estructural

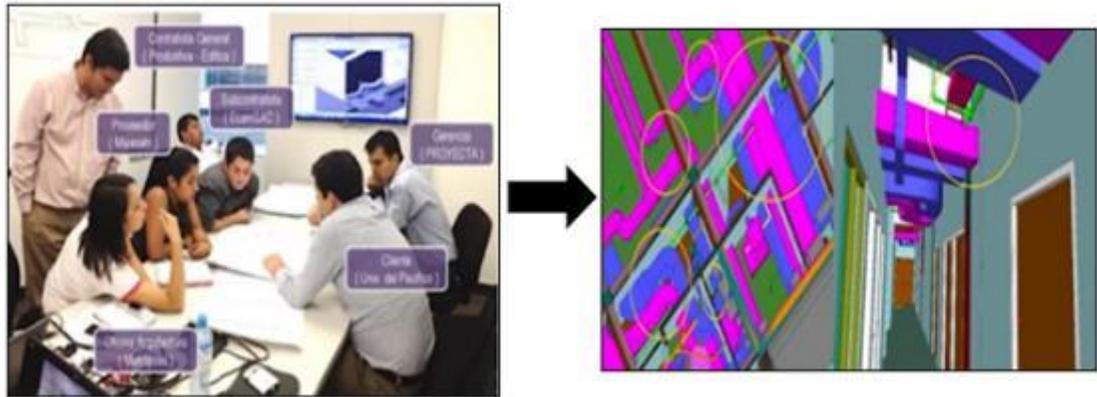


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Revisión de posibles errores de diseño**, y detección de inconsistencias de manera temprana para ser corregido por parte de la supervisión y proyectistas, de tal forma que el proceso constructivo sea continuo y no represente gasto de recursos (mano de obra, materiales, etc.) o paralización de frentes por requerimientos de información (RFI’s).

Figura 16

Revisión y solución de posibles errores de diseño

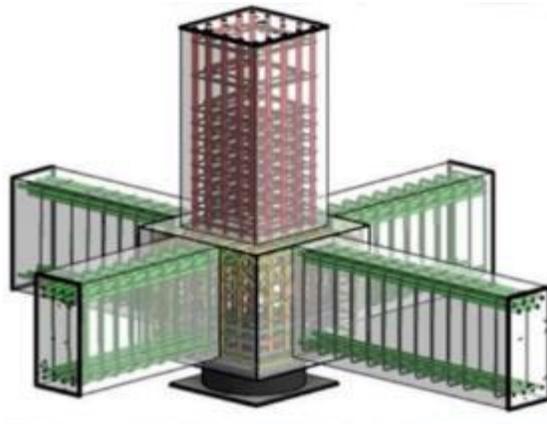


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Revisión de detalles constructivos**, en los modelos digitales se pueden establecer estrategias para optimizar los procesos, mediante el desarrollo de “pruebas piloto” de ciertos detalles específicos, con esto se mejora el progreso del proyecto en obra.

Figura 17

Detalle constructivo

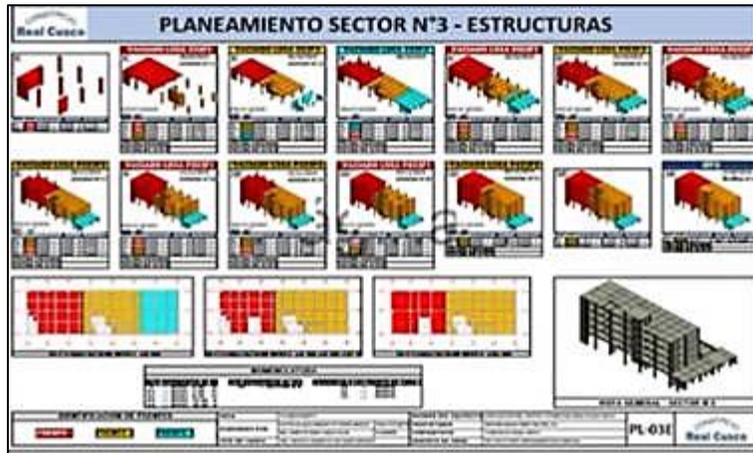


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Programación**, permite gestionar el factor tiempo en los modelos digitales y establecer la secuencia constructiva del proyecto.

Figura 18

Programación de obra



Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Coordinación y comunicación visual de campo**, mediante la salida de los modelos y programación a obra, se tiene acceso rápido a la información y el personal entiende de forma más sencilla y rápida los objetivos que se pretenden alcanzar en un determinado plazo; por ende, estarán más comprometido con el cumplimiento para alcanzar la meta.

Figura 19

Información visual en obra

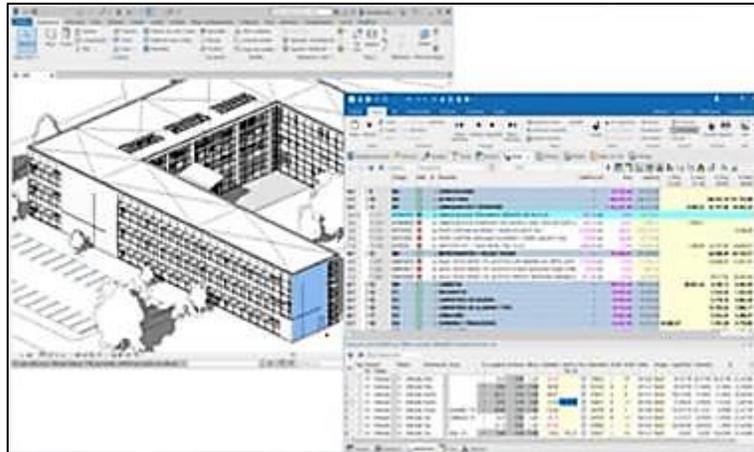


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Estimación de recursos tiempo y costos**, por medio del modelo BIM se pueden obtener los volúmenes, cuantificaciones de área, etc. de la programación y evaluar la cantidad de material que se necesita; a partir de ello, generar algunas estimaciones.

Figura 20

Estimación de recursos tiempo y costos

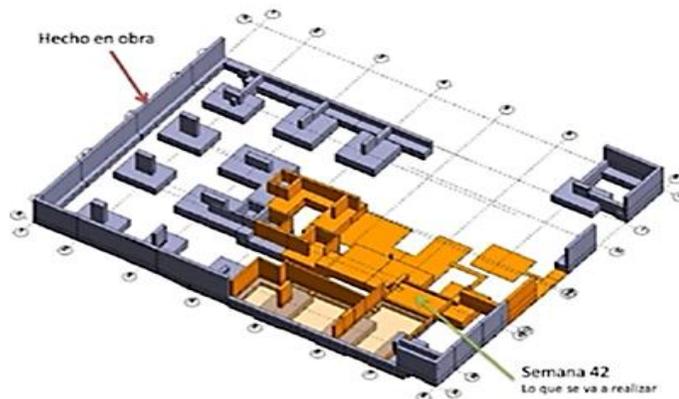


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Control del avance de obra**, al llevar la verificación mediante el modelo BIM se consigue un aporte más visual, entendible y nos brinda información de lo que se ha hecho y lo que no; por consiguiente, se actualiza la cantidad de materiales e insumos en tiempo real, brindando el porcentaje de avance y lo que falta por cumplir.

Figura 21

Control de avance de obra



Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Simulación de la seguridad en obra**, permite gestionar de manera eficiente el plan de seguridad mediante la simulación de rutas de evacuación, escape, zonas seguras, etc. Con ello, se logra minimizar los accidentes labores para no perjudicar la producción; desde luego, siempre pensando en la seguridad ocupacional.

Figura 22

Simulación de la seguridad en obra

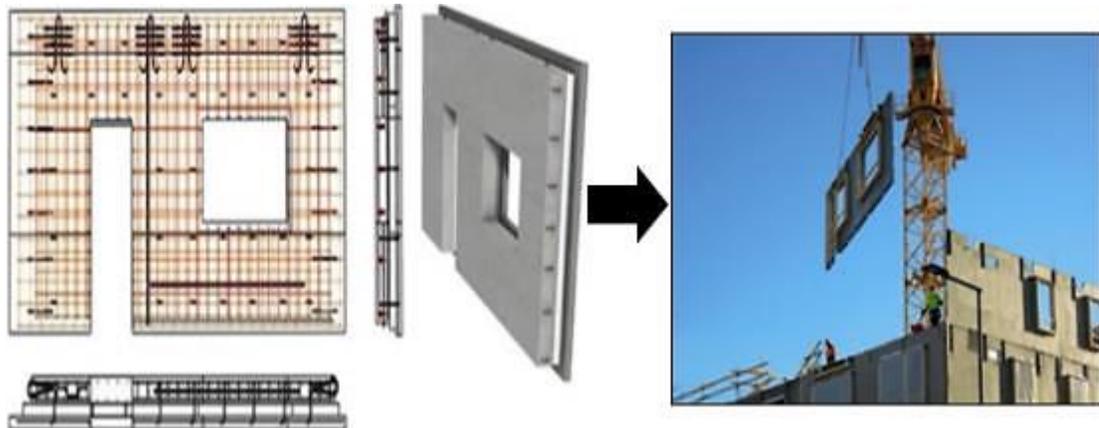


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Prefabricación**, a partir del modelo digital se plantea qué elementos se pueden prefabricar y una vez aprobados, se empieza a producir en plantas o talleres; para luego ser instalados en obra, con ello se logra optimizar y eliminar los desperdicios.

Figura 23

Prefabricación de muros

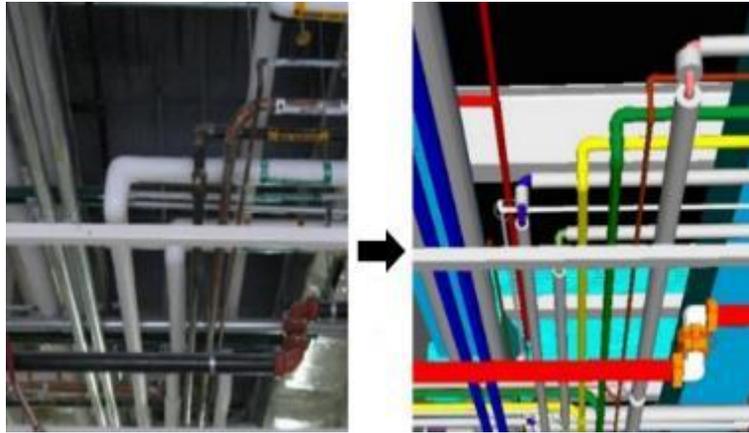


Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **As – Built**, hace referencia al modelo terminado (LOD 500), brindando más detalles y con elementos de cada especialidad del proyecto. Esta información es vital para futuras coordinaciones, mantenimientos, renovaciones, especificaciones, garantías, etc.

Figura 24

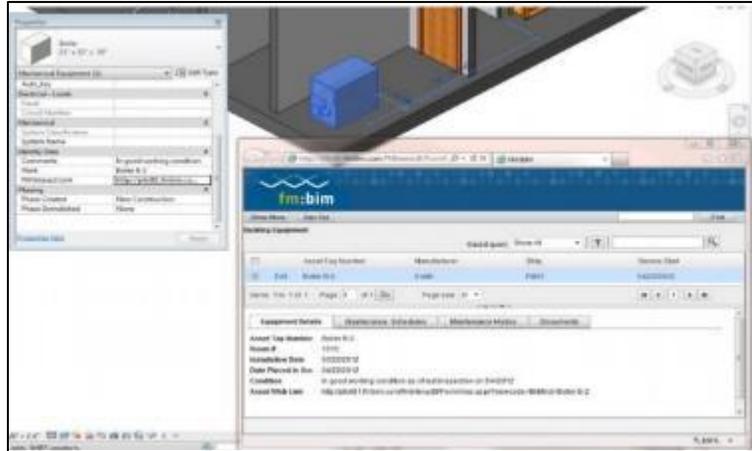
As - Built



Nota: Konstruedu (2021).

- ✓ **Operación y mantenimiento:** se brinda el plan de mantenimiento más eficiente con el propósito de aumentar la vida útil y disminuir los costos futuros de mantenimiento.
- ✓ **Gestión del inventario,** se recauda la información del modelo digital para almacenarla y crear una base de datos en una plataforma (YouBIM) sobre toda la construcción, con el fin de generar ordenes de trabajo y/o alertas. Luego, se realiza una programación de mantenimiento preventivo y se comparte con las subcontratas para que puedan realizar el trabajo correspondiente y pase el protocolo de check list donde se evidencie que el trabajo se a realizado de la mejor manera; una vez que el check list esté aprobado se ingresa la actualización y se almacena en la data del repositorio de la información; es decir, que se actualice el modelo digital con las nuevas indicaciones para mejorar la toma de decisiones a corto plazo y la planeación a largo plazo. Con esto, BIM promueve tener muchos mantenimientos preventivos y muy pocos correctivos.

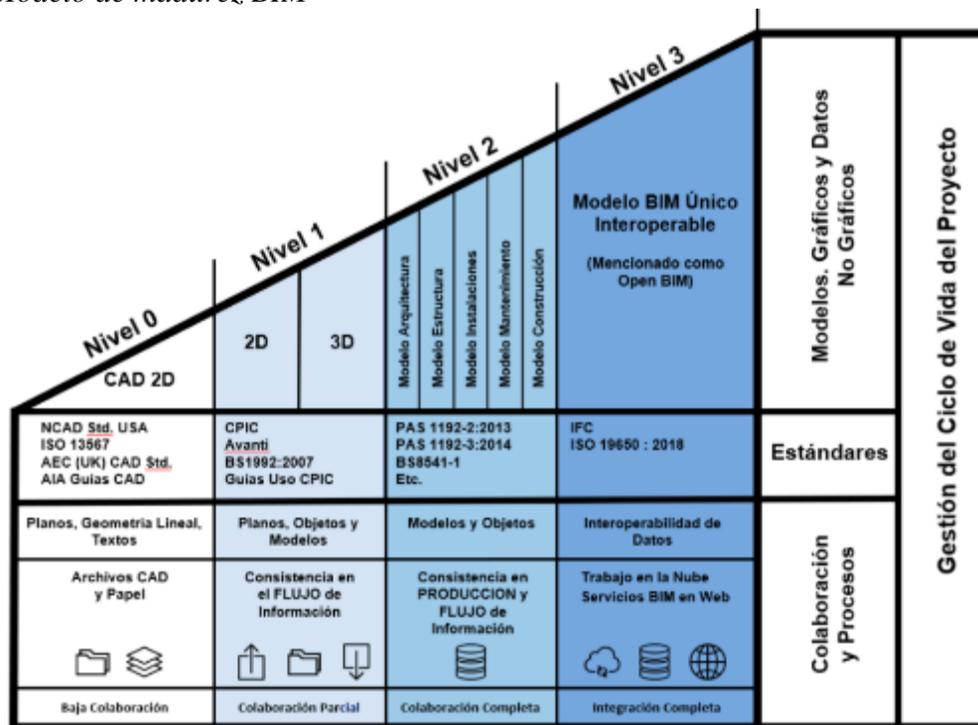
Figura 25
Gestión del inventario



Nota: Konstruedu (2021).

Bew y Richards (2008) identifican cuatro niveles de colaboración compartida, se conocen como niveles de madurez BIM, figura 26.

Figura 26
Modelo de madurez BIM

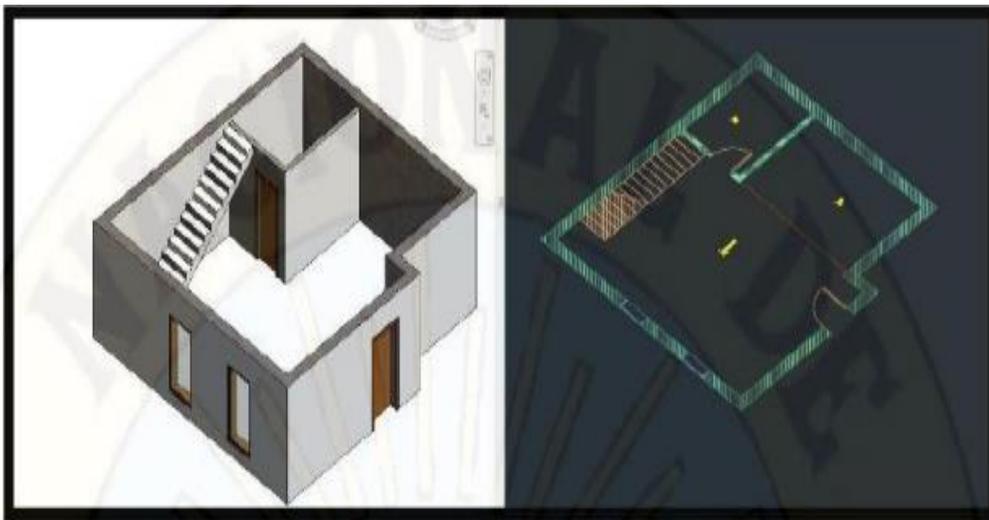


Nota: Adaptado Bew y Richards (2008).

- ✓ **Nivel 0:** Se emplea el CAD como sustituto de planos tradicionales en papel.
- ✓ **Nivel 1:** Empieza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD, usando un proceso normalizado para la colaboración.
- ✓ **Nivel 2:** Esta la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados.
- ✓ **Nivel 3:** La integración de los datos en servicios web que permitan la colaboración y la interoperabilidad.

AutoCAD y Revit son softwares desarrollados por una misma organización, a pesar de ello, presentan diferencias ya que en el primer caso se utiliza para crear diseños geométricos que representan el mundo real en 2D, mientras que en el segundo caso se emplea para la creación de diseños virtuales 2D y 3D que contienen información real y exacta. Es ahí el término de “Modelado de Información para la Construcción” o BIM, figura 27.

Figura 27



Diseño en Revit vs AutoCAD

Nota: Modelos BIM y dibujo CAD, Mulato (2018).

Mulato (2018), señala que con el sistema tradicional CAD van implicados los errores humanos y se arrastra a lo largo del ciclo de vida del proyecto; en cambio, con BIM se minimizan o anulan, de esta forma se ahorran recursos. También, menciona que las ventajas de la aplicación BIM frente al sistema tradicional CAD son: reducción de tiempo y costos, mejores flujos de trabajo, reducción de errores, aumento de eficiencia, proyectos de calidad, etc., tabla 2.

Tabla 2

Comparación entre CAD y BIM

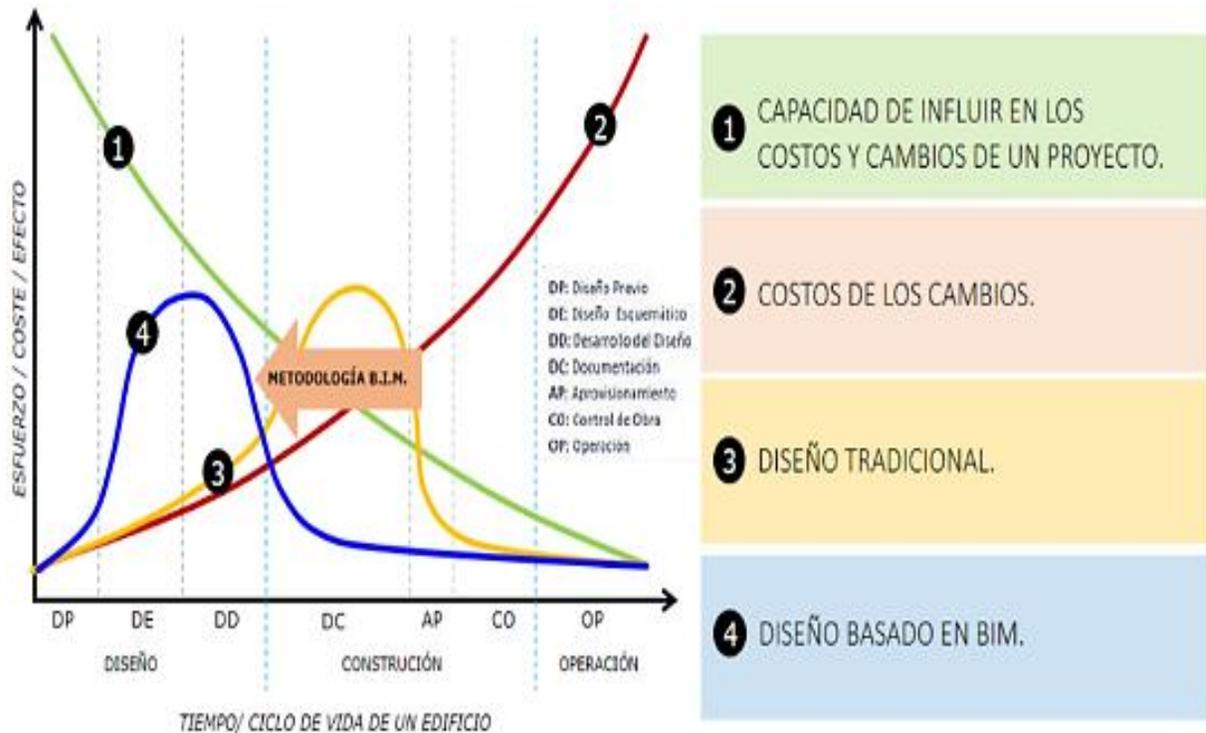
Beneficios	CAD	BIM
Credibilidad	Diferencias entre planos, falta de relación entre ellos.	Al generar correctamente el modelo virtual, toda la documentación será fiable.
Coherencia	Los cambios suponen gran trabajo y esfuerzo.	Al trabajar en un entorno paramétrico, cualquier cambio en el modelo no supone modificar los planos.
Documentación	Para obtener la documentación desde planos en CAD, el proceso es laborioso.	Nos facilita la obtención de la documentación, gracias a ciertas herramientas, aumentado así la productividad.

Nota: Recuperado de Mulato 2018.

En el sistema tradicional CAD se tiene vacíos, al momento de entregar el expediente técnico y los planos también se pierde la información. Por el contrario, un proyecto desarrollado con BIM, la información no se pierde y va en aumento conforme pasa el proceso. Sin embargo, Patrick MacLeamy impulsor de la metodología BIM, estableció un concepto bastante útil conocido como la Curva de MacLeamy, figura 28.

Figura 28

Curva de esfuerzo del proceso constructivo de Patrick MacLeamy



Nota: Adaptado Patrick MacLeamy (2004).

Las decisiones tomadas al inicio del proyecto, durante la etapa de diseño pueden ser hechas a un bajo costo con grandes beneficios. Explicando cada línea como:

- ✓ **Línea 1:** Indica que el esfuerzo es mayor cuando se toman las decisiones durante el proceso de diseño y construcción.
- ✓ **Línea 2:** Indica que el costo debido a los cambios durante la etapa de construcción es cada vez mayor a medida que avanza el proyecto.
- ✓ **Línea 3:** Indica cómo tradicionalmente se distribuye el esfuerzo en la etapa de diseño.
- ✓ **Línea 4:** Indica cómo se distribuye el resultado de la implementación y manejo BIM en un proyecto de construcción.

El mayor esfuerzo se realiza en la etapa de planificación el cual nos permite tener, mayor comunicación, menor incertidumbre en las posteriores etapas, mayores resultados y mejor calidad de los proyectos de inversión. De igual forma, los factores más influyentes son los recursos empleados costo – tiempo, que se entiende como el sacrificio de recursos asignados para ejecutar objetivos específicos en un determinado plazo; por otro lado, el mantenimiento no solo se relaciona con un óptimo diseño (Taboada, et ál., 2011).

No se debe confundir una herramienta BIM que puede ser un software como: Revit, Navisworks, etc. con la metodología BIM que implica un conjunto de procesos y herramientas de manera simultánea. Los beneficios que nos ofrece son: entregables con nivel de información (LOIN), calidad y rapidez, trabajo colaborativo, anticipación a la toma de decisiones, detección temprana de errores, marketing para las empresas, interoperabilidad, intercambio de información en tiempo real, etc. (Sánchez, D’paola & Botero, 2015). Dichos beneficios se obtienen gracias a la comunicación sincrónica mediante el Entorno Común de Datos (ECD), directorios, parámetros compartidos, Clash Detective, reuniones ICE, información gráfica y no gráfica, tablas de planificación (metrados exactos), planos compatibilizados, Timeliner, y el correcto seguimiento de obra mediante el modelo federado.

Además, la gestión de proyectos de construcción debe seguir el ritmo del progreso tecnológico. En este contexto, los profesionales no solo necesitan tener las habilidades como cadistas, sino también conocimientos de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). que giran en torno a tres medios básicos: informática, microelectrónica y telecomunicaciones. Sin embargo, no solo rotan de forma aislada, sino también de forma interactiva e interconectada, lo que nos permite alcanzar nuevas realidades comunicativas.

En un estudio elaborado por Colwell (2008), basado en opiniones de expertos y en su propia experiencia, logra identificar las siete herramientas TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) más influyentes para la industria de la construcción, tabla 3.

Tabla 3

Herramientas TIC más influyentes en la construcción

Nº	Herramienta TIC	Peso
1	Software de gestión de proyectos	85 %.
2	Modelado 3D y 4D	77 %
3	Computación móvil	73 %
4	Software para planeamiento y programación de obras	71 %
5	Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)	66 %
6	Hojas de asistencia web	38 %
7	RFID (Radio Frequency Identification) y código de barras	32 %

Nota: Recuperado de Colwell 2008.

Colwell identificó al modelado 3D y 4D como una de las herramientas TIC que pueden ser aplicados en la construcción dando beneficios y mejoras en la administración.

Hoy en día, vivimos en una época en donde gran parte del sector de la construcción se ve influenciado directa o indirectamente por los grandes avances tecnológicos. Esta nueva visión presenta un efecto seductor no sólo en el panorama de la planificación de un proyecto, sino también en la ejecución, operación y mantenimiento (Choclán, Soler & Gonzáles, 2014).

En la presente investigación se realizó el análisis e implementación de estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Dicha indagación se enmarca en la línea de investigación de tecnologías emergentes y la sub-línea de investigación nuevas tecnologías para la construcción.

De acuerdo con lo expuesto, surgió la siguiente pregunta: ¿De qué forma ayuda el análisis e implementación de estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad?

El objetivo general de esta investigación fue: analizar e implementar estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Así mismo, como objetivos específicos se tuvo: usar herramientas tecnológicas para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad; implementar procesos y formatos recurrentes para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad; realizar la comparación técnica de los planos, metrados y presupuesto de cada expediente técnico existente elaborados con el sistema tradicional CAD, frente a la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad desarrollados bajo la metodología BIM.

También se planteó como hipótesis general lo siguiente: el análisis e implementación de estándares técnicos optimiza y mejora la productividad de procesos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad.

CAPÍTULO II: METODOLOGIA

La presente investigación es de tipo aplicada puesto que se brinda la solución al problema en un determinado contexto; es decir, se empleará conceptos, técnicas y procedimientos de la metodología BIM mediante el uso de herramientas, Baena (2014) establece que la finalidad de la investigación aplicada es estudiar materias de acción; si se planifica cuidadosamente, puede proporcionar nuevos sucesos para confiar en los resultados revelados, la nueva información es útil y estable para la teoría. Así mismo, el presente estudio es de nivel descriptivo y comparativo. Es descriptivo, ya que se tiene dos variables de estudio y se busca la relación directa que pueda contribuir la estandarización técnica para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad, a través del modelo de información 3D, planificación 4D y costos 5D en el proceso constructivo. Es comparativa, porque se realizará el análisis de la información existente de los expedientes técnicos de cada proyecto (planos, metrados, inconsistencias, tiempo y costos) desarrollado con el sistema tradicional CAD y la diferencia que se generó al ejecutar los proyectos mediante BIM, Arias (2012) menciona que el estudio descriptivo se basa en hechos, fenómenos o cualidades de individuos o grupos para determinar su estructura o comportamiento; mientras que, el análisis comparativo implica la síntesis de similitudes, diferencias y patrones de dos o más casos que comparten una misma óptica o meta común. También, es de enfoque cualitativo ya que se tiene el propósito de describir las variables y analizar su comportamiento en diferentes etapas a través de la gestión de proyectos, Lozada (2014) define a la investigación cualitativa como una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes. Finalmente, el diseño de la investigación es no experimental debido a que se efectuó la investigación sin manipular deliberadamente las variables, se basa fundamentalmente en la

observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto, Lozada (2014) menciona que la investigación no experimental tiene como finalidad la recopilación de información para construir un nuevo conocimiento que se agrega a la información previa existente.

La investigación cuenta con una población y muestra de dos proyectos de inversión de baja y mediana complejidad respectivamente, denominados: I) “*Mejoramiento de los Servicios de Salud y Bienestar de la Gerencia de Desarrollo Humano de San Isidro, Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2369797*” y II) “*Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2325535*”. Cabe mencionar que los proyectos de inversión descritos, se eligieron por conveniencia de los autores y son no probabilísticos, Arias (2012) manifiesta que, en el muestreo no probabilístico la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la población; por ende, los elementos se seleccionan en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.

La técnica es la revisión documental, que nos permite la recolección de información de fuentes bibliográficas confiables para enunciar las teorías que sustentan el presente trabajo, según Sabino (1996) la revisión documental es un conjunto de operaciones encaminadas a representar un documento y su contenido bajo una forma diferente a la original, con la finalidad de posibilitar su recuperación posterior e identificarlo.

Así mismo, se obtuvo como técnica la recopilación y análisis de datos existentes obtenidos de los proyectos correspondiente a los planos de las diferentes especialidades, los metrados y presupuestos. De igual forma, como técnica se logrará la recopilación de documentos, para Báez (2009) es una técnica de investigación general cuya finalidad es obtener datos e información a partir de fuentes documentales con el fin de ser utilizados dentro de los límites de una investigación en concreto. Como instrumento se desarrolló la estandarización

técnica, para lograr una base configurada de lineamientos, procesos y formatos que servirán para mantener un lenguaje sincrónico, con respecto a la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión. El modelado 3D, según Quispe (2020) esta técnica se usa para crear formas en tercera dimensión a través de programas instalados en una computadora; la planificación 4D, para Eyzaguirre (2015) esta técnica se emplea para gestionar la programación y analizar los tiempos de ejecución; y costos 5D, Alfaro (2019) menciona que esta técnica se utiliza para gestionar la información económica y analizar los costos. Como instrumentos se emplearon: los planos y metrados de cada expediente técnico elaborados con sistema tradicional CAD que nos proporcionó la información necesaria mediante el software AutoCAD para el inicio del modelado digital donde se consideró el proceso constructivo, mediante los software Revit 2022 y Dynamo 2022 que nos brindó información necesaria para la optimización de procesos y entregables; también para la planificación 4D a través del software Navisworks 2022, que nos facilitó detectar interferencias e incompatibilidades entre especialidades; así mismo, el Timeliner de cada proyecto de inversión y la parametrización para el control y seguimiento de obra; para los costos 5D se usó el software Delphin Express 2022, que nos permitió actualizar el presupuesto de obra mediante las tablas de planificación (metrados exactos); finalmente se usó el software Microsoft Excel 2019 para el análisis de datos.

El procedimiento de la presente investigación se realizó en distintas etapas, estas son:

La primera etapa, consistió en la búsqueda de información de primera fuente en los buscadores académicos como: Google Académico, Dspace, Dialnet, Redalyc, Repositorio de la UPN, etc. Los documentos recopilados fueron artículos indexados y tesis de grado de los últimos diez años, acerca de la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de baja y mediana complejidad “Metodología BIM”; luego se procedió a realizar una búsqueda y

selección de información más detallada sobre la investigación preliminar con palabras clave como: planificación, coordinación, implementación de BIM en el mundo, construcción virtual, nivel de información LOIN, etc. Se seleccionó la información recopilada y se organizó para fundamentar nuestra realidad problemática, los antecedentes y bases teóricas de la investigación.

La segunda etapa, consistió en analizar y recopilar el diseño y dibujo 2D de las especialidades involucradas (arquitectura, estructuras, instalaciones mecánicas, sanitarias, eléctricas y comunicaciones), empleando el software AutoCAD y donde se verificó la calidad de información y documentación (metrados y presupuestos) de cada proyecto.

Como tercera etapa, se hizo un bosquejo de los estándares técnicos en base a conocimientos técnicos utilizando procesos constructivos desde lo más simples hasta lo más complejo, para así tener los lineamientos y requisitos que se deben cumplir al momento de elaborar un proyecto; es decir, que se deben implementar para generar mayor producción y así tener mejoras significativas en los futuros proyectos de inversión. Dichos estándares contienen: plantillas básicas (recopilación de información técnica), recurso humano (roles y responsabilidades), técnicas de modelado y coordinación (estructura de directorios, librerías o familias paramétricas, parámetros compartidos, tutoriales de configuración, etc.) y optimizador de procesos (nodos vinculados, tablas de planificación, etc.)

Como cuarta etapa, se realizó el modelado 3D de las diversas especialidades de cada infraestructura vertical, empleando el software Revit 2022 y Dynamo 2022, donde se demostró la eficiencia de las herramientas y la optimización de procesos en el desarrollo BIM que presenta esta metodología en la calidad de información y exactitud de los entregables obtenidos (modelo de información por especialidad, cálculo de cantidades de obra y documentación 2D y 3D, etc.).

Como quinta etapa, se realizó la planificación 4D y coordinación mediante el software Navisworks 2022, el cual nos permitirá detectar de manera oportuna las interferencias e incompatibilidades entre los modelos interdisciplinarios, con el fin de evitar adicionales y excesos en los costos; también se realizó el timeliner para definir los plazos y procesos de ejecución, además de la parametrización para el control y seguimiento de obra.

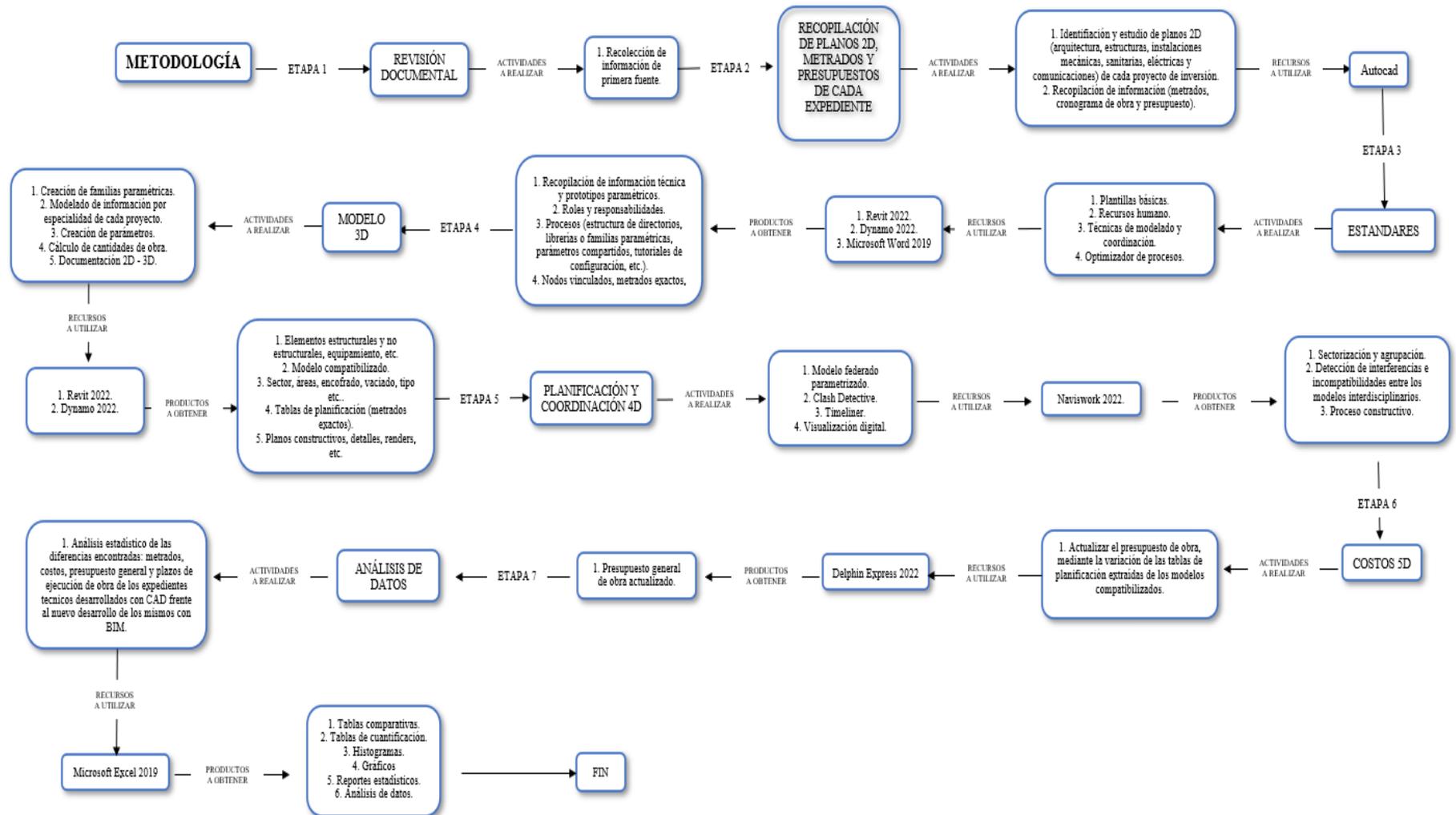
Como sexta etapa, se realizó los costos 5D usando el software Delphin Express 2022, el cual nos permitió actualizar el presupuesto mediante las tablas de planificación extraídas de los modelos compatibilizados.

Finalmente, como séptima y última etapa se completó los Estándares Técnicos en base a lo que se empleó en los modelos federados de ambos proyectos, obteniendo una base técnica configurada para proyectos de inversión de igual o similar infraestructura civil. Así mismo se elaboró el análisis de datos mediante el software Microsoft Excel 2019, y son representados mediante tablas comparativas y de cuantificación, histogramas, gráficos y reportes descriptivos.

La ética se relaciona con el comportamiento de los investigadores ante la sociedad. La investigación estuvo orientada a la revisión de documentos y se dio el crédito a cada uno en el desarrollo del marco teórico, a través de una adecuada referenciación, siendo consultadas con fines estrictamente académicos y en bien de la investigación científica. Así mismo, se ha tomado información existente de la entidad “Municipalidad de San Isidro”, para cambiar y mejorar los procesos mediante la metodología BIM, solicitando los permisos y accesos pertinentes para no infringir la ley en la realización del presente trabajo; en este sentido, se tuvo en cuenta los siguientes valores éticos: responsabilidad y colaboración mutua entre los autores, no se manipuló los datos, no se causó daño al medio ambiente, personas y/o animales, y finalmente se hizo la publicación de los resultados obtenidos de forma fidedigna sin alteración alguna.

Figura 29

Esquema – Flujoograma de trabajo



Nota: Propio.

A continuación, se brindan datos generales de cada proyecto de inversión:

✓ **PROYECTO DE INVERSIÓN DE BAJA COMPLEJIDAD.**

“Mejoramiento de los Servicios de Salud y Bienestar de la Gerencia de Desarrollo Humano de San Isidro, Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2369797”. El proyecto tiene un área de terreno de 725.73 m²; del mismo modo, cuenta con seis especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas y comunicaciones). Posee 03 sótanos, 06 niveles y azotea; la altura total es de 32.52 ml y se empleará tecnologías avanzadas para la construcción (muros anclados, torre grúa estacionaria, losas macizas, etc.).

- ✓ **Sótano 3:** Cuenta con dos (2) ascensores, una escalera presurizada y rampa vehicular que conecta al segundo sótano. Catorce (14) estacionamientos, incluido un estacionamiento para ambulancia o discapacitados. Cisterna de agua con cuarto de máquinas y cámara de bombeo del desagüe. Cuarto de Instalaciones Mecánicas. SS.HH. Discapacitados Público – Hombres y Mujeres.
- ✓ **Sótano 2:** Cuenta con dos (2) ascensores, dos (2) escaleras presurizadas y rampa vehicular. Estacionamiento para dos (2) vehículos. Comedor de Personal. Almacén General y Almacén de Equipos y Herramientas para Talleres. Vestuarios y SS.HH, para el personal Hombres y Mujeres. Taller de Mantenimiento y Cuarto de Limpieza. Soporte Informático.
- ✓ **Sótano 1:** Cuenta con dos (2) ascensores, dos (2) escaleras presurizadas y rampa vehicular. Estacionamiento para dos (2) vehículos y estacionamiento para bicicletas. Ambientes de Diagnostico x imágenes. Pruebas rápidas y Toma de Muestras. Sala de Espera y SS. HH, para Discapacitados Público de Hombres y Mujeres. Salud Ambiental. Grupo Electrónico. Soporte Informático.

- ✓ **Primer Nivel:** Cuenta con dos (2) escaleras presurizadas y dos ascensores. Hall Público e Informes. Admisión, Citas y Cajas, Archivo de Historias Clínicas. Farmacia. Salas de Esperas y Servicios Higiénicos Público Hombres y Mujeres. Atención de Urgencias. Unidad Funcional de Medicina de Rehabilitación. Cafetería, Servicios Higiénicos Público para Hombres y Mujeres, con terraza. Caseta de Guardianía y Servicio de Comunicaciones.
- ✓ **Segundo Nivel:** Cuenta con dos (2) escaleras presurizadas y dos ascensores. Sala de Espera para pacientes ambulatorios y SS.HH. Ambientes de Triage y Servicio Social. Consultorios de Odontología (02 unidades dentales), Pediatría, Medicina Familiar y Dermatología. Atención Integral y Consejería del Adolescente. Consejería y prevención de enfermedades no transmisibles.
- ✓ **Tercer Nivel:** Cuenta con dos (escaleras presurizadas y dos (2) ascensores. Sala de Espera para pacientes ambulatorios y SS.HH. Consultorías de Nutrición y Geriátría. Atención Integral del Adulto Mayor. Consultorios de Psicología, Ginecología y Obstetricia. Consejería y prevención de enfermedades no transmisibles. Consultorio Multifuncional.
- ✓ **Cuarto Nivel:** Cuenta con dos (2) escaleras presurizadas y dos (2) ascensores. Sala de Espera para pacientes ambulatorios y SS.HH. Consejería y Prevención de ITS/VIH y Sida. Ambientes de Desinfección, Limpieza y Esterilización de instrumental médico. Almacén de Material Esterilizado. Central de Comunicaciones, Central de Vigilancia y Seguridad, Sala de Telecomunicaciones, Sala de Equipos, Estadística y Centro de Computo. Lactario y Cuarto de Limpieza.
- ✓ **Quinto Nivel:** Cuenta con dos (2) escaleras presurizadas y dos (2) ascensores. SUM con capacidad para 60 personas. SS.HH. Publico para Hombres y Mujeres. Administración.

✓ **Sexto Nivel:** Cuenta con un (1) escalera presurizada. Cuarto para equipos médicos. Sub estación Eléctrica y cuarto de Tablero General Eléctrico. Zona de expansión con áreas verdes.

✓ **PROYECTO DE INVERSIÓN DE MEDIANA COMPLEJIDAD.**

“Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2325535”. El proyecto tiene un área de terreno de 1 229.00 m² y un área de 487.37 m² para la construcción; del mismo modo, cuenta con seis especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas y comunicaciones). Posee 03 sótanos, 01 mezanine, 07 niveles y azotea; la altura total es de 32.52 ml y se empleará tecnologías avanzadas para la construcción (muros anclados, torre grúa estacionaria, losa colaborante, losa aligerada en dos sentidos, losa aligerada postensada, disipadores sísmicos, etc.).

✓ **Sótano 3:** Conformada en NPT -10.58 por llegada de escalera, esclusa, estación acelerométrica, cuarto de bombas, cisterna de agua contra incendio, cisterna de consumo interno, cuarto de sistema de tratamiento de aguas grises y cuarto de mantenimiento de red sanitaria.

✓ **Sótano 2:** Rampa vehicular NPT – 6.03 y -7.53, patio de maniobras, estacionamiento vehicular para 35 autos (2 de los cuales son para discapacitados), cuarto de monóxido, cuarto de extracción de monóxido, cuarto de grupo electrógeno, sub estación eléctrica y cámara de bombeo de desagüe.

✓ **Sótano 1:** Baja rampa vehicular a NPT- 2.98 y -4.48, patio de maniobras, estacionamiento vehicular para 24 autos (2 de los cuales son para discapacitados), estacionamientos de bicicletas y motocicletas, cuarto de monóxido, cuarto de extracción de monóxido, cuarto de residuos, cuarto de tableros y depósito.

- ✓ **Primer nivel:** Por el frente principal de Av. Petit Thouars, se tiene un ingreso central que permite acceder al Hall, Espera, Recepción; adyacente se tiene el Cuarto De Control y Seguridad; dos accesos controlados derivan hacia los núcleos de ascensores y escaleras - tanto para el personal operativo como funcionarios-.

Se dispone de los servicios higiénicos de damas, caballeros y baño para personas con discapacidad. De la recepción y acceso controlado se puede acceder al área de atención al público con frente y vista a la Plazuela Unanue.

Por la esquina izquierda, por la Calle Antequera se tiene acceso al Auditorio que cuenta con tratamiento acústico y un aforo de 130 personas de capacidad. El auditorio tiene puertas de evacuación hacia la parte posterior con frente la Plazuela Unánue y comunicación con Hall Central, lo que permite la versatilidad de su uso interno y externo, según requerimientos de actividades.

Por la esquina derecha, por la Calle Las Casas, se tiene acceso a través de tramos de escaleras y plataforma de discapacitados a los niveles +1.60 y -1.43, proyectado para el uso de Módulo Integral de Seguridad y Justicia con núcleo de baños de hombres, mujeres y cuarto de limpieza.

Asimismo, se dispone de dos salidas de evacuación complementarias hacia la Plazuela Unánue.

A cada nivel llegan los núcleos de ascensores y escaleras que permiten acceder hasta la azotea de la edificación.

En la parte posterior correspondiente la Plazuela Unánue, se dispone el acceso vehicular mediante rampas hacia el sótano -ingreso y salida- por Calle Las Casas; tratamiento,

mantenimiento de áreas verdes y arbolado por la Calle Antequera y una pequeña plataforma para uso cívico,

- ✓ **Mezanine:** Por la Calle Las Casas, ingresando a NPT. ± 0.10 se tiene acceso a hall-recepción del Área destinada al Módulo Integral de Seguridad y Justicia, accediendo por escalera y plataforma de discapacitado a nivel $+1.57$ a espacio planta libre, servicios higiénicos de hombres, mujeres y discapacitados y depósito.
- ✓ **Segundo nivel:** Donde se dispone de los Servicios para personal operativo o de campo de Serenazgo, con espacio de control de piso, Gimnasio con su área de recepción, terraza y ambiente de depósito de equipos. Una circulación central distribuye a tres salas de capacitación, que pueden subdividirse o integrarse según requerimientos que puede extenderse a terraza techada con vista la esquina de Av. Petit Thouars y Calle Las Casas. Se plantea ubicación de lockers para personal a lo largo de circulación, disponiendo de baños y vestuarios diferenciados para hombres y mujeres, baño de discapacitados y cuarto de limpieza; cuarto de comunicaciones y depósito.
- ✓ **Tercer nivel:** Se dispone de los Servicios para personal del Centro de Control de Operaciones, considerando el espacio de control de piso, una Sala de Usos Múltiples, la circulación central que distribuye a las salas de capacitación - a subdividirse o integrarse según demanda extensible a terraza techada con vista la esquina de Av. Petit Thouars y Ca. Las Casas. Se mantiene similar ubicación de lockers para personal a lo largo de circulación, disponiendo de baños y vestuarios diferenciados para hombres, mujeres, baño de discapacitados y cuarto de limpieza; cuarto de comunicaciones y depósito.
- ✓ **Cuarto nivel:** Se ubica el Centro de Control de Operaciones conformado por recepción, acceso controlado a: La Sala de Operadores, Data Center y ambiente para operadores de

Data Center, Cto. de Comunicaciones y Aula Auxiliar. Sala de Despachadores y Call Center. Servicios higiénicos diferenciados para hombres y mujeres, baño de discapacitados, cuarto de limpieza. La Subgerencia de Tránsito conformada por área de espera, secretaria, acceso controlado a Centro de Control de Monitoreo; oficina de analistas, sala de reuniones, subgerencia con baño incorporado, zona de impresoras multifuncionales, ambientes destinados a personal de ingeniería y movilidad; archivo. Servicios higiénicos diferenciados para hombres y mujeres

- ✓ **Quinto nivel:** Se dispone del segundo nivel del Centro de Control de Operaciones con acceso controlado por sensores biométricos hacia:

Pasarela -con vista directa hacia sala de operadores y video wall, que comunica con ambientes destinados a sala de trabajo, jefe de CCO, encargado del CCO, operador administrativo del CCO, operador logístico del CCO.

Sala de Crisis con una zona intermedia de impresoras multifuncionales.

La circulación central permite el acceso a los servicios higiénicos diferenciados para hombres y mujeres, baño de discapacitados, cto. de limpieza y a la Gerencia de Fiscalización Administrativa conformada por recepción, espera, secretaria de subgerencia, zona de impresoras multifuncionales, área de resolutores, depósito de retenciones. Ambiente de subgerencia con baño incorporado; secretaria de gerencia; gerencia con baño incorporado; áreas de asesores legales de gerencia, capacitación y difusión; depósito de acervo de documentos, núcleo de baños para hombres y mujeres. Sector destinado a personal de atención quejas, archivo transitorio-registro notificaciones, envío de valores- , centro de notificaciones.

- ✓ **Sexto nivel:** Se tiene la unidad de Coordinación Tecnológica, Información y Comunicación destinada a secretaria, asistentes, coordinación, sala de reuniones, zona de impresoras multifuncionales, lockers.

La Oficina de Riesgos conformada por ambientes de coordinación, asistentes, lockers, almacén. La circulación central permite el acceso a los servicios higiénicos diferenciados para hombres y mujeres, baño de discapacitados, cto. de limpieza

Subgerencia de Serenazgo con espera, secretaria, área de administración voluntario CODISEC, psicólogo, personal, zona de impresoras multifuncionales, ambiente de jefes de zona, jefe de operaciones, subgerencia con baño incorporado, archivo y almacén logístico, terraza techada, núcleo de baños para hombres y mujeres. Área de expansión.

- ✓ **Séptimo nivel:** Se proyecta el comedor de la persona, kitchen, deposito, área de lockers. La circulación central permite el acceso a los servicios higiénicos diferenciados para hombres y mujeres, baño de discapacitados, cuarto de limpieza.

Gerencia de Seguridad Ciudadana conformada por espera, secretarias, área de administración, logístico, analistas, planes, asesor legal, otros, zona de impresoras multifuncionales; sala de reuniones, gerencia con baño incorporado, archivo, sala auxiliar, terraza techada, núcleo de baños para hombres y mujeres. Área de expansión.

- ✓ **Azotea:** Llega escalera, se tiene ductos de ventilación, cuarto de calentador de agua, área de maseteros de jardinería y equipos especializados de instalación mecánica.

- ✓ **Techo:** Área disponible, considerando informe preliminar de especialista para proyección futura de plataforma de Helipuerto,

CAPÍTULO III: RESULTADOS

El objetivo primordial de este proyecto de investigación, fue establecer los lineamientos, procesos, formatos y requisitos para otorgar una estandarización técnica acerca del procedimiento correcto para el modelado 3D y coordinación 4D, todo ello enmarcado dentro de la gestión y planificación BIM, para los proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Dichos estándares contienen: recopilación de información técnica y prototipos paramétricos, roles y responsabilidades (recurso humano), procesos (estructura de directorios, librerías o familias paramétricas, parámetros compartidos, tutoriales de configuración, etc.) y nodos vinculados, metrados exactos, etc. Es importante mencionar, que dicha implementación quedará en beneficio de la institución pública “Municipalidad de San Isidro – Lima”, anexo N° 02.

Tabla 4

Agrupación de “MSI – Estándares Técnicos BIM”

N°	Estándar Técnico	Descripción	Antes del modelado	Después del modelado
1	Introducción	La estandarizar consiste en procesos técnicos correspondiente al modelado y la coordinación utilizando la Metodología BIM donde el siguiente documento describe los procesos, procedimientos y requisitos que deben seguirse para la preparación y desarrollo de modelos BIM.		
2	Definición	Un Estándar es un conjunto de reglas y procedimientos específicos, técnicos establecidos en un plan, destinados a estandarizar diferentes procesos frente a una situación específica.	X	
3	Propósito	El Estándar Técnico BIM asegura que todas las empresas, entidades, profesionales o personas que estén involucradas en los procesos de construcción tengan una herramienta base permitiendo el intercambio de información eficiente entre los modelos desarrollados por las diferentes disciplinas.	X	

4	Aplicabilidad	<p>Pueden ser utilizados para realizar diseños, estimados, programación y construcción, así como el mantenimiento y operación de manera más eficiente y efectiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perfeccionar la comunicación entre las disciplinas involucradas en la construcción. • Facilitar la importación de planos en CAD a la plataforma BIM. • Estandarizar los usos de BIM en las diferentes etapas de la construcción. 	X	
5	Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver interferencias entre las diferentes disciplinas antes de la ejecución de obra. • Poseer mejor y eficiente programación de obra. • Precisar niveles de desarrollo en cada etapa del proyecto. • Cuantificaciones más rápidas y exactas. • Extracción de planos constructivos 2D y 3D 	X	
6	Glosario	<p>Descripción de los términos usados en estos Estándares Técnicos BIM.</p> <p>A NIVEL DISCIPLINA</p>	X	
7	Flujos de trabajo	<p>Dependerá de cuantas especialidades estén involucradas en el Proyecto que será desarrollado bajo la Metodología BIM</p> <p>A NIVEL DE PROYECTO</p> <p>Se establecerá un modelo de coordenadas para cada proyecto.</p>	X	X
8	Roles y responsabilidades	<p>Se describe los roles y responsabilidades, los cuales pueden variar dependiendo de la complejidad y tipo de inversión del proyecto; sabiendo que podrían cambiar a medida que el uso de esta metodología.</p>	X	
9	Generalidades del proyecto	<p>Se establecen criterios necesarios para desarrollar un proyecto que utiliza la metodología BIM.</p>	X	X
10	Requerimientos	<p>Esta sección describe los requerimientos mínimos del software, así como de los archivos utilizados en proyectos BIM.</p>	X	
11	Accediendo a los estándares	<p>MSI incluyen una serie de archivos de soporte que se encuentra en un servidor de nube central al cual se le ha asignado internamente.</p>	X	X
12	Configuración del entorno	<p>Describe la configuración de Revit para asegurar el uso correcto de la aplicación en proyectos BIM.</p>	X	X

13	Estructura de directorios	Contienen una estructura de nombres para la organización de proyectos BIM, tanto para el archivo central, así como para los archivos locales de cada disciplina.	X	X
14	Plantillas	Incluyen diez diferentes plantillas, una para cada disciplina, que contienen información predeterminada tales como: parámetros del proyecto, vea los navegadores, la configuración de la unidad, la línea, el tamaño y los estilos de texto, la configuración de impresión y más.		X
15	Convención de nombres	Toda la información electrónica relacionada con los modelos BIM creados en MSI deberán de seguir la convención de nombres establecida en este estándar.	X	X
16	Parámetros personalizados	Describe los diferentes parámetros que se han personalizado para MSI los cuales han sido creados en el archivo de parámetros y cargados en las diferentes plantillas asociados bajo los diferentes grupos.	X	X
17	Técnicas de modelado	Describe las diferentes técnicas de modelado que se aplican exclusivamente al desarrollo de proyectos en MSI.		X
18	Resolución de interferencias	Utilizada durante el proceso de diseño para resolver posibles conflictos entre los diferentes sistemas y/o elementos de la edificación antes de la ejecución de la obra, reduciendo considerablemente tiempo y costos.		X
19	Programación	Una serie de parámetros han sido creados específicamente para poder administrar la programación de obra y han sido aplicados a todos los objetos en Revit.		X
20	BIM en la obra	Todos los cambios necesarios en los diferentes modelos para que al finalizar el mismo este refleje de manera exacta lo que se ha construido en obra.		X
21	Actualizaciones, cambios y revisiones	Cambios podrán realizarse debido a errores y omisiones, así como para mejorar o actualizar el estándar basado en cambios en el entorno de BIM.		X

Nota: Propio

D) PROYECTO DE INVERSIÓN DE BAJA COMPLEJIDAD.

“Mejoramiento de los Servicios de Salud y Bienestar de la Gerencia de Desarrollo Humano de San Isidro, Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2369797”.

Para iniciar con el desarrollo del proyecto de baja complejidad, antes que nada, se definió el nombre del archivo utilizando nuestra plantilla de acuerdo al Registro de Programa de Identificación de una Tarea - TIDP mencionado en la estructura de directorios y nombre de archivos de los proyectos (estándar técnico N° 13).

Seguidamente se analizó las diferentes especialidades involucradas (arquitectura, estructuras, instalaciones mecánicas, sanitarias, eléctricas y comunicaciones), tomando en cuenta el flujo de trabajo (estándar técnico N° 7), se optó que el modelamiento debería empezar por la especialidad de Arquitectura creando así un archivo llamado Ejes y Niveles con abreviatura “2325535-MSI-M3D-RN-TN-ARQ-01” según el TIDP (estándar técnico N° 13.1.1) para generar y poder tener un punto de origen, el cual será guardado en el directorio de la carpeta archivo local (estándar técnico N° 13.1) con el nombre de Coordenadas (estándar técnico N° 13) del cual se controlaron todas las especialidades.

Luego se procedió a realizar los mismos pasos para la creación de los archivos siguientes, según lo planificado en la coordinación para el beneficio del proyecto, tabla 5.

Tabla 5

Estructura de directorios y nombre de archivos de los proyectos.

Identificación del Contenedor de Información	Descripción del Contenedor de Información
2325535-MSI-M3D-GG-TN-MF-00	Modelo General.
2325535-MSI-M3D-CA-TN-EST-01	Concreto Armado.
2325535-MSI-M3D-DEM-TN-EST-02	Estructuras Metálicas y Disipadores.
2325535-MSI-M3D-CV-TN-EST-03	Columnetas y Viguetas.
2325535-MSI-M3D-AE-TN-EST-04	Armadura Estructural.

2325535-MSI-M3D-TER-TN-EST-05	Topografía, Excavación y Relleno.
2325535-MSI-M3D-RN-TN-ARQ-01	Rejillas y Niveles.
2325535-MSI-M3D-MSVP-TN-ARQ-02	Muros, Suelos, Ventanas y Puertas.
2325535-MSI-M3D-MB-TN-ARQ-03	Mobiliario.
2325535-MSI-M3D-TE-TN-ARO-04	Tarrajeos Exteriores.
2325535-MSI-M3D-TI-TN-ARQ-05	Tarrajeos Interiores.

Nota: Propio

Dichos archivos se encuentran en la carpeta 03. Modelo Revit 2022 de cada especialidad, así como se explica el (estándar técnico N° 13) de los Estándares Técnicos BIM.

Una vez guardado los archivos en sus respectivas carpetas, se procedió a la configuración del entorno inicial del software Revit (estándar técnico N° 12), esto con la finalidad de saber quién manipuló por última vez cualquier archivo local (estándar técnico N° 8).

Luego se procedió a verificar y analizar los planos 2D (estándar técnico N° 17.12) extraído del expediente técnico, para así crear ciertas familias paramétricas faltantes que nos sirvieron para el modelo, los cuales fueron guardados en la carpeta 04. Familias Paramétricas (estándar técnico N° 13) (estándar técnico N° 15.2); a partir de ello, se comenzó el modelado 3D de todas las especialidades teniendo en cuenta los procesos constructivos o técnicas de modelado (estándar técnico N° 17) y vinculando el archivo de Ejes y Niveles para tener referencia del inicio y origen del proyecto de inversión (estándar técnico N° 9). Al finalizar el modelado, se parametrizo el modelo general de cada especialidad, creando parámetros compartidos los cuales nos sirvieron para realizar filtros (estándar técnico N° 17.6), la coordinación, las tablas de planificación (metrados exactos) y la documentación de cada especialidad involucrada (estándar técnico N° 16) tanto para gabinete como para la construcción.

Después de parametrizar los modelos, se procedió a incorporar la parte de la coordinación 4D, mediante el software Navisworks 2022, donde se utilizó el modelo federado (todas las especialidades unidas) aprovechando así la parametrización que se trabajó con anterioridad; es

así, que se buscó por especialidad de acuerdo a los parámetros compartidos (estándar técnico N° 17) y se les asignó un color referencial (estándar técnico N° 18.4).

Para empezar el Clash Detective, se configuró el versus entre cada especialidad (estándar técnico N° 18.1), y esto a su vez nos permitió identificar las colisiones (estándar técnico N° 18.4.2), obteniendo así el reporte de interferencias (estándar técnico N° 18.4.3) y por último, se procedió a la resolución de las interferencias interdisciplinarias (estándar técnico N° 18.2).

Una vez solucionado las interferencias, se realizaron las tablas de planificación y la documentación con los parámetros compartidos que fueron creados, esto facilitó el trabajo ya que se tuvo un mejor orden. Para las tablas de planificación solo se usaron parámetros (estándar técnico N° 16) a conveniencia del proyecto; para la documentación se agregó la creación de familias paramétricas para el membrete, las vistas, etc., anexos N° 03 – 63.

Se generó el TimeLiner aprovechando también los parámetros compartidos de los modelos, y el cronograma de obra que se tenía en el expediente técnico, es así que se agrupó ambos requerimientos para originar la programación virtual 4D (estándar técnico N° 19),

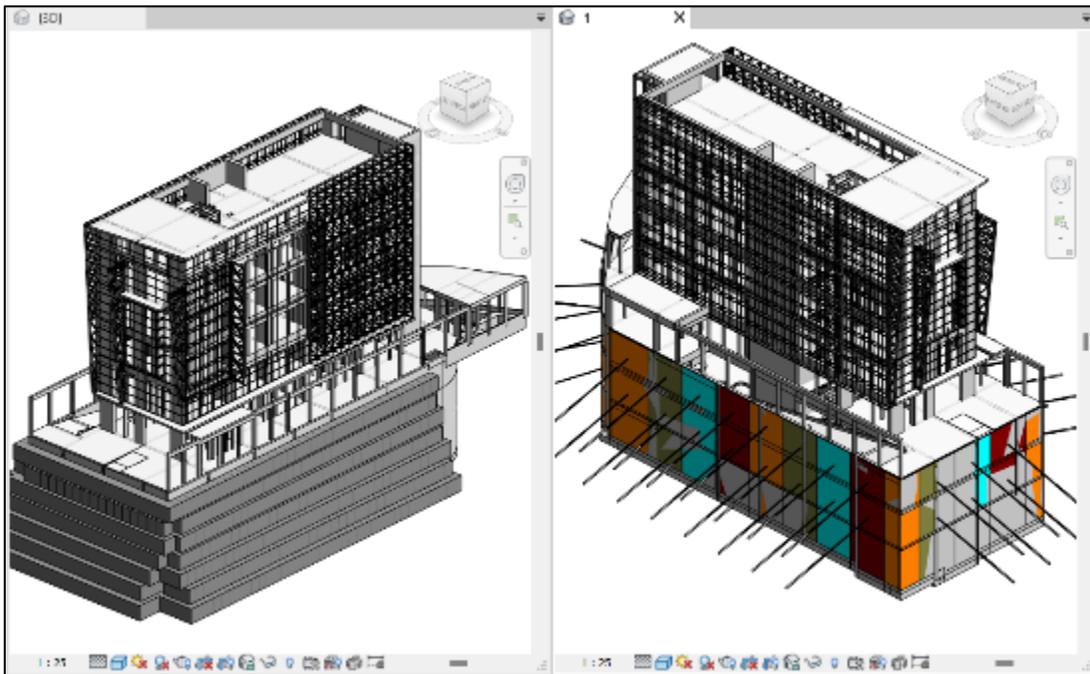
Finalmente, se actualizaron los costos parciales y el presupuesto general con el metrado obtenido de los modelos compatibilizados.

✓ **Modelos de Información del Proyecto, empleando el software AutoDesk Revit 2022.**

Los modelos se elaboraron en base al expediente técnico y a los estándares técnicos creados. Por ello, el modelo de información requirió la buena lectura de planos y conocimientos de constructibilidad; es así, que se modela como se construye. Según lo mencionado, se elaboró la creación de familias paramétricas, modelos de información por cada especialidad, creación de parámetros, cálculo de cantidades de obra y la documentación 2D – 3D, anexos N° 03 – 19.

Figura 30

Modelo General de Estructuras



Nota: Propio

Figura 31

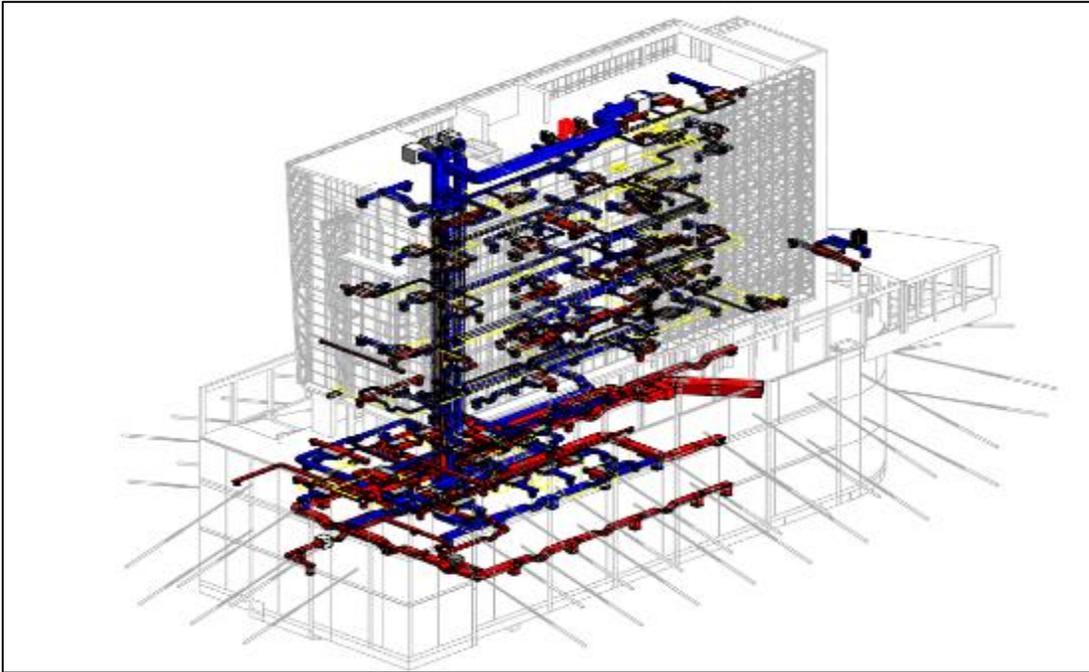
Modelo General de Arquitectura



Nota: Propio

Figura 32

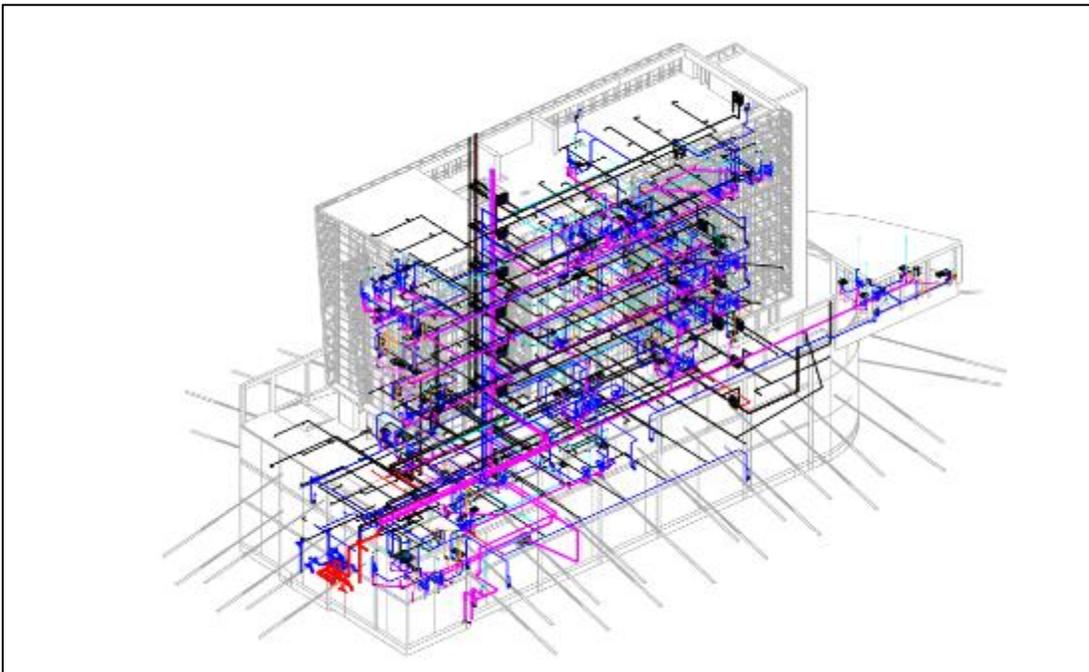
Modelo General de Instalaciones Mecánicas



Nota: Propio.

Figura 33

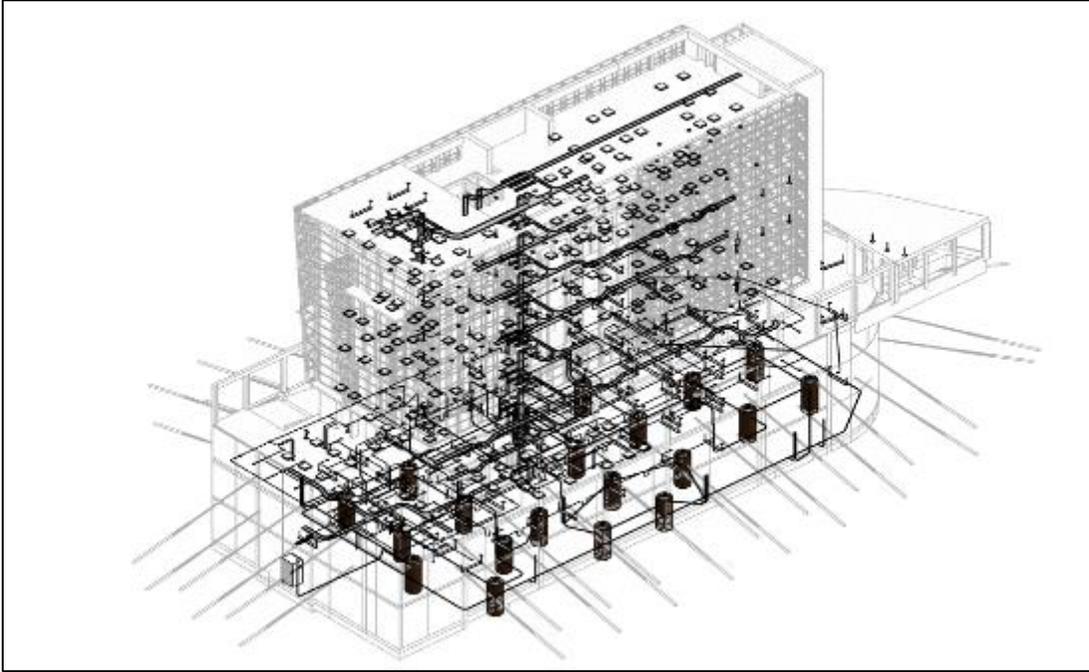
Modelo General de Instalaciones Sanitarias (AF, ACI y DSG)



Nota: Propio

Figura 34

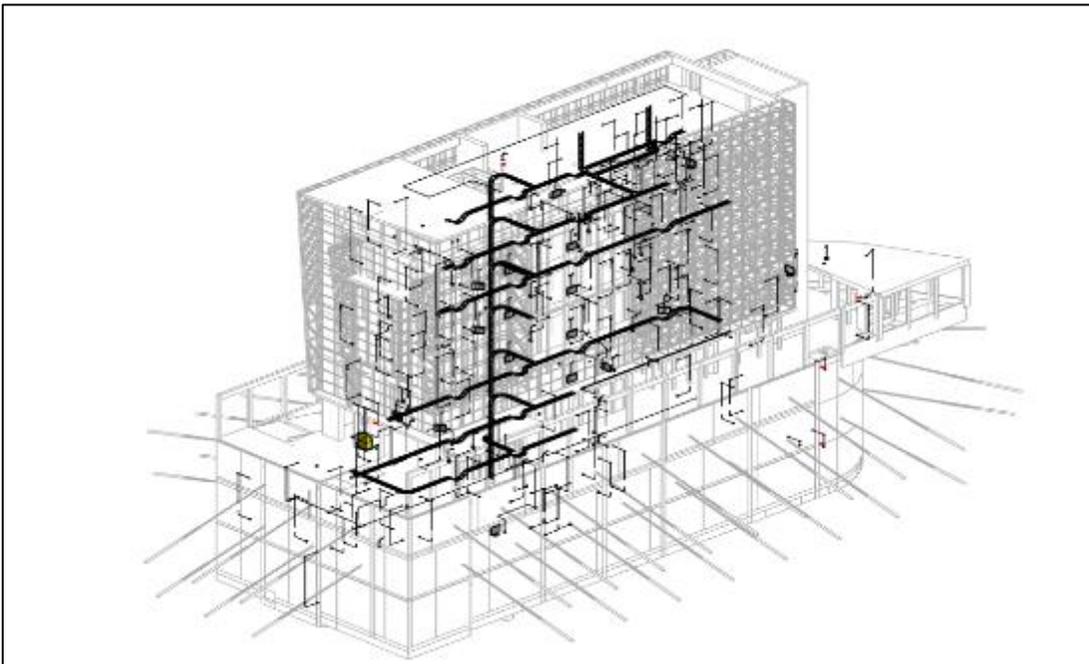
Modelo General de Instalaciones Eléctricas



Nota: Propio

Figura 35

Modelo General de Instalaciones de Comunicaciones (TIC)



Nota: Propio

Así mismo, los modelos nos permitieron identificar, cuantificar y analizar las diferencias que existen en el desarrollo CAD, frente al nuevo desarrollo con la metodología BIM, implicando la planificación y coordinación en la construcción virtual enfocado en los Estándares Técnicos implementados y que nos sirvieron de guía durante todo el proceso.

De igual manera, se mencionó el guion BIM en obra (estándar técnico N° 20) para el cual se debe utilizar los parámetros a conveniencia (estándar técnico N° 17), el modelador y coordinador BIM en obra, deben encargarse de actualizar la información del gemelo digital para así obtener el Modelo As Built; además, de realizar el control y seguimiento de la obra con el modelo BIM apoyándose del lookahead que proponga el área de producción.

Los Estándares Técnicos BIM, son creados en base a proyectos de baja y media envergadura; sin embargo, si existiera por naturaleza realizar cambios y/o actualizaciones al documento (estándar técnico N° 21) se deja un formato para poder solicitar a la entidad y proceder al cambio.

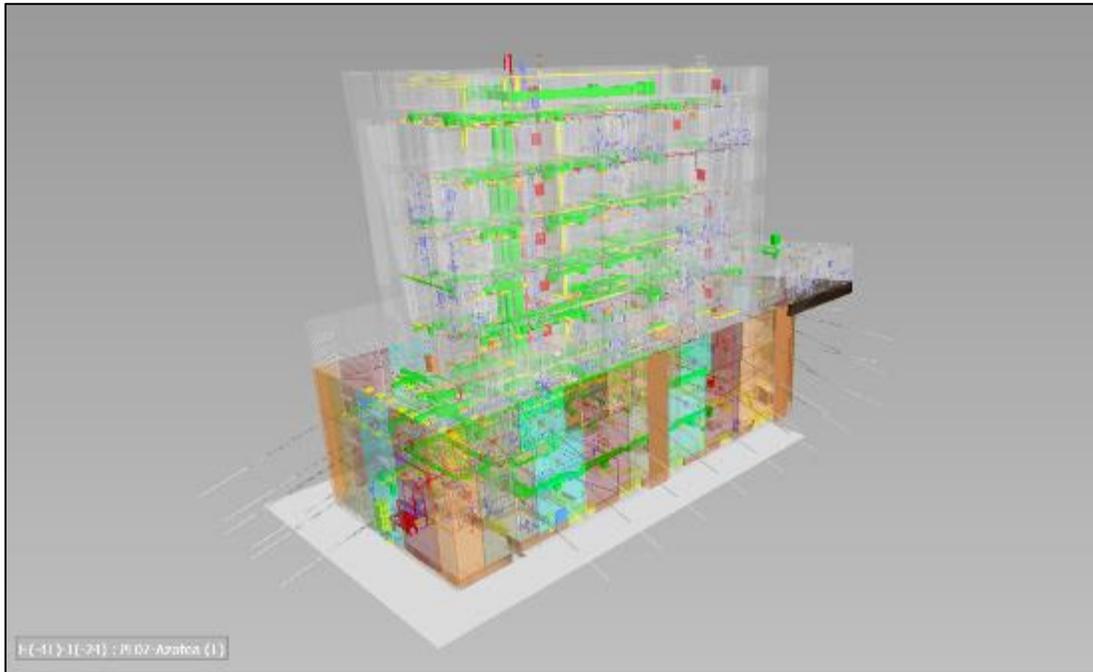
✓ **Coordinación de los Modelos de Información del Proyecto, empleando el software Navisworks 2022**

Para el inicio de la coordinación BIM, se tomaron los modelos de información disciplinarios del software Revit. Posteriormente se realizó la interoperabilidad de los mismos para obtener el modelo federado; todo ello, con ayuda del software Navisworks.

El objetivo fundamental de la coordinación, es optimizar la gestión del proyecto de inversión desde la etapa de planificación hasta la operación y mantenimiento. Por consiguiente, se ejecutaron los Clash Detective, a fin de poder reducir las interferencias entre todas las especialidades involucradas, Timeliner para el proceso constructivo de acuerdo a lo proyectado y la visualización digital (recorrido virtual), anexos N° 20 – 26, 32 – 35.

Figura 36

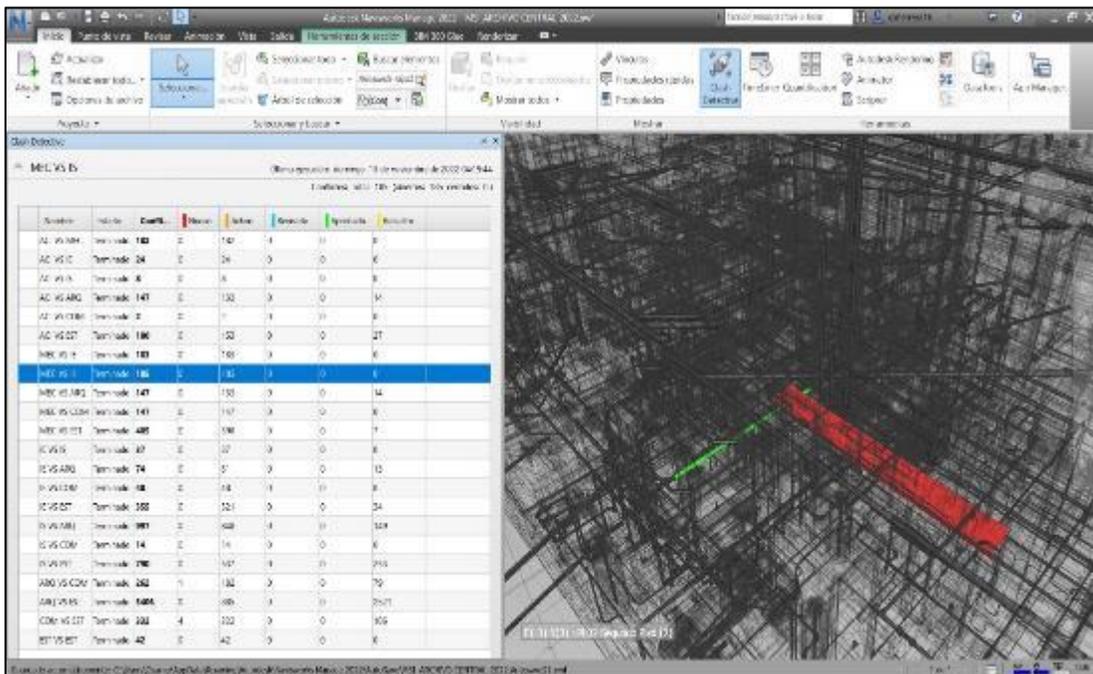
Modelo Federado, preparado para la Coordinación BIM



Nota: Propio

Figura 37

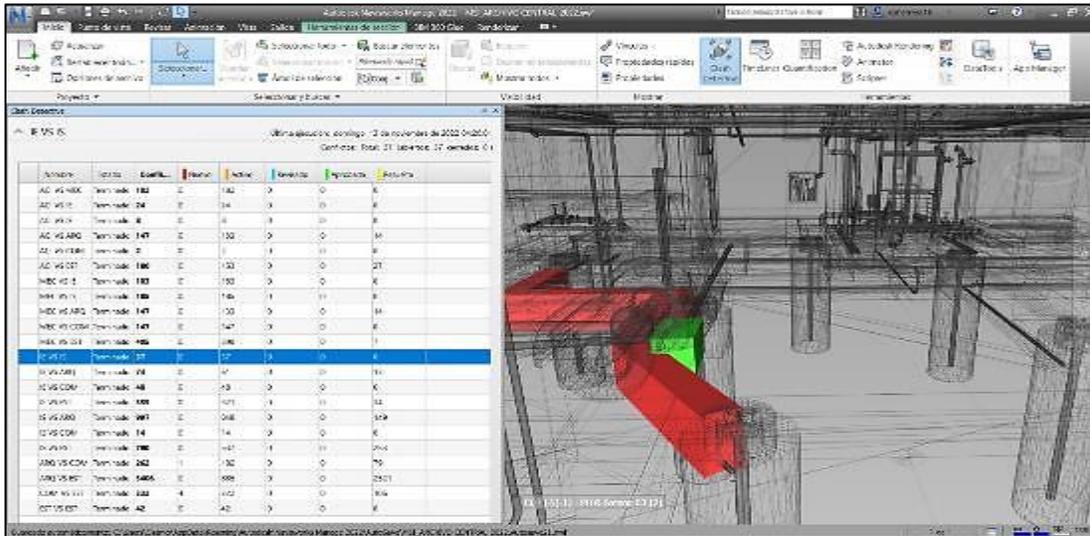
Clash Detective, entre las especialidades (MEC vs II.SS)



Nota: Propio.

Figura 38

Clash Detective, entre las especialidades (II.EE vs II.SS)



Nota: Propio

- ✓ **Metrados BIM a partir de los Modelos de Información del Proyecto, empleando el software Autodesk Revit 2022.**

Para la extracción de las tablas de planificación (metrados BIM), se elaboró bajo criterios de que: se modela como se construye; de igual manera, se utilizaron los parámetros compartidos (sector, áreas, encofrado, vaciado, tipo, etc.) y familias paramétricas, anexos N° 27 – 31.

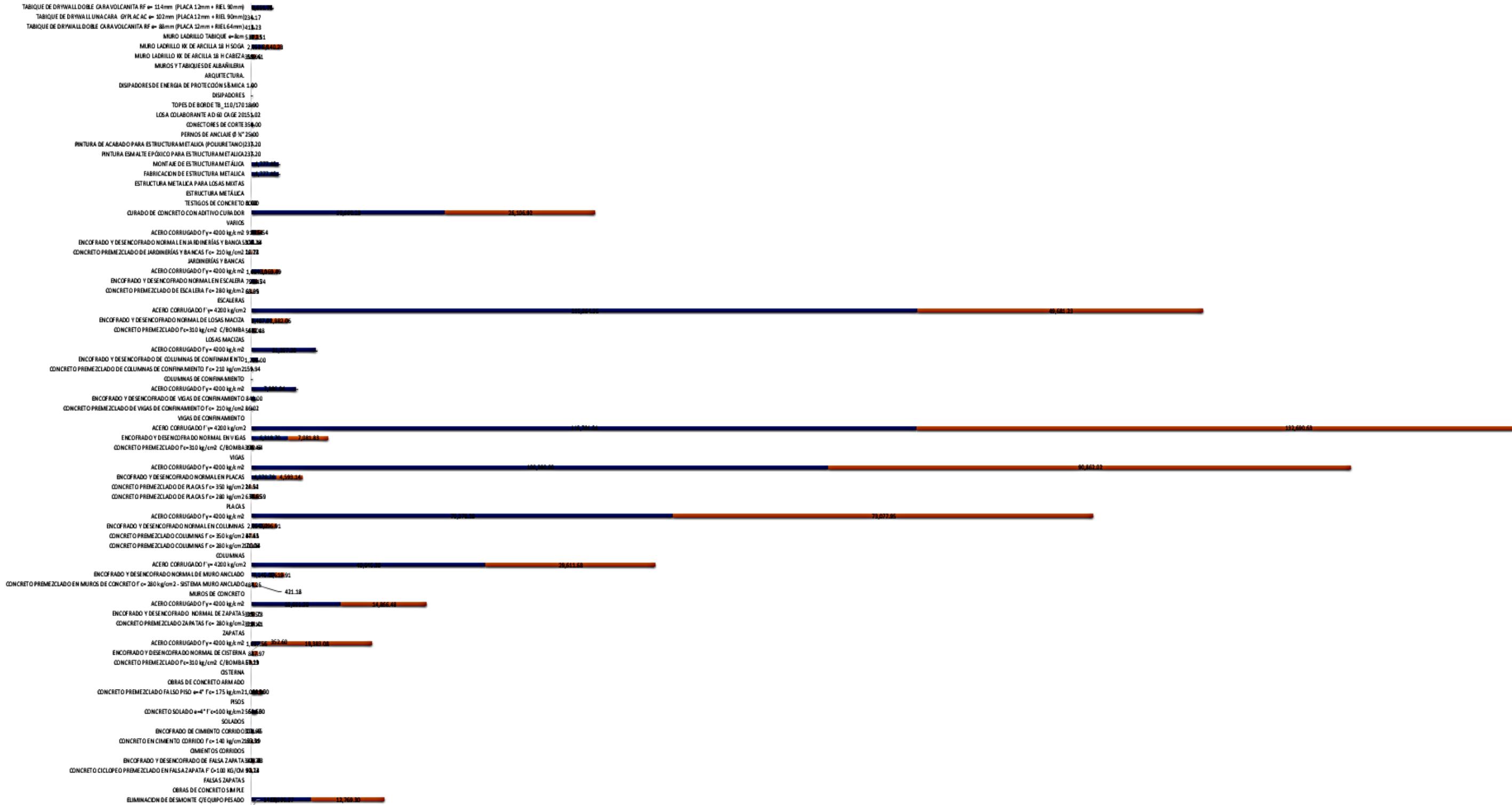
- ✓ **Costo diferenciado de partidas usando los Metrados BIM, empleando el software Delphin Express 2022**

Para la elaboración de la cuantificación del proyecto, se actualizó el presupuesto general de obra mediante la variación de las tablas de planificación extraídas de los modelos de información compatibilizados, anexos N° 36.

Para realizar la comparación de metrados y costos, se filtró todas las partidas involucradas en una tabla de Excel y se realizó un gráfico de barras horizontal, para verificar la variación que presentan los metrados del Exp. Técnico frente a los metrados BIM. Se tomaron partidas significativas con mayor diferencia para realizar el análisis.

Figura 39

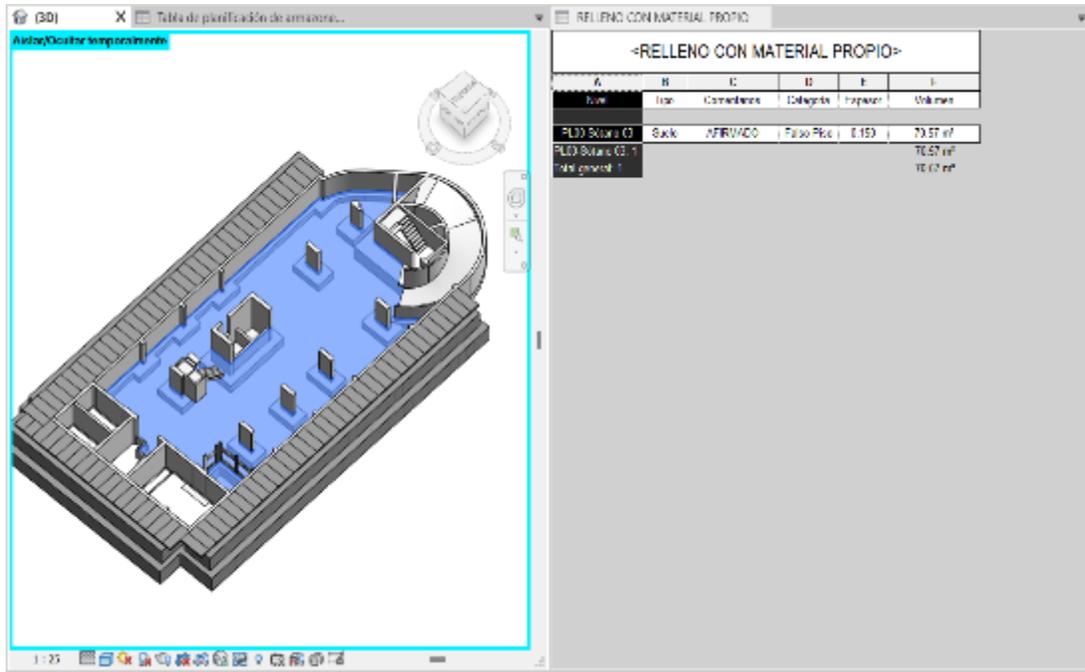
Partidas con Metrados Generales



Nota: Propio

Figura 42

Metrado BIM – Relleno con Material Propio



Nota: Propio.

Tabla 8

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Relleno con Material Propio

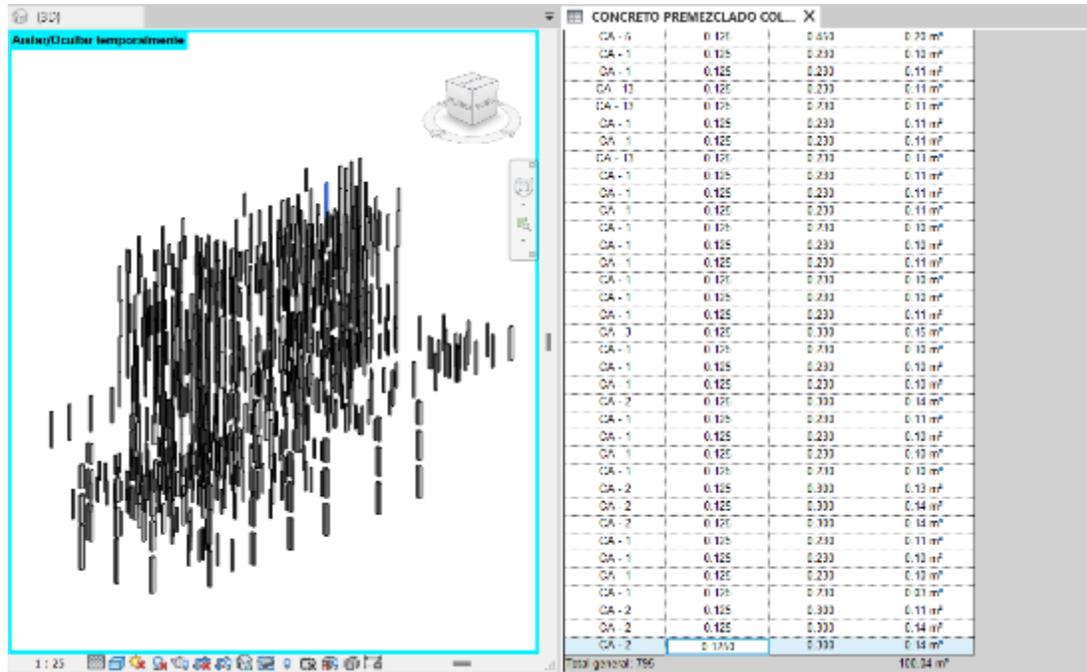
01.01.03.04.01	Relleno con Material Propio	m ³
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	70.57	25.08
Costo Parcial	109.95	109.95
Costo Total	S/ 7,759.17	S/ 2,757.55
Diferencia %		-181.38%

Nota: Propio.

De la Figura 42 y Tabla 8, con respecto a la partida 01.01.03.04.01 Relleno con Material Propio, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 70.57 m³ con un costo de S/. 7,759.17; el cual es mayor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 25.08 m³ y S/. 2,757.55 con una diferencia deficiente del -181.38%.

Figura 45

Metrado BIM – Concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas



Nota: Propio.

Tabla 11

Diferencias Metrado y Costo BIM vs ET – Concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas

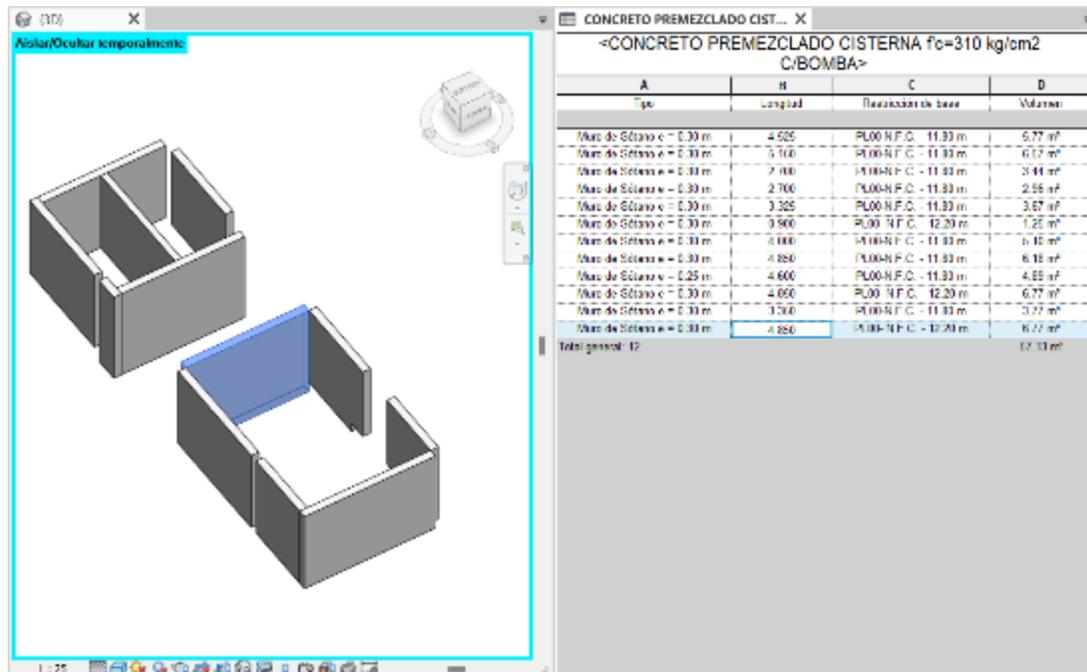
01.01.05.04.01	Concreto premezclado $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas		m ³
	BIM	EXP. TECNICO	
Metrado	100.04	71.08	
Costo Parcial	344.78	344.78	
Costo Total	S/ 34,491.79	S/ 24,506.96	
Diferencia %			-40.74%

Nota: Propio.

De la Figura 45 y Tabla 11, con respecto a la partida 01.01.05.04.01 Concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en Columnas, se observa que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 100.04 m³ con un costo de S/. 34,491.79; el cual es mayor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 71.08 m³ y S/. 24,506.96 con una diferencia deficiente del -40.74%.

Figura 46

Metrado BIM – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Cisterna



Nota: Propio.

Tabla 12

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Cisterna

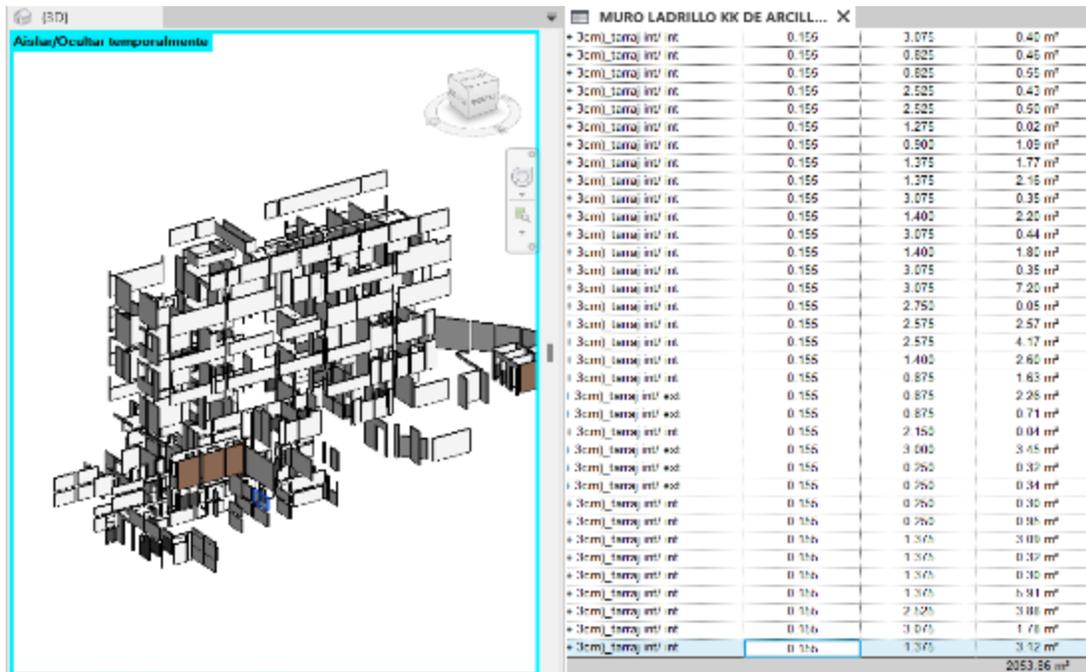
01.01.05.01.01	Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ con bomba en Cisterna	m^3
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	57.13	69.29
Costo Parcial	344.78	344.78
Costo Total	S/ 19,697.28	S/ 23,889.81
Diferencia %		17.55%

Nota: Propio.

De la Figura 46 y Tabla 12, con respecto a la partida 01.01.05.01.01 Concreto premezclado $f'c=310 \text{ kg/cm}^2$ en Cisterna, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 57.13 m^3 con un costo de S/. 19,697.28; el cual es menor al metrado y costo establecido en el Exp. Téc. con 69.29 m^3 y S/. 23,889.81 con una diferencia en exceso del 17.55%.

Figura 48

Metrado BIM – Muro Ladrillo KK de arcilla 18 H Soga



Nota: Propio.

Tabla 14

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Muro Ladrillo KK de arcilla 18 H Soga

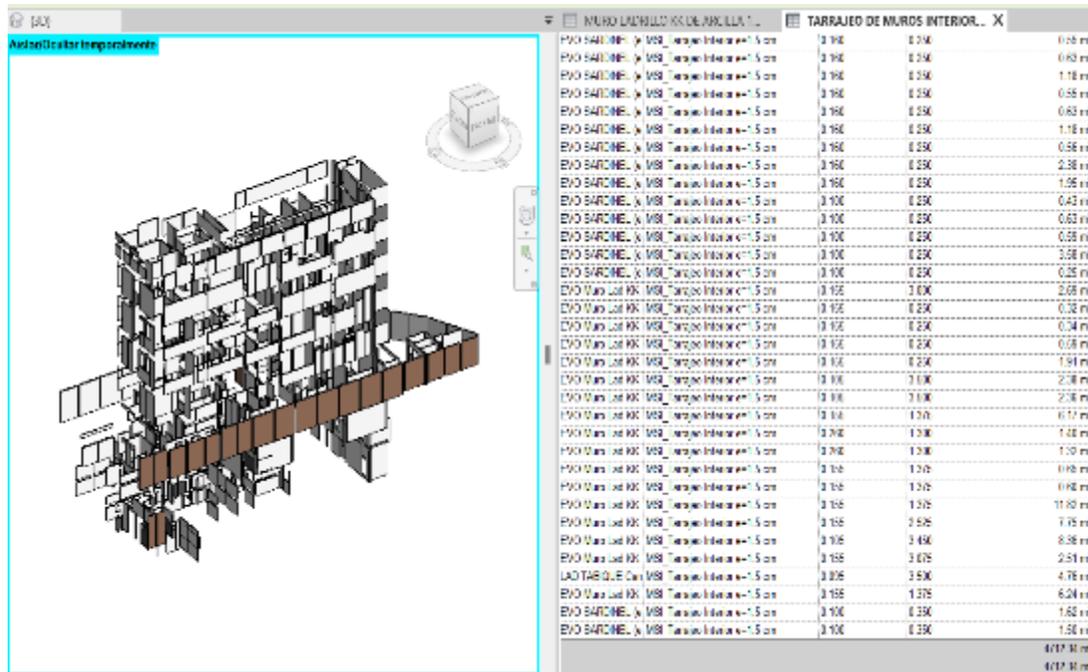
01.02.01.02	Muro Ladrillo KK de arcilla 18 H Soga	m ²
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	2053.86	3140.23
Costo Parcial	86.03	86.03
Costo Total	S/ 176,693.58	S/ 270,153.99
Diferencia %		34.60%

Nota: Propio.

De la Figura 48 y Tabla 14, con respecto a la partida 01.02.01.02 Muro Ladrillo KK de arcilla 18 H Soga, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 2053.86 m² con un costo de S/. 176,693.58; el cual es menor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 3140.23 m² y S/. 270,153.99 con una diferencia en exceso del 34.60%.

Figura 49

Metrado BIM – Tarrajeo de Muros Interiores



Nota: Propio.

Tabla 15

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Muros Interiores

01.02.02.05	Tarrajeo de Muros Interiores	m ²
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	4712.34	5708.65
Costo Parcial	27.99	27.99
Costo Total	S/ 131,898.40	S/ 159,785.20
Diferencia %	17.45%	

Nota: Propio.

De la Figura 49 y Tabla 15, con respecto a la partida 01.02.02.05 Tarrajeo de Muros Interiores, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 4712.34 m² con un costo de S/. 131,898.40; el cual es menor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 5708.65 m² y S/. 159,785.20 con una diferencia en exceso del 17.45%.

✓ **Resumen de la Comparación de Metrados y Costos con BIM vs Expediente Técnico**

Tabla 16

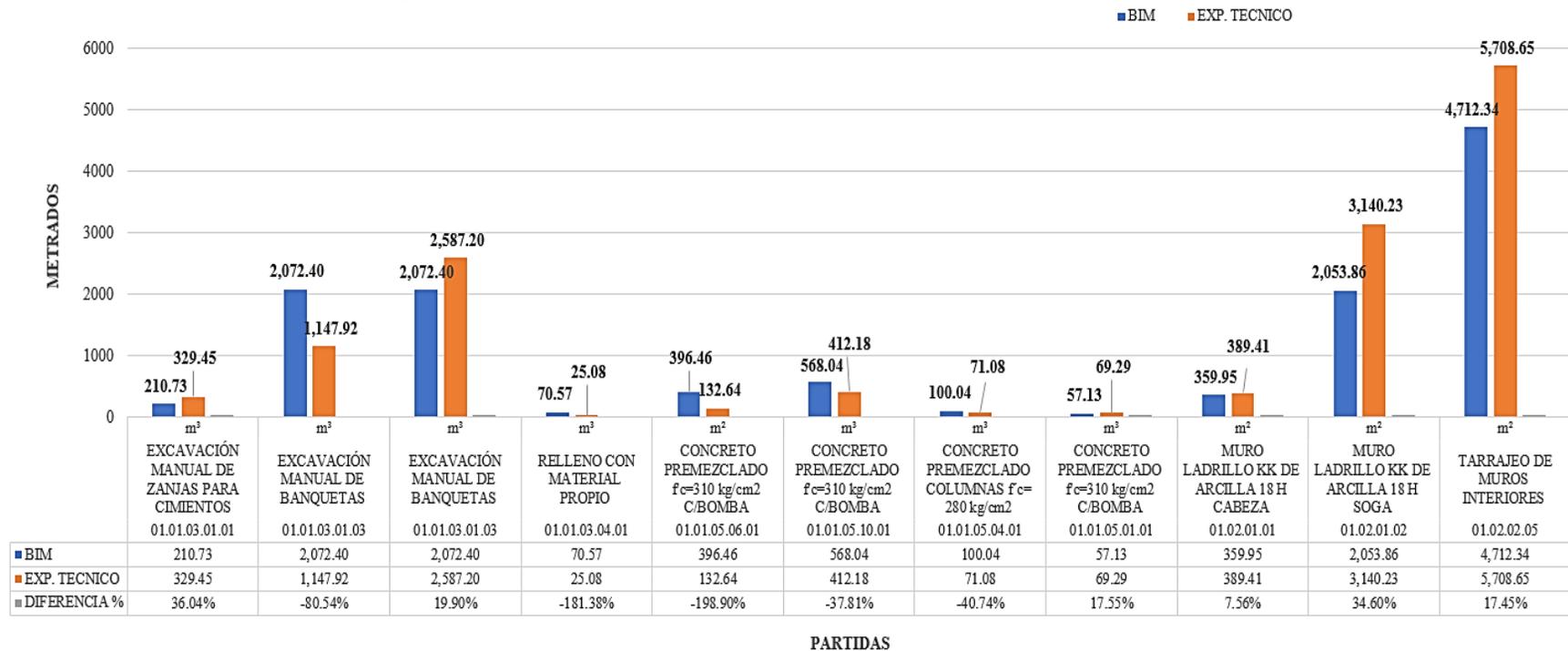
Resumen comparativo de metrados BIM vs Expediente Técnico

Comparación de Metrados Estructuras		Und	BIM	Expediente Técnico	Diferencia %
01.01	ESTRUCTURAS				
01.01.05.01	Excavaciones				
01.01.03.01.01	Excavación manual de zanjas para cimientos	m ³	210.73	329.45	36.04%
01.01.03.01.03	Excavación manual de banquetas	m ³	2,072.40	1,147.92	-80.54%
01.01.05	Movimiento de Tierras				
01.01.05.06	Rellenos				
01.01.03.04.01	Relleno con material propio	m ³	70.57	25.08	19.90%
01.01.05.06	Vigas				
01.01.05.06.01	Concreto premezclado f _c =310 kg/cm ² con bomba	m ²	396.46	132.64	-181.38%
01.01.05	Obras de Concreto Armado				
01.01.05.10	Lozas Macizas				
01.01.05.10.01	Concreto premezclado f _c =310 kg/cm ² con bomba	m ³	568.04	412.18	-37.81%
01.01.05.04	Columnas				
1.01.05.04.01	Concreto premezclado columnas f _c = 280 kg/cm ²	m ³	100.04	71.08	-40.74%
01.01.05.10	Cisterna				
01.01.05.01.01	Concreto premezclado f _c =310 kg/cm ² con bomba	m ³	57.13	69.29	17.55%
Comparación de Metrados Arquitectura					
01.02	ARQUITECTURA				
01.02.01	Muros y Tabiques de Albañilería				
01.02.01.01	Muro ladrillo KK de arcilla 18 h cabeza	m ²	359.95	389.41	7.56%
01.02.01.02	Muro ladrillo KK de arcilla 18 h sogá	m ²	2,053.86	3,140.23	34.60%
01.02.02.05	Tarrajeo de muros interiores	m ²	4,712.34	5,708.65	17.45%
PROMEDIO					-36.93%

Nota: Propio.

Figura 50

Variación de Metrados BIM vs Expediente Técnico



Nota: Propio.

De la Tabla 16 y Figura 50, de las especialidades de estructuras y arquitectura, se muestran los metrados de las partidas más significativas del Modelo de Información BIM vs Expediente Técnico, en el cual se puede verificar que existe una diferencia que va a incidir en el presupuesto del proyecto. Esto se debe a los errores que se comete al medir de forma tradicional (expediente técnico), reafirmando que la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados nos cuantifica los metrados más precisos, ya que es calculado por el mismo software.

Tabla 17

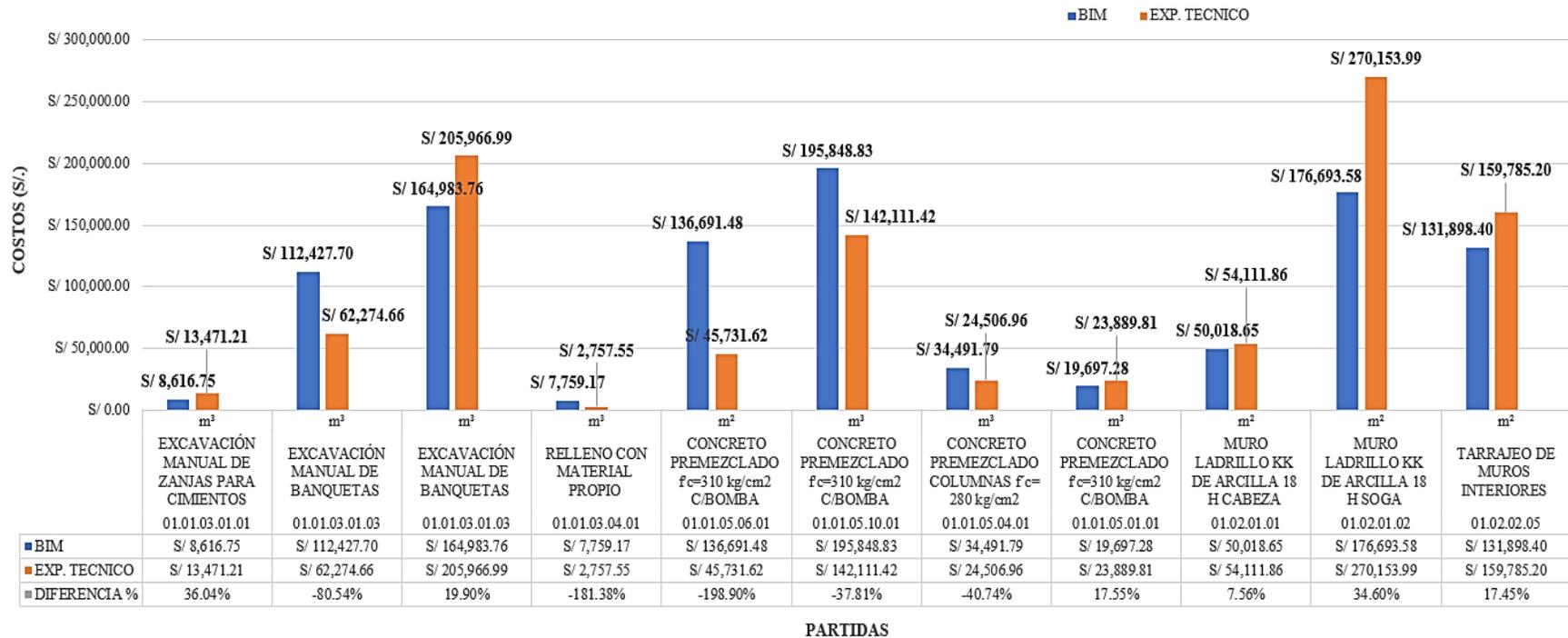
Resumen comparativo de costos BIM vs Expediente Técnico

Comparación de costo Estructuras		Und	BIM	Expediente Técnico	Diferencia %
01.01	ESTRUCTURAS.				
01.01.05.01	Excavaciones				
01.01.03.01.01	Excavación manual de zanjas para cimientos	m ³	S/ 8,616.75	S/ 13,471.21	36.04%
01.01.03.01.03	Excavación manual de banquetas	m ³	S/ 112,427.70	S/ 62,274.66	-80.54%
01.01.03.01.03	Excavación manual de banquetas	m ³	S/ 164,983.76	S/ 205,966.99	19.90%
01.01.05	Movimiento de Tierras				
01.01.05.06	Rellenos				
01.01.03.04.01	Relleno con material propio	m ³	S/ 7,759.17	S/ 2,757.55	-181.38%
01.01.05.06	Vigas				
01.01.05.06.01	Concreto premezclado f'c=310 kg/cm2 c/bomba	m ²	S/ 136,691.48	S/ 45,731.62	-198.90%
01.01.05	Obras de Concreto Armado				
01.01.05.10	Losas macizas				
01.01.05.10.01	Concreto premezclado f'c=310 kg/cm2 c/bomba	m ³	S/ 195,848.83	S/ 142,111.42	-37.81%
01.01.05.04	Columnas				
01.01.05.04.01	Concreto premezclado columnas f'c= 280 kg/cm2	m ³	S/ 34,491.79	S/ 24,506.96	-40.74%
01.01.05.10	Cisterna				
01.01.05.01.01	Concreto premezclado f'c=310 kg/cm2 c/bomba	m ³	S/ 19,697.28	S/ 23,889.81	17.55%
Comparación de Costos Arquitectura					
01.02	ARQUITECTURA.				
01.02.01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				
01.02.01.01	Muro ladrillo kk de arcilla 18 h cabeza	m ²	S/ 50,018.65	S/ 54,111.86	7.56%
01.02.01.02	Muro ladrillo kk de arcilla 18 h soga	m ²	S/ 176,693.58	S/ 270,153.99	34.60%
01.02.02.05	Tarrajeo de muros interiores	m ²	S/ 131,898.40	S/ 159,785.20	17.45%
	Total		S/ 1,039,127.39	S/ 1,004,761.26	3.31%

Nota: Propio.

Figura 51

Variación de Costos BIM vs Expediente Técnico



Nota: Propio.

De la Tabla 17 y Figura 51, de las especialidades de estructuras y arquitectura, se muestran los costos de las partidas más significativas del proyecto de baja complejidad. El monto establecido del Expediente Técnico es S/. 1,004,761.26; el cual es menor al costo obtenido con BIM de S/. 1,039,127.39, con una diferencia que excede el 3.31%. Una vez más queda demostrado la eficiencia y el método de trabajo de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados, que emplea la información del modelo federado para las distintas etapas del proyecto.

Tabla 18

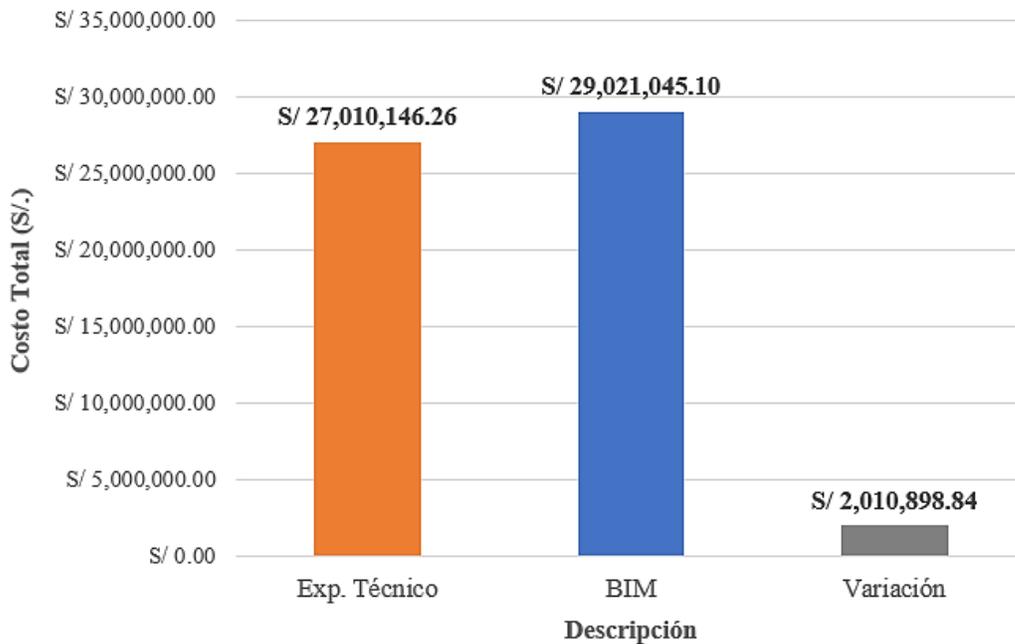
Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico

Descripción	Costo Total (S/.)	Porcentaje (%)
Expediente Técnico	S/ 27,010,146.26	100.00%
BIM	S/ 29,021,045.10	93.07%
Variación	S/ 2,010,898.84	-6.93%

Nota: Propio.

Figura 52

Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico



Nota: Propio.

De la Tabla 18, Figura 52, se observa que el costo total del Expediente Técnico es de S/ 27,010,146.26; el cual es menor al costo total del proyecto obtenido con BIM gracias a los estándares técnicos implementados de S/ 29,021,045.10, presentando un déficit de S/ 2,010,898.84 y una diferencia deficiente de - 6.93%.

Tabla 19

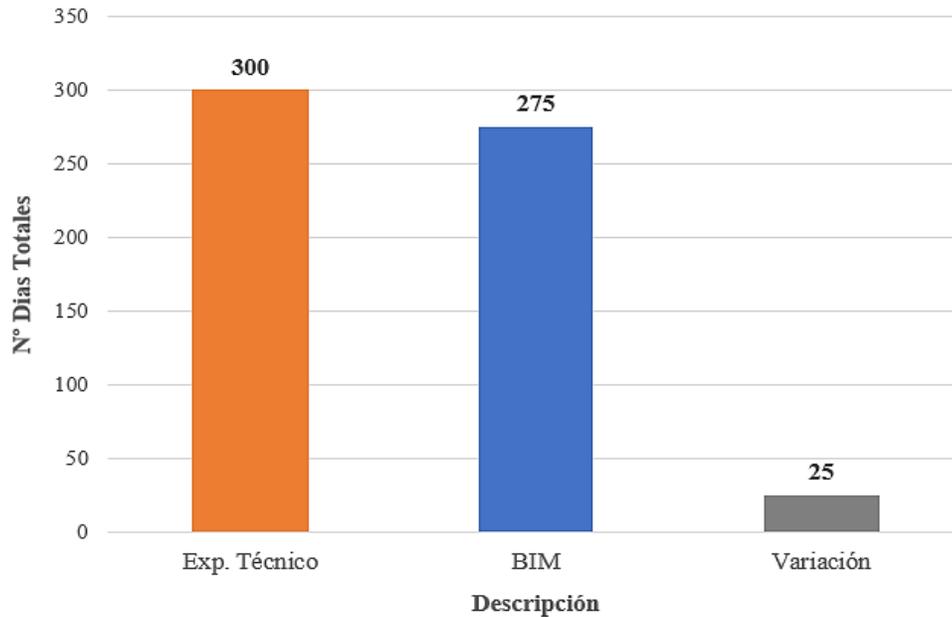
Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra

Descripción	N° Días Totales	Porcentaje (%)
Expediente Técnico	300	100.00%
BIM	275	91.67%
Variación	25	8.33%

Nota: Propio.

Figura 53

Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra



Nota: Propio.

De la Tabla 19, Figura 53, se observa que el tiempo de ejecución de obra del Expediente Técnico es de 300 días, el cual excede en un 8.33% al tiempo realizado con la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados y la mejora de procesos, donde resulta en 275 días y; por lo tanto, una disminución de 25 días con respecto al Expediente Técnico.

II) PROYECTO DE INVERSIÓN DE MEDIANA COMPLEJIDAD

“Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el Distrito de San Isidro – Lima – Lima, C.U.I. 2325535”.

Para iniciar con el desarrollo del proyecto de baja complejidad, antes que nada, se definió el nombre del archivo utilizando nuestra plantilla de acuerdo al Registro de Programa de Identificación de una Tarea - TIDP mencionado en la estructura de directorios y nombre de archivos de los proyectos (estándar técnico N° 13).

Seguidamente se analizó las diferentes especialidades involucradas (arquitectura, estructuras, instalaciones mecánicas, sanitarias, eléctricas y comunicaciones), tomando en cuenta el flujo de trabajo (estándar técnico N° 7), se optó que el modelamiento debería empezar por la especialidad de Arquitectura creando así un archivo llamado Ejes y Niveles con abreviatura “2325535-MSI-M3D-RN-TN-ARQ-01” según el TIDP (estándar técnico N° 13.1.1) para generar y poder tener un punto de origen, el cual será guardado en el directorio de la carpeta archivo local (estándar técnico N° 13.1) con el nombre de Coordenadas (estándar técnico N° 13) del cual se controlaron todas las especialidades.

Luego se procedió a realizar los mismos pasos para la creación de los archivos siguientes, según lo planificado en la coordinación para el beneficio del proyecto, tabla 20.

Tabla 20

Estructura de directorios y nombre de archivos de los proyectos.

Identificación del Contenedor de Información	Descripción del Contenedor de Información
2325535-MSI-M3D-GG-TN-MF-00	Modelo General.
2325535-MSI-M3D-CA-TN-EST-01	Concreto Armado.
2325535-MSI-M3D-DEM-TN-EST-02	Estructuras Metálicas y Disipadores.
2325535-MSI-M3D-CV-TN-EST-03	Columnetas y Viguetas.
2325535-MSI-M3D-AE-TN-EST-04	Armadura Estructural.

2325535-MSI-M3D-TER-TN-EST-05	Topografía, Excavación y Relleno.
2325535-MSI-M3D-RN-TN-ARQ-01	Rejillas y Niveles.
2325535-MSI-M3D-MSVP-TN-ARQ-02	Muros, Suelos, Ventanas y Puertas.
2325535-MSI-M3D-MB-TN-ARQ-03	Mobiliario.
2325535-MSI-M3D-TE-TN-ARO-04	Tarrajeos Exteriores.
2325535-MSI-M3D-TI-TN-ARQ-05	Tarrajeos Interiores.

Nota: Propio

Dichos archivos se encuentran en la carpeta 03. Modelo Revit 2022 de cada especialidad, así como se explica el (estándar técnico N° 13) de los Estándares Técnicos BIM.

Una vez guardado los archivos en sus respectivas carpetas, se procedió a la configuración del entorno inicial del software Revit (estándar técnico N° 12), esto con la finalidad de saber quién manipuló por última vez cualquier archivo local (estándar técnico N° 8).

Luego se procedió a verificar y analizar los planos 2D (estándar técnico N° 17.12) extraído del expediente técnico, para así crear ciertas familias paramétricas faltantes que nos sirvieron para el modelo, los cuales fueron guardados en la carpeta 04. Familias Paramétricas (estándar técnico N° 13) (estándar técnico N° 15.2); a partir de ello, se comenzó el modelado 3D de todas las especialidades teniendo en cuenta los procesos constructivos o técnicas de modelado (estándar técnico N° 17) y vinculando el archivo de Ejes y Niveles para tener referencia del inicio y origen del proyecto de inversión (estándar técnico N° 9). Al finalizar el modelado, se parametrizo el modelo general de cada especialidad, creando parámetros compartidos los cuales nos sirvieron para realizar filtros (estándar técnico N° 17.6), la coordinación, las tablas de planificación (metrados exactos) y la documentación de cada especialidad involucrada (estándar técnico N° 16) tanto para gabinete como para la construcción.

Después de parametrizar los modelos, se procedió a incorporar la parte de la coordinación 4D, mediante el software Navisworks 2022, donde se utilizó el modelo federado (todas las especialidades unidas) aprovechando así la parametrización que se trabajó con anterioridad; es

así, que se buscó por especialidad de acuerdo a los parámetros compartidos (estándar técnico N° 17) y se les asignó un color referencial (estándar técnico N° 18.4).

Para empezar el Clash Detective, se configuró el versus entre cada especialidad (estándar técnico N° 18.1), y esto a su vez nos permitió identificar las colisiones (estándar técnico N° 18.4.2), obteniendo así el reporte de interferencias (estándar técnico N° 18.4.3) y por último, se procedió a la resolución de las interferencias interdisciplinarias (estándar técnico N° 18.2).

Una vez solucionado las interferencias, se realizaron las tablas de planificación y la documentación con los parámetros compartidos que fueron creados, esto facilitó el trabajo ya que se tuvo un mejor orden. Para las tablas de planificación solo se usaron parámetros (estándar técnico N° 16) a conveniencia del proyecto; para la documentación se agregó la creación de familias paramétricas para el membrete, las vistas, etc., anexos N° 03 – 63.

Se generó el TimeLiner aprovechando también los parámetros compartidos de los modelos, y el cronograma de obra que se tenía en el expediente técnico, es así que se agrupó ambos requerimientos para originar la programación virtual 4D (estándar técnico N° 19),

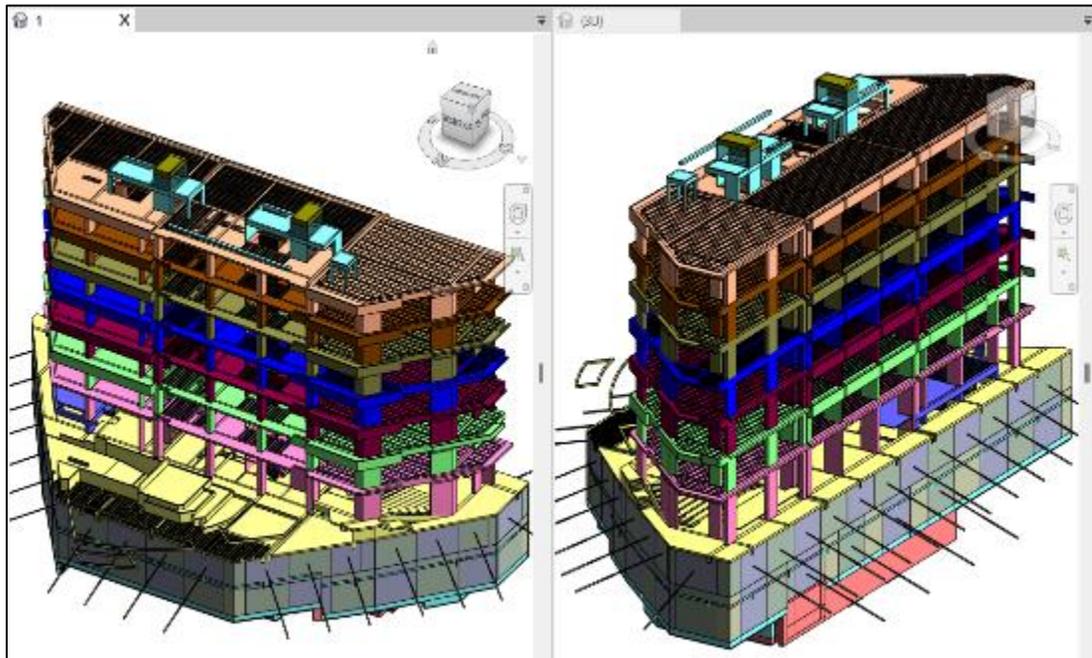
Finalmente, se actualizaron los costos parciales y el presupuesto general con el metrado obtenido de los modelos compatibilizados.

✓ **Modelos de Información del Proyecto, empleando el software AutoDesk Revit 2022**

Los modelos se elaboraron en base al expediente técnico y a los estándares creados. Por ello, el modelo de información requirió la buena lectura de planos y conocimientos de constructibilidad; es así, que se modela como se construye. Según lo mencionado, se elaboró la creación de familias paramétricas, modelos de información por cada especialidad, creación de parámetros, cálculo de cantidades de obra y la documentación 2D – 3D, anexos N° 37 – 45.

Figura 54

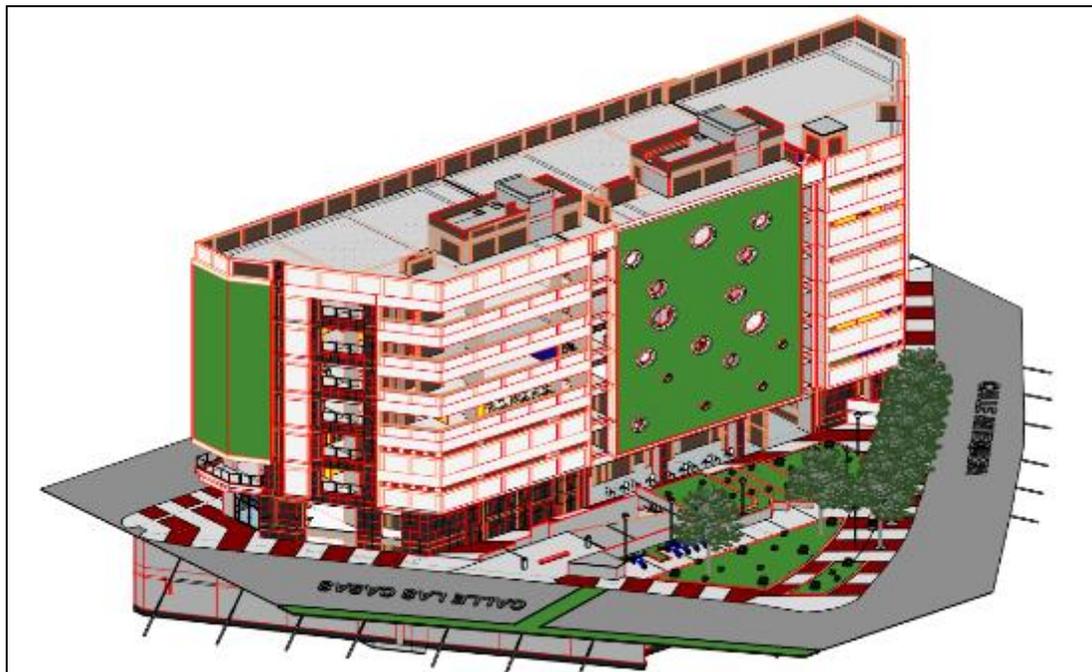
Modelo General de Estructuras



Nota: Propio

Figura 55

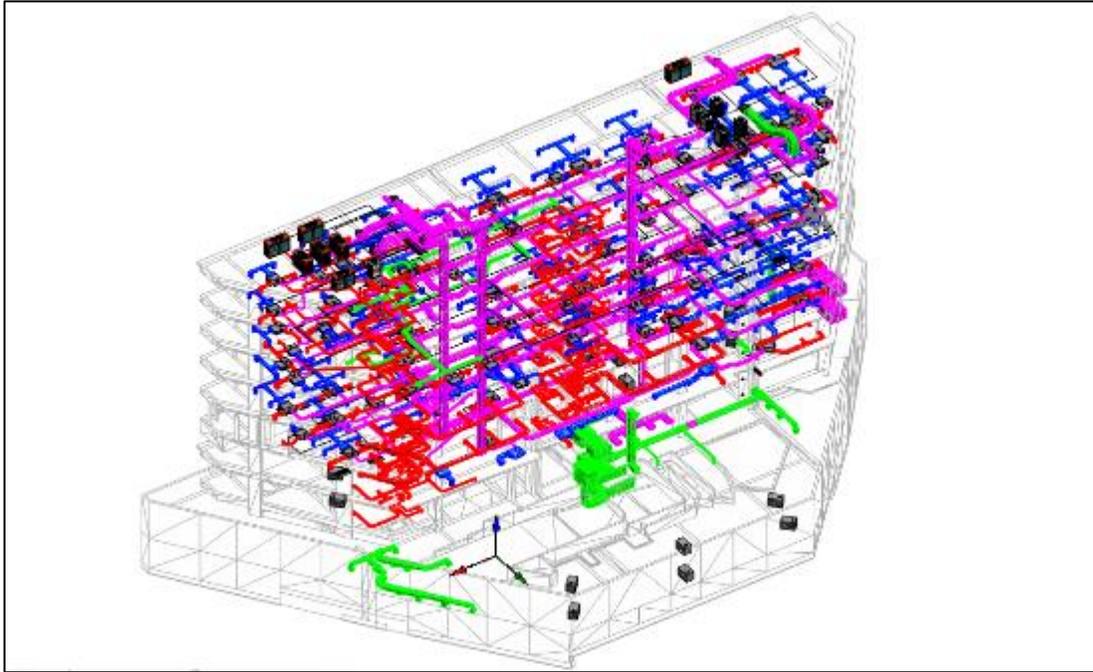
Modelo General de Arquitectura



Nota: Propio.

Figura 56

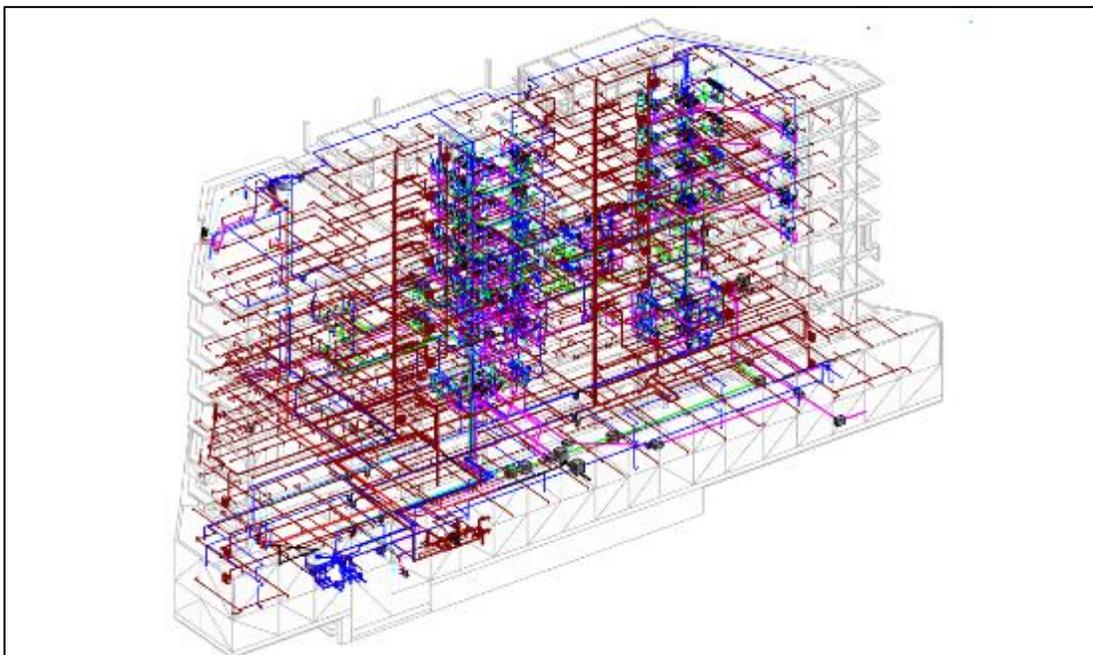
Modelo General de Instalaciones Mecánicas



Nota: Propio.

Figura 57

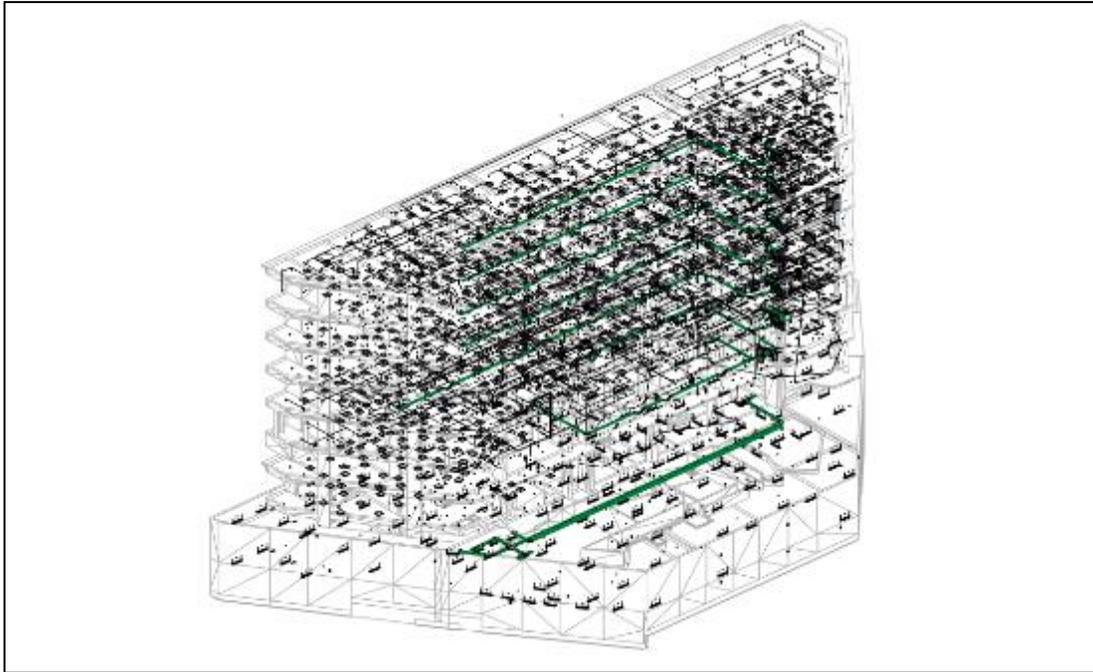
Modelo General de Instalaciones Sanitarias (AF, ACI y DSG)



Nota: Propio.

Figura 58

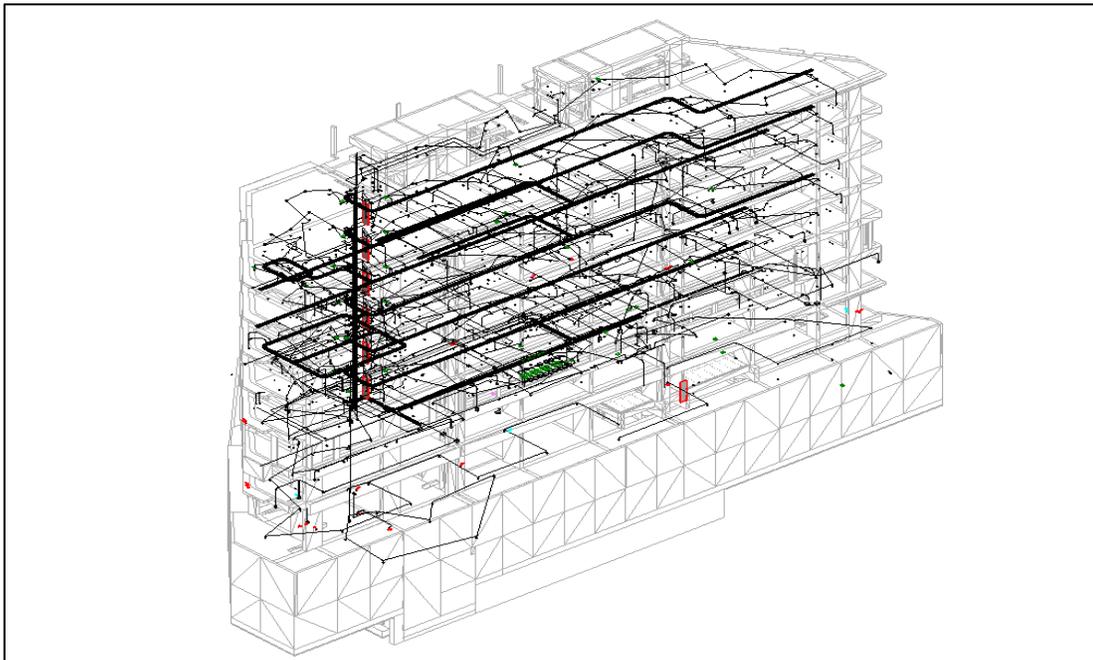
Modelo General de Instalaciones Eléctricas



Nota: Propio.

Figura 59

Modelo General de Instalaciones de Comunicaciones (TIC)



Nota: Propio.

Así mismo, los modelos nos permitieron identificar, cuantificar y analizar las diferencias que existen en el desarrollo CAD, frente al nuevo desarrollo con la metodología BIM, implicando la planificación y coordinación en la construcción virtual enfocado en los Estándares Técnicos implementados y que nos sirvieron de guía durante todo el proceso.

De igual manera, se mencionó el guion BIM en obra (estándar técnico N° 20) para el cual se debe utilizar los parámetros a conveniencia (estándar técnico N° 17), el modelador y coordinador BIM en obra, deben encargarse de actualizar la información del gemelo digital para así obtener el Modelo As Built; además, de realizar el control y seguimiento de la obra con el modelo BIM apoyándose del lookahead que proponga el área de producción.

Los Estándares Técnicos BIM, son creados en base a proyectos de baja y media envergadura; sin embargo, si existiera por naturaleza realizar cambios y/o actualizaciones al documento (estándar técnico N° 21) se deja un formato para poder solicitar a la entidad y proceder al cambio.

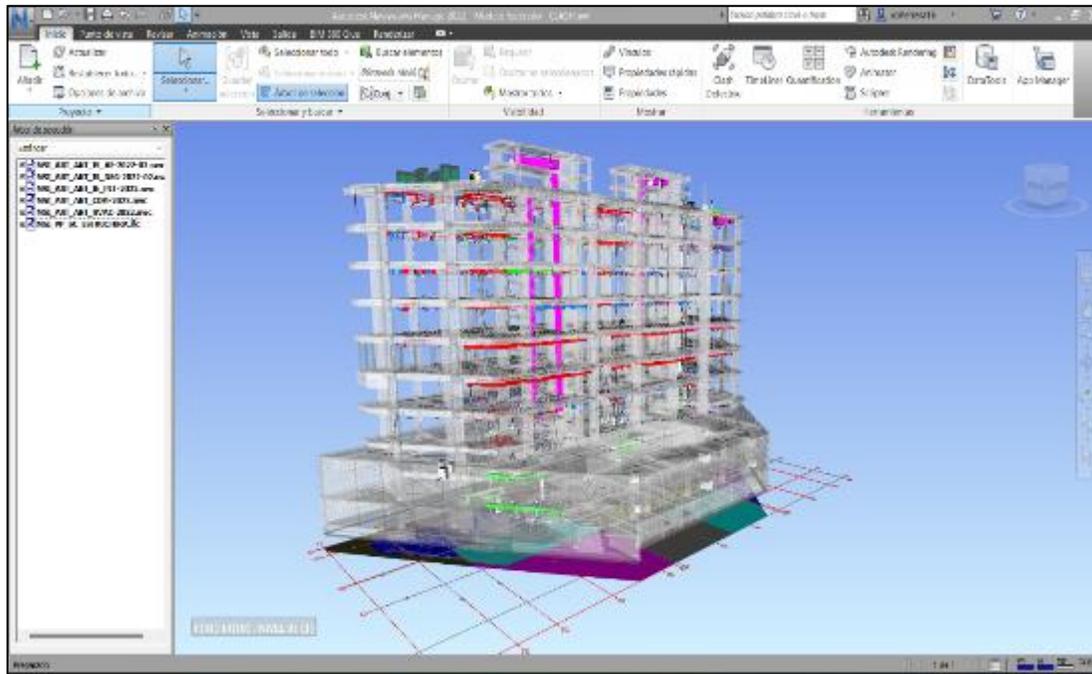
✓ **Coordinación de los Modelos de Información del Proyecto, empleado el software Navisworks 2022**

Para el inicio de la coordinación BIM, se tomaron los modelos de información disciplinarios del software Revit. Posteriormente se realizó la interoperabilidad de los mismos para obtener el modelo federado; todo ello, con ayuda del software Navisworks.

El objetivo fundamental de la coordinación, es optimizar la gestión del proyecto de inversión desde la etapa de planificación hasta la operación y mantenimiento. Por consiguiente, se ejecutaron los Clash Detective, a fin de poder reducir las interferencias entre todas las especialidades involucradas, Timeliner para el proceso constructivo de acuerdo a lo proyectado y la visualización digital (recorrido virtual), anexos N° 46 – 51, 57 – 62.

Figura 60

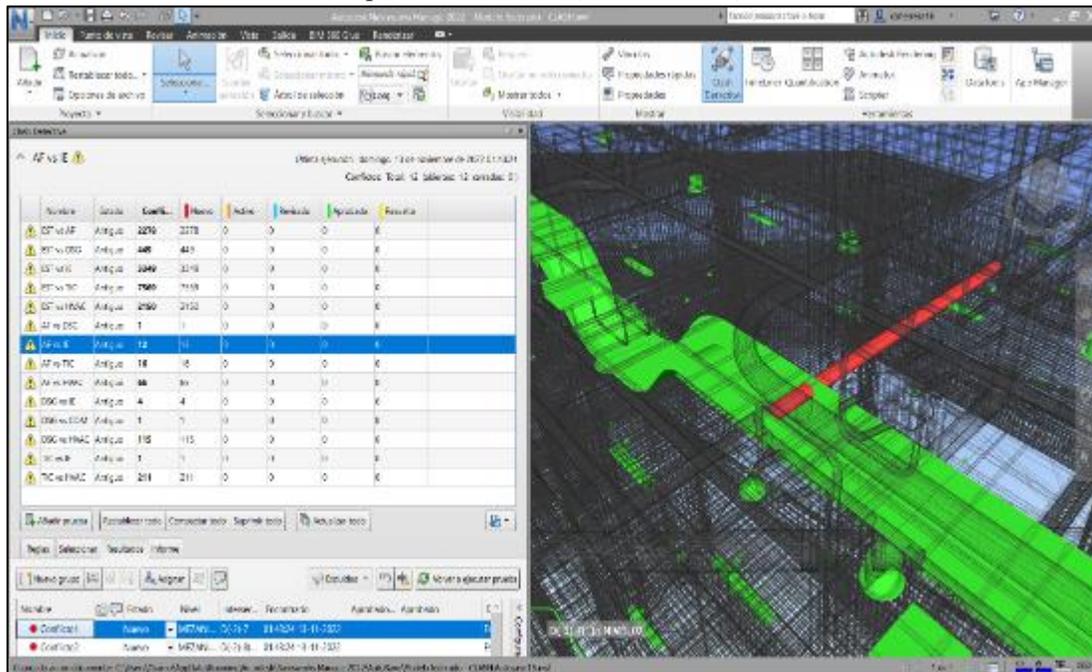
Modelo Federado, preparado para la Coordinación BIM



Nota: Propio.

Figura 61

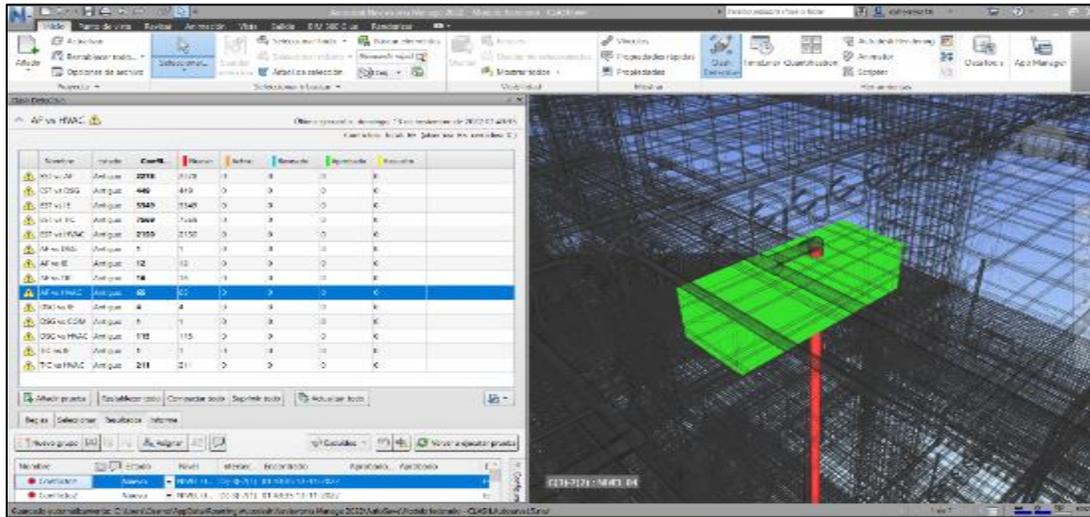
Clash Detective, entre las especialidades de (AF vs II.EE)



Nota: Propio.

Figura 62

Clash Detective, entre las especialidades de (AF vs HVAC)



Nota: Propio.

- ✓ **Metrados BIM a partir de los Modelos de Información del Proyecto, empleando el software Autodesk Revit 2022.**

Para la extracción de las tablas de planificación (metrados BIM), se elaboró bajo criterios de que: se modela como se construye; de igual manera, se utilizaron los parámetros compartidos (sector, áreas, encofrado, vaciado, tipo, etc.) y familias paramétricas, anexos N° 52 – 56.

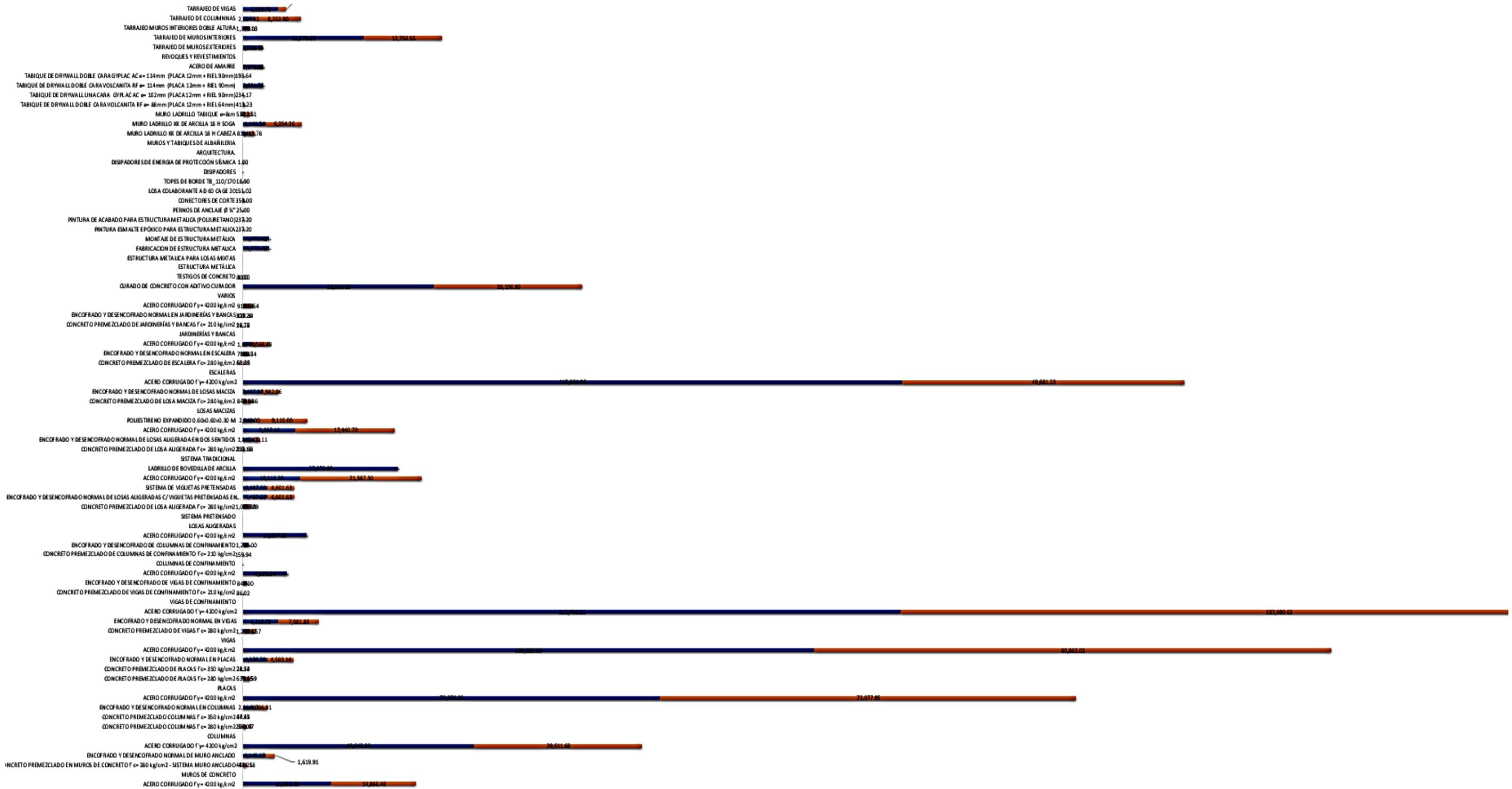
- ✓ **Costo diferenciado de partidas usando los Metrados BIM, empleando el software Delphin Express 2022**

Para la elaboración de la cuantificación del proyecto, se actualizó el presupuesto general de obra mediante la variación de las tablas de planificación extraídas de los modelos de información compatibilizados, anexos N° 63.

Para realizar la comparación de metrados y costos, se filtró todas las partidas involucradas en una tabla de Excel y se realizó un gráfico de barras horizontal, para verificar la variación que presentan los metrados del Exp. Técnico frente a los metrados BIM. Se tomaron partidas significativas con mayor diferencia para realizar el análisis.

Figura 63

Partidas con Metrados Generales



Nota: Propio.

Figura 64

Metrado BIM – Encofrado y Desencofrado Normal de Cisterna

<MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN ISIDRO>						
PROYECTO	<EXPEDIENTE TÉCNICO PARA LA EJECUCIÓN DEL SALDO DE OBRA DEL PROYECTO 'MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD CIUDADANA'>					
REGIÓN	LIMA	PROVINCIA	LIMA	DISTRITO	SAN ISIDRO	
ESPECIALID	ESTRUCTURAS		FECHA	<MARZO 2022>		
PARTIDA	<1.1.5.1.2 ENCOFRADO NORMAL DE CISTERNA>					
A	B	C	D	E	F	G
	Tipo	Área	Longitud	Altura	Anchura	Encofrado
PL00-Sólano 031	ACI	17.07 m ²	5.69 m	3.55 m	0.25 m	34.15 m ²
PL00-Sólano 031	ACI	21.11 m ²	7.04 m	3.55 m	0.25 m	42.22 m ²
PL00-Sólano 031	ACI	16.91 m ²	5.31 m	3.55 m	0.25 m	32.81 m ²
PL00-Sólano 031	ACI	39.74 m ²	13.23 m	3.55 m	0.25 m	78.41 m ²
PL00-Sólano 031	ACI	14.90 m ²	7.68 m	3.55 m	0.25 m	30.81 m ²
ACI s						226.19 m ²
PL00-Sólano 031	Agua Potable	2.33 m ³	1.02 m	2.34 m	0.25 m	4.16 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	13.08 m ³	5.60 m	2.34 m	0.25 m	26.15 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	3.15 m ³	1.35 m	2.34 m	0.25 m	6.30 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	0.30 m ³	2.27 m	2.34 m	0.25 m	10.15 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	5.36 m ³	2.25 m	2.34 m	0.25 m	10.51 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	15.00 m ³	5.22 m	2.32 m	0.25 m	30.01 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	11.24 m ³	3.85 m	2.32 m	0.25 m	22.48 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	2.66 m ³	1.81 m	2.41 m	0.25 m	5.72 m ³
PL00-Sólano 031	Agua Potable	2.64 m ³	2.05 m	2.45 m	0.25 m	7.00 m ³
Agua Potable s						124.42 m ³
PL00-Sólano 031						352.60 m ²
Total general: 14						352.60 m²

Nota: Propio.

Tabla 21

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Encofrado y Desencofrado Normal de Cisterna

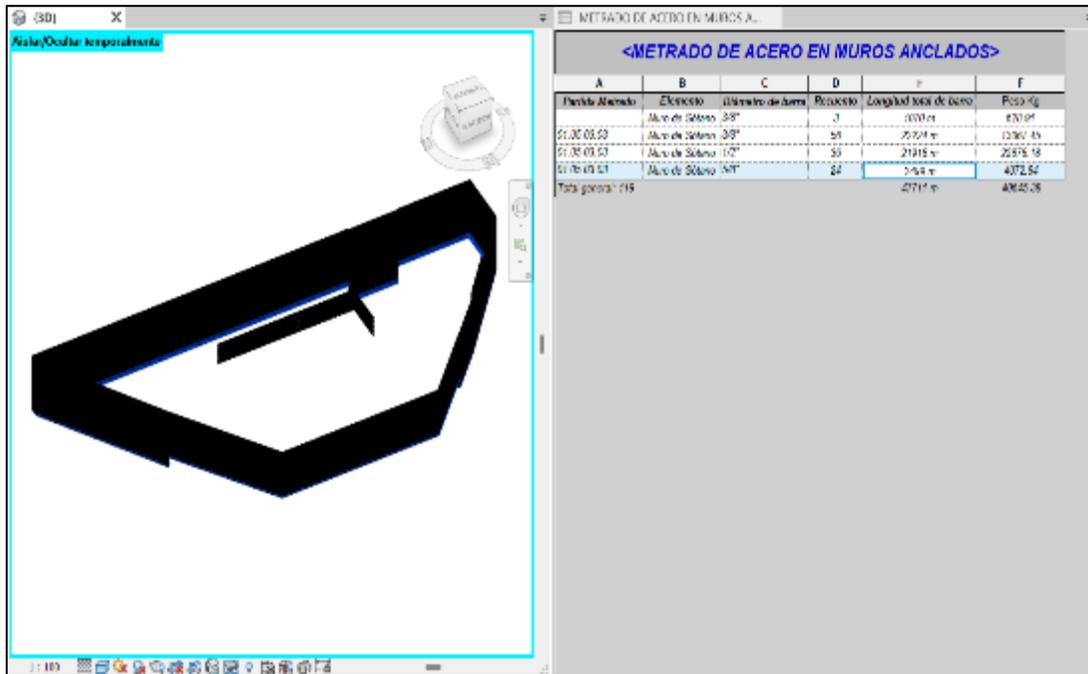
01.01.05.01.02	Encofrado y Desencofrado Normal de Cisterna	m ²
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	352.60	887.97
Costo Parcial	64.98	64.98
Costo Total	S/ 22,911.95	S/ 57,700.29
Diferencia %		60.29%

Nota: Propio.

De la Figura 64 y Tabla 21, con respecto a la partida 01.01.05.01.02 Encofrado y Desencofrado Normal de Cisterna, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 352.60 m² con un costo de S/. 22,911.95; el cual es menor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 887.97 m² y S/. 57,700.29 con una diferencia en exceso del 60.29%.

Figura 65

Metrado BIM – Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Muros Anclados de Concreto



Nota: Propio.

Tabla 22

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET - Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Muros Anclados de Concreto

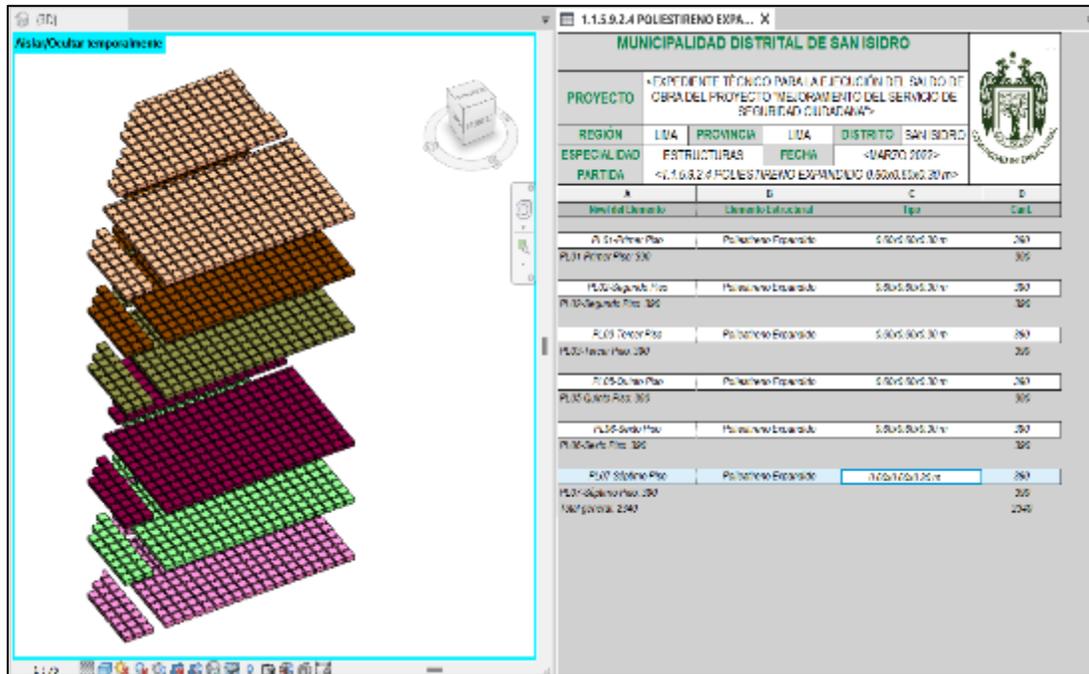
01.01.05.03.03	Acero Corrugado $f'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ en Muros Anclados de Concreto	Kg
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	40645.38	29611.68
Costo Parcial	6.45	6.45
Costo Total	S/ 262,162.70	S/ 190,995.34
Diferencia %		-37.26%

Nota: Propio.

De la Figura 65 y Tabla 22, respecto a la partida 01.01.05.03.03 Acero Corrugado $f'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ en Muros Anclados de Concreto, donde el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 40645.38 Kg con un costo de S/. 262,162.70; el cual tiene mayor metrado y costo establecido en el ET con 29611.68 Kg y S/. 190,995.34 con una diferencia deficiente de -37.26%.

Figura 68

Metrado BIM – Poliestireno Expandido (0.60 x 0.60 x 0.30m)



Nota: Propio.

Tabla 25

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Poliestireno Expandido (0.60 x 0.60 x 0.30 m)

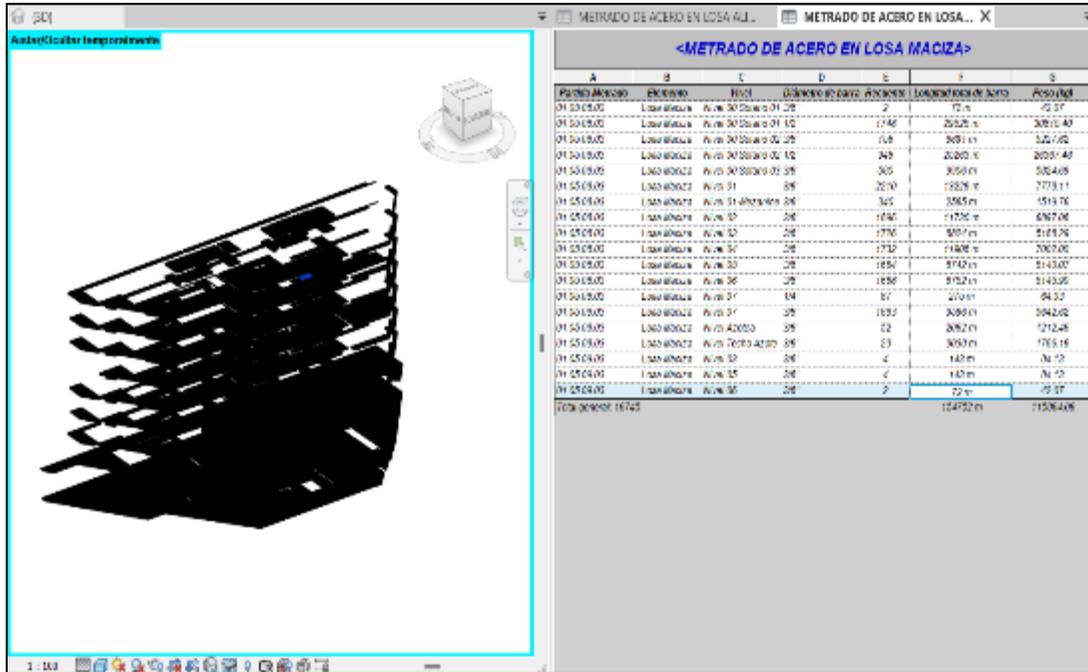
01.01.05.09.02.04	<i>Poliestireno Expandido (0.60 x 0.60 x 0.30 m)</i>	Und
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	2340.00	9115.00
Costo Parcial	3.55	3.55
Costo Total	S/ 8,307.00	S/ 32,358.25
Diferencia %	74.33%	

Nota: Propio.

De la Figura 68 y Tabla 25, respecto a la partida 01.01.05.09.02.04 Poliestireno Expandido (0.60 x 0.60 x 0.30 m), se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 2340.00 Und con un costo de S/. 8,307.00; el cual es menor al metrado y costo establecido en el Exp. Técnico con 9115.00 Und y S/. 32,358.25 con una diferencia que excede el 74.33%.

Figura 69

Metrado BIM – Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Losas Macizas



Nota: Propio.

Tabla 26

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET - Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Losas Macizas

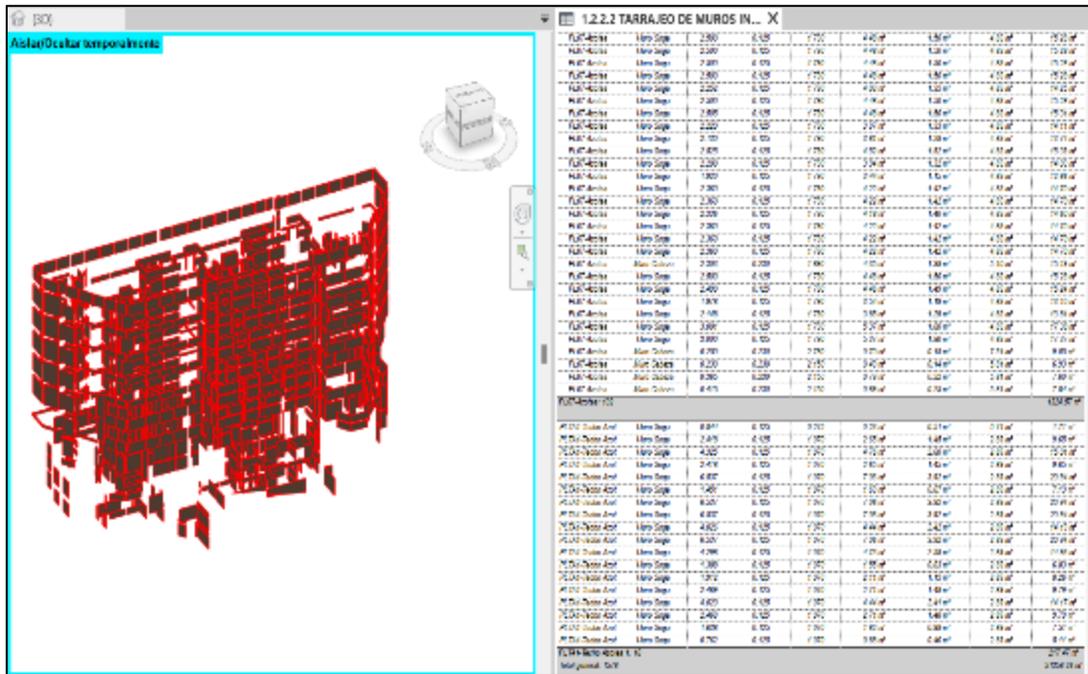
01.01.05.10.03	Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Losas Macizas	
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	115864.06	49681.23
Costo Parcial	6.45	6.45
Costo Total	S/ 747,323.19	S/ 320,443.93
Diferencia %	-133.21%	

Nota: Propio.

De la Figura 69 y Tabla 26, respecto a la partida 01.01.05.10.03 Acero Corrugado $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Losas Macizas, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 115864.06 Kg con un costo de S/. 747,323.19; el cual es mayor al metrado y costo establecido en el ET con 49681.23 Kg y S/. 320,443.93 con una diferencia deficiente del -133.21%.

Figura 70

Metrado BIM – Tarrajeo en Muros Interiores



Nota: Propio.

Tabla 27

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Muros Interiores

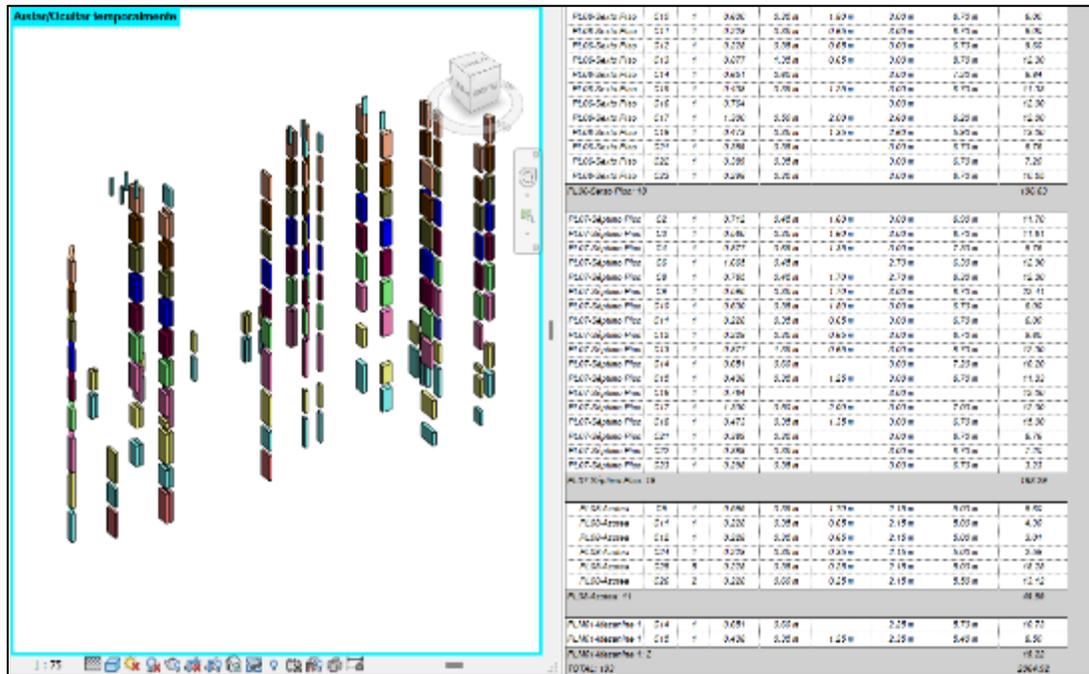
01.02.02.02	Tarrajeo de Muros Interiores	m ²
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	21370.29	13750.55
Costo Parcial	32.31	32.31
Costo Total	S/ 690,474.07	S/ 444,280.27
Diferencia %	-55.41%	

Nota: Propio.

De la Figura 70 y Tabla 27, con respecto a la partida 01.02.02.02 Tarrajeo de Muros Interiores, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 21370.29 m² con un costo de S/. 690,474.07; el cual es mayor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 13750.55 m² y S/. 444,280.27 con una diferencia deficiente del -55.41%.

Figura 71

Metrado BIM – Tarrajeo de Columnas



Nota: Propio.

Tabla 28

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Columnas

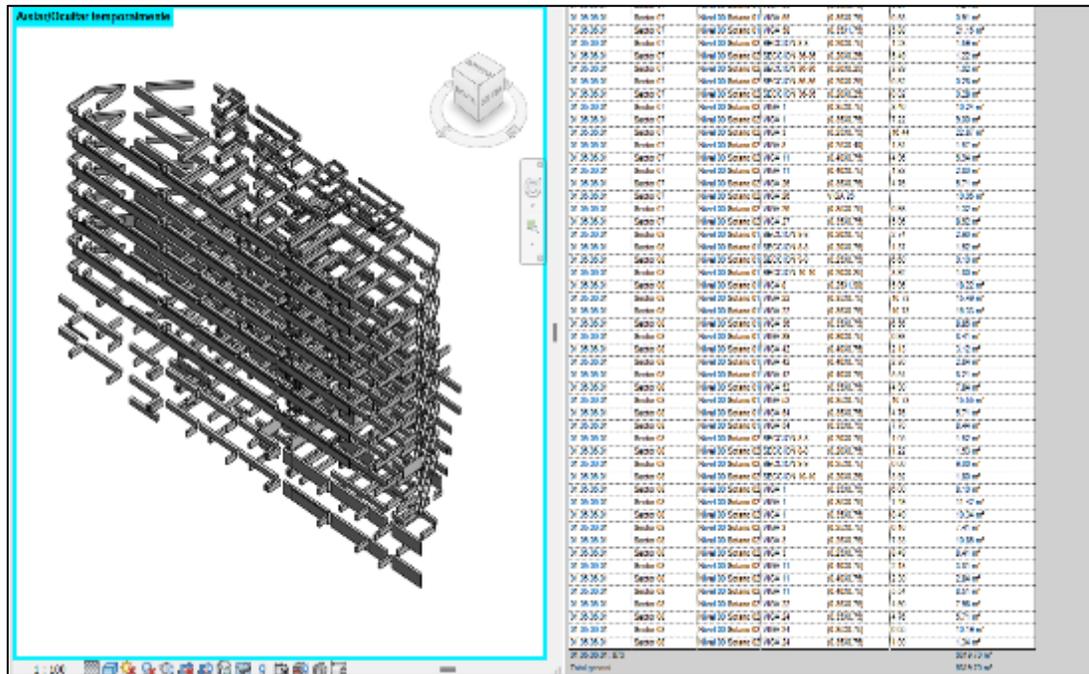
01.02.02.04	Tarafeado de Columnas	m ²
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	2064.92	8253.90
Costo Parcial	69.12	69.12
Costo Total	S/ 142,727.27	S/ 570,509.57
Diferencia %		74.98%

Nota: Propio.

De la Figura 71 y Tabla 28, con respecto a la partida 01.02.02.04 Tarrajeo de Columnas, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 2064.92 m² con un costo de S/. 142,727.27; el cual es menor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 8253.90 m² y S/. 570,509.57 con una diferencia que excede el 74.98%.

Figura 72

Metrado BIM – Tarrajeo de Vigas



Nota: Propio.

Tabla 29

Diferencia Metrado y Costo BIM vs ET – Tarrajeo de Vigas

01.02.02.05	Tarrajeo de Vigas	m²
	BIM	EXP. TECNICO
Metrado	6319.70	1450.00
Costo Parcial	69.12	69.12
Costo Total	S/ 436,817.66	S/ 100,224.00
Diferencia %	-335.84%	

Nota: Propio.

De la Figura 72 y Tabla 29, con respecto a la partida 01.02.02.05 Tarrajeo de Vigas, se puede observar que el metrado obtenido de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es 6319.70 m² con un costo de S/. 436,817.66; el cual es mayor al metrado y costo establecido en el Expediente Técnico con 1450.00 m² y S/. 100,224.00 con una diferencia deficiente del -335.84%.

✓ **Resumen de la Comparación de Metrados y Costos con BIM vs Expediente Técnico**

Tabla 30

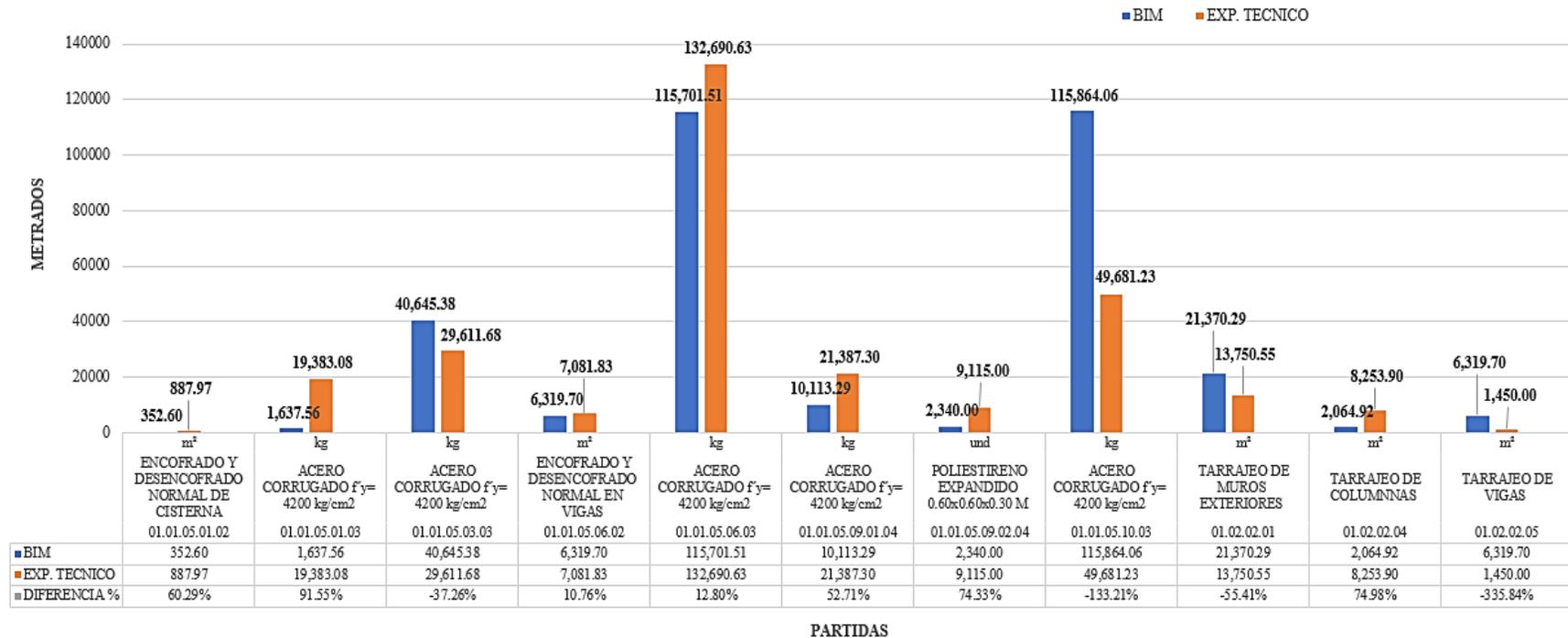
Resumen comparativo de Metrados BIM vs Expediente Técnico

Comparación de Metrados Estructuras		Und	BIM	Expediente Técnico	Diferencia %
01.01	ESTRUCTURAS				
01.01.05.01	Cisterna				
01.01.05.01.02	Encofrado y desencofrado normal de cisterna	m ²	352.60	887.97	60.29%
01.01.05.01.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	1,637.56	19,383.08	91.55%
01.01.05.02	Zapatas				
01.01.05.03	Muros de Concreto				
01.01.05.03.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	40,645.38	29,611.68	-37.26%
01.01.05.05	Placas				
01.01.05.06	Vigas				
01.01.05.06.02	Encofrado y desencofrado normal en vigas	m ²	6,319.70	7,081.83	10.76%
01.01.05.06.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	115,701.51	132,690.63	12.80%
01.01.05.09	Losas Aligeradas				
01.01.05.09.01	Sistema Pretensado				
01.01.05.09.01.04	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	10,113.29	21,387.30	52.71%
01.01.05.09.02	Sistema Tradicional				
01.01.05.09.02.04	Poliestireno expandido 0.60x0.60x0.30 m	und	2,340.00	9,115.00	74.33%
01.01.05.10	Losas Macizas				
01.01.05.10.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	115,864.06	49,681.23	-133.21%
Comparación de Metrados Arquitectura					
01.02	ARQUITECTURA				
01.02.02	Revoques y Revestimientos				
01.02.02.01	Tarrajeo de muros exteriores	m ²	21,370.29	13,750.55	-55.41%
01.02.02.04	Tarrajeo de columnas	m ²	2,064.92	8,253.90	74.98%
01.02.02.05	Tarrajeo de vigas	m ²	6,319.70	1,450.00	-335.84%
PROMEDIO					-16.75%

Nota: Propio.

Figura 73

Variación de Metrados BIM vs Expediente Técnico



Nota: Propio.

De la Tabla 30 y Figura 73, de las especialidades de estructuras y arquitectura, se muestran los metrados de las partidas más significativas del Modelo de Información BIM vs Expediente Técnico, en el cual se puede verificar que existe una diferencia que va a incidir en el presupuesto del proyecto. Esto se debe a los errores que se comete al medir de forma tradicional (expediente técnico), reafirmando que la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados nos cuantifica los metrados más precisos, ya que es calculado por el mismo software.

Tabla 31

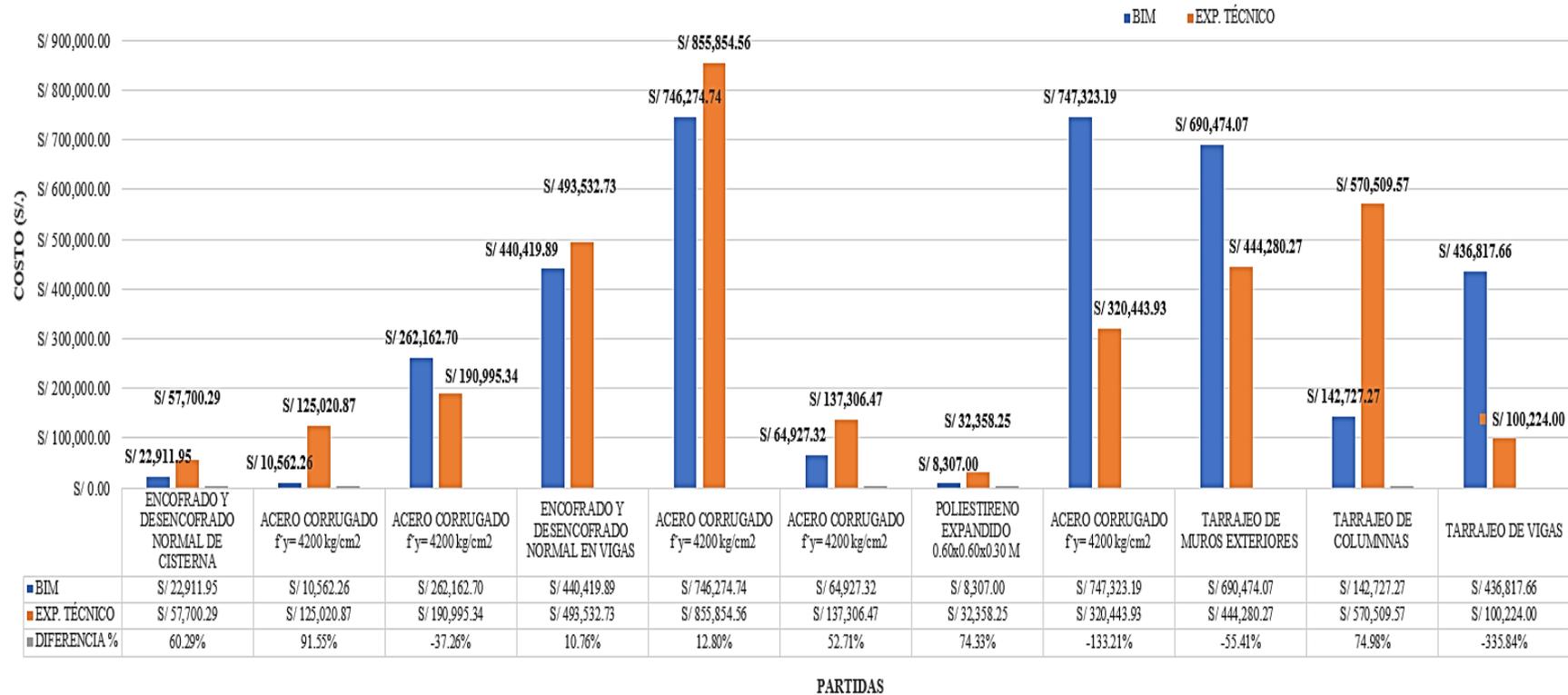
Resumen Comparativo de Costos BIM vs Expediente Técnico

Comparación de Costos de Estructuras		Und	BIM	Expediente Técnico	Diferencia %
01.01	ESTRUCTURAS				
01.01.05.01	Cisterna				
01.01.05.01.02	Encofrado y desencofrado normal de cisterna	m ²	S/ 22,911.95	S/ 57,700.29	60.29%
01.01.05.01.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	S/ 10,562.26	S/ 125,020.87	91.55%
01.01.05.03	Muros de Concreto				
01.01.05.03.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	S/ 262,162.70	S/ 190,995.34	-37.26%
01.01.05.06	Vigas				
01.01.05.06.02	Encofrado y desencofrado normal en vigas	m ²	S/ 440,419.89	S/ 493,532.73	10.76%
01.01.05.06.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	S/ 746,274.74	S/ 855,854.56	12.80%
01.01.05.09	Losas Aligeradas				
01.01.05.09.01	Sistema Pretensado				
01.01.05.09.01.04	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	S/ 64,927.32	S/ 137,306.47	52.71%
01.01.05.09.02.04	Poliestireno expandido (0.60x0.60x0.30 m)	und	S/ 8,307.00	S/ 32,358.25	74.33%
01.01.05.10	Losas macizas				
01.01.05.10.03	Acero corrugado f'y= 4200 kg/cm2	kg	S/ 747,323.19	S/ 320,443.93	-133.21%
Comparación de Metrados Arquitectura					
01.02	ARQUITECTURA				
01.02.02	Revoques y Revestimientos				
01.02.02.01	Tarrajeo de muros exteriores	m ²	S/ 690,474.07	S/ 444,280.27	-55.41%
01.02.02.04	Tarrajeo de columnas	m ²	S/ 142,727.27	S/ 570,509.57	74.98%
01.02.02.05	Tarrajeo de vigas	m ²	S/ 436,817.66	S/ 100,224.00	-335.84%
TOTAL			S/ 3,572,908.06	S/ 3,328,226.28	-7.35%

Nota: Propio.

Figura 74

Variación de Costos BIM vs Expediente Técnico



Nota: Propio.

De la Tabla 31 y Figura 74, de las especialidades de estructuras y arquitectura, se muestran los costos de las partidas más significativas del proyecto de mediana complejidad. El monto establecido del Expediente Técnico es S/ 3,328,226.28; el cual es deficiente en un -7.35% al costo obtenido con BIM de S/ 3,572,908.06. Una vez más queda demostrado que la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados es eficiente gracias al trabajo colaborativo en el modelamiento, planificación y coordinación.

Tabla 32

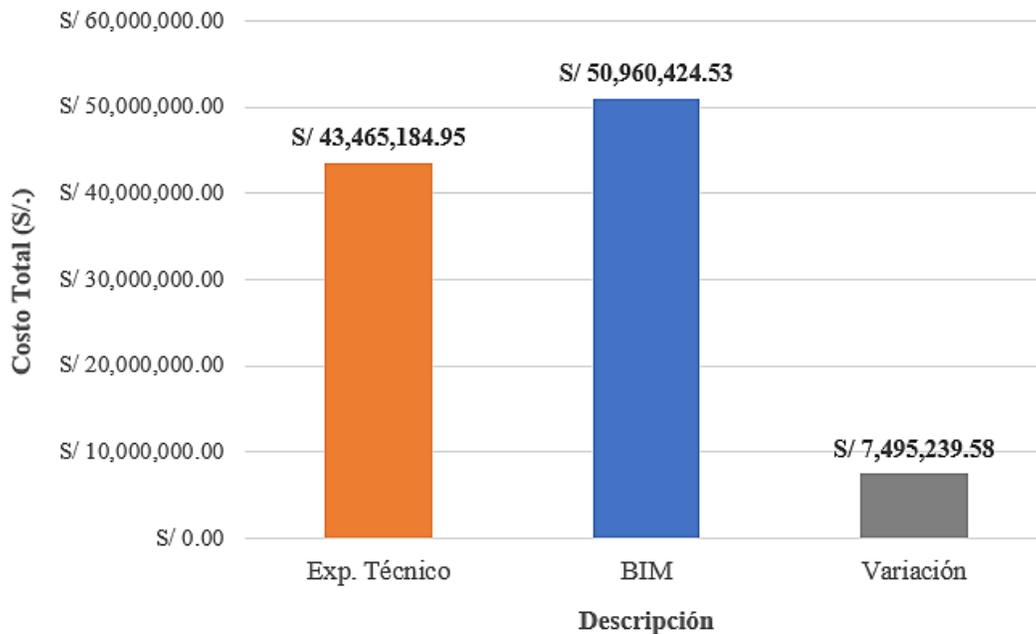
Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico

Descripción	Costo Total (S/.)	Porcentaje (%)
Expediente Técnico	S/ 43,465,184.95	100.00%
BIM	S/ 50,960,424.53	85.29%
Variación	S/ 7,495,239.58	-14.71%

Nota: Propio.

Figura 75

Comparación del Costo Total BIM vs Expediente Técnico



Nota: Propio.

De la Tabla 32, Figura 75, se observa que el costo total del Expediente Técnico es de S/ 43,465,184.95; el cual es menor al costo total del proyecto obtenido con BIM gracias a los estándares técnicos implementados de S/ 50,960,424.53, presentando un déficit de S/ 7,495,239.58 y una diferencia deficiente del -14.71%.

Tabla 33

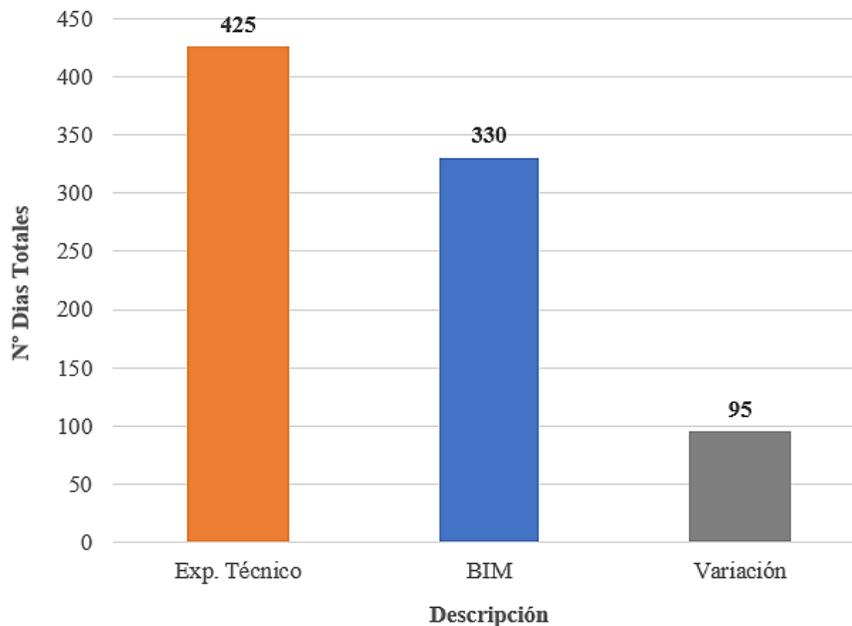
Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra

Descripción	N° Días Totales	Porcentaje (%)
Expediente Técnico	425	100.00%
BIM	330	77.65%
Variación	95	22.35%

Nota: Propio.

Figura 76

Comparación del Tiempo de Ejecución de Obra



Nota: Propio.

De la Tabla 33, Figura 76, se observa que el tiempo de ejecución de obra del Expediente Técnico es de 425 días, el cual excede un 22.35%; en cambio con la aplicación de la metodología BIM gracias a los estándares técnicos implementados y la mejora de procesos resulta en 330 días y; por lo tanto, una disminución de 95 días con respecto al Expediente Técnico.

En el año 2015, la capital del Perú fue elegido como sede de los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019, donde deportistas nacionales e internacionales compitieron en 21 recintos deportivos dentro y fuera de la ciudad. Para hacer realidad el mencionado evento, se necesitó la construcción y remodelación de varias infraestructuras (Villa Panamericana y Parapanamericana, Villa Deportiva Nacional “Videna”, Polideportivo Villa El Salvador, etc.). Debido a la gran complejidad de los proyectos y los contratiempos en las obras iniciales, muchas personas empezaron a dudar de que las obras se terminen antes de la fecha de inauguración de los juegos. Para lograr culminar estos proyectos a tiempo, las obras fueron construidas bajo modernas metodologías de trabajo colaborativo y un modelo de contrato que hizo la ejecución más rápida; de esta manera se logró cumplir con los plazos establecidos. Los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019 marcaron un hito importante para el país, no solo por el buen desempeño de los deportistas nacionales; sino también, por el éxito de la organización. Debido al contrato Estado a Estado que se suscribió con el Reino Unido, se utilizaron por primera vez herramientas como el PMO, contratos NEC y la metodología BIM. Luego de los resultados logrados, el Gobierno Nacional publicó en septiembre del 2019 el Decreto Supremo N° 289 – 2019 – EF, que permite incorporar de manera progresiva la metodología BIM en la inversión pública (Konstruedu, 2021).

Por otra parte, en base a nuestra experiencia al desarrollar los proyectos de inversión de baja y mediana complejidad, logramos identificar las diferencias que existen entre la metodología BIM y el sistema tradicional CAD; de igual forma, las ventajas y desventajas de ambos métodos de trabajo. Todo ello se pudo identificar gracias al desarrollo integral de ambos proyectos de inversión empleando los estándares técnicos BIM generados a partir de nuestra necesidad de mantener un lenguaje común entre todos los agentes (stakeholders) involucrados.

Tabla 34:

Diferencias entre BIM y CAD

BIM	CAD
Al ingresar datos o modificaciones, se actualiza la información automáticamente en todo el modelo.	Las correcciones deben realizarse manualmente y rectificar en todos los planos y/o documentos.
Permite el trabajo colaborativo en un modelo único, beneficiando el trabajo multidisciplinario.	Trabaja de forma independiente, lo cual se traduce en retraso y errores no detectados a tiempo.
Conexión integrada de todos los agentes involucrados.	Información independiente.
Mayor cantidad de información disponible e interoperable.	Información limitada.
Permite la extracción de documentos detallados en todas las etapas del proyecto.	Permite el diseño y entregables de proyectos gráficos.

Nota: Propio.

En la Tabla 34, se detallan las diferencias que existen cuando se desarrollan proyectos de inversión, empleando la metodología BIM y el sistema tradicional CAD.

Tabla 35:

Ventajas del BIM sobre el CAD

BIM	
Ventajas (Pros)	BIM supera con creces a los programas CAD en términos de coordinación, cantidad y calidad de información.
	El modelo está formado por componentes paramétricos, esto permite la automatización de procedimientos, lo que resulta en menos tiempo de modelado.
	Engloba gran cantidad y diversa información.
	Mantiene la correlación del modelo digital con la realidad.
	Facilita el diseño general, considerando tanto el método del proyecto como: análisis estructural, económico y sostenible, etc.
	Los parámetros de diseño son configurables de acuerdo a las preferencias del usuario.
Si las configuraciones no se establecieron previamente, se cargarán “por defecto”, esto resalta los aspectos que no se tomaron en cuenta al iniciar el proyecto.	

Nota: Propio.

En la Tabla 35, se da a conocer las ventajas que se tiene al momento de desarrollar proyectos de inversión mediante la metodología BIM. Además, trabajar con BIM nos beneficia ya que facilita la comunicación entre los involucrados del proyecto de inversión y el cliente para cumplir con los objetivos y satisfacer las necesidades del activo.

Tabla 36

Desventajas del CAD

CAD	
Desventajas (Contras)	<p>Funciona con elementos genéricos.</p> <p>Dibujo 2D sin información</p> <p>Exceso de capas, líneas, textos, puntos, etc.</p> <p>Comunicación asincrónica.</p> <p>Costos iniciales elevados.</p> <p>La información puede ser inconsistente fácilmente.</p> <p>No se puede vincular la información.</p> <p>Falta de entendimiento con los profesionales involucrados y el cliente.</p>

Nota: Propio.

En la Tabla 36, se denota las desventajas del sistema tradicional CAD.

Tabla 37

Desventajas del BIM

BIM	
Desventajas (Contras)	<p>Para la implementación se necesita bastante inversión</p> <p>Capacitación de personal en el uso de nuevas tecnologías y adecuado uso de la plataforma.</p> <p>Comunicación asincrónica.</p> <p>Compra de licencia de Software a utilizar</p>

Nota: Propio.

En la Tabla 37, se indica las desventajas de la metodología BIM, ya que se aprovecha bastante a nivel del desarrollo del proyecto de inversión; pero, se tiene deficiencias en cuanto a la implementación y los gastos que conlleva, de igual forma la falta de especialistas.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Esta investigación presentó las siguientes limitaciones: en la Municipalidad de San Isidro se evidenció la ausencia de procesos y estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual e integración de la información de los proyectos verticales de inversión de baja y mediana complejidad. Así mismo, la carencia de plantillas, las cuales son laboriosas al inicio; pero, una vez teniendo esta como base sirven para futuros proyectos de infraestructura similar facilitando su desarrollo. Por otro lado, para realizar los modelos de los proyectos de inversión con las herramientas BIM, se debe trabajar con la misma versión del software Revit, Naviswork y Delphin Express tienen que ser la misma o superior, de lo contrario no se podrá visualizar los modelos de información (3D), la planificación y coordinación (4D), ni los costos (5D). Además, se verificó y reafirmó que los estándares técnicos se posicionan más en los proyectos de infraestructura vertical (colegios, hospitales, centro de atención al adulto mayor, etc.), mas no para infraestructura lineal (autopistas, carreteras, defensas ribereñas, etc.). Finalmente, es necesario precisar; que, para desarrollar proyectos de inversión con BIM, se debe contar con una laptop o computadora de gama media – alta, recomendable a partir de séptima generación con un procesador i7 o superior; ya que, los distintos procesos, flujos de trabajo y herramientas BIM exigirán un alto nivel de eficiencia del hardware para poder mantener un desarrollo fluido de trabajo del entorno BIM.

Respecto a la interpretación comparativa, podemos indicar lo siguiente:

En relación a nuestros antecedentes, y los resultados obtenidos de la presente investigación guarda relación con lo expuesto por Eyzaguirre (2015) donde indica que, las causas de la deficiente gestión y desarrollo de los proyectos de inversión es el bajo nivel de planificación y

coordinación en la etapa de diseño; además, se tiene un concepto equivocado de que BIM es Revit, debemos distinguir y comprender que BIM es mucho más que un software; es una metodología de trabajo alineada con los procesos, políticas, recurso humano, tecnología y la gestión de la información de los proyectos de construcción. Los nuevos procesos técnicos servirán para establecer la forma de colaboración, intercambio de información y conocimientos. La incorporación de políticas definidas, enmarcadas en las especificaciones y contratos brindará soporte a la aplicación BIM, mediante la estandarización y estrategias de ejecución para los modelos de información 3D. El recurso humano, elemento imprescindible de la metodología BIM, por medio de sus habilidades, conocimientos, experiencia y amplias capacitaciones, son los encargados de liderar y ejecutar la implementación, para alcanzar los objetivos planteados y garantizar el éxito. Por último, pero no menos importante, la tecnología comprende al conjunto de herramientas y softwares, los cuales están aptos para ser configurados, monitoreados y adaptados para cualquier situación y/o requerimientos de cada proyecto. Así mismo, de acuerdo al objetivo establecido se analizó e implementó estándares técnicos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad; los estándares técnicos se elaboraron en base a la experiencia y resultados finales de los modelos y coordinación de los proyectos de baja y mediana complejidad, los cuales nos sirvieron como lineamientos y requisitos que debe cumplir la institución pública “Municipalidad de San Isidro – Lima” y también las empresas contratistas, para la construcción virtual de los modelos BIM e integración de la información; es decir, que se deben implementar en cada proceso para generar una automatización de la producción, lograr mejores resultados, poder ser auditadas y replicadas en los futuros proyectos de inversión. Además, la “ISO 19650” es una normativa internacional que marca las pautas necesarias para realizar la gestión de la

información en un proyecto de construcción; es decir, apunta a un sistema de gestión que integra procesos para fomentar el trabajo colaborativo entre todos los involucrados del proyecto. Por otra parte, en el Perú tenemos el “Plan BIM Perú” que busca adoptar la metodología BIM de manera progresiva en todo el sector público, teniendo como referencia el año 2030, en donde 100% de los proyectos de inversión pública deben desarrollarse aplicando BIM; en otras palabras, con esto se pretende mejorar los expedientes técnicos y la calidad de la construcción real, Tabla 38 y Figura 77. Este resultado coincide con lo que sostiene Prado (2021), donde menciona la importancia de identificar normas y reglamentos estatales para el desarrollo de proyectos de inversión pública con BIM; del mismo modo, los procesos y estándares técnicos brindados facilitan la gestión de la información, y los diferentes pasos que debe seguir un proyecto de inversión para un adecuado direccionamiento en el ciclo de vida.

Tabla 38

“Plan BIM Perú” – Metas

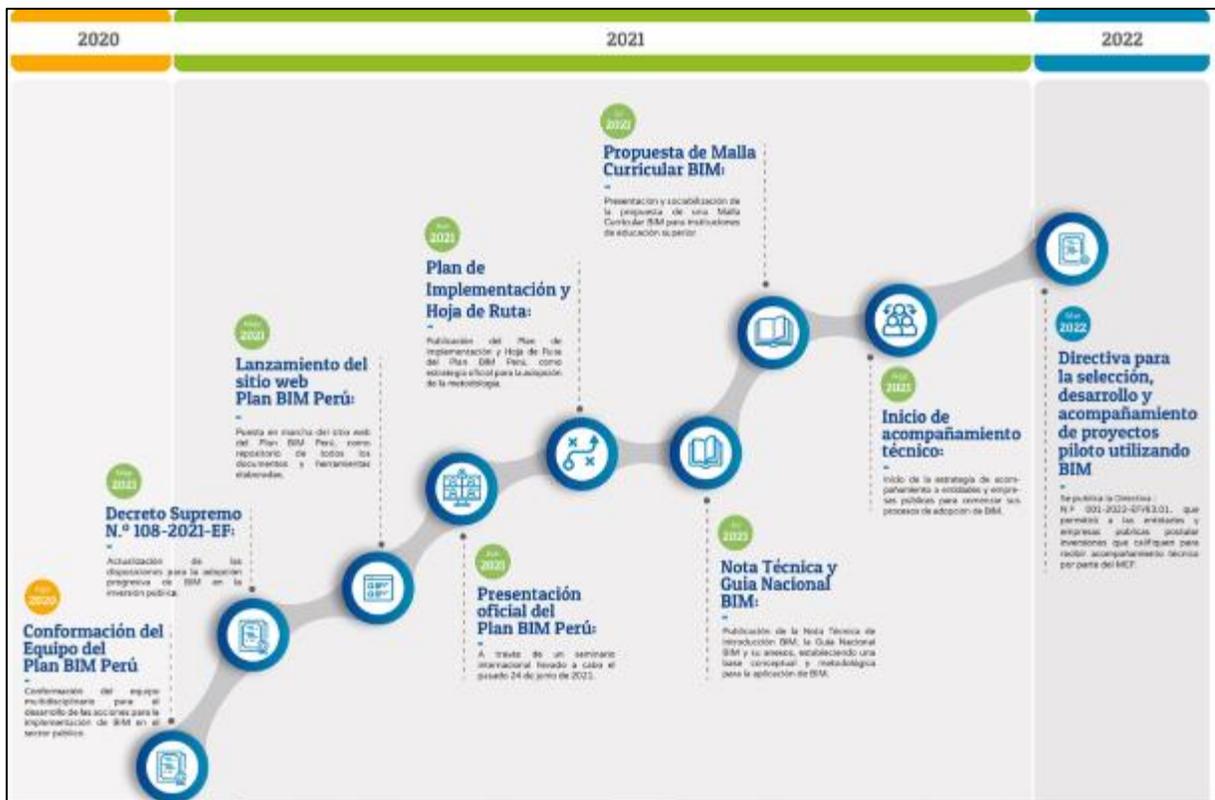
Hito 1	Hasta Julio 2021	Hasta Julio 2025	Hasta Julio 2030
Proyecto de Decreto Supremo que regula el BIM (Sep. 2019)	Estándares y requerimientos BIM elaborados.	BIM aplicado en todo el Gobierno nacional y en tipologías seleccionadas del Gobiernos regionales.	Biblioteca BIM Perú, como repositorio digital colaborativo para uso de todo el sector público.
Plan de Implementación y Hoja de Ruta	Proyectos piloto aplicando la metodología BIM.	Marco regulatorio para la aplicación de BIM en el sector público.	Obligatoriedad normada de BIM en todo el sector público.

del Plan BIM Perú (Oct. 2020) Estrategia de formación de capital humano para el uso de BIM. Biblioteca BIM Perú, como repositorio digital colaborativo para sectores priorizados por el Gobierno nacional.

Nota: Ministerio de Economía y Finanzas, 2019.

Figura 77

“Plan BIM Perú” - Avances



Nota: Ministerio de Economía y Finanzas, 2019.

Respecto a lo descrito, la implementación BIM en el sector público será imprescindible en el año 2030 para el desarrollo de todos los proyectos de inversión en todo el territorio nacional. A comparación de la hoja de ruta de Chile, su implementación BIM en el sector público culmina

en el año 2025 y, Perú lo tiene proyectado para un periodo más largo debido a que nuestro nivel de digitalización del sector público es menor; de igual forma cada realidad es distinta como, por ejemplo: nuestro procedimiento de contrataciones estatales para la infraestructura pública. Por consiguiente, es un deber de los involucrados continuar con el proceso de implementación en el Perú y estar a la vanguardia del conocimiento para sacarle mayor provecho y ser profesionales diferentes, para no esperar a que nos obliguen o se genere la necesidad de emplearlo.

Con respecto al uso de herramientas tecnológicas e implementación de procesos y formatos para la planificación y coordinación en la construcción virtual, en las Figuras 30 al 35 y 54 al 59, se observan los modelos de información de cada especialidad (estructuras, arquitectura, instalaciones mecánicas, sanitarias, eléctricas y comunicaciones) de cada proyecto de inversión de baja y mediana complejidad respectivamente. Se construyeron digitalmente empleando la herramienta Autodesk Revit 2022, el cual nos facilitó la gestión de la información mediante el trabajo colaborativo, con el fin de originar su representación única – fidedigna de las infraestructuras verticales y crear: familias paramétricas, modelos de información disciplinarias, parámetros, cálculo de cantidades de obra, documentación 2D – 3D y extraer tablas de planificación que nos permitirá una mayor precisión en el requerimiento de materiales y generar beneficios ambientales al optimizar el volumen de residuos; planos constructivos, detalles, renders, etc. Así mismo, se trabajó los modelos BIM bajo ciertos parámetros definidos como: sector, áreas, encofrado, vaciado, tipo, etc. para garantizar la correcta vinculación de la información en la etapa de coordinación (4D) y costos (5D) de ambos proyectos de inversión. También, se definieron los modelos (3D) en base a un LOD 400, ya que brinda un mayor nivel de detalle gráfico e informativo, reduciendo la latencia al momento de solicitar la información entre los agentes involucrados para lograr una correcta construcción, todo ello enmarcado

dentro de los estándares técnicos implementados. A su vez, coincidimos con Sánchez, et ál. (2020) donde indican que, la herramienta BIM es de gran utilidad para el levantamiento de la información de forma organizada mediante los flujos de trabajo, actividades, tiempos y agentes que intervienen en el proceso. Vera (2018) menciona que, la definición y exportación de los sólidos 3D del modelo BIM sobre el que se trabaja, facilitará o dificultará la vinculación de unidades de obra para ser presupuestadas en un modelo BIM 5D, y se evidenciará la reducción de costos en la etapa de diseño que es el momento más idóneo para resolver conflictos o problemas presentados y no en la construcción. Alcántara (2013) alude que, al realizar la construcción virtual permite equivocarnos de forma digital y no en campo, de esta manera se ahorran recursos de tiempo y costos por procesos mal diseñados; así mismo, el modelo de información es una herramienta de análisis para inspeccionar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad de las diversas instalaciones que operan de forma dependiente.

En las Figuras 36 – 38; 60 – 62 y Tablas 19 – 33, se observa el modelo federado y el tiempo de ejecución de obra de cada proyecto de inversión de baja y mediana complejidad, respectivamente. Se realizó la planificación y coordinación de la construcción virtual de cada uno, empleando el software Autodesk Navisworks 2022, el cual nos ayudó para la compatibilización y detección de interferencias e incompatibilidades entre los modelos multidisciplinarios, con el propósito de generar el timeliner (proceso constructivo) y la visualización digital (recorrido virtual) de todo el proyecto. En el primer proyecto se obtuvo un total de 7 967 interferencias e incompatibilidades y un total de 275 días para su ejecución, lo cual representa el 8.33% con una optimización de 25 días comparado al expediente técnico; en el segundo proyecto se obtuvo un total de 16 221 interferencias e incompatibilidades y un total de 330 días para su ejecución, lo cual representa el 22.35% con una optimización de 95 días

comparado al expediente técnico. En resumen, los estándares técnicos brindan la ruta para mejorar la calidad de los proyectos de inversión y disminuir o anular las ampliaciones de plazos, retrasos, paralizaciones, etc. Lo mencionado guarda relación con Poclín (2014) afirma que, la compatibilización de planos de arquitectura e ingeniería, mediante modelos BIM permite identificar conflictos entre elementos estructurales y no estructurales tales como: muros con placas, ductos de HVAC con tuberías de agua, etc. Ángel (2019) que establece, para la coordinación de un proyecto de construcción se tiene la información actualizada en un modelo central, en el que todos los stakeholders pueden agregar valor al mismo, sincronizándose y vinculando las acciones en tiempo real. Trejo (2018) manifiesta que, BIM ha generado un impacto positivo en todos los procesos de planificación y control de los proyectos aeroportuarios, mineros, industriales, de edificación e infraestructura en el mundo, en cuanto a la optimización de recursos: tiempos, costos y calidad. Ramos (2019) expresa que, BIM 4D obvia los trabajos rehechos estableciendo prioridades en las especialidades, coordinando de manera anticipada soluciones a diferentes problemas constructivos (interferencias, incompatibilidades, impresiones, etc.) y simulando la construcción para evitar defectos en la etapa de planificación; también, en su proyecto “*Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el distrito de Puno*” logró una reducción del tiempo de ejecución en un total de 15 días que equivale a un 7.69 % respecto al tiempo de ejecución programado. Pajares (2020) en su proyecto “*Módulo Termal Lúdico del Complejo Turístico de los Baños del Inca*”, identificó 11 incompatibilidades e interferencias mediante la coordinación y el modelo 3D, donde el 55% corresponde a la especialidad de arquitectura y estructura, el 18% a arquitectura e instalaciones sanitarias, el 18% solo arquitectura y el 9% a estructuras. Vásquez (2019) expone

que, la coordinación influye de manera significativa en la calidad de los proyectos, porque garantiza la nula solicitud de adicionales de obra, retrasos, actualización de As Built, etc.

En las Tablas 18 y 32, se observa el costo total de cada proyecto de inversión de baja y mediana complejidad respectivamente, tanto del Expediente Técnico y la actualización con BIM. Se realizó la actualización de cada presupuesto, aprovechando los metrados extraídos de las tablas de planificación de los modelos compatibilizados; para ello, se empleó el software Delphin Express 2022 que nos permitió exportar y actualizar los costos de materiales, equipos y mano de obra en función de las cotizaciones vigentes y la tabla salarial del jornal básico brindada por la Municipalidad de San Isidro. En el proyecto de inversión de baja complejidad se evidencia una variación deficiente del -6.93% que corresponde a S/. 2,010,898.84; mientras que en el proyecto de inversión de mediana complejidad se percibe un -14.71% que concierne a S/. 7,495,239,58. Puesto que las deficiencias en los presupuestos de cada Expediente Técnico se presentan puntualmente en los metrados. Ante lo descrito, concordamos con Alfaro (2019) donde revela que, de acuerdo a sus dos proyectos “*Ugel – Bambamarca*” y “*Bloque I del Hospital de Jaén*”, la incidencia en el costo total es de 3.37% para el primer caso y de 1.53% para el segundo caso, dicha variación la alcanzó del presupuesto BIM y la metodología tradicional; en su análisis comparativo obtuvo una diferencia en montos menores al 4%. Julcamoro (2019) sustenta que, en su proyecto “*Mejoramiento de los servicios de atención integral de niñas, niños y adolescentes de la aldea infantil San Antonio*”, el monto establecido en el Expediente Técnico es de S/. 2,807,298.92 mientras que el presupuesto obtenido mediante el modelo virtual fue de S/. 3,103,881.59; y afirma que se tiene una diferencia de S/. 296,582.67 que corresponde al 10.56% del monto actualizado, siendo la causante el error en metrados, omisiones y excesos lo cual se pudo haber evitado mediante la aplicación BIM. Candia, Navarro

& Salazar (2018) aseguran que, en los proyectos de inversión de alta complejidad (hospitales) es mayor el costo de modelado; siendo esta el grado de dificultad al momento de manejar la información; por lo que, incide significativamente en el presupuesto general del proyecto cuando se realiza por ejecución presupuestaria indirecta (Ley de Contrataciones del Estado).

En relación a la comparación de expedientes técnicos (sistema tradicional CAD) con la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad, en las Tablas 34 al 37 se muestran las diferencias, ventajas y desventajas de la metodología BIM y el sistema tradicional CAD. Es importante desarrollar proyectos de construcción empleando BIM bajo la dirección de normas y/o estándares propios, ya que nos permite un mejor acceso a la información independientemente del software, esto se debe a que todos comparten el mismo enfoque; es decir, “gestionar la información de manera eficiente”, facilitando la colaboración e interacción entre los diferentes actores de un proyecto en tiempo real. Otro aspecto a su favor, es la evaluación de aspectos constructivos que faciliten una mejor planificación y control de las actividades de construcción mediante la gestión de subcontratistas; además, la relación con el cliente llega a ser más satisfactoria y grata cuando se trabaja mediante procesos BIM, porque se representa de manera fácil las acciones planificadas en un modelo 3D que en planos 2D. De igual forma, BIM genera un impacto positivo en obra, donde el equipo encargado de la construcción no destinará su tiempo para identificar errores y/o consultas, para remitirlas al equipo de supervisión mediante solicitudes de requerimiento de información (RFI's), lo cual mejora el proceso al contar con un modelo virtual y lo más importante, se minimizan los riesgos asociados a la deficiente información típica del desarrollo convencional de un proyecto, brindándonos mejores resultados y mayor productividad. De igual forma concertamos con Pajares (2020) que señala, el sistema tradicional es susceptible a generar

deficiencias en los diseños de edificaciones en cada una de sus especialidades, porque es complejo realizar un contraste bidimensional de un proyecto, sobre todo en los más complejos; por otro lado, BIM permite trabajar bidimensionalmente y tridimensionalmente facilitando supervisar el proyecto con mayor precisión, debido a que se puede trabajar a un alto nivel de detalle detectando y corrigiendo errores de manera oportuna. Prado (2021) declara que, el desarrollo de proyectos mediante la aplicación BIM, evidencia una considerable diferencia y mejora frente al CAD en cuanto a eficiencia como eficacia a partir de los parámetros de costos, tiempo y calidad en todo el ciclo de vida del proyecto.

Respecto a la implicancia de la investigación, se tiene como aporte “MSI - Estándares Técnicos BIM para el modelamiento y coordinación” implementada en la Municipalidad de San Isidro. Se definió los estándares para complementar y reforzar el proceso de implementación BIM en dicha institución pública. Mediante la estandarización se brindan los lineamientos, requisitos, procesos y formatos para la construcción virtual de modelos BIM e integración de la información, el correcto flujo de trabajo colaborativo a fin de obtener métricas basadas en tiempo vs RFI o levantamiento de observaciones. Finalmente, la mencionada implementación también puede tener alcance para los proyectos de inversión de alta complejidad, dependiendo de los criterios que se establezcan por parte del equipo BIM y el tipo de infraestructura civil.

Respecto a futuras investigaciones se recomienda abordar los siguientes temas:

Abarcar y desarrollar las dimensiones BIM de sostenibilidad (6D), operación y mantenimiento (7D) de proyectos de inversión, a través de diferentes software's.

Integración de la Metodología BIM con el Lean Construcción en la etapa de construcción de proyectos de inversión de alta complejidad.

Conclusión

En base a los resultados obtenidos de la presente investigación, se concluye en la aceptación de la hipótesis que establece: el análisis e implementación de estándares técnicos optimiza y mejora la productividad de procesos para la planificación y coordinación en la construcción virtual de proyectos de inversión de baja y mediana complejidad. Debido a que dicha estandarización sirve como lineamientos, procesos y formatos recurrentes para mejorar la productividad de los proyectos de inversión y a su vez afianzar la nueva metodología de trabajo, ya que nos permite tener alcances de lo que se va hacer, como se va hacer, para que se va hacer y que se va a obtener a fin de cumplir con los objetivos de los activos.

Los Estándares Técnicos BIM nos facilitaron la comunicación y trabajo sincrónico en colaboración con herramientas de telecomunicaciones como el entorno común de datos (ECD); Colwell (2008) en su investigación *“Herramientas TIC más influyentes en la construcción”* manifiesta que las herramientas TIC 3D y 4D otorgan beneficios y mejoras en la administración.

La Estandarización Técnica BIM sirve como base al Plan de Ejecución BIM (BEP) para dar respuesta al Employer’s Information Requirements ó EIR el cual es ejecutado por la entidad contratante; es decir, para proyectos realizados por ejecución presupuestaria indirecta.

Para el caso de proyectos desarrollados por administración directa, ya no será necesario realizar un Plan de Ejecución BIM (BEP) ya que los Estándares Técnicos BIM sustituyen a este.

La Estandarización Técnica BIM se aprovecha en su totalidad en proyectos de infraestructura vertical (colegios, hospitales, mercados, centros recreativos, etc.); así mismo, se puede utilizar los directorios creados en proyectos de infraestructura lineal (carreteras, ferrovías, gasoductos, vías navegables, etc.) mas no el proceso constructivo ni las plantillas generadas.

A mayor escala y complejidad, el retorno de inversión es mayor, ya que existe un esfuerzo inicial de planificación, coordinación, movilización y creación del ecosistema de trabajo, que no tiene demasiada variación si el proyecto es más o menos complejo. Esto no quiere decir que la metodología BIM no sea aplicable para proyectos pequeños, sino que hay mayor rendimiento y rentabilidad cuanto más grande es el proyecto de inversión. Candia, Navarro & Salazar (2018) en su estudio *“Mejoramiento de la Planificación de Proyectos de Infraestructura Hospitalaria aplicando BIM para Optimizar la Constructibilidad”* coinciden en que a mayor cantidad de disciplinas existan en el proyecto el costo de modelado y coordinación se incrementa; siendo está el grado de dificultad al momento de manejar la información; en consecuencia se garantiza los beneficios de constructibilidad, mejores procesos constructivos al contar con un modelo virtual y lo más importante, se minimizan los riesgos asociados a la deficiente información típica del desarrollo convencional de un proyecto.

No basta con elaborar un modelo 3D para identificar interferencias e incompatibilidades, sino que se debe modelar bajo procesos constructivos y parámetros definidos (información) en los Estándares Técnicos BIM, para tener mejores resultados en cuanto a productividad.

Es preferible, identificar las interferencias entre especialidades en etapas tempranas que construir sin tomarlas en cuenta, lo cual desencadena perdidas en recurso humano, presupuesto y retrasos de obra.

Por otro lado, el “MSI – Estándares Técnicos BIM” es un documento que brinda la hoja de ruta para mantener el lenguaje común entre el equipo BIM; ejemplo: debido a los constantes cambios de gestión (gobiernos municipales y gubernamentales) de las entidades en el sector público, al retirarse o ingresar nuevo personal técnico, dicho documento servirá para orientar y seguir encaminando los proyectos que se encuentran en pleno desarrollo.

Para implementar de manera correcta la metodología BIM se requiere una estrategia que considere cuatro pilares, que son: procesos, estándares técnicos, recurso humano y tecnología. Eyzaguirre (2015) en su tesis *“Potenciando la Capacidad de Análisis y Comunicación de los Proyectos de Construcción, mediante Herramientas Virtuales BIM 4D durante la Etapa de Planificación”* menciona que los procesos servirán para establecer la forma de colaboración e intercambio de información; la incorporación de políticas definidas, brindará soporte a la aplicación BIM mediante la estandarización y estrategias de ejecución; el recurso humano, por medio de sus habilidades, conocimientos, experiencia y amplias capacitaciones, son los encargados de liderar y ejecutar la implementación; por último, la tecnología comprende al conjunto de herramientas y softwares, los cuales están aptos para ser configurados, monitoreados y adaptados para cualquier situación y/o requerimientos de cada proyecto.

Se compararon ambos métodos de trabajo y se obtuvo que BIM ofrece eficiencia en los procesos frente al sistema tradicional CAD, ya que brinda mayor colaboración y comunicación sincrónica, visualización del proyecto en pre – construcción, proyectos mejor compatibilizados, estimación de recursos y costos basados en los modelos, programación y secuencia constructiva, mayor productividad, aumento de la seguridad y mejor gestión durante la vida del proyecto; dichos beneficios coinciden con lo que establece Prado (2021) en su estudio *“BIM – Building Information Modeling, como Herramienta de Mejora para el Desarrollo, Planificación y Ejecución de Proyectos de Inversión Pública”*.

Finalmente, hoy en día hace falta profesionales BIM en la industria constructiva para desarrollar y tener mejores proyectos de inversión, además de contribuir con la celeridad de la adopción BIM en el Perú; por ello las universidades deben adoptar y actualizar su plan de estudios considerando la metodología BIM.

REFERENCIAS

- Alcántara, P. (2013). *Metodología para Minimizar las Deficiencias de Diseño basada en la Construcción Virtual usando Tecnologías BIM*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional.
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3760>
- Alfaro, L. (2019). *Incidencia en Presupuesto aplicando la Metodología Building Information Modeling (BIM) para la Ugel – Bambamarca y Bloque I del Hospital de Jaén*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3353>
- Candia, M., Navarro, L., & Salazar, F. (2018). *Mejoramiento de la Planificación de Proyectos de Infraestructura Hospitalaria aplicando BIM para Optimizar la Constructibilidad*. [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1813>
- Eyzaguirre, R. (2015). *Potenciando la Capacidad de Análisis y Comunicación de los Proyectos de Construcción, mediante Herramientas Virtuales BIM 4D durante la Etapa de Planificación*. [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/147255>
- Konstruedu (2021). *Introducción a la Metodología BIM*. Konstruedu. Consultado el 28 de octubre de 2022. <https://konstruedu.com/room/introduccion-a-la-metodologia-bim923732/61153214932ec?partner=12087>
- Mulato, C. (2018). *Utilización de la metodología BIM para la optimización de costos en el diseño de edificaciones de concreto armado en Huancavelica*. [Tesis de titulación,

- Universidad Nacional de Huancavelica*]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/dde34db2-fce3-486a-ab41-4549a555e163>
- Pajares, A. (2020). *Aplicación de Herramientas BIM en la Determinación de Incompatibilidades del Proyecto Módulo Termal Lúdico del Complejo Turístico de los Baños del Inca, 2019. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25376>
- Prado, C. (2021). *BIM – Building Information Modeling, como Herramienta de Mejora para el Desarrollo, Planificación y Ejecución de Proyectos de Inversión Pública. [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés]*. Repositorio Institucional. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/26769>
- Ramos, J. (2019). *Eficiencia de la Metodología BIM a través de la Simulación 4D, 5D en el Control de Tiempos y Costos para la obra Mejoramiento del Servicio de Seguridad Ciudadana en el distrito de Puno. [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10636>
- Trejo, N. (2018). *Estudio de impacto del uso de la Metodología BIM en la Planificación y Control de Proyectos de Ingeniería y Construcción. [Tesis de titulación, Universidad de Chile]*. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>