



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**METODOLOGÍA BIM 5D PARA GESTIÓN DE COSTES EN LA FASE DE DISEÑO
DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN TARAPOTO, 2023**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Salas Delgado, Geoffrey Wigberto

ORCID: 0000-0002-9622-9509

Asesora

Esenarro Vargas, Doris

ORCID: 0000-0002-7186-9614

Jurado

Malpartida Canta, Rommel

Ccasani Allende, Julian

Aroquipa Velásquez, Héctor

Lima - Perú

2024



METODOLOGÍA BIM 5D PARA GESTIÓN DE COSTES EN LA FASE DE DISEÑO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN TARAPOTO, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	rclimatol.eu Fuente de Internet	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**METODOLOGÍA BIM 5D PARA GESTIÓN DE COSTES EN LA
FASE DE DISEÑO DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA EN
TARAPOTO, 2023**

Línea de investigación:

**Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Salas Delgado, Geoffrey Wigberto
(ORCID: 0000-0002-9622-9509)

Asesor

Esenarro Vargas, Doris
(ORCID: 0000-0002-7186-9614)

Jurado

Malpartida Canta, Rommel
Ccasani Allende, Julian
Aroquipa Velásquez, Héctor

Lima - Perú

2024

Índice

Resumen.....	6
Abstract.....	7
I. INTRODUCCION.....	8
1.1 Planteamiento del problema.....	8
1.2 Descripción del problema	10
1.3 Formulación del problema	13
1.3.1 Problema general	13
1.3.2 Problemas específicos.....	13
1.4. Antecedentes	14
1.5. Justificación de la investigación	17
1.6. Limitaciones de la investigación.....	18
1.7. Objetivos de la investigación	18
1.7.1 Objetivo general.....	18
1.7.2. Objetivos específicos	19
1.8 Hipótesis	19
1.8.1 Hipótesis general.....	19
1.8.2 Hipótesis específicas	19
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Bases teóricas.....	20
2.1.1. Metodología BIM 5D.....	20
• Interoperabilidad y Sistemas Integrados.....	31

• Teoría de la Comunicación Aplicada a Sistemas	31
• Usabilidad y Accesibilidad	33
2.1.2. Gestión de costes.....	43
2.2. Marco filosófico.....	48
2.3. Marco conceptual.....	51
III. MÉTODO	54
3.1 Tipo de investigación.....	54
3.2 Nivel de investigación.....	54
3.3 Diseño de investigación	54
3.4 Población y muestra	55
3.5 Operacionalización de variables	57
3.6 Instrumentos.....	58
3.7 Procedimientos.....	58
3.8 Análisis de datos	59
IV. RESULTADOS	60
4.1 Proceso de elaboración de interfaz.	60
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	86
VI. CONCLUSIONES	91
VII. RECOMENDACIONES	92
VIII. REFERENCIAS.....	93
ANEXOS	99

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de modelado en el software REVIT.....	36
Tabla 2. Diferencias de metrados.....	71
Tabla 3. Presupuesto con metrado inicial	77
Tabla 4. Presupuesto con metrado final	79
Tabla 5. Diferencias de medias en metrados.....	83
Tabla 6. Prueba T para muestras relacionadas de metrados	83
Tabla 7. Diferencias de medias en costos	84
Tabla 8. Prueba T para muestras relacionadas de costos	84

Lista de figuras

Figura 1. Tareas para implementación del BIM 5D	28
Figura 2. Fases de REVIT en la estimación de costos.....	37
Figura 3. Creación de interfaz.....	60
Figura 4. Desarrollo del lenguaje de programación Dynamo	62
Figura 5. Modelo 3D de Edificio en Autodesk Revit	65
Figura 6. Interfaz de Software de Modelado Estructural	66
Figura 7. Interfaz de Revit: La tabla de planificación del Presupuesto Cliente.....	73
Figura 8. Exportación de presupuesto en Excel.....	75
Figura 9. Pantalla de software de presupuesto de construcción.	76
Figura 10. Diferencias en presupuesto por partidas.....	81
Figura 11. Diferencias en el costo directo	82

Resumen

La investigación realizada se orientó hacia el uso de la metodología BIM 5D para evaluar su incidencia en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura, teniendo como tipo de investigación aplicada, de diseño pre experimental, absteniendo como resultados el desarrollado un interfaz para la interconexión de Revit a Excel, así como otra interfaz para Revit, Excel a S10, con lo cual se ha procedido a establecer un comparativo de indicadores de tiempo y costos entre el procedimiento tradicional de metrados y costos que obran en el expediente del proyecto de infraestructura tomado como referencia, con el proceso automatizado de la metodología BIM del mismo proyecto; estos procedimientos condujeron a la conclusión que la aplicación de la metodología BIM 5D. con el uso de interfaces para acceder a la información de costos con Excel y S10, incide favorable y significativamente en la gestión de costos de un proyecto de infraestructura, al observarse que existe una reducción en las cifras de metrados, así como de los costos por cada sub partida, que finalmente repercutieron en una reducción del presupuesto total de la obra

Palabras clave: Metodología BIM, gestión de costos, diseño de proyectos

Abstract

The research carried out was oriented towards the use of the BIM 5D methodology to evaluate its incidence in cost management in the design phase of an infrastructure project, having as a type of applied research, pre-experimental design, abstaining as results from the developed an interface for the interconnection of Revit to Excel, as well as another interface for Revit, Excel to S10, with which a comparison of time and cost indicators has been established between the traditional procedure of measurements and costs that appear in the file of the infrastructure project taken as a reference, with the automated process of the BIM methodology of the same project; These procedures led to the conclusion that the application of the BIM 5D methodology. With the use of interfaces to access cost information with Excel and S10, it has a favorable and significant impact on the cost management of an infrastructure project, observing that there is a reduction in the metered figures, as well as the costs per each sub item, which ultimately resulted in a reduction of the total budget of the work

Keywords: BIM methodology, cost management, project design

I. INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

La industria de la construcción en el Perú, después de las restricciones aplicadas por la emergencia sanitaria, tiende a reactivarse aunque con cierta lentitud, en abril-2022 se registró una evolución del 4.9% en el producto bruto de la construcción, más de un punto porcentual que el registrado en el mes anterior; a pesar de ello, las empresas de la industria de la construcción no han registrado un resultado favorable, pues registran 5.9% en su nivel de operaciones entre marzo y abril del mismo año (Cámara Peruana de la Construcción, 2022).

Esta situación exige de considerable atención teniendo en cuenta que el sector construcción es uno de los sectores claves para la dinamización de la demanda interna y el empleo; en este proceso se requiere de implementar algunos recursos tecnológicos alternativos para la optimización de los proyectos de obras civiles. Esto es aplicable en la estimación de costos, de construcción, que se considera, puede ser estimación aproximada o detallada, la primera es la que se puede realizar manualmente, o al ser detallada de costos requiere incluir los detalles específicos de cantidades y costos de todos los rubros para costos para la culminación satisfactoria de un proyecto, se refiere entonces del modelado de Información de Construcción (Haider et al., 2019)

En este proceso de estimación de costos, se tiene la necesidad de superar las actuales deficiencias que presenta la integración del programa Revit con el S10, teniendo en cuenta que el BIM, a pesar de reconocer que brinda altos beneficios a los procesos de planeación y el control de los proyectos constructivos (Angulo, 2020); pero en su aplicación en el Revit genera información de dibujos y al ser llevados al programa S10, para determinar el presupuesto, no hay una herramienta o un puente disponible que posibilite esta transferencia de información.

Además, al no existir en la actualidad, un mecanismo para la transferencia de la data del Revit al S10, se opta por el uso de otros programas, como es el caso del software Arquímedes, sin embargo, presenta ciertos inconvenientes, el primero, de ser poco conocido, y segundo, que no se adapta a los formatos nacionales para la presentación de los estudios de costos unitarios y presupuestos; asimismo, este problema de inexistencia de interfaz, también se presenta ante la necesidad de transferir información en el estudio de metrados desde Revit a Excel. A pesar de reconocer como una de las más importantes bondades del BIM, a su inter-operatividad, una de sus limitaciones, es que su aplicación práctica muestra varias incompatibilidades entre programas (Oya, 2015).

Otro problema que se identifica en la imposibilidad de establecer codificaciones para cada elemento y que estos pueda ser leídos por el programa como pares o similares, teniendo en cuenta que poder transferir una información a cualquiera de los dos programas mencionados, se debe colocar un código a cada elemento dibujado para que los programas de destino lo puedan entender; así por ejemplo, en el diseño de una viga, colocando un código al concreto de viga en el Revit se imposibilita que este código pueda ser leído en Excel o en el S10. Por ejemplo, con el uso del Revit para el estudio de costos y transferir la información al Excel, se tiene la necesidad de generar con el Blok de notas una planilla de metrados para la ejecución manual de cada partida (Solórzano, 2020). Una de las razones de esto es que se detecta una carencia de identificación y definición de los elementos en Revit, al no contar con códigos entre los programas que permitan el reconocimiento de la información (Abanda, 2017).

Además, es evidente la inexistencia de estandarización de plantillas para edificaciones en Revit, teniendo en cuenta que en el Perú existe estándares determinados para la presentación de metrados y costos unitarios en proyectos de obras públicas y privadas, y la mayoría de los programas internacionales no se adecuan a estas plantillas nacionales, por lo que se requiere de la creación de una interfaz para estandarizar en el Revit las plantillas con los códigos y estos a

su vez puedan ser transferidos el Excel y el S10. Con ello se podrá evitar la transferencia manual de información que genera el incremento de errores humanos, reduciéndolos o anulándolos con el proceso de automatización en la transferencia de la información.

Con esta transferencia automatizada de datos se genera mayor eficiencia en este proceso, se evita la omisión de partidas o de cantidad de metrados, con lo cual se tendría mayor aproximación presupuestal y se evitaría el exceso de adicionales o reajustes ante posibles estudios de costos con deficiencias en su elaboración

Ante esta problemática se desarrolló el presente estudio que posibilita la efectiva aplicación de la metodología BIM 5D para la gestión de costes en la fase de diseño de los proyectos de infraestructura.

1.2 Descripción del problema

El BIM es considerado como una metodología mejorada que comprende una tecnología y a la vez un proceso: en el componente tecnológico contribuye a visualizar lo que se va a construir mediante un entorno simulado y en el componente de proceso permiten una colaboración estrecha y fomenta la integración de los roles de todas las partes interesadas en un proyecto, permite la mejor comprensión del modelado e implementación de proyectos desde una perspectiva global, generando oportunidades para que cada especialista de un proyecto pueda presentar sus aportes (Sánchez et al., 2019).

Una tecnología BIM como proceso de creación de modelos de información que contienen información tanto gráfica como no gráfica en un entorno de datos común. El diseño es más detallado en la medida que va avanzando mediante los departamentos y se realiza el llenado de datos. Una vez finalizado, el diseño se entrega al cliente para su uso posterior en la etapa de construcción y, si es necesario, en la etapa de retirada del servicio. Por lo tanto, es posible agregar los datos sobre la estimación de gastos para los componentes del modelo de

información en la etapa de creación de este modelo. A este proceso se conoce como BIM 5D que permite incluir gastos de capital, costos de los materiales de construcción y el de su uso en obra, los costes de mantenimiento de que se trate y los costos de reparación. Los gastos mencionados podrán calcularse sobre la base de los datos y la información de que se trate, que a su vez está relacionada con los recursos fácticos del modelo gráfico. Esta información describe el costo del desarrollo en general (Sánchez et al., 2019).

Diversos estudios han tratado el tema de la metodología BIM 5D como alternativa para el desarrollo de los componentes físicos y de funcionalidad de todo tipo de proyectos, en una presentación en cinco dimensiones; dentro de ello se encuentra el acceso de datos para estimar los costos de un proyecto haciendo uso de un modelo de información visual, contribuye además al involucramiento de diversas personas relacionadas con el proyecto para que, en conjunto, intercambien información; asimismo, otra bondad importante reconocida por los gestores de proyectos es la precisión y rapidez de la información generada. Además, con la aplicación de los fundamentos de BIM se puede llegar a reducir los sobrecostos de construcción y los retrasos en la programación (Sinha & Sinha, 2022).

Son reconocidas estas y más bondades de la metodología BIM 5D, principalmente en lo referido a la gestión de costos que representa una componente de vital importancia en la gestión en los proyectos de edificación; así, los desarrollos en la quinta dimensión del modelado de información de construcción que aporta BIM. han fomentado mejoras nuevas y potenciales en términos de eficiencia, calidad y precisión durante los procesos de gestión de costos. Los modelos BIM contienen una gran cantidad de información, como recursos materiales, y se pueden integrar con la información de cronograma y costos para realizar BIM de cinco dimensiones (5D). Existen varias herramientas de software que se utilizan para crear modelos BIM 5D, como Autodesk Navisworks, Vico Office, CostX, etc. Los modelos BIM 5D actuales se utilizan principalmente para la estimación de costos de un proyecto y permiten que varias

disciplinas visualicen el progreso de las actividades de construcción y relacionadas. costos en el tiempo (Vigneault et al., 2020),

Los procesos actuales de estimación de costes basados en BIM todavía tienen varias limitaciones. Por ejemplo, no se pueden utilizar para análisis de flujo de caja ya que no consideran retrasos en pagos, retenciones, pedidos de materiales, etc. Si se reconoce que uno de los problemas más comunes que se presenta en la industria de la construcción, son los retrasos y sobrecostos, también es necesario entender que este problema tiene como factores causales a los errores, aportes insuficientes, además de la falta de intercambio de información. Por tal razón, el uso de la metodología BIM contribuye a la superación de estos problemas en la industria de la construcción, porque facilita, además de la determinación de costos, la programación y un efectivo seguimiento y control de los costos de un proyecto (Kulkarni & Mhetar, 2017).

Sin embargo, además de las bondades del BIM, también se muestran obstáculos que se muestran en su lenta adopción en varios países; reconoce que, en pocos países como EE.UU., Reino Unido, Singapur y Australia se ha adoptado esta metodología a un nivel significativo; las causas de esta situación son diversas, dependen de circunstancias específicas, difieren de un país a otro, pero una de ellas está relacionada con estandarización complicada, poco clara o superpuesta. Este déficit de estándares relevantes o diferencia en los estándares condiciona el uso óptimo para los estándares de costos en los formatos que se utilizan en el Perú, ante la inexistencia del interfaz que permita transportar la información de la metodología BIM 5D, mediante la herramienta del Revit, hacia los programas S10 o Excel, para el uso en los estudios de costos unitarios y presupuestos conforme se tiene establecido en los estándares nacionales el estudio de (Zejniliović, 2017).

Asimismo, en el BIM 5D, a partir de la consideración de su naturaleza relacional y paramétrica, los objetos del modelo llegan a incluir datos de especificaciones y otras propiedades que pueden ser de uso directo para la fijación de precios en los proyectos de construcción. Se reconoce un gran potencial para su uso en tareas como cálculos de cantidades de materiales y equipos, estimación y gestión de costos, en el marco de proyectos colaborativos. El BIM 5D ofrece ventajas aumentando la eficiencia en los procesos, mejorar la visualización de los detalles de la construcción y la identificación temprana de riesgos. Sin embargo, se han identificado dificultades para la implementación en los proyectos de construcción, como el déficit de compatibilidad del software; insuficiencia de protocolos para la codificación de objetos dentro de modelos de información y el déficit de modelos integrados, como requisito previo fundamental para la total interoperabilidad.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Como incide la metodología BIM 5D en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cómo la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit, Excel a S10 incide en el cálculo de metrados en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura?
- ¿Cómo la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit, Excel a S10 incide en la determinación de costos en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura?

1.4. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Sepasgozar et al. (2022) en su tesis “**BIM and Digital Tools for State-of-the-Art Construction Cost Management**” tuvieron como **objetivo** identificar las brechas en la literatura, que se pueden abordar con el uso de herramientas y tecnologías digitales, en el marco de la metodología BIM, para la gestión de costos de construcción; en una **metodología** cualitativa, tipo de investigación básica, para lo cual identificaron como muestra documentos sobre la gestión de costos en la industria de la construcción, teniendo como técnica de recopilación de información el planteamiento de dos preguntas centrales, para tres etapas metodológicas: encontrar y filtrar publicaciones relevantes; clasificar y analizar artículos para un estudio en profundidad; y, evaluar y sintetizar la literatura. En sus **resultados**, en la búsqueda inicial encontraron 176 artículos, luego aplicando los criterios de filtrado, para el periodo 2010 a 2020 encontraron 104 registros que fueron utilizados en el análisis, **concluyendo** que el conjunto de datos de gestión de costos en la construcción, muestra una falta de prácticas para el uso de la implementación BIM 4D y 5D en proyectos complejos, la implementación de blockchain, las aplicaciones láser para mediciones, los sistemas totalmente automatizados para propósitos de cálculos de cantidades y muchas otras soluciones inteligentes, por lo se sugieren estudios futuros para presentar detalles de los procesos de implementación de tecnología.

Bustamante et al. (2021) en su investigación “**BIM 5D methodology implementation proposal for industrial foundation works in the Oxygen Plant in Arauco**” se propusieron como **objetivo**, desarrollar una propuesta de gestión de información en base al BIM 5D, que conduzca a prevenir errores y a una adecuada realización de proyectos reduciendo los costos, en una **metodología** de investigación aplicada y propositiva, que, entre sus **resultados**

consideran que en las partidas estudiadas se pudo cuantificar el costo relacionado con las actividades del proyecto, con la reducción de recursos y tiempo en cada actividad, configurada la nueva propuesta de planificación; en la comparación de costos de la planificación previa con la nueva propuesta se evidenció que hay una diferencia en costos de \$18.503.811. Se **concluye** que, en suma, se demostró un ahorro de \$5.303.811, que representa el 1.3% del total del proyecto; con la aplicación de la propuesta de planificación, en las excavaciones se registra un avance anticipado de 1 día; en otras partidas analizadas, se registra una reducción de 3 días, cumpliéndose los beneficios considerados con el uso de la metodología BIM.

Mesárošet et al. (2019) en su investigación “**The Fifth Dimension of BIM – Implementation Survey**” tuvieron como **objetivo** desarrollar una visión general de la implementación del BIM 5D en países seleccionados y extraer comparaciones en los procesos de implementación, en una investigación básica, de diseño descriptivo, utilizando una **metodología** basada en el análisis de investigaciones realizadas sobre el uso del BIM en la estimación de costos en la industria de la construcción. Entre sus **resultados** hacen referencia a una encuesta aplicada en el 2018 a 350 administradores de proyectos, encontrando que el 77,4% no utiliza herramientas BIM; el 67,7% no cumplía con las herramientas BIM; la herramienta más utilizada para la estimación de costes es Cenkros (87,1%), que no corresponde a la metodología BIM; y, el 12,9% utiliza herramientas BIM, pero solo para presupuestos. El estudio **concluye** que la integración de la tecnología BIM y la gestión de costos es aún una situación deseable en la ingeniería civil y que, aunque muchas empresas no valoren su importancia esta metodología es muy útil para la gestión de costes.

Ghazaryan (2019) en su tesis “**BIM and Cost Estimation Issues (5D): Case of Armenia. IOP**” se planteó como **objetivo** estudiar la automatización en la estimación de costos y los problemas de integración del BIM, tomando como referencia el caso de Armenia, en una **metodología** de enfoque cualitativo, tipo de investigación básica, utilizando la técnica de

revisión documental, obtuvo como **resultados** que en la industria de la construcción en Armenia existe una colección de 49 libros normativos clasificados por categoría de trabajos de construcción, con el uso del código GESN, a los cuales deben adaptarse los estándares BIM; **concluyendo** que el proceso de estimación de costos de construcción en Armenia debe actualizarse para facilitar la adquisición 5D a partir de modelos de información de construcción, además que la expansión de BIM insta a desarrollar una plataforma para fusionar la estimación de costos de construcción y los problemas de gestión de costos con los modelos de información de construcción en los distintos países.

Antecedentes nacionales

Infante, (2023) en su tesis “**Implementación de BIM 4D y 5D integrado a Last Planner System en un proyecto de construcción**” formuló el **objetivo** de analizar el impacto del desarrollo del BIM 4D y 5D de manera integrada a los requerimientos de un proyecto de inmobiliario, en una **metodología** cualitativa, de tipo propositiva, partiendo de una revisión literaria como base para la implementación de la propuesta, tuvo entre sus **resultados**, que a criterio del personal involucrado se puede diseñar el funcionamiento y utilidad del BIM en las herramientas 3D y 4D, para lo cual es imprescindible el manejo del modelo Revit y Vico Office, de lo contrario, se dificultará el logro de los resultados del proyecto; en sus **conclusiones** consideran la importancia de que el equipo del proyecto domine los conocimientos de planeación, como look ahead, plan diario, u otros, para que los objetivos se puedan alcanzar en su integridad, para lo cual, la empresa debe realizar la previa implementación logística; asimismo se debe considerar que el uso de Vico Office, como software para el modelado, a pesar de demostrarse que arroja información certera. requiere de recursos económicos y técnicos indispensables para un correcto manejo, situación que aún genera indecisiones en las empresas.

Díaz & Rivera (2022) en su tesis “**Optimización de costos y tiempos de las partidas de mayor incidencia en proyectos viales de la región sierra centro y sur, mediante la metodología BIM**” tuvo como **objetivo** optimizar los costos y tiempo de cada una de las partidas en proyectos de infraestructura vial con el uso de la metodología BIM, utilizando una metodología cuantitativa, de diseño descriptivo, teniendo como muestra un proyecto vial urbano; teniendo como **resultados** que se genera una disminución del costo total del proyecto en S/ 12 819.40 que representa el 1.58% del presupuesto original del proyecto; la investigación tiene entre sus **conclusiones** que la metodología BIM posibilita la integración de los diseños y la información técnica del proyecto, además de encontrar incompatibilidades antes de la ejecución de la obra; así como permite optimizar los costos y el tiempo programado en el proyecto.

Llanque (2021) en su tesis “**Aplicación de la tecnología BIM para optimizar los costos en el presupuesto del Hotel Tacna Heroica, 2021**” se propuso como **objetivo**, implementar la metodología BIM para la optimización de costos en el presupuesto de un proyecto de infraestructura, utilizando una **metodología** cuantitativa, para una investigación aplicada, de diseño correlacional, con 21 partidas como muestra, que llevaron a **resultados** variaciones en el monto presupuestal con referencia al presupuesto original, que derivaron en un ahorro del 4,62 % del presupuesto; el estudio **concluye** que el uso de la metodología BIM permite la optimización de los costos de las partidas en los proyectos de edificación, con el apoyo del programa Revit para el cálculo de los metrados.

1.5. Justificación de la investigación

En el nivel teórico, el estudio permitió la validación de las teorías, métodos y procedimientos que sustentan la aplicación de la metodología BIM 5D en los procesos de gestión de costes en una realidad práctica, cuando se trata de su uso en proyectos de infraestructura, además de proponer nuevas herramientas para lograr aplicar esta metodología

a las características propias de los formatos de metrados y costos unitarios que se utilizan en el país.

En el componente metodológico, para obtener los datos necesarios para la investigación, se va a diseñar instrumentos de observación adecuados para determinar los tiempos de respuesta de los programas informáticos que permiten la aplicación de la metodología BIM 5D; estos instrumentos podrán ser de uso para otros programas en estudios similares, contribuyendo así con poner a disposición de la comunidad investigadora nuevos instrumentos para la obtención de datos.

Desde el enfoque práctico, la investigación se orientó a solucionar un problema vigente con las dificultades que presenta la aplicación de la metodología BIM 5D para transferir la información necesaria del Revit al S10, de manera que se puedan utilizar todas las bondades de esta metodología en la gestión de costos para los proyectos de infraestructura; se persiguió, por tanto, soluciones tecnológicas para beneficio de todos los entes involucrados en proyectos de la industria de la construcción.

1.6. Limitaciones de la investigación

La principal limitante radica en dificultad para conseguir todos los datos necesarios del proyecto de infraestructura en la etapa de gestión de costes que se adapte a las necesidades de la investigación, para lo cual se debe asumir las coordinaciones necesarias con las entidades que permitan superar esta limitación.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1 Objetivo general

Determinar la incidencia de la metodología BIM 5D en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 en el cálculo de metrados en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura
- Determinar la incidencia de la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 en la determinación de costos en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

La metodología BIM 5D aporta significativamente en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura.

1.8.2 Hipótesis específicas

- La implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit, Excel a S10 mejora la exactitud del cálculo de metrados en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura
- La implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 mejora la exactitud del análisis de costos en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Metodología BIM 5D

El modelado de información de construcción, conocido por sus siglas en inglés como BIM, comprende un conjunto de métodos y procedimientos que permiten generar y gestionar datos de un proyecto de edificación en su periodo de vida, mediante una modelación digital, que permite la optimización de recursos y tiempo en las etapas de diseño y construcción de la obra; en su versión 5D está relacionado con la gestión económica o lo que se conoce como el análisis de costes. El uso de esta metodología implica un modo de tecnología digital para incrementar la eficiencia y precisión del trabajo de construcción para evitar errores desde la planeación hasta el período de implementación; en la aplicación de esta metodología se hace uso de distintos softwares, según los requerimientos del proyecto (Lucky & Budiwirawan 2022).

BIM integra mucha información independiente sobre el modelo en la que los elementos están conectados con conocimientos asociados, como manuales, especificaciones y detalles de garantía. Esta característica permite al propietario o al facilitador organizar los diseños de manera efectiva y correcta. BIM conecta todo el conocimiento sobre varias partes del diseño de edificios, en un mismo punto, permite que todos accedan a la información para cualquier propósito, para integrar varias formas de diseño para ser más efectivo, colaborar para un diseño de construcción efectivo. De esta forma, se reduce el riesgo asociado a incógnitas y datos faltantes sobre el edificio, y se minimiza costos (Ozturk, 2018).

El BIM permite modelar no solamente los objetos propios de construcción, sino además sus características, como también todos los posibles cambios en el tiempo que se generan constantemente en la industria de la construcción. Para efectos prácticos, el uso de la tecnología

BIM está integrado en todas las etapas de producción y soporte vital de los edificios: recopilación de datos, trabajos de diseño, construcción, equipamiento, operación, trabajos de reparación y demolición. Es decir, en los modelos informáticos se ubica toda la información necesaria: arquitectónica, constructiva, tecnológica, económica, etc. (Soust et al., 2017).

Se ha identificado tres tipos principales de tendencias futuras en el desarrollo de metodologías de modelado de información y la investigación y desarrollo relacionados: primero, los métodos BIM, por regla general, se desarrollan en la dirección de la experiencia. Segundo, se propone implementar diversas metodologías de ciencias sociales utilizando BIM como un tipo más de metodología. Tercero, la capacidad de cambiar y aprender constantemente es la fuerza impulsora de las metodologías BIM y se convertirá en la clave para futuras aplicaciones intelectuales (Pezeshki & Ivvari, 2016).

En la actualidad el uso de tecnologías BIM está ampliamente implementado tanto en la industria de la construcción como en el entorno académico. El resultado del modelado de información de construcción es un modelo digital orientado a objetos, tanto del objeto completo como del proceso de su construcción. En primera instancia, permite ensamblar en modo virtual los componentes y sistemas de construcción futura creados por diferentes especialistas y organizaciones, seleccionándolos según su finalidad, realizar los cálculos, alineación y coordinación correspondientes, comprobar su viabilidad, idoneidad funcional y cualidades operativas. de antemano, y también evitar desacuerdos internos desagradables para los diseñadores (Mainicheva et al., 2017).

Un componente necesario en los profesionales para el uso del BIM es la confianza y cooperación; es esencial para el éxito de un proyecto en BIM que se genere una modificación cultural en el comportamiento de los involucrados en los proyectos de construcción, donde todos los participantes deben tener la disposición para compartir los conocimientos durante las

distintas etapas del desarrollo del proyecto. Además, aquellas dificultades que puedan surgir con el costo de inversión en la adquisición de la metodología BIM se compensa con los beneficios que otorga como el ahorro de tiempo que hacen que la inversión tanto en la capacitación requerida para la formación del personal, así como en la adquisición de software sea favorable (Abobakirov, 2023).

La ventaja más importante de la tecnología BIM es la completa interdependencia de todo tipo de información, cada una de las cuales se actualiza automáticamente con una sola introducción de cualquier cambio, donde el modelo de información creado puede ser un modelo informático de un edificio real a lo largo de su vida y reflejar todos los cambios y adiciones del estado actual y futuro. La principal cualidad competitiva de la tecnología BIM es el importante ahorro de costes, en primer lugar, debido al aumento de la velocidad de diseño (Milyutina, 2018).

Otra ventaja importante de la metodología BIM, es la colaboración y comunicación mejoradas, porque facilitan una mejor colaboración y comunicación entre las partes interesadas del proyecto. BIM permite la colaboración y el intercambio de información en tiempo real, fomentando la coordinación interdisciplinaria y reduciendo errores y malentendidos. A través de una plataforma digital compartida, arquitectos, ingenieros, contratistas y otros profesionales pueden trabajar juntos sin problemas, garantizando una toma de decisiones eficaz, reduciendo conflictos y mejorando los resultados del proyecto; minimiza los retrasos asociados con los flujos de trabajo secuenciales tradicionales y promueve un enfoque más interactivo y colaborativo (Abobakirov, 2023).

El uso de BIM en proyectos aumenta la calidad del proceso de diseño estructural y resulta en un riesgo mínimo en los proyectos. Las ventajas de utilizar BIM no sólo están orientadas a proyectos sino también a negocios y organizaciones con perspectivas globales.

BIM permite que el diseño estructural funcione mejor y aumente la eficiencia del proceso ahorrando tiempo, reduciendo errores y riesgos (Ozturk, 2018). BIM es una buena tecnología no sólo en la fase de diseño, sino también en la de construcción, siempre que garantice el ahorro de tiempo y la eficacia del trabajo durante todo el ciclo de vida del proyecto

Además, en el BIM se puede hablar de la creación de objetos bastante complejos y únicos. El proceso de modelado de información divide el trabajo de diseño en dos etapas: una primera etapa donde se desarrolla objetos primarios de diseño, tanto de construcción (ventanas, puertas, losas, tipos de paredes, tipos de techos, etc.), como de elementos de diferentes sistemas (calefacción, ventilación), electricidad, suministro de agua, alcantarillado, etc.), que incluyen todas las características técnicas y económicas necesarias. La segunda etapa, que comprende el modelado del propio objeto, que se produce en la forma habitual de formación de dibujos técnicos y especificaciones de diseños, secciones, fachadas, vistas tridimensionales y otras formas de presentación de información diseño (Milyutina, 2018).

En suma, el BIM ofrece una diversidad de ventajas en la industria de la construcción. Colaboración mejorada, visualización mejorada de proyectos, detección de conflictos, programación precisa, estimación de costos y prácticas de construcción sustentables son solo algunos ejemplos de los beneficios que BIM aporta a los proyectos de construcción. La adopción y utilización de tecnologías BIM tienen el potencial de revolucionar la industria de la construcción al optimizar los resultados de los proyectos, reducir costos, mejorar la eficiencia y promover la sostenibilidad. A medida que BIM continúa evolucionando, es crucial que los investigadores, profesionales y formuladores de políticas aprovechen su potencial e impulsen su implementación generalizada para mejorar la industria de la construcción y el entorno construido (Abobakirov, 2023).

Se debe entender que el BIM no es un software, sino una metodología integrada y colaborativa centrada en un modelo de construcción digital que contiene la información necesaria para gestionar el edificio a lo largo de su ciclo de vida, desde el diseño y la construcción, hasta el mantenimiento y la gestión post-uso; en su dimensión 2D, se utiliza para la producción de proyecciones convencionales, como planos de planta, secciones y elevaciones. Luego, el BIM alcanzó la dimensión 3D y fue más allá, se añadió el tiempo como cuarta dimensión y el coste como quinta, aunque también se ha propuesto como quinta dimensión la información de recursos para la gestión de la construcción (Lucky & Budiwirawan 2022).

El beneficio inmediato de BIM en el modelo tridimensional 3D es la generación automática a partir de un diseño en 2D y de las propiedades de los elementos del software. Pero la metodología BIM es más que solo visualización, ya que cada elemento constructivo es un objeto con su propia información e identidad. La transición de la documentación 2D al modelado BIM 3D constituyó una evolución que ayudó a mejorar la comunicación y coordinación del equipo. Visualizar el modelo BIM 3D a través de una pantalla 2D es muy común, sin embargo, interactuar con volúmenes de datos detrás del 2D es extremadamente beneficioso. La interacción con el modelo 3D aporta bastante información detrás de pantallas 2D, donde las herramientas de realidad mixta son capaces de sacar esos modelos 3D de la pantalla incluso al sitio de construcción real, lo que permite al usuario participar e interactuar con el diseño. datos de forma más intuitiva (Prabhakaran et al., 2020).

En la creación de un modelo 4D, el BIM como potente herramienta de planificación y modelado 3D requiere de complementarse con un paquete de software de planificación específico, para ello funciona el modelo 4D de un proyecto que se puede desarrollar para simular una secuencia gráfica de tareas de ejecución y operaciones de construcción,

proporcionando así al accionista una comprensión visual y virtual del proceso de construcción. Diseñadores, ingenieros y planificadores han utilizado 4D-BIM para optimizar el diseño y analizar la viabilidad de un plan de proyecto y gestionar los requisitos de recursos. La planificación y programación 4D se desarrollan en algunos de los usos de BIM, como: la planificación virtual del proyecto y los informes de progreso son temas relacionados con la programación de la etapa de construcción y algunos de los objetivos de estos temas son la planificación de seguridad, los informes de costos y el control de equipos y máquinas (Ahmadi & Arashpour, 2020).

En su versión 5D está relacionado con la gestión económica o lo que se conoce como el análisis de costes. El uso de esta metodología implica un modo de tecnología digital para incrementar la eficiencia y precisión del trabajo de construcción para evitar errores desde la planeación hasta el período de implementación; en la aplicación de esta metodología se hace uso de distintos softwares, según los requerimientos del proyecto (Lucky & Budiwirawan 2022).

El proceso 5D BIM requiere el aprendizaje de tres softwares, cada uno de los cuales desempeña un papel diferente en el modelado. Primero, el modelado 3D, hay muchos softwares disponibles para modelado 3D en el mercado. Autodesk Revit es el software utilizado para generar modelos 3D, siendo el más popular y aceptado. Segundo, programación-4D; uno de los de mayor uso es el Microsoft Project 2016 para la programación debido a su fácil operación y comprensión. Tercero, la estimación de costos -5D; los costos incurridos podrían calcularse fácilmente si determinamos las cantidades estimadas de materiales y mano de obra que se requieren. La aplicación de la plataforma de gestión de construcción 5D BIM en la fase de construcción incluye simulación y optimización del diseño del sitio, construcción virtual, visualización, control de progreso y control de costos (Katke, 2020).

El flujo de trabajo BIM aporta mejoras a la gestión de la información en el diseño y la construcción al entregar todos los datos necesarios para las fases operativas. Sus aplicaciones cubren áreas como detección de conflictos, colaboración multidisciplinaria, evaluación de opciones de diseño, estimaciones cuantitativas y de costos, simulación de edificios, modelado energético, fabricación y prefabricación, gestión de proyectos e instalaciones de gestión de activos; la metodología BIM parte de la necesidad que la industria de la construcción al estar en constante cambio requiere de minimizar el desperdicio de materiales, disminuir el costo total, acelerar el logro del proyecto y desarrollar la coordinación entre las personas involucradas (Jununkar et al., 2017).

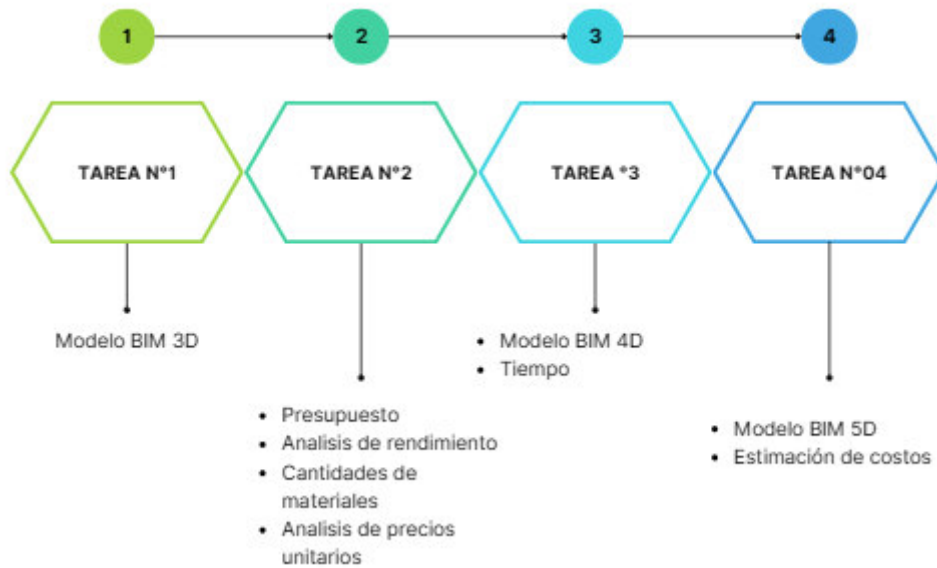
Asimismo, aporta mejoras a la gestión de la información en el diseño y la construcción al entregar todos los datos necesarios para las fases operativas, permite la presentación de las características físicas y funcionales de cualquier proyecto en 5 dimensiones, permite también, añadir datos sobre las estimaciones de costes de forma precisa, en un modelo de información visual; asimismo, autoriza la realización de modificaciones en tiempo real sobre el diseño, actualizando las evaluaciones y correcciones, lográndose obtener datos de coste en la etapa inicial del diseño de forma efectiva y consiguiendo su adaptación en base a las necesidades que se presenten en el transcurso del avance del proyecto. En su proceso evolutivo el BIM permite la conversión de un modelo 2D en uno de 3D. Asimismo el modelo 3D se le puede llevar a 4D; y, la 4D, permite la realización del cronograma del proyecto y la 5D es la cantidad de costes (Khochare & Waghmare, 2018).

En detalle, la metodología BIM 5D se implementa con el desarrollo de tareas principales; en la primera tarea se desarrolla el modelado 3D en un software BIM, para esta tarea se puede utilizar el software Revit; la segunda tarea consiste en la preparación del presupuesto; la cuestión de si 3D BIM realmente tiene tres dimensiones es trivial. La base

geométrica de la representación basta como prueba. La geometría y la posición de cualquier símbolo (elemento constructivo del espacio) se pueden describir completa e inequívocamente sobre la base de tres dimensiones geométricas.

El tiempo es el factor asumido para la cuarta dimensión. Es claramente información primaria y que se acepta como dimensión porque determina la historia de una cosa, incluida la incorporación de información tal como está construida y tal como está. Se puede considerar la cuarta dimensión en BIM como una lista secuencial de eventos, incluidos todos los hitos en el diseño, construcción, mantenimiento y uso del objeto simbolizado, ya sea con respecto a cambios en su forma y sustancia o en sus relaciones con el medio ambiente. Esto hace que la medición de la cuarta dimensión sea principalmente intrínseca y variable, en otras palabras, estructuralmente diferente a las otras tres dimensiones.

En el modelo BIM 4D la programación de la construcción es la principal aplicación, utiliza eventos y su capacidad para dividir las tareas de construcción en fases de trabajo. Esto implica que esta dimensión puede aplicarse a menudo a componentes específicos de un elemento de construcción, que luego deben representarse correspondientemente por separado. La simulación del modelo BIM 4D representa la simulación virtual del proceso de construcción del proyecto. Por último, se realiza la tarea 4, que consiste en un modelo BIM 5D; Este se obtiene de la unificación del presupuesto y el modelo BIM 4D. El modelo 5D representa la simulación del proceso de construcción de cada elemento de las instalaciones, teniendo en cuenta la posición en el espacio, las dimensiones de los elementos, el tiempo y el costo de construcción (Orozco, 2020).

Figura 1.*Tareas para implementación del BIM 5D*

Nota: Adaptado de Orozco (2020)

El tema de trabajo para la quinta dimensión es el costo. El problema inicial con el costo es que cubre una variedad de niveles de abstracción. El precio, por ejemplo, puede referirse al precio de materiales (por ejemplo, arena), componentes (por ejemplo, ladrillos) o conjuntos completos (por ejemplo, ventanas). Los precios unitarios de materiales, componentes y conjuntos entregados completos in situ son claramente datos primarios. Sin embargo, el costo de ensamblarlos en un elemento de construcción o en un edificio completo es una función compleja que involucra formas geométricas, factores topológicos, económicos y otros. Así, el gasto por metro cuadrado o cúbico es, por tanto, información derivada. Esto se aplica incluso a componentes individuales y conjuntos integrales; por ejemplo, el costo de la misma ventana en dos lugares diferentes del mismo edificio puede diferir debido a problemas de interfaz o necesidades de equipo.

En consecuencia, el costo es una función que se relaciona con paquetes de trabajo más que con símbolos individuales. Los precios unitarios pueden (y deben) agregarse como

propiedades principales de los símbolos o subsímbolos. Sin embargo, a pesar de ser información primaria, los precios unitarios no son esenciales para la identidad de los objetos: no conocer sus precios no hace que un símbolo sea indefinido. Por tanto, el coste no puede considerarse una dimensión en BIM.

El modelo 5D comprende todo lo relacionado con el control de costes y estimación presupuestal del proyecto. Cada elemento que se representa en el modelo tiene un coste asociado, esto posibilita la realización de análisis de presupuesto sin necesidad de trabajos adicionales, logrados de manera directa del modelo. Asimismo, posibilita la realización de predicciones más precisas sobre las probables desviaciones del proyecto y cuanto se requiere para alcanzar los objetivos (González, 2015).

Entre las bondades del BIM 5D, se considera que otorga oportunidades como retos para el costo del proyecto. cuanto más se automatice la cuantificación del proyecto, la labor del administrador de costos deberá adaptarse para proporcionar costos más sofisticados y servicios de gestión que incorporan la programación en el tiempo en 4D y el modelado de costos en 5D, con ello se puede compartir información de costos con todo el equipo del proyecto; además, brinda a quienes administran los costos del proyecto, la oportunidad de dedicar mayor tiempo para el asesoramiento al equipo del proyecto; asimismo, la automatización y cuantificación de los procesos reducirá el tiempo dedicado a los procesos técnicos y dotará de mayor tiempo, y las herramientas digitales, para los servicios de gestión de costos más sofisticados y de mayor valor agregado. (Smith, 2017). En particular, en los trabajos de mecánica, electricidad y sanitarios, el BIM presenta un sistema diverso y complejo de recolección de datos y cálculo de estimaciones de costos, que conducen a la estimación y mejora del costo del proyecto (Husin et al., 2020).

Además, la plataforma BIM 5D no solo se utiliza durante el proceso de construcción del proyecto, sino también durante todo el ciclo de vida, puede compartir y actualizar los diseños y especificaciones técnicas fácilmente en la base de datos, entonces permite generar una estimación de costos más consistente y precisa, proporciona un flujo fluido de intercambio de información entre las partes interesadas para transferir la información más rápida y fácilmente entre los equipos multidisciplinarios para reducir errores o trabajos innecesarios (Shi et al., 2020).

Cada una de las tareas principales se constituye en una dimensión de la metodología BIM, así la dimensión 5D es la que corresponde utilizar cuando se trata de estudiar el control de costes, para ello se hace uso de la aplicación Revit, como dimensión para la creación de modelos que demuestran cómo los cambios de diseños y materiales afectan también al costo de la obra (Lucky & Budiwirawan 2022). Asimismo, para efecto de uso de los formatos que se utilizan en el Perú, son compatibles determinados programas, entre los que se encuentran el S10 y Excel, que permiten el estudio de metrados y análisis de costos en la construcción (Ramos, 2015).

2.1.1.1 La interfaz

El concepto de interfaz es relevante en el contexto de la metodología BIM 5D, pues se refiere a la forma en que diferentes sistemas, herramientas o plataformas interactúan para gestionar la información del proyecto. Por ejemplo, en el interfaz de software en un entorno BIM, múltiples programas de diseño, modelado y análisis trabajan juntos. Las interfaces permiten que estos programas intercambien datos de manera fluida. Por ejemplo, un software de diseño 3D (como Revit) puede conectarse con un software de costos o planificación, integrando las dimensiones 4D (tiempo) y 5D (costos).

Un aspecto clave del BIM es que los diferentes sistemas utilizados en un proyecto deben poder comunicarse entre sí, y para ello, las interfaces son cruciales. Esto asegura que los modelos y los datos fluyan sin problemas entre arquitectos, ingenieros, constructores y gestores financieros.

En BIM 5D, la información detallada del proyecto se muestra a través de modelos gráficos interactivos. Los usuarios pueden interactuar con estas interfaces para visualizar no solo las estructuras en 3D, sino también datos de tiempo y costos en un entorno visual, lo que facilita la toma de decisiones.

Las interfaces en BIM 5D son clave para garantizar la integración de datos y la interoperabilidad entre las diversas herramientas y sistemas, lo que permite un flujo de trabajo más eficiente y colaborativo.

- **Interoperabilidad y Sistemas Integrados**

Interoperabilidad significa que diferentes sistemas pueden trabajar juntos compartiendo datos sin problemas. En BIM 5D, esta característica permite que las plataformas de diseño, costos y gestión de proyectos se comuniquen entre sí, haciendo que la información fluya de manera más eficiente y reduciendo errores.

Los sistemas integrados combinan todos estos módulos en una sola plataforma, facilitando el manejo de todas las dimensiones del proyecto en un único espacio. Así, cualquier cambio en el diseño se refleja automáticamente en el cálculo de costos y tiempos, mejorando la toma de decisiones.

- **Teoría de la Comunicación Aplicada a Sistemas**

La teoría de la comunicación aplicada a sistemas en el contexto de BIM 5D se enfoca en cómo los distintos sistemas informáticos involucrados en un proyecto (como software de diseño, herramientas de análisis de costos y programas de gestión) envían, reciben y procesan

información para que esta sea entendida y utilizada de manera efectiva por diferentes usuarios y plataformas. En un entorno BIM 5D, cada software actúa como emisor o receptor de datos según el momento y la necesidad, y el canal que permite esta comunicación es la interfaz, que conecta múltiples plataformas y asegura que la información fluya de forma precisa y eficiente. La interfaz cumple una función esencial en la reducción del “ruido” o los errores que pueden producirse al compartir información entre sistemas distintos; por ello, su diseño debe permitir que cada cambio o actualización en los datos sea transmitido de forma clara y sin redundancias innecesarias.

Esta interfaz también actúa como mediadora, traduciendo datos entre aplicaciones que operan en lenguajes distintos, como el software de modelado y el de costos, lo que asegura que todos los sistemas puedan interpretar la información en un formato compatible y comprensible. La mediación que facilita la interfaz es crucial para mantener la coherencia en la información y asegurar que los datos que cada área recibe reflejan fielmente el estado actual del diseño, el presupuesto y otras variables. A su vez, la interfaz proporciona un contexto compartido: presenta la información en una estructura visual y organizativa que permite que todos los involucrados en el proyecto interpreten los datos de manera coherente, minimizando malentendidos y alineando a todos los equipos bajo una misma perspectiva. Esto se vuelve especialmente útil cuando la interfaz ofrece herramientas de visualización que muestran, en tiempo real, cómo afectan los cambios de diseño a los costos o al cronograma, permitiendo una interpretación inmediata y precisa.

Al aplicar estos principios de comunicación en sistemas, la metodología BIM 5D puede mejorar notablemente el flujo de trabajo y la precisión en la gestión de información. Esto genera beneficios clave en proyectos complejos, como la reducción de errores y la mejora de la toma

de decisiones, lo cual facilita un proceso de diseño y gestión de costos más claro, rápido y efectivo en proyectos de infraestructura.

- **Usabilidad y Accesibilidad**

La usabilidad se refiere a lo fácil que es para los usuarios aprender y usar la interfaz. En BIM 5D, una interfaz utilizable permite a los equipos navegar intuitivamente y realizar tareas de forma rápida y sin confusión. En distintos términos, se refiere a lo fácil y eficiente que es para los usuarios interactuar con el software, realizar tareas y entender los datos presentados. Una interfaz BIM 5D bien diseñada debe permitir que arquitectos, ingenieros y gestores de proyectos encuentren y utilicen la información de manera intuitiva, minimizando la curva de aprendizaje y facilitando la toma de decisiones. Esto incluye elementos como la disposición clara de los menús, la consistencia en los iconos y botones, y la reducción de pasos para completar una tarea, lo que contribuye a una experiencia de usuario fluida.

La accesibilidad asegura que la interfaz sea funcional para todos, incluyendo personas con discapacidades. Esto se logra con elementos de diseño inclusivos, como alto contraste y compatibilidad con lectores de pantalla, que facilitan la colaboración en proyectos diversos. Es decir, se centra en asegurar que la interfaz pueda ser utilizada por todos los usuarios, independientemente de sus capacidades físicas o cognitivas. Esto implica incluir características como soporte para lectores de pantalla, opción de ajustar el contraste y el tamaño de fuente, y diseños que eviten la sobrecarga cognitiva. En el contexto de BIM, una interfaz accesible asegura que cada miembro del equipo, sin importar sus habilidades, pueda participar activamente en el proyecto. Esto es especialmente importante en equipos multidisciplinarios donde la diversidad de roles y especializaciones requiere una interfaz que permita la colaboración sin barreras. La accesibilidad no solo amplía el alcance de la herramienta, sino

que también promueve una cultura de inclusión y facilita una comunicación más efectiva entre los diferentes colaboradores del proyecto.

2.1.1.2 Programa Revit.

Las principales herramientas de tecnología BIM incluyen AutoCAD, SketchUp, Navisworks, Aurora, REVIT y ArchiCAD; sin embargo, no todas las herramientas de software son capaces de integrar el presupuesto y el cronograma del proyecto de construcción (tiempo de realización), y recursos (actividades) durante la ejecución del proyecto. Una de estas herramientas que facilita estos propósitos es el software REVIT, considerado como un programa paramétrico creado para la realización de trabajos en modelado BIM, este programa posibilita que las modificaciones realizadas en una vista puedan ser modificadas de forma automática en el resto. Revit contiene toda una base de datos que facilita modificaciones en línea siendo en la actualidad de gran uso para la arquitectura e ingeniería y construcción (Xu, 2017) por ser un software que soporta BIM y genera y almacena información sobre estructuras de edificios. Revit tiene incorporado características para desarrollar complementos en Microsoft Visual Studio. El modelo de información de construcción de Revit se puede exportar a cualquier programa de análisis estructural que brinde la capacidad de cargar datos de origen desde un archivo de texto. Revit se utiliza en los proyectos constructivos para generar un modelo unificado factible de aprovecharse en las distintas disciplinas y sectores en la culminación del trabajo, su funcionamiento tiene por objeto la aplicación del BIM, no lo sustituye, alojando información del modelo que sirve de base para el desarrollo de los diseños y documentos del proyecto. Es un programa que facilita la realización de modelados de proyectos en forma integral de las distintas especialidades como, arquitecturas, estructuras, instalaciones eléctricas, mecánicas y sanitarias, en modelos tridimensionales, facilitando el cálculo de metrados, para los estudios de costos. En suma, Revit contiene diversas funciones

de modelado, modelado y pruebas para edificios, proyectos de energías y estructuras (Xu, 2017).

El uso del software Revit permite a los equipos de arquitectura, ingeniería y construcción diseñar edificios e infraestructura de alta calidad. El software Revit se puede utilizar para modelar formas, estructuras y sistemas con exactitud, precisión y comodidad paramétricas. Permitir cambios en tiempo real en planos, elevaciones, cronogramas y secciones a medida que avanzan los proyectos para agilizar el trabajo de documentación. Los equipos interdisciplinarios reciben conjuntos de herramientas especializadas, así como un entorno de proyecto coherente. "Opciones de diseño" de Autodesk Revit: un equipo puede desarrollar, evaluar y remodelar componentes y habitaciones del edificio dentro de un único archivo de proyecto mediante el uso de opciones de diseño. El nivel de dificultad de las opciones de diseño varía. Un diseñador, por ejemplo, puede querer considerar diferentes diseños de entrada o sistemas estructurales de techos. Como resultado, las opciones de diseño se vuelven más enfocadas y optimizadas a medida que avanza el proyecto.

La tecnología BIM condujo a una mayor precisión en la estimación de los costos de los proyectos de construcción, lo que llevó a una lo que llevó a una reducción notable de las pérdidas y errores que ocurrían cuando se utilizaban métodos convencionales. Para ello, utiliza como herramienta el software REVIT que se caracteriza por su potencial en el modelado del edificio para planificar, diseñar, ejecutar y operar la instalación antes, durante y después de su proceso constructivo. Una de las principales ventajas del software REVIT es su capacidad de proporcionar modelado 3D, 4D, 5D, 6D y 7D (Charef et al., 2018).

Tabla 1*Tipos de modelado en el software REVIT*

Tipo de Modelado	Categorías modeladas e investigadas	Características principales
3D	Tres dimensiones geográficas (x, y, z) de la estructura.	Modelado más común utilizado por los diseñadores. Ayuda a visualizar y observar el edificio realista antes de su construcción
4D	Tres dimensiones geográficas (x, y, z) de la estructura, más la duración (tiempo de las actividades)	Es de gran ayuda al permitir que las partes interesadas preparen las siguientes fases y recursos y realicen un seguimiento del proceso de construcción.
5D	Tres dimensiones geográficas (x, y, z) de la estructura, la duración (tiempo de actividades), y el presupuesto requerido (costo del proyecto).	5D es esencial para permitir que propietarios e ingenieros optimicen el costo requerido para la construcción, proporciona un mayor nivel de precisión y reduce las pérdidas financieras durante construcción.

Fuente: Charef et al. (2018).

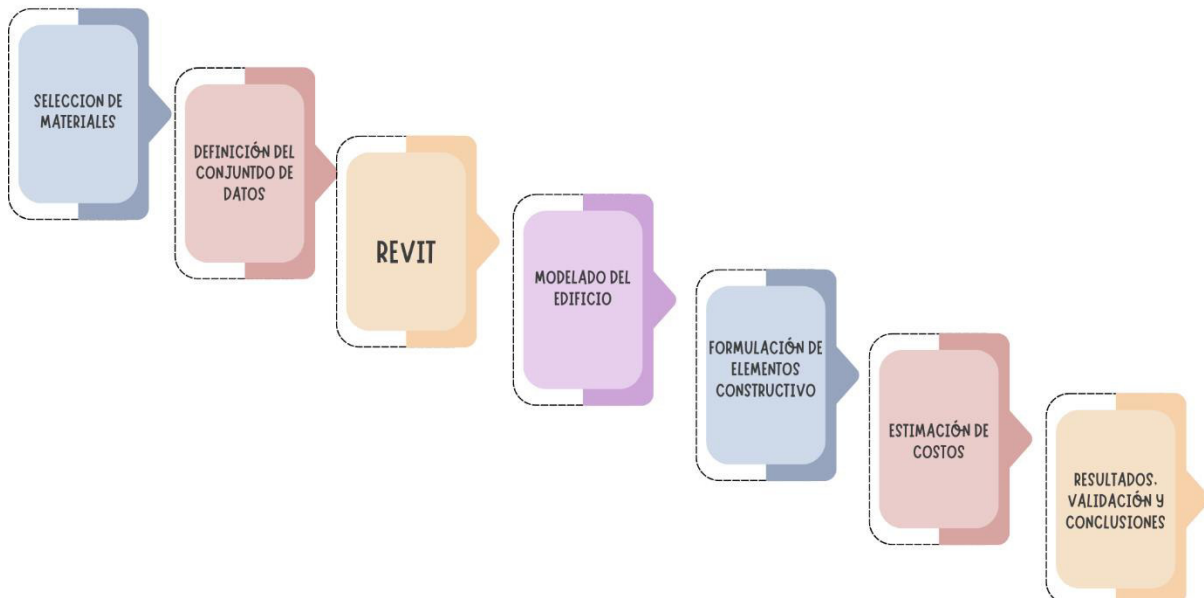
REVIT necesita seleccionar los materiales y definir el conjunto de datos del proyecto de construcción. En este conjunto de datos se incluye el costo de los elementos utilizados en la construcción del edificio, como hormigón, ventanas, puertas y otras piezas. Luego, REVIT realiza un modelado 5D para estimar el costo y construir un Modelo 3D inteligente del proyecto que permita a ingenieros y diseñadores comprender el proceso de construcción y realizar un seguimiento de las fases de construcción de la instalación (Ferrandiz et al., 2018). La dimensión 3D consiste en que el modelo tridimensional expresa visualmente los conceptos de diseño, el modelado paramétrico, la detección de colisiones y los recorridos del modelo. Las dimensiones 4D y 5D, tienen una definición bien extendida y aceptada para modelo 3D + tiempo y modelo 3D + costo, respectivamente.

Complementariamente, el programa Dynamo es un lenguaje de programación visual de código abierto para Revit desarrollado por diseñadores y expertos en construcción. Es un lenguaje de programación que permite a los usuarios ingresar código en líneas y construir algoritmos a partir de nodos. Dynamo puede comunicarse con las capacidades BIM ampliadas de Revit. Dynamo y Revit pueden trabajar juntos para modelar y analizar geometrías complejas, automatizar tareas tediosas, reducir los errores humanos y exportar datos a Excel y otros tipos de archivos que Revit frecuentemente no puede manejar. El proceso de diseño se puede acelerar utilizando la interfaz fácil de usar de Dynamo y la colección de bibliotecas de secuencias de comandos listas para usar. Estructura de nodos de Dynamo Los nodos están compuestos por scripts que realizan tareas específicas. Podría ser algo tan simple como almacenar un número en una lista o algo tan complejo como construir una geometría intrincada. Python, un lenguaje de secuencias de comandos, se utiliza para escribir el código de Dynamo (Yarramsetty et al., 2023).

Las principales etapas del paquete de software REVIT se presentan en la figura siguiente

Figura 2

Fases de REVIT en la estimación de costos



Fuente: Ferrandiz et al. (2018).

Entre sus ventajas, Dynamo es una herramienta de programación visual que proporciona a los usuarios la capacidad de crear secuencias de comandos visualmente del comportamiento, definir piezas lógicas personalizadas y escribir secuencias de comandos utilizando varios lenguajes de programación textual. En segundo lugar, como complemento para software como Revit, Dynamo permite el intercambio de datos con estas herramientas de diseño. Además, Dynamo es una aplicación de código abierto que permite a los usuarios ampliar Dynamo según sus necesidades y ayuda a los diseñadores a realizar diseños conceptuales paramétricos y automatizar tareas. Los ingenieros pueden resolver fácilmente problemas de ingeniería complejos mediante la programación utilizando la biblioteca de nodos integrada de Dynamo.

Además, Revit tiene la ventaja de poder estimar el costo por precios de materiales de entrada para cada componente fabricado en el modelado. Con las ventajas de la aplicación Revit, el proyecto debería poder implementar la estimación de costos basada en BIM mediante

la importación de modelos de construcción en 3D a través de programas de interoperabilidad en distintos formatos. La estimación de costos, o modelado 5D, es un proceso que ocurrirá durante todo el ciclo de vida de un proyecto, desde las primeras etapas del proyecto hasta la etapa de gestión de instalaciones; este proceso busca generar mejores cálculos de cantidades y estimaciones de costos utilizando el modelo BIM como fuente de información (Messner et al., 2019).

La gestión de costos del proyecto en el modelo BIM comprende los procesos involucrados en la planificación, estimación, presupuestación, financiamiento, gestión y control de costos buscando terminar un proyecto específico dentro del presupuesto aprobado por el cliente o patrocinador. Entre estos procesos se encuentran:

1. Planificar la gestión de costos: en este proceso se define cómo se estimará, presupuestará, gestionará, monitoreará y controlará el costo del proyecto
2. Estimar costos: el proceso de pronosticar la cantidad aproximada de costo necesaria para completar una tarea o proyecto específico.
3. Determinar el presupuesto: el proceso de agrupar todos los costos de todas las tareas individuales/trabajos de proyectos individuales para generar una línea base de costos
4. Controlar costos: el proceso de monitorear el costo del proyecto, analizar el costo previsto y actualizarlo si es necesario

2.1.1.3. Programa S10

El software S10 para la elaboración de presupuestos proporciona potentes herramientas para ayudar a los usuarios a crear y gestionar estimaciones precisas para sus proyectos. Con S10, los usuarios pueden generar rápidamente desgloses integrales de costos basados en una variedad de factores, incluidos materiales, costos de mano de obra y gastos de equipo. El

software también incluye una biblioteca de estructuras de costos predefinidas y plantillas de proyectos para agilizar aún más el proceso de presupuestación (Ramos, 2015).

El software S10 es uno de los más utilizados en diversos países del mundo en la industria de la construcción, utiliza un método tradicional que se puede enlazar de manera directa con programas: de office, que pueden ser Word o Excel, o también con programas con formato PDF; asimismo se puede enlazar de forma indirecta con Delphin Express, MS Project o con sistemas RW7. El Módulo de Presupuestos del S10 pertenece al conjunto de programas especializados que necesitan los proyectos de diversa índole incluidos los proyectos de obras de infraestructura; entre sus bondades se identifica al hecho que permite a los usuarios, desarrollar la gestión económica del proyecto, pudiéndose elaborar plataformas de trabajo, constituidas por hojas de análisis de costos unitarios y de presupuestos, con el uso de dos sistemas monetarios, además de permitir el uso de la fórmula polinómica; con todo ello se puede realizar reportes de presupuestos (Ramos, 2015).

El módulo de presupuestos del S10 cuenta con una base de datos en SQL Server, con campos destinados al área de construcción, con la característica particular de tener la facilidad para realizar modificaciones, incrementos de datos y personalizaciones, de acuerdo a las necesidades de la especialidad del proyecto. Tiene una variada aplicación en la estimación de costos de proyectos constructivos, así como para elaborar presupuestos para diversas especialidades al interior de la Ingeniería Civil, como es el caso de edificaciones, obras viales, obras hidráulicas, instalaciones electromecánicas, entre otras. Para ello cuenta con un conjunto de herramientas que le permiten determinar las cantidades de recursos necesarios en una obra, como, materiales, equipos y mano de obra, tanto para calcular los costos directos, como también los costos indirectos, el análisis de precios unitarios, el desarrollo de fórmulas polinómicas para la actualización de costos.

Entre las ventajas más significativas del S10 se considera a su potencia y facilidades desarrolladas que lo han convertido en una herramienta bastante integral para la elaboración de presupuestos. De manera específica sus ventajas contienen, el flujo en el desarrollo de tareas a través de ventanas de rápido acceso; el registro de información y modificación de la misma en cualquier etapa del trabajo; facilidad para acceder a todo el catálogo de recursos, por partidas, unidades de medida, unidad monetaria, entre otros; cálculos con diversas monedas; ordenamiento de los datos registrados, exportación e importación de datos a conjuntos de programas informáticos; actualización de costos con la fórmula polinómica; reportes en una diversidad de formatos; generación de bancos de datos específicos de proyectos determinados; ahorro de tiempo en la elaboración de los presupuestos; facilidad para localizar errores en los procesos constructivos, control en el avance de ejecución de los presupuestos; y, mayor control y seguridad en la administración de presupuestos (Ramos, 2013).

2.1.1.4. Programa Excel

Excel es un programa que forma parte de Office, que posibilita la edición de hojas de cálculo y permite el trabajo con datos numéricos, realizando cálculos, creando tablas, gráficos, además de permitir el análisis de datos mediante herramientas más avanzadas como las denominadas tablas dinámicas. Entre sus múltiples funciones está la de cumplir una importante labor en el mundo empresarial con la realización de acciones, entre otros, de estados financieros, auditorías, análisis de costos y creación de presupuestos. Además, en el proceso de elaboración presupuestal, permite su automatización con el ingreso de datos de manera directamente en hojas de cálculo, reportando con exactitud los resultados, mediante un manejo simple y haciendo uso de un diseño amigable en sus últimas versiones, adecuándose a los estándares de los diversos formatos de análisis de costos y presupuestos (Marín y Zapata, 2017).

Microsoft Excel acepta manipular los datos mediante fórmulas, herramientas gráficas, tablas dinámicas y programar macros automáticamente utilizando el lenguaje Visual Basic para Aplicaciones (VBA). Además, Excel tiene una excelente interoperabilidad con otros softwares, lo que permite importar y exportar información en una amplia gama de formatos y software. Si bien Excel no es una herramienta específica para diseñar y operar bases de datos relacionales, permite simular una base de datos, extraer datos de tablas dinámicas, realizar consultas y utilizar lógicas y fórmulas para lograr la información necesaria.

2.1.1.5. Vinculación del Revit con S10 y Excel

La vinculación entre el Revit con otros programas permite que el modelamiento tridimensional se aplique de forma colaborativa con requerimientos de los proyectos, como en el caso de la vinculación entre Revit con los programas S10 y Excel, que debe posibilitar el intercambio colaborativo de información del modelamiento, mediante el Revit, y los costos y presupuestos de un proyecto. Para este proceso se requiere del uso de nodos, necesarios cuando la vinculación entre programas que no es permitido por defecto, que se puede realizar mediante un procedimiento de ingreso de un conjunto de datos (inputs) donde se especifica toda la información necesaria a reemplazar (Tovar, 2020).

El programa Revit dota de una asociatividad íntegra de forma bidireccional que, en la realización de cambios de diseño, el modelo es actualizado de manera automática en todo el proyecto. En sus reportes emite tablas de reporte de planificación precisas que en su contenido presentan información recabada de las propiedades de los componentes de un proyecto, donde cada elemento presenta características como, dimensiones, volúmenes, áreas, pesos.

Además, la función de exportación de Revit guarda el archivo como un texto delimitado, con extensión Txt. Este formato se abre y configura en la aplicación Microsoft Excel. En el contexto del flujo de trabajo, se utiliza la aplicación Excel como base de datos, que contiene los datos históricos relacionados con el costo y la productividad, la ubicación

donde se procesará la información sobre el proyecto y se cruza con esta base de datos y genera el costo de la construcción, estimación de plazos relacionados con cada grupo de actividad predefinido de forma rápida y automatizada.

2.1.2. Gestión de costes

La gestión de costes, como concepto general, es considerada como todo un proceso donde se desarrollan las etapas de planeación, estimación de costos, presupuestos y control de costo, cuyo propósito es que el proyecto culmine en el marco de los parámetros que están aprobados en respectiva la autorización presupuestal. Se considera que uno de los procesos críticos y vitales en los proyectos de construcción es una estimación precisa de costos. La estimación de costos se refiere al proceso de calcular y proyectar los costos de tres componentes principales, donde se incluyen a todos los materiales a utilizarse en la construcción, mano de obra y equipos dentro del alcance del proyecto; los elementos de costo contienen la cantidad y el precio unitario de recursos relacionados con una o varias tareas, donde el costo de cada tarea se estima multiplicando las cantidades requeridas con sus costos unitarios (Banihashemi et al., 2022).

En este proceso de estimación de costos surgen diversos inconvenientes, uno de ellos tiene que ver con las inconsistencias en el cronograma y presupuesto planificados que generan variaciones entre lo planeado y ejecutado en los proyectos de construcción, pero no solo ello, también existen otros problemas, como la deficitaria planificación, definición inadecuada de los objetivos y alcances del proyecto, mala comunicación entre los profesionales involucrados, gestión de proyectos ineficaz y supervisión, identificación inadecuada de los riesgos del proyecto y sistemas deficientes para estimar y controlar los tiempos y costos del proyecto. Asimismo, durante la fase de ejecución, a menudo hay retrasos que provocan sobrecostos, debido a que no existe un sistema que controle la ejecución de los trabajos realmente realizados (Cárdenas et al., 2018).

La industria de la construcción ha venido buscando durante largo tiempo técnicas conducentes a la disminución de los costos del proyecto, aumentar la productividad y la calidad, y reducir el tiempo de entrega del proyecto. La metodología BIM ofrece el potencial para lograr estos objetivos; BIM también tiene compatibilidad con el concepto de entrega integrada de proyectos, que es considerado como un enfoque para la integración de personas, sistemas y estructuras comerciales y prácticas mediante un proceso colaborativo para reducir desperdicios y optar por optimizar la eficiencia en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (Gopal, 2019).

La determinación del costo de los elementos constructivos de una obra se realiza como proceso previo a su puesta en construcción. Existen diversos procedimientos conducentes a la estimación de costos, que por lo general comprenden 3 fases, análisis, cálculo e integración. En la etapa del análisis, se definen aspectos como: los trabajos a ejecutar, la forma en que se realizarán estos trabajos, que comprende el procedimiento constructivo, cantidad y tipo de los materiales, mano de obra, materiales y maquinaria a necesitar, según el tipo y magnitud de la obra. En los formatos de costos unitarios se consignan los datos de costos de materiales, de la mano de obra y de los equipos y herramientas a utilizar en cada partida constructiva (Mendoza, 2022).

Los estudios de costos en los proyectos constructivos son establecidos en función a dos elementos básicos, el costo directo (CD), y el costo indirecto (CI). Tomando en cuenta la estructura del CD, se identifica en ella, 3 elementos que son indispensables en la ejecución de cualquier proyecto de obra, materiales, mano de obra, maquinarias y equipos; en el caso del CI, en él se ubican los gastos que se requieren para el mantenimiento de la puesta en operación del proyecto, como lo es la supervisión de la obra, los gastos administrativos, los gastos en el

uso de materiales, personal y servicios, que no tienen intervención directa en la proceso constructivo (Ramos, 2015).

La estructura de gestión de costos en el desarrollo de los proyectos de la construcción pasa por la ejecución de tres procesos fundamentales que dependen secuencialmente unos de otros, primero, los metrados de las partidas, luego el análisis de costos unitarios, hasta la estructuración del presupuesto de obra, cuyas características, bondades y procedimientos se detallan por separado.

2.1.2.1. Metrados

Los metrados son considerados como la cuantificación estructurada por partidas de las obras a realizar, se considera que es uno de los procesos de mayor importancia en el expediente técnico de un proyecto de edificación; para el caso peruano existe una normatividad específica para la elaboración de metrados aprobada mediante la Resolución Directoral N° 073-2010/VIVIENDA-VMCS-DNC. En su composición se identifica como elementos componentes de los metrados a las partidas, que representa a cada uno de los servicios o productos conformantes del presupuesto de obra; por ejemplo, en la partida de estructuras, se identifica a las obras de concreto armado, y dentro de ellas a las partidas de columnas, vigas, entre otras estructuras. Los datos requeridos para cada una de las partidas son, la unidad de medida y la cantidad de metrado.

Las partidas que componen un estudio de metrados representan tienen una determinada jerarquía en la estructura del presupuesto. Las partidas de primer orden contienen a aquellos productos o servicios de manera general, se les considera también como títulos; por ejemplo, la partida de “estructuras”. Las partidas de segundo orden son las que designan trabajos constructivos básicos o generales; se les considera también como subtítulos, por ejemplo, la partida de “obras de concreto armado”. Las partidas de tercer orden son aquellas que precisan

en detalle los trabajos específicos y que se consideran como partidas básicas; por ejemplo, la partida de “columnas”. Por último, están las denominadas partidas de cuarto orden, como aquellas que detallan casos especiales; por ejemplo, la partida de “encofrado y desencofrado de columnas” (Ramos, 2015).

En el proceso de metrado, los datos que se obtienen de los planos, luego se procede al cálculo para determinar la cantidad de cada partida a ejecutar; esta cantidad luego de multiplicarse por el costo unitario de cada partida se obtiene el consto por partida, que sumadas todas las que intervienen en la obra permiten la obtención del costo directo total de la obra (Ramos, 2015).

Un aspecto esencial que dificulta la elaboración de metrados en una obra se refiere a la utilización de distintos programas que permitan obtener todos los datos necesarios del proyecto, sin embargo, en diversos casos, la estructura de estos programas no permite intercambiar la información entre programas, o también no contienen los formatos establecidos por las normas técnicas nacionales, como tal, se tiene que efectuar alguna modificación manual al presentarse diferenciaciones en las mediciones o si se requiere de distintos formatos a los que reporta el programa informático. Esta situación conduce a que se tenga que generar formatos basados propios en hojas de cálculo no automatizadas en su integridad, y como tal, requieren de una adición de tareas manuales, lo cual puede conducir a retrasos, incompatibilidades y errores (Ramos, 2023).

El programa informático de amplio uso en los procesos de metrados es el MS Excel, como herramienta que posibilita el análisis de datos a través de hojas de cálculo diseñadas manualmente, a pesar de ello, este programa no está diseñado específicamente para la elaboración de metrados, requiere de la creación de vínculos, desarrollo de fórmulas para los cálculos y la generación de formados de las hojas de cálculo, mediante tareas que pueden

derivar en errores de procesamiento. Asimismo, existe el programa S10, en el módulo de presupuestos de uso para el cálculo de costos de un proyecto, siendo un programa que sus herramientas y funciones sí están diseñados para estos cálculos, sin embargo, tiene como limitante que requiere que los datos que se ingresen deban estar previamente procesados con los cálculos de las partidas, lo cual genera la posibilidad de errores.

2.1.2.2. Presupuesto

Un presupuesto constituye una estimación adelantada de un costo, que permite identificar aquellos requerimientos y recursos necesitados en un proyecto de obra civil, en cuyo contenido se integra a medidas, materiales, mano de obra, servicios y equipos; en su estructura contiene costos directos y costos indirectos. Mientras mayor detalle se especifique en un presupuesto, en referencia a cantidades y costos de materiales, se va a acercar más al costo real de la obra. A pesar de ello, es difícil que el costo final de la obra pueda tener una coincidencia exactamente con el presupuesto proyectado al inicio (Cortés, 2021).

El presupuesto en obras civiles es considerado como el costo total que se requiere para la realización de la obra, teniendo en cuenta todos los gastos previstos según lo establecido en el diseño arquitectónico y estructural del proyecto, así como en las especificaciones técnicas. Una vez determinados los metrados y los costos directos de las diferentes partidas que comprende el proyecto de obra, con el agregando los gastos generales, utilidad e impuestos, se puede calcular el presupuesto total de obra. Los formatos para el cálculo del presupuesto de una obra civil, por lo general contiene como datos: la especificación de cada partida, la unidad de medida, el metrado calculado, y los precios unitarios de cada partida, el costo parcial deducible de multiplicar el metrado por el precio unitario y el costo total del proyecto (Ramos, 2015).

Para que un presupuesto cumpla adecuadamente con sus funciones se hace necesario tener presente que, a pesar de la existencia de distintos programas informáticos para su elaboración, estos programas deben considerarse como un medio para facilitar el trabajo; depende del usuario para que todos los elementos conformantes del proyecto estén contenidos en las partidas, así como en la coherencia de las mediciones y precios; cuanto más detallado y específico sea, en relación a las cantidades y costos objetivos de los materiales a utilizar, menor inseguridad o desconfianza va a generar; por tanto, debe merecer un trabajo exhaustivo y minucioso, sin especificaciones incompletas en la estimación de los costos, que refleje la más cercana aproximación al costo total de la obra (Ramos, 2023).

Entre las funciones que tiene todo presupuesto, se identifica al planeamiento, que permite reducir las incertidumbres que pueden derivar en riesgos para la obra; el control, porque permite el control del flujo de caja y del tiempo de ejecución, permitiendo que la ejecución del proyecto tenga más proactividad, la comunicación porque contribuye a la organización de cada una de las actividades; y, el manejo de recursos, porque incide en el control de los periodos de ejecución de la obra, además de contribuir con el control de las decisiones del manejo económico para conocer la estimación de los recursos que se van ir requiriendo en el transcurso del desarrollo de la obra (Cortés, 2021).

2.2. Marco filosófico

El BIM es considerado como la filosofía de gestión de la información, su uso se fundamenta en aportar soluciones a diversos problemas de la arquitectura e ingeniería, uno de ellos, y quizá el más significativo, es el los sobrecostos en los proyectos de construcción como una realidad internacional, condicionada a diversos factores como causales inducidas por el personal involucrado en el proceso, donde la débil comunicación ha constituido una barrera permanente que se presenta como efecto al concurrir varias empresas y participantes en la etapa de construcción, además del factor competencia, y la parálisis de la información; problemas

que llevan a la información no se dirige a todos los entes involucrados produciendo puntos de congestión, labores innecesarias y trabajos repetidos, En este marco de realidades, la brecha tecnológica ha sido una constante que ha contribuido al ineficiente desempeño de la industria de la construcción, originando escasa información, duplicidades, errores y sobre todo la poca transparencia en el proceso constructivo; todo lo cual condujo a la aplicación de alternativas tecnológicas para digitalizar el proceso de construcción, surgiendo la metodología BIM como una filosofía de cambio en el pensamiento tradicional de los procesos de trabajo en la construcción (Andújar et al., 2019)

En la actualidad, entre los paradigmas de mayor representación que difunden con mayor aceleración son las denominadas metodologías de trabajo colaborativo o modelado de información de construcción, que representa el BIM, como una metodología innovadora que permite dotar de soluciones integrales en la gestión de proyectos de construcción en todo su ciclo de vida, desde el definición de los objetivos del proyecto hasta el cumplimiento de su vida útil, centralizando toda la información en un modelo de información digital accesible para todas las partes interesadas; así, esta metodología contiene la geometría, las relaciones de espacios, los datos geográficos, las cantidades de materiales y la gestión de costes (Cortés, 2022)

En este nuevo pensamiento, la metodología BIM tiene como propósito el reemplazo de las herramientas tradicionales utilizadas en el desarrollo de proyectos; así como el fomento de la industrialización al interior del sector construcción en cada uno de sus procesos y etapas de trabajo, constituyendo una metodología de tipo multidisciplinaria que se fundamenta en modelos de interoperabilidad que se orientan a optimizar la comunicación, así como el flujo de información de un público de interés en el proceso de vida de un proyecto. Asimismo, en un importante avance como filosofía en la construcción, el BIM, ha mostrado la capacidad de

juntar esfuerzos con otras metodologías, como es el caso del Lean Construction; obteniéndose como producto, una cantidad de iteraciones en la división de fases de un proyecto, en tiempo reducido. (Fernandez et al., 2016).

Se trata entonces de un nuevo enfoque para poder describir y mostrar la información requerida para el diseño y construcción. Según Gao & Pishdad (2019). este modelo de información de construcción es la representación digital compartida de las características físicas y funcionales de cualquier objeto a construir; ha permitido brindar a los diseñadores y constructores nuevas oportunidades para lograr edificios de mejor calidad a un costo menor y una duración más corta del proyecto; posee un potencial para brindar valor a los propietarios y operadores al ofrecerles un medio poderoso para recuperar información de un modelo virtual de la instalación.

Además, en la opinión de Koutamanis (2020), la metodología BIM ha sido considerada como un cambio de juego para la industria de la construcción, un cambio de paradigma que implica también cambios en los usuarios de BIM, quienes deben tener una comprensión clara de cómo se devuelve el valor de una propiedad, apreciar lo que implica y, en muchos casos, también deben poder controlar de forma transparente cómo se producen los valores

Desde estas consideraciones se reconoce que los principios de la filosofía BIM se basan en una metodología para organizar y digitalizar la información, tanto de proyectos como de edificios ya construidos, sin delimitación alguna de su procedencia. En esta gestión de la información se reconocen dos etapas del ciclo de vida del proyecto, las etapas de diseño y construcción, así como la de operación; para ello es necesario el conocimiento previo de la información requerida en cada etapa, cuál de ellas es trasladada de una etapa a otra y qué contenido debe ser transferido. En todo este proceso se reconocen ciertos valores, como el trabajo colaborativo, considerado como la columna vertebral del BIM, que consta del trabajo

coordinado de varios agentes que aportan la información necesaria en el momento necesario en cada una de las fases de trabajo.

Otro de los valores es el planeamiento, teniendo en consideración que para el logro de este intercambio de información se hace necesario de un proceso de planeación previo pueda identificar toda la información a requerirse en cada una de las fases, determinando además quiénes y cuándo la deben producir. Además, se hace necesario de un trabajo disciplinado porque en el proceso de digitalización de la información, al utilizar bases informáticas para el intercambio se requiere del uso de estándares de gestión de la información con una aplicación muy disciplinada en cada una de las etapas de este proceso

En suma, el proceso de implantación de la metodología BIM requiere de determinadas complejidades, para lo cual es preciso abordar con claridad los propósitos, conceptos y los procedimientos que sustentan esta metodología, que responden a objetivos precisos y claros, que exigen procesos de planeación de la gestión de la información, a los que todos los entes involucrados en los procesos constructivos se deben adecuar, considerando que no se trata del uso de un producto o programa informático, se trata de todo un proceso fundado en la información coordinada y sobre todo confiable que va desde el diseño hasta el desarrollo constructivo.

2.3. Marco conceptual

Carpeta de trabajo:

Contenedor de documentación que permite la presentación de un entorno de trabajo de características similares a escritorios de cualquier otro Software, para la realización de los trabajos en forma secuencial y ordenada (Villalobos, 2019).

Costo directo:

Conjunto de costos de materiales, mano de obra, leyes sociales, equipos, herramientas, y demás componentes que intervienen directamente en la ejecución de la obra, como los gastos generales y utilidad (Ainul et al., 2019).

Costo indirecto:

Gastos que no se aplican a las partidas identificadas en las obras, sino que son aplicadas al conjunto de la obra (Ainul et al., 2019).

Fórmula Polinómica:

Procedimiento de cálculo dispuesto para la obtención de valores de incremento o decremento de costos que se producen en los presupuestos en determinados periodos de tiempo (Ramos, 2015).

Hoja del presupuesto:

Formato en el que se integra las partidas, subpartidas, e igualmente los metrados, para el cálculo presupuestal de la obra (Ramos, 2015).

Interfaz:

Concepto gráfico de una aplicación informática que permite la conexión funcional del programa con el usuario (Orozco, 2021).

Metrado:

Conjunto de datos recabados de los planos para la cuantificación de cada uno de los elementos componentes de una obra (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2015).

Partida:

Elementos, servicios o productos que son parte conformante de una obra con el objeto de medición, evaluación y pagos (Ramos, 2015).

Programa paramétrico:

Software a través del cual se hace posible la inclusión de parámetros o elementos que puedan condicionar o manipular al proyecto trabajado dentro del mismo programa (Orozco, 2021).

2D:

Elementos que solo representan líneas o elementos con dimensiones de ancho y alto, sin medidas de profundidad (Orozco, 2021).

3D:

Elementos en tres dimensiones, lo cual implica que poseen dimensiones de ancho, alto y profundidad (Orozco, 2021).

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo aplicado, que, según Behar (2014), se orienta a la aplicación o uso de conocimientos en una realidad objetiva, buscando resolver problemas específicos o mejorar prácticas en contextos concretos. En este caso, el estudio se centró en implementar la metodología BIM 5D en el análisis de costos de proyectos de inversión pública en el contexto peruano. La elección de esta metodología responde a la necesidad de optimizar la planificación y gestión de recursos, mejorando así la precisión y eficiencia en la estimación de costos, lo que permite una toma de decisiones informada y alineada con las características y desafíos propios del sector público en Perú.

3.2 Nivel de investigación

Los niveles en una investigación hacen referencia al grado de conocimiento que se pretende alcanzar, y se pueden clasificar en: exploratorio, descriptivo, relacional, explicativo, predictivo o aplicativo. El nivel aplicativo, según Tinitana et al. (2019) se utiliza cuando la investigación busca proponer soluciones concretas a un problema, a menudo mediante intervenciones específicas relacionadas con el área de especialidad. En base a estas definiciones, la presente investigación se enmarca en el nivel aplicativo, dado que plantea alternativas para una implementación efectiva de la metodología BIM 5D en los procesos de gestión de costos en proyectos de infraestructura. Este enfoque busca no solo describir o analizar el problema, sino también ofrecer una aplicación práctica que responda a los desafíos específicos del contexto de la infraestructura en el ámbito de la inversión pública en Perú.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación empleado en este estudio es de enfoque preexperimental, el cual se caracteriza por evaluar la situación antes y después de la implementación de la variable independiente. Este tipo de diseño permite analizar de manera directa los efectos específicos

de la aplicación de la metodología BIM 5D en la gestión de costos de proyectos de infraestructura. Al realizar una medición previa y posterior a la intervención, se facilita una comparación precisa de los resultados, lo que permite determinar el impacto de la metodología en términos de precisión y eficiencia en la estimación y control de costos. El esquema seguido para esta comparación antes y después de la intervención se describe a continuación:

O1 X O2

Donde:

- O1 fue la observación de la variable dependiente antes de la aplicación de la variable independiente
- O2 fue la observación de la variable dependiente después de la aplicación de la variable independiente

3.4 Población y muestra

Dado que esta investigación se orienta al estudio de un caso único, la población de estudio está representada por el proyecto de infraestructura que ha sido seleccionado para el desarrollo y análisis de la investigación. Este enfoque permite profundizar en las particularidades y especificidades de un solo proyecto, lo que es clave para observar a detalle el impacto de la metodología BIM 5D en la gestión de costos.

Para este estudio, la muestra se representará por la misma población, es decir, por el proyecto de infraestructura de una vivienda unifamiliar, lo que significa que tanto la población como la muestra se basan en un único elemento de análisis. Esta muestra única fue seleccionada de manera intencional debido a sus características específicas, las cuales representan un modelo típico de intervención en infraestructura residencial. Al trabajar con un caso único, se logra un enfoque exhaustivo que permite examinar en profundidad cómo la metodología de modelado BIM 5D influye en cada etapa de la gestión de costos durante la fase de diseño.

La elección de un proyecto de vivienda unifamiliar como objeto de estudio facilita la aplicación de los conceptos y herramientas de BIM 5D, dado que este tipo de proyectos presentan características representativas de la construcción residencial. Además, el análisis detallado de este caso específico permite explorar y entender los efectos de BIM 5D en un contexto replicable, sentando así las bases para posibles estudios comparativos futuros en proyectos similares o en otros tipos de infraestructura.

3.5 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Unidad de medición
V.I: Metodología BIM 5D	Metodología para la presentación de las características físicas y funcionales de un proyecto en 5 dimensiones, añadiendo datos sobre costes en un modelo de información visual. (Khochare & Waghmare, 2018)	Aplicación de la Interfaz entre Revit, Excel a S10 que posibilite la interconexión de la metodología BIM 5D para compartir información de costes con todo el equipo del proyecto, (Smith, 2017)	Modelado en Revit	Longitudes y áreas de elementos constructivos Volúmenes de partidas	Matriz de datos	De razón
			Vinculación de Revit. Excel a S10	Costos de partidas Costos de subpartidas		
V.D: Gestión de costes	Proceso donde se desarrollan las etapas de planeación, estimación de costos, presupuestos y control de costo, cuyo propósito es que el proyecto culmine en el marco de los parámetros de la aprobación presupuestal. (Orozco, 2020).	Control de costes y estimación presupuestal del proyecto, con la aplicación del modelo 5D de la metodología BIM. (González, 2015)	Metrados	Nº de partidas Cantidad de datos	Matriz de datos	De razón
			Presupuesto	Metrados Precios unitarios Costos parciales Costo total		

3.6 Instrumentos

Para recopilar los datos requeridos con el fin de alcanzar los objetivos del estudio, se utilizó una matriz de datos generada desde Revit como instrumento base. Esta matriz incluyó información detallada de cada tipo de elemento constructivo, complementada con informes generados en S10 y Excel para gestionar los metros, costos de mano de obra, costos unitarios por partida y el presupuesto total del proyecto. Estos instrumentos permitieron una visión integral y organizada de los costos en las distintas fases de la infracción.

Para garantizar la validez de estos instrumentos, se aplicó un proceso de evaluación por parte de tres expertos: dos especializados en el área de estudio y uno con experiencia en investigación científica. Este sistema de validación buscó asegurar la precisión y relevancia de cada instrumento como un paso previo indispensable antes de su implementación, asegurando así la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos para el análisis y la posterior interpretación.

3.7 Procedimientos

La primera fase de este trabajo consistió en seleccionar un proyecto de infraestructura que cumpliera con las características necesarias para aplicar los programas informáticos bajo estudio. Esta fase incluyó la gestión de la autorización por parte de la entidad responsable del proyecto, lo cual garantizó el acceso a la información y los recursos esenciales para implementar la metodología propuesta.

En la siguiente etapa, se realizó un análisis exhaustivo de los costos asociados al proyecto, aplicando la metodología BIM en sus versiones actuales. Este análisis demostró tanto las ventajas como las limitaciones de BIM en el contexto específico de los formatos de costos y metros utilizados en el Perú. De esta manera, se evaluó la viabilidad de adaptar la metodología a las normativas y estándares locales.

Finalmente, la etapa de contrastación se llevó a cabo mediante una interfaz que facilitó la integración de Revit con Excel y S10, permitiendo la transferencia y organización de datos en un entorno unificado. Esta integración fue fundamental para la comprobación de los resultados obtenidos en el estudio de costos, lo cual permitió verificar la consistencia y precisión de los datos generados.

3.8 Análisis de datos

El análisis de los datos se llevó a cabo en dos fases metodológicas. Primero, se empleó el método estadístico descriptivo para generar tablas de metros y costos, a incluir la cuantificación de los distintos elementos constructivos, los metrados de cada partida del proyecto y el resumen total de metrados. Además, se elaboraron tablas comparativas que permitieron observar diferencias y similitudes en los informes de metros y costos, brindando una visión detallada y organizada de los datos iniciales del proyecto.

La segunda fase del análisis se realizó mediante la aplicación de estadística inferencial para comparar los informes generados por Revit con los obtenidos luego de la integración con los programas Excel y S10. Para esta contrastación, se utilizó la prueba de hipótesis paramétrica T de Student, con el apoyo del software SPSS en su versión 25. Este enfoque permitió identificar diferencias significativas en los datos antes y después de la vinculación de los programas.

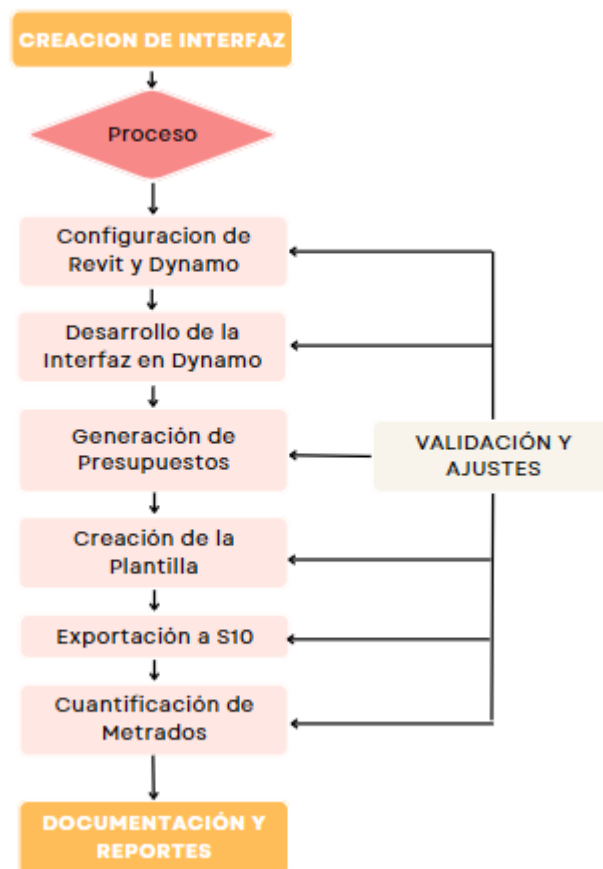
IV. RESULTADOS

4.1 Proceso de elaboración de interfaz.

El proceso de trabajo relacionado con la gestión de proyectos de construcción utilizando software específico como Revit, Dynamo, Excel y S10. Para crear la interfaz que permitió cuantificar los metrados de los elementos dibujados en Revit y luego exportarlos a Excel y S10, se necesita realizar varias tareas específicas, que se detallan a continuación:

Figura 3

Creación de interfaz



a) Configuración de Revit y Dynamo:

En el proceso de instalar y configurar el software Revit y Dynamo en el sistema, hay que considerar que el Dynamo es una interfaz gráfica de programación de código abierto que

forma parte de Revit y permite la gestión de parámetros específicos mediante el uso de bloques de código de programación.

En el programa Revit se puede visualizar diversas herramientas que son de utilidad para modelar, anotar y analizar. En la cinta de opciones se encuentra varias fichas para uso conforme a determinados elementos constructivos, como arquitectura, estructuras entre otros, En coherencia con este estudio, en la ficha de cada elemento constructivo se ubican varias herramientas que permiten apoyar a los usuarios en el proceso de modelar un proyecto arquitectónico. Cada una de estas herramientas posee una configuración y opciones propias que permiten el logro del modelado de cualquier elemento de arquitectura requerido; se recomienda el uso de estas herramientas de acuerdo a la función para la que han sido diseñadas evitando reemplazarlas por aquellas que no guardan relación con el tipo de elemento a representar.

Es necesario asegurarse que los elementos del proyecto que se estén modelando y etiquetando adecuadamente en Revit tengan coherencia con las normas y reglamentos de metros del Perú.

b) Desarrollo de la Interfaz en Dynamo:

En este estudio, los componentes de la vivienda temporal se modelaron íntegramente en el paquete de software paramétrico Autodesk Revit para crear un procedimiento semiautomático, para luego crear una interfaz personalizada en Dynamo que permita seleccionar y cuantificar los elementos del modelo de Revit.

Figura 4

Desarrollo del lenguaje de programación Dynamo



La interfaz de usuario del Dynamo tiene dos elementos de trabajos separados con sus respectivos códigos de programa y vista previa. Los cálculos fueron realizados en el nodo que recibió los datos de entrada. Para la creación de los nodos se tuvo en cuenta los componentes de Norma Técnica nacional para metrados, en el área de arquitectura, con el propósito de dar facilidad al proceso de obtener las cantidades y así poder integrar en una sola base de datos toda la información que correspondía al proyecto.

Esto ha permitido programar las acciones necesarias para extraer datos de los elementos, como áreas, volúmenes, longitudes, etc.

El archivo así desarrollado, proporcionado como entrada a Revit y Dynamo, permitió generar el modelo de diseño 3D, para posibilitar al usuario, tener una visión general del edificio final.

c) Creación de la Plantilla:

Se ha desarrollado una plantilla en el programa Excel, que está estructurada por las partidas del proyecto, como actividades que están definidas en su descripción y unidades de medida cumpliendo con los requisitos establecidos en el Reglamento de metrados vigente en el Perú.

La estructura de la hoja de metrados está relacionada con las partidas correspondientes a la presente investigación, que se la utilizado para la medición y registro de la cantidad de materiales y mano de obra requeridos para los trabajos relacionados con el componente arquitectónico, como la distribución funcional, los revestimientos, puertas y ventanas, además de otros elementos.

Luego se procedió a la configuración de la plantilla para que pueda recibir datos cuantificados desde Dynamo.

Para iniciar un proyecto en Revit, este solicita definir el tipo de proyecto en el que se va a trabajar. Para el proyecto actual, se dispone de un modelo que incluye estructuras de acero. Antes de iniciar la programación, se han configurado plantillas específicas. Al seleccionar "Nuevo Proyecto", el usuario puede elegir entre plantillas personalizadas, como la de construcción y la de estructuras, que han sido diseñadas previamente. Estas plantillas contienen tablas de planificación que incluyen elementos como movimiento de tierras, concreto simple, zapatas, columnas, vigas y losas, todos adaptados al reglamento nacional.

Para ejecutar el proyecto, se carga una plantilla predefinida que ya incorpora el presupuesto y las partidas de cada componente conforme al reglamento. Estas partidas abarcan estructuras como zapatas, columnas, vigas, losas, escaleras y muros armados, y están organizadas dentro de una tabla de planificación basada en las normativas.

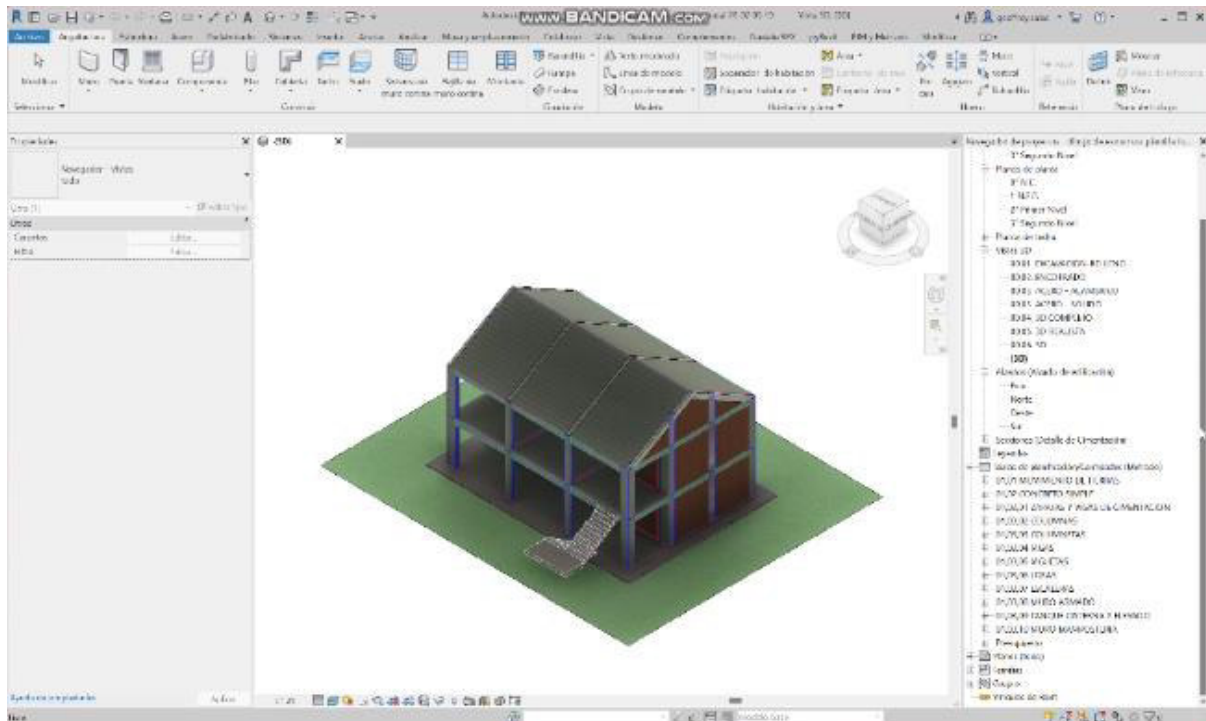
Además, el proyecto cuenta con un sistema de programación implementado en Dynamo, el entorno de programación visual de Revit. A través de Dynamo, se han desarrollado scripts personalizados para automatizar tareas en el proyecto, especialmente para gestionar elementos de cimentación y estructura. Cada script tiene funciones específicas, como cuantificar o actualizar parámetros, y su uso está documentado en el manual de tesis del usuario.

Algunos scripts implementan identificadores para facilitar su uso; por ejemplo, "E" se utiliza para encofrado y "R" para referencia de ubicación. Por ejemplo, el script de cimentación gestiona la categoría "E" de encofrado y "R" como referencia para la posición en el plano, enlazando las categorías en la plantilla de acuerdo con el reglamento nacional de edificaciones. Este sistema de scripts permite calcular las dimensiones de los elementos y devuelve datos sobre su geometría (como longitud, ancho y profundidad), categoría y numeración reglamentaria, así como otros detalles, incluyendo unidades y tipo de material. Así, para cada partida, como zapatas o vigas, se muestra el identificador, la dimensión (por ejemplo, zapatas de 1.30 m x 1.30 m), y la ubicación exacta según el eje de referencia en el proyecto.

Esta configuración automatiza la gestión de partidas y facilita el cálculo y la organización de los elementos estructurales de acuerdo con las normativas, optimizando el proceso de diseño y planificación estructural en Revit.

Figura 5

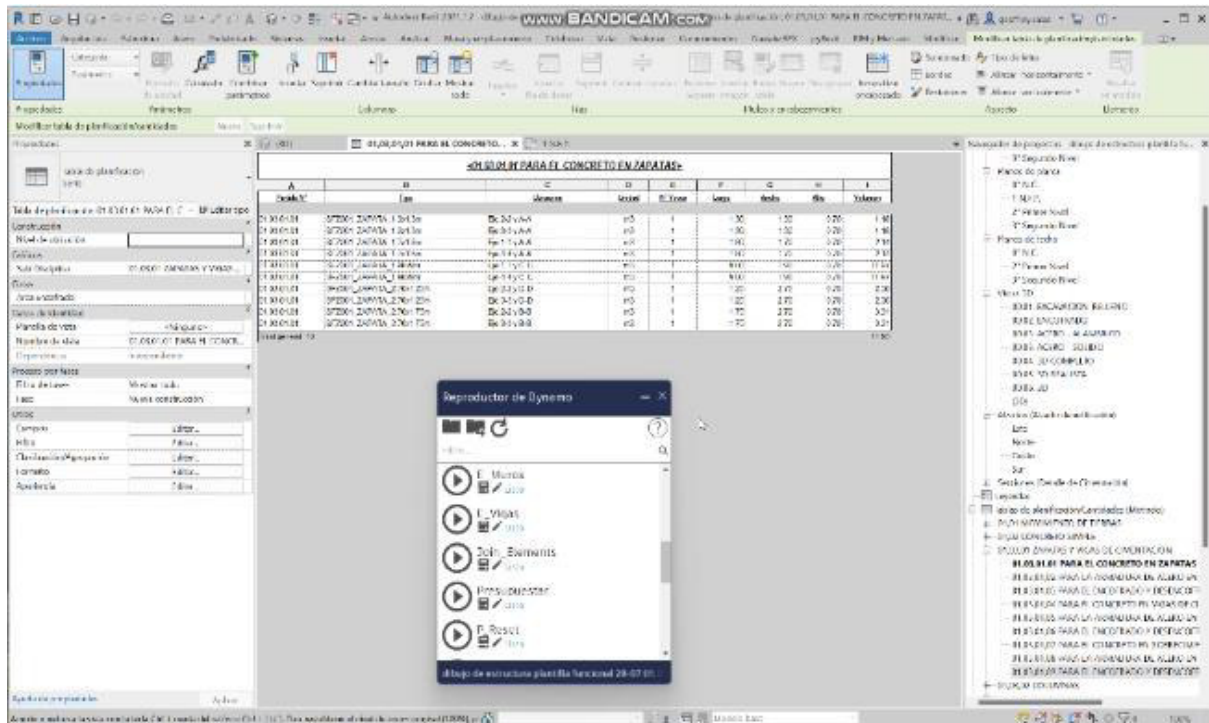
Modelo 3D de Edificio en Autodesk Revit



Cada uno de estos programas, o subrutinas, ejecuta una función específica de cuantificación y localización. Dentro de la plantilla, buscan los datos basados en códigos y normas previamente establecidos, recopilándolos y organizándolos en tablas predefinidas. Por ejemplo, para los cimientos, se extraen las partidas correspondientes, tales como zapatas de concreto, junto con su ubicación, unidad de medida, cantidad de partidas y secciones de acuerdo con las especificaciones del reglamento. Cada tipo de elemento (como encofrado o concreto) se cuantifica en la unidad correspondiente; encofrado en metros cuadrados y concreto en metros cúbicos, según lo estipulado.

Figura 6

Interfaz de Software de Modelado Estructural



Para ejecutar el cálculo y la actualización de las tablas, el proceso comienza con el programa "Reset", que limpia todos los datos previos de las tablas de planificación. Luego, el programa "Cuantificar" revisa que la plantilla contenga los datos necesarios y los organiza en las tablas de planificación según los criterios establecidos. Este proceso restaura los valores, unidades y ubicaciones de cada partida en las tablas.

La subrutina "Referencia" es responsable de completar la ubicación específica de cada elemento en el modelo, categorizando y organizando la información de acuerdo con las configuraciones establecidas. La estructura de programación sigue una secuencia específica que permite ordenar los elementos, asignarles sus unidades, y validar su concordancia con el reglamento de metrados.

Uno de los programas clave es "Cuantificar", que organiza todos los datos y se comunica con las otras subrutinas para ordenar y clasificar la información. Esta subrutina

ejecuta una búsqueda exhaustiva dentro de la plantilla, comparando los datos con las tablas y verificando cada elemento de acuerdo a su código. Así, "Cuantificar" actúa como la matriz principal, recolectando y organizando los elementos en las tablas de planificación, con cada partida clasificada según su función, como limpieza de terreno, excavación, y cortes.

Cada elemento en la plantilla tiene un código específico que define su tipo y ubicación. Por ejemplo, si se selecciona una columna, el programa muestra automáticamente su código, que indica en qué partidas y unidades se mide, así como su ubicación en el eje correspondiente. Esta automatización permite que el programa gestione las partidas de cada elemento de acuerdo a las necesidades del proyecto y el reglamento.

En el caso de un nuevo elemento estructural, como una columna, este puede ser dibujado desde el módulo de estructura. Revit permite seleccionar distintos tipos de columnas, como circulares, cuadradas o rectangulares, que pueden ser configuradas con códigos específicos para facilitar su identificación. Por ejemplo, las columnas circulares pueden ser etiquetadas con "CC" para "Columna Circular", mientras que otros elementos, como muros o zapatas, reciben códigos según su tipo estructural y sistema constructivo. Esta codificación garantiza la consistencia en la identificación y clasificación de todos los elementos en el modelo.

Esta metodología permite que, a medida que se agreguen elementos al proyecto, el programa clasifique automáticamente cada partida según el tipo y la ubicación, optimizando la organización y cuantificación del proyecto dentro de Revit.

d) Cuantificación de Metrados:

Utilización de la interfaz en Dynamo para cuantificar los metrados de los elementos del proyecto en Revit. Para ello, se han definido los parámetros en la cinta de opciones de la interfaz de Revit, que son necesarios independientemente de los elementos y familias, además de los modelos generados por defecto para las tablas de cuantificación. La creación de los

parámetros compartidos se incorporó a los parámetros del proyecto, donde se agruparon por defecto, las categorías en Revit

Luego de haberse definido los parámetros compartidos, se procedió a la fijación de los parámetros en Revit, incorporándolos en las diversas categorías, así como los de tipo texto, información que fue de uso para ser filtrada a través de la programación en Dynamo. La visualización de los parámetros compartidos se muestra en la interfaz de Revit constituyendo parte de las propiedades de los elementos constructivos creados.

Se transfirieron estos datos cuantificados a la plantilla de Excel.

e) Exportación a S10:

Se importaron los datos de metrados de la plantilla de Excel en el software S10, que se utilizó para la gestión de presupuestos y costos en proyectos de construcción.

Los ajustes o análisis adicionales necesarios se realizaron en S10.

f) Generación de Presupuestos:

Se utilizó el S10 para generar el presupuesto del proyecto, basado en los datos cuantificados y otros factores.

Se inició con el registro de los datos informativos generales del presupuesto, para luego en la etapa siguiente, realizar el ingreso de títulos, subtítulos y partidas de los elementos arquitectónicos que corresponden al diseño elegido en la investigación, con sus correspondientes datos de metrados.

Una vez registrados cada uno de los títulos y subtítulos que componen el presupuesto se procedió a jerarquizarlos, y luego, a la generación de los ítems respectivos. Para lo cual se seleccionó los bloques de elementos correspondían a cada uno de los subtítulos.

Incorporadas las partidas, se procedió al análisis de precios unitarios de cada partida, con cantidad de materiales, costos de materiales, rendimientos de la mano de obra, conforme a la normatividad vigente en el país y posteriormente se procedió al agregado de los recursos de las partidas

Luego de creadas y registradas las partidas se ingresaron las cantidades, así como los costos directos de los materiales como también de los recursos, con lo cual se obtuvo el análisis de precios unitarios. Procesado el análisis de precios unitarios, se obtuvo los totales de los costos directos, Asimismo, el programa permitió la realización de cálculos de otras variables, como, gastos generales, utilidad e impuestos.

g) Validación y Ajustes:

Se realizaron las validaciones y ajustes en cada etapa del proceso para garantizar la precisión de los metrados y el presupuesto, que se relaciona con la comprobar que los datos generados verificando si alcanzan a cumplir con los requerimientos necesarios para las contar con el presupuesto,

h) Documentación y Reportes:

Se generaron la documentación detallada y reportes según fue necesario para el proyecto y los requisitos legales.

Este proceso de trabajo combinó habilidades de modelado BIM (Building Information Modeling), programación en Dynamo, conocimientos de reglamentos de metrados locales y el uso eficiente de software de gestión de proyectos como S10. Además, para su correcto uso. es esencial mantenerse actualizado con las regulaciones de construcción en Perú y adaptar el flujo de trabajo según sea necesario para cada proyecto específico.

Para el desarrollo del programa se ha tomado como ejemplo un “Modelo” en 3D, de una vivienda unifamiliar de estructura aporricada, creada específicamente para la investigación, teniendo en consideración que el modelado de información de construcción (BIM) es una técnica que permite la gestión proactiva de proyectos de construcción basada en modelos.

Se ha asumido en el modelo experimental, las especialidades de arquitectura y estructuras, tomando los planos de arquitectura para ser exportados al Revit, iniciando por los muros y pisos de cada uno de los ambientes; en similar procedimiento se procedió para el modelado de las estructuras.

Para el desarrollo del programa de metrados se utilizó la interfaz de programación gráfica “Dynamo” para el cálculo automatizado de las partidas de proyecto utilizado como modelo, no solo para la determinación de cantidades sino además para la actualización de los cálculos de forma inmediata y eficiente.

A partir de esta información se ha creado la interfaz de intercambio entre Revit a Excel y la interfaz de intercambio entre Revit, Excel a S10, cuyos procesos didácticos se muestran en el **Manual de usuario** que, como aporte de la investigación, se presenta en el **ANEXO C**.

4.2 Incidencia de Metodología BIM 5D en estudio de costos

Para determinar la incidencia de la aplicación de la metodología BIM 5D en los estudios de costos de un proyecto de edificación, se efectuó la comparación de los resultados de la aplicación tradicional en el cálculo de metrados y costos, con los resultados luego de la aplicación del BIM 5D con el uso de las interfaces diseñadas para el intercambio del programa Revit con Excel y S10.

En la columna de metrado inicial se registraron los cálculos de metrados mediante el método tradicional de aplicaciones manuales; y, en la columna de metrado final se registra el cálculo de metrados a través del uso del BIM 5D con las interfaces Revit con Excel y S10.

Tabla 2*Diferencias de metrados*

ITEM	DENOMINACION	UNIDAD	METRADO INICIAL	METRADO FINAL	% DE EXCEDENCIA O DEFICIT
01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	269.45	266.45	1.11%
01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	0	0	0%
01.01.03	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	162.15	154.15	4.93%
01.01.04	CORTE DE TERRENO	m3	12.37	11.39	7.92%
01.01.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMIENTOS	m3	56.22	54.37	3.29%
01.01.06	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PISOS	m3	0	0	0%
01.01.07	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO AFIRMADO	m3	26.12	25.66	1.76%
01.01.08	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO OVER	m3	13.21	12.01	9.08%
01.01.09	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	284.69	256.61	9.86%
01.01.10	ELIMINACION CON TRANSPORTE (CARGUIO A MANO) R=25 m3/día	m3	0	0	0%
01.02.01	CONCRETO SOLADO MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON e=0.05 m.	m2	124	120.06	3.18%
01.02.02	CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m3	4.2	3.79	9.76%
01.02.03	CONCRETO 1:8 (100 kg/cm2)+ 20% P.M.EN SOBRECIMIENOS	m3	3.85	3.37	12.47%
01.02.04	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m2	0	0	0%
01.02.05	CONCRETO GRADAS MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m3	0	0	0%
01.02.06	ENCOFRADO DE GRADAS	m2	0	0	0%
01.02.07	CONCRETO RAMPA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	0	0	0%
01.02.08	ENCOFRADO DE RAMPA	m2	0	0	0%
01.02.09	CONCRETO VEREDA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	65.35	61.43	6.00%
01.02.10	ENCOFRADO DE VEREDA	m2	0	0	0%
01.02.11	CONCRETO EN FALSO PISO MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON e=4"	m2	205.4	195.18	4.98%
01.03.01.01	CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	44.81	41.93	6.43%
01.03.01.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en ZAPATAS	kg	1414.5	1285.91	9.09%
01.03.01.03	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	0	0	0%
01.03.01.04	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 EN VIGAS DE CIMENTACION	m3	22.07	20.08	9.02%
01.03.01.05	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en VIGA DE CIMENTACION	kg	0	0	0%
01.03.01.06	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	m2	0	0	0%
01.03.01.07	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO f'c=210 kg/cm2	m3	13.21	11.8	10.67%
01.03.01.08	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en SOBRECIMIENTO REFORZADO	kg	0	0	0%

01.03.01.09	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO REFORZADO	m2	0	0	0%
01.03.02.01	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 EN COLUMNAS	m3	25.42	24.66	2.99%
01.03.02.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en COLUMNAS	kg	3963.53	3603.21	9.09%
01.03.02.03	ENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS 0.50X0.24X2.40 m	m2	0	0	0%
01.03.03.01	CONCRETO EN COLUMNETAS f'c=175 kg/cm2	m3	1.86	1.75	5.91%
01.03.03.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en COLUMNETAS	kg	0	0	0%
01.03.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNETAS	m2	0	0	0%
01.03.04.01	CONCRETO EN VIGAS f'c=210 kg/cm2	m3	27.01	26.42	2.18%
01.03.04.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en VIGAS	kg	2714.5	2468.08	9.08%
01.03.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m2	0	0	0%
01.03.05.01	CONCRETO EN VIGUETAS f'c=175 kg/cm ²	m3	0.52	0.44	15.38%
01.03.05.02	ACERO EN VIGUETAS fy=4,200 kg/cm ²	kg	0	0	0%
01.03.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGUETAS	m2	0	0	0%
01.03.06.01	CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3	59.27	57.13	3.61%
01.03.06.02	CONCRETO EN VIGUETAS f'c=210 kg/cm ²	m3	0	0	0%
01.03.06.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en LOSAS ALIGERADAS	kg	0	0	0%
01.03.06.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS	m2	0	0	0%
01.03.06.05	LADRILLO HUECO DE ARCILLA h = 15 cm PARA TECHO ALIGERADO	und	0	0	0%
01.03.07.01	CONCRETO EN ESCALERAS f'c=210 kg/cm2	m3	5.78	5.03	12.98%
01.03.07.02	CONCRETO ARRANQUE DE ESCALERAS f'c=210 kg/cm2	m3	0.36	0.25	30.56%
01.03.07.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en ESCALERAS	kg	0	0	0%
01.03.07.04	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2	0	0	0%
01.03.08.01	CONCRETO EN MUROS f'c=210 kg/cm2	m3	0	0	0%
01.03.08.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en MUROS	kg	0	0	0%
01.03.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN MUROS	m2	0	0	0%
01.03.09.01	CONCRETO EN LOSAS MACIZA PARA TANQUE f'c=210 kg/cm2	m3	0	0	0%
01.03.09.02	CONCRETO EN MURO DE TANQUE f'c=210 kg/cm2	m3	0	0	0%
01.03.09.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en MUROS DE TANQUE	kg	0	0	0%
01.03.09.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA DE TANQUE	m2	0	0	0%
01.03.09.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN MUROS DE TANQUE	m2	0	0	0%
01.03.10.01	MURO LADRILLO K.K.DE ARCILLA 18 H (0.09x0.13x0.24) AMARRE DE SOGA JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:1:5	m2	0	0	0%
01.03.10.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en MUROS DE ALBAÑILERIA SOGA	m2	0	0	0%
01.03.10.03	MURO LADRILLO K.K DE ARCILLA 18H (09x013x0.24) AMARRE DE CABEZA, JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:1:5	m2	235.15	231.07	1.74%

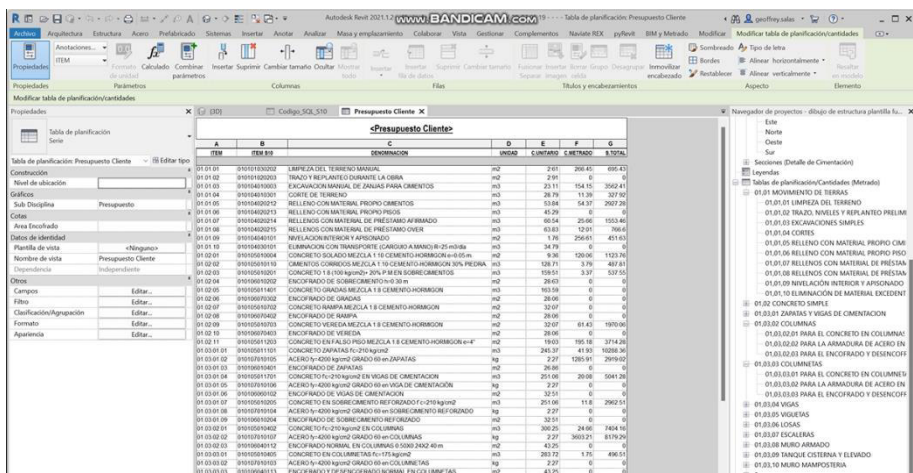
01.03.10.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en MUROS DE ALBAÑILERIA CABEZA	m2	1622.599	1475.09	9.09%
-------------	--	----	----------	---------	-------

Los resultados de la Tabla 2 muestran las diferencias de metrados, donde el metrado inicial corresponde a los cálculos con el método tradicional haciendo uso de los datos contenidos en los planos mediante procedimientos manuales; y, el metrado final esta referido al reporte que se obtuvo haciendo uso de la metodología BIM 5D transfiriendo los datos con la interfaz para Excel y S10.

Se evidencia dos tipos de resultados, unos donde no existieron diferencias en ambos métodos utilizados para el cálculo de metrados; y otros donde se registra diferencias en porcentajes de mayores cantidades con el uso del método tradicional.

Figura 7.

Interfaz de Revit: La tabla de planificación del Presupuesto Cliente.



En la última plantilla generada, existen dos presupuestos, uno de los cuales incluye un campo llamado "código Excel" que especifica la dirección SQL utilizada por el sistema S10. En el ejemplo de configuración, la base de datos se llama "Datos Sur" y el esquema se denomina "Geo". Aquí se define la identificación y otros datos necesarios para la conexión con

la plantilla en uso. Una vez que se establece la conexión, el presupuesto extrae las partidas modeladas y las compara con las que ya existen en el sistema S10. Si una partida está incluida en el reglamento, pero no tiene meta, se toma en cuenta; sin embargo, el costo unitario se obtiene directamente del S10. La información fluye en ambas direcciones: el sistema consulta los códigos de ítems del S10 y los vincula con el ítem correspondiente en el modelo de Revit o en la tabla reglamentaria de metros.

Por ejemplo, en la partida de "Limpieza de Terreno Manual", si el S10 tiene una partida con este nombre y en Revit también existe (código 001), se verifica que ambos coincidan en la misma unidad, como metros cuadrados. El sistema entonces toma el costo unitario desde el S10 (2.61) y el metrado del modelo en Revit (266.45 metros cuadrados) para calcular el subtotal del presupuesto. Al multiplicar el metrado por el costo unitario se obtiene el subtotal, que se refleja en el presupuesto de Revit.

Si una partida en Revit aparece en cero, significa que no ha sido dibujada o ejecutada. Sin embargo, si la partida está en el sistema S10, se procesará. Este es el alcance del procesamiento en Revit.

Para transferir esta información al S10, primero se exporta la tabla de presupuesto desde Revit. Luego, el archivo se abre en Excel como un archivo de texto para revisar los datos exportados. En esta tabla se incluyen todas las partidas, como "Limpieza de Terreno", permitiendo organizarlas y generar metas.

Para optimizar el procesamiento, se pueden hacer ajustes tanto en Excel como en el sistema S10 después de exportar el archivo, aunque se recomienda hacerlo en Excel por su facilidad.

El primer paso es eliminar todos los formatos innecesarios del archivo. Si se tienen dos hojas en Excel, se copia el contenido deseado a la primera hoja y se utiliza un pegado especial que conserve únicamente los valores y los formatos numéricos, sin ningún otro formato adicional. Luego, se guarda el archivo en la carpeta de Documentos, siguiendo la nomenclatura utilizada, como "Presupuesto Cliente".

Figura 8

Exportación de presupuesto en Excel.

ITEM	S10	DENOMINAC UNIDAD	C LUNITARIO	C METRADO	S TOTAL
01.01.01	010101030202	LIMPIEZA DEL m2	2.61	266.45	695.43
01.01.03	010104010003	EXCAVACION m3	23.11	154.15	3562.41
01.01.04	010104010301	CORTE DE TE m3	28.79	11.39	327.92
01.01.05	010104020212	RELLENO CO m3	53.84	54.37	2927.28
01.01.07	010104020214	RELLENOS Cr m3	606.4	25.66	1553.46
01.01.08	010104020215	RELLENOS Cm3	53.83	12.91	765.6
01.01.09	010104040101	NIVELACION m2	1.76	286.61	451.63
01.02.01	010105010004	CONCRETO S m2	9.36	120.06	1123.76
01.02.02	010105010110	CIEMENTOS C m3	128.71	3.79	487.81
01.02.03	010105010201	CONCRETO 1 m3	159.51	3.37	537.55
01.02.09	010105010703	CONCRETO 1 m2	32.07	61.43	1970.06
01.02.11	010105011203	CONCRETO E m2	19.03	195.18	3714.28
01.03.01.01	010105011101	CONCRETO 2 m3	245.37	51.93	10288.36
01.03.01.02	010107010105	ACERO fy=42 kg	2.27	1285.91	2919.02
01.03.01.04	010105011701	CONCRETO f m3	251.06	20.08	5041.28
01.03.01.07	010105010205	CONCRETO E m3	251.06	11.8	2962.51
01.03.02.01	010105010402	CONCRETO f m3	300.25	24.66	7404.16
01.03.02.02	010107010107	ACERO fy=42 kg	2.27	3603.21	8179.29
01.03.03.01	010105010405	CONCRETO E m3	263.72	1.75	496.51
01.03.04.01	010105010503	CONCRETO E m3	241.41	26.42	5378.05
01.03.04.02	010107010108	ACERO fy=42 kg	2.27	2468.08	5602.54
01.03.05.01	010106060112	CONCRETO E m3	283.72	0.44	124.84
01.03.06.01	010105011804	CONCRETO E m3	262.68	57.13	15006.91
01.03.07.01	010105012301	CONCRETO E m3	262.68	5.03	1321.28
01.03.07.02	010105012305	CONCRETO f m3	262.68	0.25	65.67
01.03.10.03	010108010104	MURO LADRIL m2	58.6	231.07	20472.8
01.03.10.04	010107010115	ACERO fy=42 m2	2.27	1475.09	3348.45

Es importante guardar el archivo en el formato "Excel 97-2003" (xls) porque el sistema S10, en su versión 2005, solo reconoce este formato debido a la falta de actualizaciones en el software. Una vez guardado, se puede cerrar el archivo en Excel.

En el sistema S10, se crea una nueva hoja para el presupuesto. Dado que se trata de un nuevo proyecto, se ingresan los datos generales, como el tipo de construcción (por ejemplo,

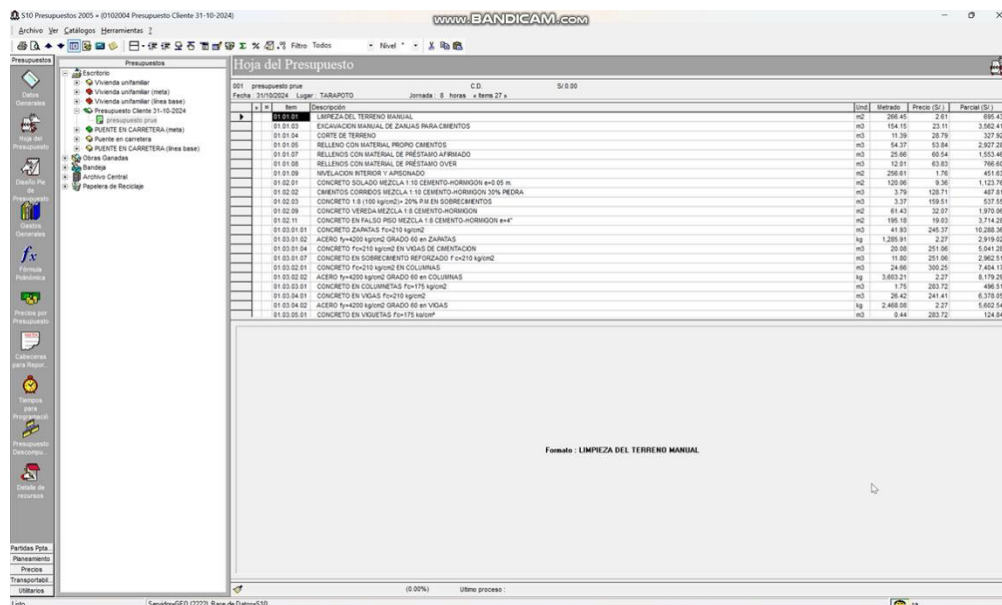
"Vivienda") y la ubicación (por ejemplo, "Lima"). También se define una fecha de inicio del proyecto, aunque esto puede ajustarse según las necesidades del proyecto.

Luego, se importa la información del archivo de Excel. S10 solicita el archivo previamente guardado; una vez localizado en Documentos, se selecciona para su importación. Se indica la fila de inicio y fin de los datos, y se asignan los campos correspondientes, como "Descripción", "Unidad" y "Costo Unitario". Este proceso asegura que el presupuesto esté correctamente estructurado en S10 y listo para su posterior análisis y uso.

En el proceso de importación de datos desde Excel a S10, se requiere principalmente la descripción, la unidad y el precio unitario, junto con los metrajes. Una vez que estos datos están listos, se procede a importarlos en S10. El sistema automáticamente calcula los totales parciales y muestra resultados como 695.43, que corresponde al subtotal de los ítems importados.

Figura 9

Pantalla de software de presupuesto de construcción.



Item	Descripción	Unid	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)
01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	256.45	2.81	695.43
01.01.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANALAS PARA CIMENTOS	m3	154.15	23.11	3,562.41
01.01.04	CORTE DE TERRENO	m3	11.29	20.79	232.92
01.01.05	RELLENOS CON MATERIAL PROPIO CEMENTOS	m3	54.37	53.84	2,927.28
01.01.07	RELLENOS CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMAO	m3	29.66	65.54	1,953.46
01.01.08	RELLENOS CON MATERIAL DE PRESTAMO OVEJ	m3	12.81	63.63	796.60
01.01.09	REVELACION INTERIOR Y AFIRMAO	m2	256.81	1.76	451.63
01.02.01	CONCRETO SOLADO MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORNOON 4# 65 M	m3	120.96	9.36	1,123.76
01.02.02	CIMENTOS CORROBOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORNOON 30% PIEDRA	m3	3.79	126.71	487.81
01.02.03	CONCRETO 1:8 100 kg/m3 20% M# EN SOBRECIMENTOS	m3	3.27	159.51	523.55
01.02.09	CONCRETO VIBRADA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORNOON	m3	61.43	32.67	1,993.96
01.02.11	CONCRETO EN FALSO PISO MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORNOON 4#	m3	195.18	19.63	3,714.28
01.03.01.01	CONCRETO ZANALAS Fo=210 kg/m3	m3	41.93	249.37	10,288.36
01.03.01.02	ACERO 1#-4200 kg/m3 GRADO 60 en ZANALAS	kg	1,285.91	2.27	2,919.02
01.03.01.04	CONCRETO Fo=210 kg/m3 EN VIGAS DE CIMENTACION	m3	29.66	251.96	7,454.17
01.03.01.07	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO Fo=210 kg/m3	m3	11.80	251.96	2,963.51
01.03.02.01	CONCRETO Fo=210 kg/m3 EN COLUMNAS	m3	24.86	300.25	7,454.17
01.03.02.02	ACERO 1#-4200 kg/m3 GRADO 60 EN COLUMNAS	kg	3,653.21	2.27	8,179.29
01.03.03.01	CONCRETO EN COLUMNAS Fo=175 kg/m3	m3	1.79	263.72	469.81
01.03.04.01	CONCRETO EN VIGAS Fo=210 kg/m3	m3	26.42	241.41	6,378.95
01.03.04.02	ACERO 1#-4200 kg/m3 GRADO 60 EN VIGAS	kg	2,468.08	2.27	5,602.54
01.03.05.01	CONCRETO EN VIGUETAS Fo=175 kg/m3	m3	0.44	263.72	124.84

Cuando los datos están correctamente cargados, S10 puede procesar y calcular automáticamente los costos basándose en las unidades, metrajes y precios unitarios. Si se

desean ajustes visuales, como aplicar colores o niveles, estos se realizan en Excel y no forman parte del proceso de tesis, ya que solo implican una programación adicional en Excel para mejorar la presentación.

Tras añadir los títulos y subtítulos de las partidas, se obtiene el costo directo total del proyecto, que en este caso es de 107,729.87. Este proceso de exportación de datos desde Revit a Excel, y luego a S10, concluye con el archivo de presupuesto estructurado, listo para reportes y ajustes finales.

Tabla 3

Presupuesto con metrado inicial

Presupuesto					
Presupuesto	0102006	VIVIENDA UNIFAMILIAR METRADO INICIAL			
Subpresupuesto	001	Estructuras			
Cliente	S10 S.A.C.	Costo al 13/08/2007			
Lugar	LIMA - LIMA - LIMA				
Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ESTRUCTURAS				10,759.10
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				10,759.10
01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	269.45	2.61	703.26
01.01.03	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	162.15	23.11	3,747.29
01.01.04	CORTE DE TERRENO	m3	12.37	28.79	356.13
01.01.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMIENTOS	m3	56.22	53.84	3,026.88
01.01.07	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO AFIRMADO	m3	26.12	60.54	1,581.30
01.01.08	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO OVER	m3	13.21	63.83	843.19
01.01.09	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL	m2	284.69	1.76	501.05
01.02	CONCRETO SIMPLE				8,319.86
01.02.01	SOLIDOS CONCRETO f'c=100 kg/cm2 h=2"	m2	124.00	9.36	1,160.64
01.02.02	CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m3	4.20	128.71	540.58
01.02.03	CONCRETO 1:8+25% PM PARA SOBRECIMENTOS	m3	3.85	159.51	614.11

	CONCRETO VEREDA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	65.35	32.07	2,095.77
01.02.11	CONCRETO EN FALSOPISO MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON E=4"	m2	205.40	19.03	3,908.76
01.03	CONCRETO ARMADO				94,750.04
01.03.01	ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION				23,063.34
01.03.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	44.81	245.37	10,995.03
01.03.01.02	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en ZAPATAS	kg	1,414.50	2.27	3,210.92
01.03.01.04	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION $f_c=210$ kg/cm ²	m3	22.07	251.06	5,540.89
01.03.01.07	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO $f_c=210$ kg/cm ²	m3	13.21	251.06	3,316.50
01.03.02	COLUMNAS				16,629.57
01.03.02.01	CONCRETO EN COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	25.42	300.25	7,632.36
01.03.02.02	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en COLUMNAS	kg	3,963.53	2.27	8,997.21
01.03.03	COLUMNETAS				527.72
01.03.03.01	CONCRETO EN COLUMNETAS $f_c=175$ kg/cm ²	m3	1.86	283.72	527.72
01.03.04	VIGAS				12,682.40
01.03.04.01	CONCRETO EN VIGAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	27.01	241.41	6,520.48
01.03.04.02	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en VIGAS	kg	2,714.50	2.27	6,161.92
01.03.05	VIGUETAS				147.53
01.03.05.01	CONCRETO EN VIGUETAS $f_c=175$ kg/cm ²	m3	0.52	283.72	147.53
01.03.06	LOSAS ALIGERADAS				15,569.04
01.03.06.01	CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	59.27	262.68	15,569.04
01.03.07	ESCALERAS				1,612.85
01.03.07.01	CONCRETO EN ESCALERAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	5.78	262.68	1,518.29
01.03.07.02	CONCRETO ARRANQUE DE ESCALERAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	0.36	262.68	94.56
01.03.10	MUROS MAMPOSTERIA				24,517.59
01.03.10.03	MURO LADRILLO K.K DE ARCILLA 18H (09x013x0.24) AMARRE DE CABEZA, JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:1:5	m2	235.15	88.60	20,834.29
	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en MUROS DE ALBAÑILERIA CABEZA	m2	1,622.60	2.27	3,683.30
	COSTO DIRECTO				113,829.00
	GASTOS GENERALES 12.5286%				14,261.18
	UTILIDAD 10%				11,382.90

SUBTOTAL	139,473.08
IMPUESTO (IGV 19%)	26,499.89
	=====
TOTAL PRESUPUESTO	165,972.97
SON: CIENTO SESENTICINCO MIL NOVECIENTOS SETENTIDOS Y 97/100 NUEVOS SOLES	

La Tabla 3 muestra los resultados del presupuesto inicial desarrollado mediante el método de cálculo tradicional de metrados mediante la determinación de medidas en magnitudes de longitud, área y volumen de cada uno de los elementos que conforman el proyecto, haciendo uso de la lectura de planos y la transferencia manual para la determinación de las cantidades de cada partida del proyecto, que sirve de base para el cálculo presupuestal del proyecto asumido como modelo.

Tabla 4

Presupuesto con metrado final

Presupuesto						
Presupuesto	0102005	VIVIENDA UNIFAMILIAR				
Subpresupuesto	001	Estructuras				
Cliente	S10 S.A.C.	Costo al 13/08/2007				
Lugar	LIMA - LIMA - LIMA					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	ESTRUCTURAS				10,284.73	
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				10,284.73	
01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	266.45	2.61	695.43	
01.01.03	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3	154.15	23.11	3,562.41	
01.01.04	CORTE DE TERRENO	m3	11.39	28.79	327.92	
01.01.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMIENTOS	m3	54.37	53.84	2,927.28	
01.01.07	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO AFIRMADO	m3	25.66	60.54	1,553.46	
01.01.08	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO OVER	m3	12.01	63.83	766.60	

01.01.09	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL	m2	256.61	1.76	451.63
01.02	CONCRETO SIMPLE				7,833.46
01.02.01	SOLADOS CONCRETO $f_c=100$ kg/cm ² h=2"	m2	120.06	9.36	1,123.76
01.02.02	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m3	3.79	128.71	487.81
01.02.03	CONCRETO 1:8+25% PM PARA SOBRECIMENTOS	m3	3.37	159.51	537.55
	CONCRETO VEREDA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	61.43	32.07	1,970.06
01.02.11	CONCRETO EN FALSOPISO MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON E=4"	m2	195.18	19.03	3,714.28
01.03	CONCRETO ARMADO				89,430.91
01.03.01	ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACION				21,030.40
01.03.01.01	CONCRETO PARA ZAPATAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	41.93	245.37	10,288.36
01.03.01.02	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en ZAPATAS	kg	1,285.91	2.27	2,919.02
01.03.01.04	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION $f_c=210$ kg/cm ²	m3	20.08	251.06	5,041.28
01.03.01.07	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO $f_c=210$ kg/cm ²	m3	11.08	251.06	2,781.74
01.03.02	COLUMNAS				15,583.46
01.03.02.01	CONCRETO EN COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	24.66	300.25	7,404.17
01.03.02.02	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en COLUMNAS	kg	3,603.21	2.27	8,179.29
01.03.03	COLUMNETAS				496.51
01.03.03.01	CONCRETO EN COLUMNETAS $f_c=175$ kg/cm ²	m3	1.75	283.72	496.51
01.03.04	VIGAS				11,980.59
01.03.04.01	CONCRETO EN VIGAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	26.42	241.41	6,378.05
01.03.04.02	ACERO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60 en VIGAS	kg	2,468.08	2.27	5,602.54
01.03.05	VIGUETAS				124.84
01.03.05.01	CONCRETO EN VIGUETAS $f_c=175$ kg/cm ²	m3	0.44	283.72	124.84
01.03.06	LOSAS ALIGERADAS				15,006.91
01.03.06.01	CONCRETO EN LOSAS ALIGERADAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	57.13	262.68	15,006.91
01.03.07	ESCALERAS				1,386.95
01.03.07.01	CONCRETO EN ESCALERAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	5.03	262.68	1,321.28
01.03.07.02	CONCRETO ARRANQUE DE ESCALERAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	0.25	262.68	65.67
01.03.10	MUROS MAMPOSTERIA				23,821.25
01.03.10.03	MURO LADRILLO K.K DE ARCILLA 18H (09x013x0.24) AMARRE DE CABEZA, JUNTA 1.5 cm. MORTERO 1:1:5	m2	231.07	88.60	20,472.80

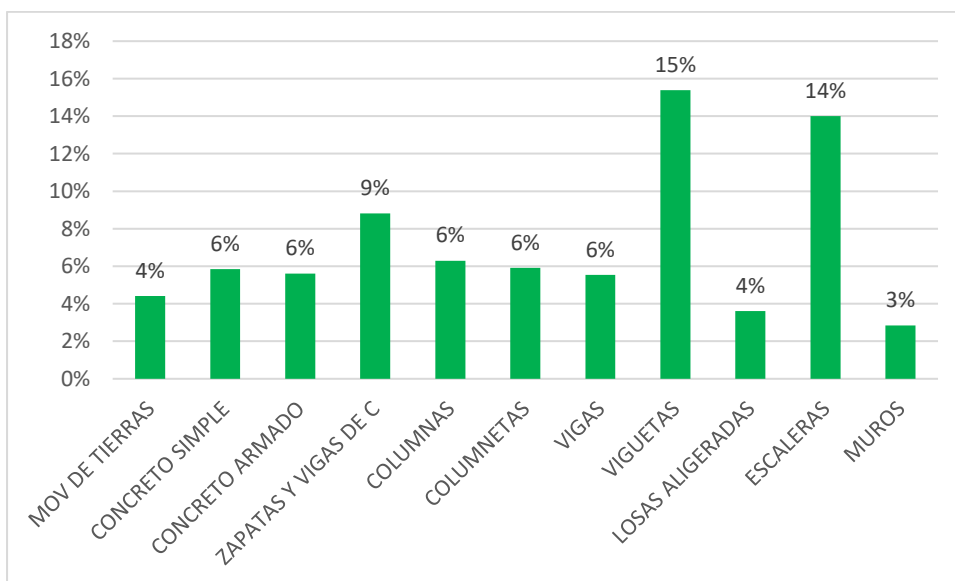
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en MUROS DE ALBAÑILERIA CABEZA	m2	1,475.09	2.27	3,348.45
COSTO DIRECTO				107,549.10
GASTOS GENERALES 12.5286%				13,474.40
UTILIDAD 10%				10,754.91

SUBTOTAL				131,778.41
IMPUESTO (IGV 19%)				25,037.90
				=====
TOTAL PRESUPUESTO				156,816.31
SON: CIENTO CINCUENTISEIS MIL OCHOCIENTOS DIECISEIS Y 31/100 NUEVOS SOLES				

Los resultados que se presentan en la Tabla 4 indican el presupuesto final del proyecto con los datos de metrados determinados con la aplicación de la metodología BIM 5D transfiriendo los datos de cada partida a la interfaz para Excel y S10 desarrollada de manera experimental en la presente investigación.

Figura 10

Diferencias en presupuesto por partidas

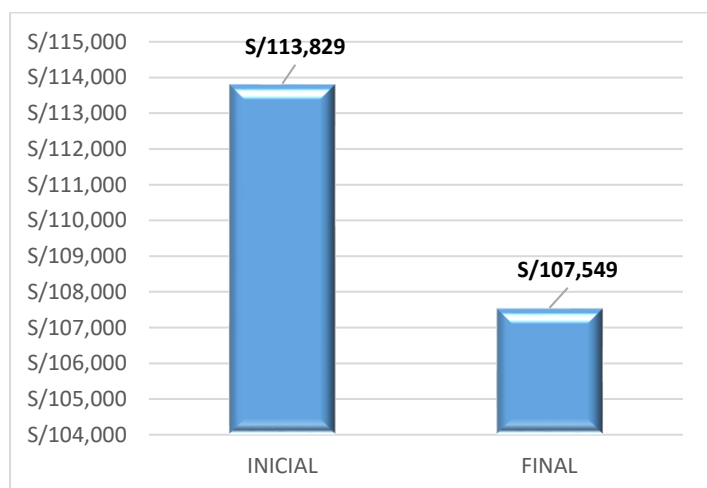


De los datos resultantes en los presupuestos inicial y final se puede identificar los porcentajes de variaciones presupuestales por cada una de las partidas del proyecto, donde se evidencia una variación que fluctúa entre el 3 y 15% mayor en las cantidades calculadas en el presupuesto inicial.

Los mayores porcentajes de variación se presentaron en las partidas de: zapatas y vigas de cimentación (9%), escaleras (14%) y viguetas (15%).

Figura 11

Diferencias en el costo directo



En el comparativo de los costos directos entre los presupuestos inicial y final, el resultado que se muestra indica que, el costo directo inicial es mayor en 6% comparado con los resultados del presupuesto final.

La diferencia entre los costos directos en los presupuestos inicial y final tiene un valor de S/ 6,280.00, que representa una disminución del presupuesto con la aplicación de la metodología BIM 5D con la interfaz para Excel y S10.

Para evaluar la incidencia de la metodología BIM 5D en la gestión de costes se ha optado por aplicar la prueba estadística inferencial T de Student, que evalúa la diferencia de

dos grupos relacionados, considerando que los datos obtenidos son de tipo numéricos. Se parte de la hipótesis que existe disminución significativa de costos con la aplicación de la metodología BIM 5D; teniendo como hipótesis nula que no existe disminución de costos. Se acepta la hipótesis nula si el nivel de significación p es menor que 0.05.

Tabla 5

Diferencias de medias en metrados

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Metrado inicial	421,3926	27	945,15275	181,89473
	Metrado final	385,8267	27	858,57245	165,23234

El primer reporte se presenta en la Tabla 5, donde se observa los valores de las medias correspondientes a los metrados de cada una de las subpartidas evaluada, observándose que el metrado final tiene un menor valor promedio según el reporte estadístico, después de aplicado el programa estadístico que es asumido con carácter experimental. El valor de N corresponde a los 27 datos donde existen datos en las partidas, en coherencia con lo registrado en la Tabla 2.

Para conocer si esta diferencia es significativa se tiene el siguiente reporte.

Tabla 6

Prueba T para muestras relacionadas de metrados

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1	Metrado inicial - Metrado final	35,56589	86,76553	16,69803	1,24259	69,88919	2,130	26	,043

Los resultados de la prueba T para metrados, de la Tabla 6, muestran una diferencia de medias de 35.57; asimismo se evidencia que el p valor tiene una cifra por debajo del nivel de significación 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna referida a que sí existe una diferencia significativa entre el metrado inicial y final, donde el menor valor promedio se ubica en el metrado final.

Tabla 7

Diferencias de medias en costos

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Costo inicial	4215,8889	27	5016,58211	965,44168
	Costo final	3983,3000	27	4863,53591	935,98792

Para el caso de costos, la Tabla 7 muestra los valores promedios de los costos directos, inicial y final, de las 27 partidas que habían registrado valores de metrados, donde se observa una diferencia con menor valor en el costo final.

Con el propósito de evaluar la significación de esta diferencia se muestra los resultados de la prueba T, teniendo como hipótesis nula que no existe diferencias significativas entre las variables estudiadas.

Tabla 8

Prueba T para muestras relacionadas de costos

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Costo inicial - Costo final	232,58889	234,63448	45,15543	139,77058	325,40720	5,151	26	,000

La Tabla 8 muestra los resultados de la prueba T para los costos, evidenciándose que la significación bilateral es de 0.00 menor que el estadístico de referencia 0.05, por lo que igualmente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la existencia de diferencias significativas entre los costos antes y después de la aplicación de la metodología BIM 5D.

Tomado los resultados de la prueba estadística T de Student, presentados en las tablas 6 y 8, se puede inferir que la hipótesis propuesta en la investigación es aceptada en el sentido que la metodología BIM 5D incide significativamente en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La realización de la investigación parte de la necesidad de establecer una interconexión entre la metodología BIM 5D utilizada con la herramienta Revit, con los programas Excel y S10 de manera que posibilite la aplicación de los estudios de costos en edificaciones con los formatos que se utilizan en el Perú, para lo cual, se ha diseñado una interfaz para intercambio de Revit a Excel y una interfaz para Revit, Excel a S10; esto, en virtud que existen diversos inconvenientes para el uso directo de la metodología referida.

Estos inconvenientes también son considerados por Sepasgozar et al. (2022) en su investigación, al precisar que existen limitantes en el uso del BIM para determinadas aplicaciones, tomando el ejemplo del programa de operaciones contables “blockchain” además de otros sistemas automatizados cuya aplicación ha mostrado dificultades que requieren de estudios adicionales para determinar soluciones.

Iguamente, Lucky & Budiwirawan (2022) sostienen que el BIM en su versión 5D está relacionado con la gestión económica o también conocida como el análisis de costos, pero considerando que en la aplicación de esta metodología se hace necesario el uso de distintos softwares, según los requerimientos del proyecto. Ante esta necesidad existen programas para su aplicación; sin embargo, no todos se adecuan a los requerimientos de las normas nacionales de metrados que están vigentes en el Perú, por lo que se debe hacer uso de alternativas tecnológicas, como es el caso de la interfaz desarrollada en la presente investigación.

En el logro del primer objetivo específico se ha logrado determinar la incidencia de la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 en el cálculo de metrados en el diseño de un proyecto de infraestructura, observándose en los resultados que existe una diferencia significativa en los metrados luego de la aplicación de las interfaces, obteniendo cálculos más precisos que reducen los valores que se habían registrado

en el proyecto utilizado como muestra mediante el método tradicional de medidas extraídas manualmente de los planos; este resultado igualmente es sostenido por Llanque (2021) en su estudio obtiene información relevante para afirmar que utilizando metodología BIM se logra variaciones positivas en el monto presupuestal con referencia al presupuesto original, con la reducción del valor de metrados de las partidas en los proyectos de edificación, con el uso del programa Revit para el cálculo, validando lo que teóricamente sostiene Xu (2017) en el sentido que Revit facilita el cálculo de metrados, para los estudios de costos en proyectos de edificios, de energías y estructuras.

Además, en las aplicaciones prácticas que realizó Charef et al. (2018), pudo comprobar mayores niveles de precisión al estimar los costos de los proyectos constructivos, verificando que se pudo lograr una significativa reducción en los errores de cálculo que se generaban cuando se hacía uso de los métodos convencionales, con aplicación manual; ante ello resulta fundamental el uso del Revit para posibilitar a los propietarios e ingenieros la mejora de los procesos de determinación de los costos que requieren en la construcción, ya que facilita mayor precisión en los cálculos.

De igual manera, en el objetivo de desarrollar la implementación de la interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10, en el presente estudio, se utilizó en software Dynamo que permitió la comunicación de las capacidades del BIM con el Revit, habiéndose modelado y automatizado todas las tareas necesarias para exportar los datos del proyecto utilizado como muestra al programa Excel. Estas facilidades permitidas por el Dynamo, coinciden con el sustento de Yarramsetty et al. (2023) cuando afirma que el Dynamo contribuye con facilitar la exportación de datos a Excel, incluso también a otros tipos de archivos, donde el Revit presenta inconvenientes, para lo cual funciona adecuadamente la estructura de nodos del Dynamo, para la ejecución de tareas específicas.

La automatización en Dynamo permitió en la investigación el desarrollo de los metrados, teniendo como punto de partida el modelo 3D de BIM, en las distintas partidas que conformaban el proyecto de vivienda, donde la tabla de cuantificación registró las partidas y subpartidas codificadas, las unidades y los totales de los elementos metrados en cada elemento constructivo. Esta automatización en Dynamo, confirma sus bondades que sostiene Ferrandiz et al. (2018) al precisar que el cálculo de metrados automatizado en Dynamo, conduce a facilitar la conexión y el intercambio de datos, contribuyendo de esa manera a la modificación significativa del tradicional método en modelos 2D, con procesos extensos y complejos, permitiendo el fácil acceso a la información automatizada que proporciona el BIM 5D.

En el desarrollo del segundo objetivo específico, la interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10, ha permitido el estudio de costos obteniendo los precios parciales por partidas, así como el presupuesto total de la edificación, demostrando mediante la prueba estadística que existe una reducción significativa en los costos con la aplicación de la metodología BIM; esto como consecuencia lógica de la reducción de los valores en metrados, habiéndose asumido los mismos precios unitarios de cada sub partida. De esta manera, el diseño y desarrollo de la interfaz propuesta en la presente investigación ha permitido demostrar que esta metodología se puede aplicar a los formatos establecidos en el país para los presupuestos de obra. Similares resultados obtienen Díaz y Rivera (2022) cuando en la aplicación del BIM 5D en su proyecto constructivo logró optimizar los costos y tiempo de las partidas generando una significativa reducción del costo total mediante la integración de los diseños e información técnica del proyecto.

Estos resultados confirman lo sostenido por Ramos (2015) cuando considera que, para el uso de los formatos de análisis de costos y presupuestos, en el Perú, son compatibles programas, como el S10 y Excel, que posibilitan un adecuado estudio de metrados y análisis

de costos en la construcción, sin embargo, no es posible la integración directa de estos programas con la metodología BIM 5D); igualmente la necesidad de uso de las interfaces, lo sustenta Mesároš et al. (2019) al considerar que la integración de la tecnología BIM con la gestión de costos en la ingeniería civil es importante, aunque en determinadas realidades aún es complicada su aplicación porque se requiere de programas que vinculen la información hacia otros programas.

El objetivo general propuesto en la investigación se ha logrado al contrastar la hipótesis propuesta, con la aplicación de la prueba estadística T de Student, al determinar que la metodología BIM 5D incide significativamente en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura, teniendo como sustento los valores de significación reportados por las pruebas aplicadas, que muestran una reducción significativa en el cálculo de metrados por cada sub partida, así como en sus precios parciales, que representa una reducción del costo del proyecto de 8.36%; este resultado es corroborado por Ghazaryan (2019), en su estudio, cuando asume que para un óptimo uso del BIM 5D en los procesos de estimación de costos de construcción, se requiere del desarrollo de una plataforma que permita fusionar la información de los costos y los problemas de gestión con los modelos de información de construcción que existen en los distintos países.

Además, se corrobora también con los resultados positivos que encuentran Díaz y Rivera (2022) con la aplicación de la metodología BIM al lograr generar una disminución significativa en el costo total del proyecto que se acerca al dos por ciento del presupuesto original, permitiendo ahorrar y tiempo en el desarrollo del proyecto; igualmente el estudio de Bustamante et al. (2021) que lograron la significativa reducción de recursos y tiempo con la aplicación del Revit, en el proceso de estudio de costos de un proyecto de edificación, tomando como referencia el estudio previo del proyecto aplicado en el método tradicional; y no solo

montos reducidos, sino también que los datos obtenidos con la aplicación de los programas tiene garantía de exactitud, comprobado también en el estudio de Infante (2023) quien al estudiar el BIM con la aplicación del Vico Office, para el estudio de costos y planificación, concluye que la información de costos obtenida es certera.

VI. CONCLUSIONES

- a. La implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 incide en el cálculo de metrados obteniendo información exacta y reduciendo los cálculos que se realizan de manera tradicional en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura
- b. La implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 incide en la determinación certera de costos y reduciendo el monto de presupuesto de la obra en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura
- c. La metodología BIM 5D incide positiva y significativamente en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura, corroborado con los reportes de diferencias de medias que muestran reducción en metrados y costos, así como con la significación resultante de la aplicación de la prueba estadística T de Student.

VII. RECOMENDACIONES

- a. Se sugiere promover una futura investigación para evaluar comparativamente las partidas donde se presenta mayor incidencia de cambios en los precios parciales de las subpartidas para determinar cuáles de ellas tienen mayor influencia en el costo de una obra.
- b. Otra futura investigación es el estudio del control de las tareas en el proceso constructivo con el uso de la metodología BIM en un análisis comparativo con la metodología tradicional.
- c. Un estudio necesario como complemento de la presente investigación es la evaluación de los tiempos que se utilizan en el método tradicional de cálculo de metrados y determinación de costos, con el tiempo que requiere el uso de la metodología BIM 5D con las interfaces estudiadas.

VIII. REFERENCIAS

- Abanda, F., Kamsu, B., & Tah, J. (2017). BIM – New Rules of Measurement Ontology for Construction Cost Estimation. *Engineering Science and Technology, an International Journal* 20(2), 443-459.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098616309156>
- Angulo, J. (2020). *Planeación y control BIM 5D, en proyectos residenciales*. (Tesis de maestría, Universidad Panamericana de Guadalajara).
<https://scripta.up.edu.mx/handle/20.500.12552/6218>
- Andújar, M. D., Galiano, A. Rizo, C. & Echarri, V. (2019). Bim and lean construction interactions: A state-of-the-art review. *WIT Transactions on the Built Environment*, 192, 1-13. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/BIM19001FU1.pdf>
- Banihashemi, S., Khalili, S. & Sheikhhoshkar, M. (2022). Machine learning-integrated 5D BIM informatics: building materials costs data classification and prototype development. *Innov. Infrastruct. Solut.* 7(215). <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00822-y>
- Cámara Peruana de la Construcción. (2022). *Informe Económico de la Construcción #54*.
https://capeco.org/store-imagenes/files/IEC_EDICION_54_.pdf
- Cárdenas, C. Zapata, P. y Lozano, N. (2018). Integrating 5D Building Information Modeling with Earned Value Management Methodologies through a Computation Tool. *Revista ingeniería de construcción*, 33(3). https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732018000300263&script=sci_arttext&tlng=en

- Cortés, G. (2022). *Metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de construcción*. Universidad Cooperativa de Colombia, <https://repository.ucc.edu.co/items/542a0306-5960-4fe3-b5da-d53867e6dd99>
- Díaz, B. y Rivera, M. (2022). Optimización de costos y tiempos de las partidas de mayor incidencia en proyectos viales de la región sierra centro y sur, mediante la metodología BIM. (Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Repositorio UPC https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652230/D%C3%ADaz_FB.pdf?sequence=11
- Fernández, L., Ríos R. & Marreros, J. (2016). Más allá de la tecnología: BIM como una nueva filosofía. *Revista Civilizate*, 8. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/18629/18867>
- Gao, X., & Pishdad, P. (2019). BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. *Advanced engineering informatics*, 39, 227-247. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.01.005>
- Ghazaryan, M. (2019), BIM and Cost Estimation Issues (5D): Case of Armenia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 698(2), 1-7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/2/022076/meta>
- Gonzales, C. (2015). *Building Information Modeling. Metodología, aplicaciones y ventajas*. (Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia). <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56357/TFM%202015%20CARLOS%20GONZALEZ.pdf?sequence=1>

- Gopal, M. (2019). BIM Based Analysis of Time and Cost for Multi Storey Commercial Building. *International Journal of Engineering and Technology*, 11(6), 341-347.
https://www.researchgate.net/profile/Gopal-Naik-2/publication/337793644_Bim_Based_Analysis_of_Time_and_Cost_for_Multi_Storey_Commercial_Building/links/60ec3125fb568a7098a20e1a/Bim-Based-Analysis-of-Time-and-Cost-for-Multi-Storey-Commercial-Building.pdf
- Haider, U., Khan, U., Nazir, A. & Humayon, M. (2019). Cost Comparison of a Building Project by Manual and BIM. *Civil Engineering Journal*, 6(1), 34-49.
<https://pdfs.semanticscholar.org/0451/42cbf107932d0a8627314e0892cc65b5de3e.pdf>
- Husin, A., Sihombing, S., Kussumardianadewi, B. & Rahmawati, D. (2020). Improving The Cost Performance of Mechanical Electrical and Plumbing (MEP) Works Buildings In Hotel Based on Building Information Modeling (BIM) 5D. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 3(2), 228-236.
<http://jid.eng.ui.ac.id/index.php/journal/article/view/168>
- Jununkar, S., Aswar, D. & Mittapalli, D. (2017). Application of BIM and construction process simulation using 5D BIM for residential building project. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(7), 1063-1067.
- Kehily, D. & Underwood, J. (2017). Embedding life cycle costing in 5D BIM. *Journal of Information Technology in Construction*, 22, 145-167.
http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/44154/1/2017_08-ITcon-Kehily.pdf
- Khochare, S. & Waghmare, A. (2018). 3D,4D and 5D Building Information Modeling for Commercial Building. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 132-138

- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM: Why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*, 114, 103153.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>
- Kulkarni, S. & Mhetar, G. (2017). Cost Control Technique Using Building Information Modeling (BIM) For a Residential Building. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 324-330.
http://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_62.pdf
- Llanque, A. (2021). *Aplicación de la tecnología BIM para optimizar los costos en el presupuesto del Hotel Tacna Heroica, 2021*. (Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna). Repositorio UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2112>
- Lucky, R. & Budiwirawan, A. (2022). Analysis of the Advantages and Disadvantages of Using Autodesk Revit for the Dean Building of the Faculty of Education, Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 24 (2), 91–98.
<https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jtsp/article/view/36613/13483>
- Mesároš, P., Smetanková, J. & Mandičák, T. (2019) The Fifth Dimension of BIM – Implementation Survey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
doi:10.1088/1755-1315/222/1/012003.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/222/1/012003/pdf>
- Mulato, E. (2018). *Utilización de la metodología BIM para la optimización de costos en el diseño de edificaciones de concreto armado en Huancavelica*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica). Repositorio UNH
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TESIS%20MULATO%20COOYLLAR.pdf>

- Orozco, J., Rendón, D., Chavez, G. & Guerrini, S. (2020). Application Of BIM 5D Methodology In The Construction Of A Children's Park. *Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development*, 37-31. https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP57.pdf
- Oya, T. (2015). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura, un proyecto con REVIT*. <http://hdl.handle.net/10251/5522>
- Pisco, E. (2022). *Planificación de la construcción del mercado municipal y puente vehicular en la isla Puná mediante la metodología BIM 5D*. (Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil). Repositorio UG <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/64556>
- Ramos, J. (2015). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Editorial Macro, Lima.
- Sepasgozar S., Costin A., Karimi R, Shirowzhan S, Abbasian E, Li J. (2022). BIM and Digital Tools for State-of-the-Art Construction Cost Management. *Buildings*, 12(4), 396. <https://doi.org/10.3390/buildings12040396>
- Shi, A., Shirowzhan, S., Sepasgozar, S. & Kaboli, A. (2020). 5D BIM Applications in Quantity Surveying: Dynamo and 3D Printing Technologies. In S. Shirowzhan & K. Zhang (Eds). *Smart Cities and Construction Technologies* (pp. 139-156). IntechOpen
- Sinha, N. & Sinha, M. (2022). Scheduling, quantity and cost estimation of building elements using Autodesk Revit. *Journal of Harbin Institute of Technology*, 54(8), 257–263. <http://hebgydxxb.periodicales.com/index.php/JHIT/article/view/1258>
- Smith, P. (2017). Sustainable Development & BIM – The Role of the 5D Quantity Surveyor. *Canadian Institute of Quantity Surveyors*, 1-11. <https://opus.lib.uts.edu.au/handle/10453/124185>

- Solórzano, H. (2020). *Análisis comparativo entre metodología BIM y método tradicional, implementando gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa 30975*. (Tesis de grado, Universidad Peruana de los Andes). Repositorio UPLA. http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3722/T037_71316315_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vigneault, M., Boton, C., Chong, H. & Cooper, B. (2020). An Innovative Framework of 5D BIM Solutions for Construction Cost Management: A Systematic Review. *Arch Computat Methods Eng* 27, 1013–1030. <https://doi.org/10.1007/s11831-019-09341-z>
- Xu, Y. (2017). Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. *Procedia Engineering*, 174, 600-610. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817301947>.
- Zejniliović. I. (2017). BIM, Adoption, Implementation and Future. *International Journal of Engineering Research and Development*. 13(2). 15-17. <http://www.ijerd.com/paper/vol13-issue2/Version-1/C13211517.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Metodología BIM 5D para la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura

Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Como incide la metodología BIM 5D en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura?	Determinar la incidencia de la metodología BIM 5D en la gestión de costes en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura	La metodología BIM 5D en la gestión de costes incide significativamente en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura	V.I; Metodología BIM 5D	Modelado en Revit Vinculación de Revit. Excel a S10	Arquitectura Estructuras Nº de partidas Cantidad de datos	Tipo de investigación: aplicada Diseño: pre experimental con evaluación antes y después de la aplicación de la VI.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
¿Cómo la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit, Excel a S10 incide en el cálculo de metrados en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura?	Determinar la incidencia de la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 en el cálculo de metrados en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura	La implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit, Excel a S10 incide en la reducción de metrados en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura		Metrados	Número de partidas Cantidad de datos	
¿Cómo la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit, Excel a S10 incide en la determinación de costos en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura?	Determinar la incidencia de la implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 en la determinación de costos en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura	La implementación de una interfaz de intercambio de información entre Revit Excel a S10 incide en la reducción de costos en la fase de diseño de un proyecto de infraestructura	V.D; Gestión de costes	Presupuestos	Metrados Precio unitario Costo parcial Costo total	

Anexo B. Instrumentos

GUÍA DE OBSERVACIÓN 1

REVIT - S10	
Procesos	Tiempo de respuesta
Reporte de datos informativos	
Reporte de datos de metrados	
Reporte de datos de costos	
Reporte consolidado de presupuesto	
REVIT - EXCEL	
Procesos	Tiempo de respuesta
Reporte de datos informativos	
Reporte de datos de metrados	
Reporte de datos de costos	
Reporte consolidado de presupuesto	

Anexo C. Manual de usuario

1. Elementos iniciales para el diseño de las interfaces.

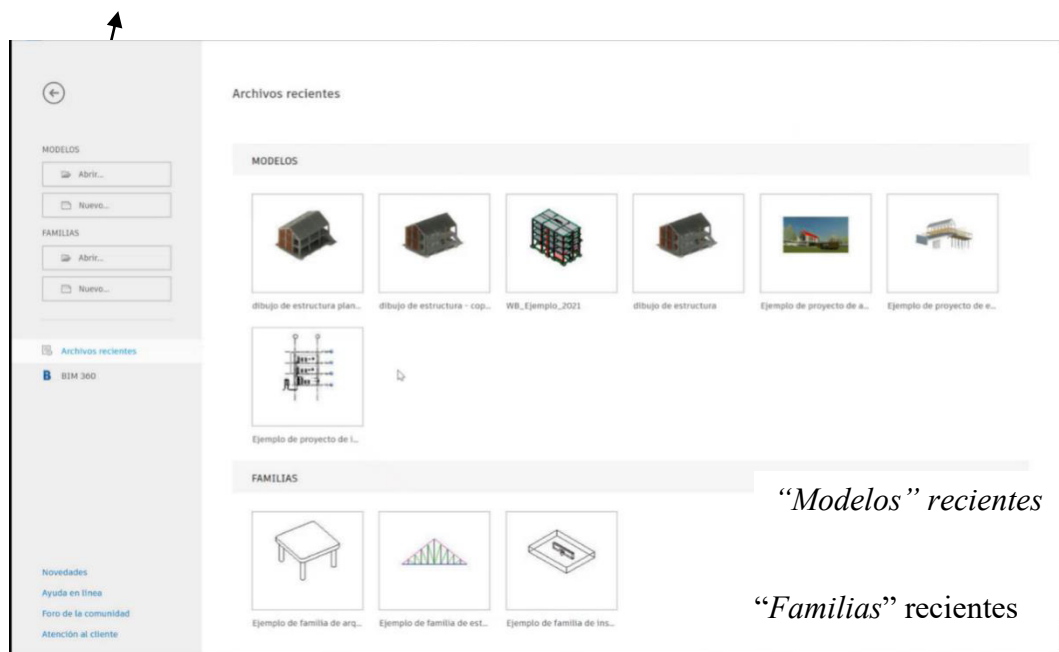
Como primer paso será necesario abrir el programa generado para costos y presupuestos llamado “Revit” el cual tienes el siguiente ícono



Posteriormente nos mostrará la interfaz en la que se podrá visualizar los modelos ya existentes, además nos permitirá abrir “Modelos” y “Familias” que se encuentren en el dispositivo en uso, así como también nos permitirá crear nuevos.

Sección para abrir y/o crear

“Familias”



Sección para abrir y/o

crear “Modelos”

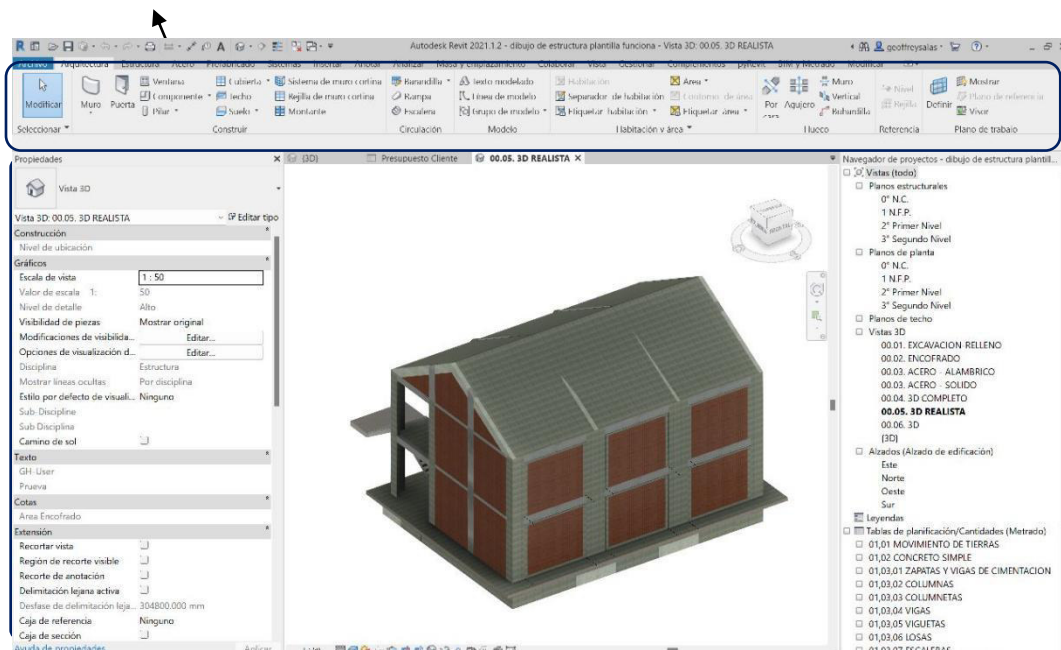
Para este ejercicio, será necesario escoger una edificación, en este caso se tomará como ejemplo el siguiente “Modelo” previamente creado. Al dar clic en el “Modelo” seleccionado, se abrirá la siguiente interfaz, en donde nos mostrará el “Modelo” en 3D y en el cual será posible extraer todos los metrados de la edificación.



dibujo de estructura plan...

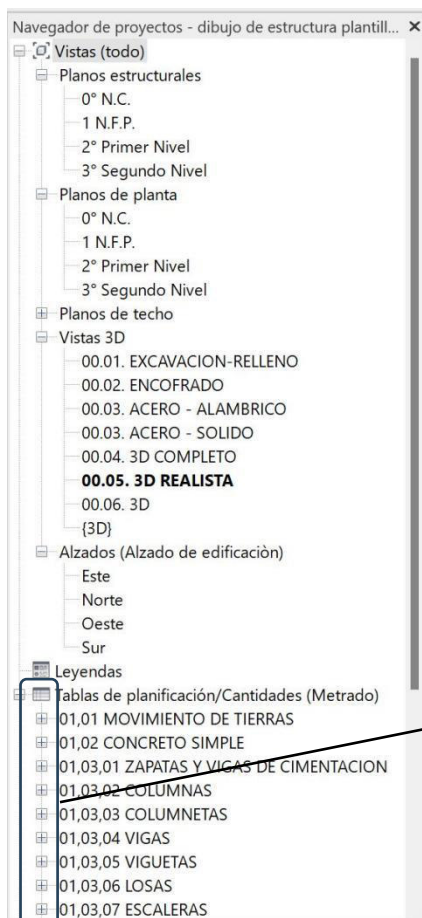
Barra de herramientas

Barra de propiedades



En el
menú de
navegador

de proyectos, podremos observar cada una de las partidas que se encuentran dentro del Reglamento Nacional de Metrados.



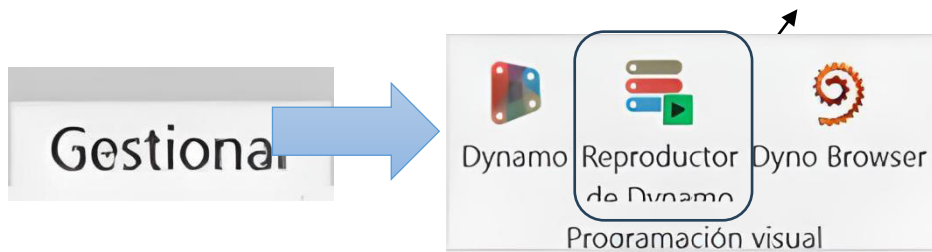
Botones desplegables

Al desplegar las “Tablas de planificación/Cantidad (Metrado)” podremos visualizar las secciones de cada partida como se muestra a continuación.



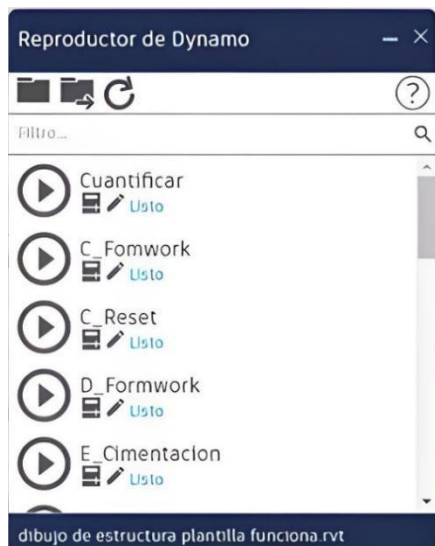
Para poder ejecutar el programa de Metrados nos dirigiremos al apartado de “Gestionar” en la barra de herramientas y seleccionaremos la opción “Reproductor de Dynamo” ubicada en la sección “Programación Visual”

*Botón para iniciar el
“Reproductor de Dynamo”*



Una vez hecho clic en “Reproductor de Dynamo” se nos abrirá la siguiente interfaz, en donde podremos visualizar los screens cargados previamente.

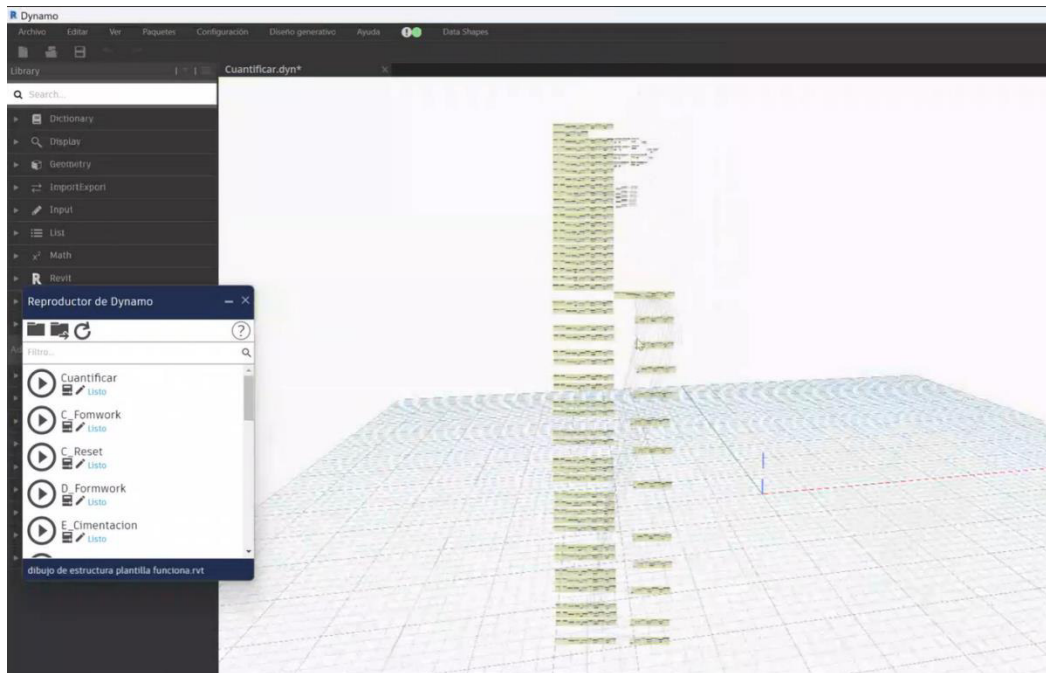
Cabe recalcar que Dynamo es un lenguaje de programación visual que utiliza Python.



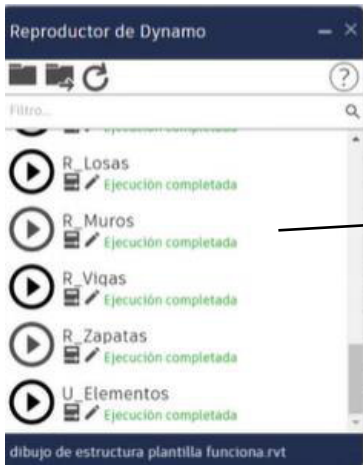
En ella podremos visualizar la programación visual dando clic en el ícono del lápiz, para este ejemplo usaremos “Cuantificar”



Posteriormente se abrirá una interfaz en la que se podrá visualizar la codificación, enlaces y las condiciones



Para el siguiente paso, será necesario correr “Cuantificar” para este ejemplo, dando clic en el botón de la flecha y así se iniciaría la cuantificación.



Ejecución de todos los parámetros en el menú de "Reproductor de Dynamo".



Resultado del modelo 3D post ejecuciones.

Cantidad de concreto en "ESCALERAS" (Se podrá ver los valores de todos los parámetros ejecutados)



Presupuesto Cliente 00.05. 3D REALISTA 01,03,07,01 PARA EL CONC... x

<01,03,07,01 PARA EL CONCRETO EN ESCALERA>

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Partida N°	Tipo	Ubicación	Unidad	N° Pasos	Contrapaso	Paso	Ancho	Volumen
01.03.07.01	STE001_ESCALERA	Entre eje 2-2,1-1 y eje B-B,A-A	m3	23	0.17	0.28		2.00
01.03.07.01	STE001_ESCALERA	Entre eje 2-2,1-1 y eje B-B,A-A	m3	23	0.17	0.28		3.03
Total general: 2								5.03

Se podrá ver los valores de todos los parámetros ejecutados en las respectivas tablas en la sección de “Tablas de planificación/Cantidad (Metrado)”

Finalmente será necesario reproducir el comando “PRESUPUESTAR” para poder visualizar el presupuesto de cada uno de los parámetros reproducidos previamente.



2. Interfaz de intercambio entre Revit a Excel

Una vez reproducido, nos dirigiremos a la opción de “Presupuesto cliente” en la sección de “Tablas de planificación/Cantidad (Metrado)” y mostrará el presupuesto de cada parámetro ejecutado.



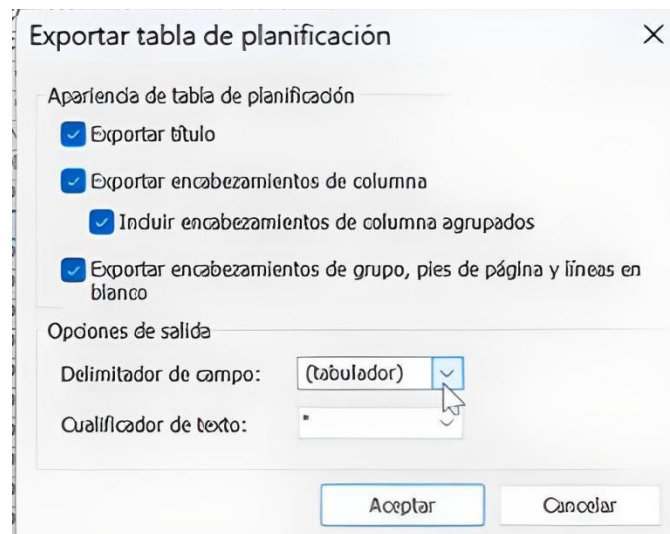
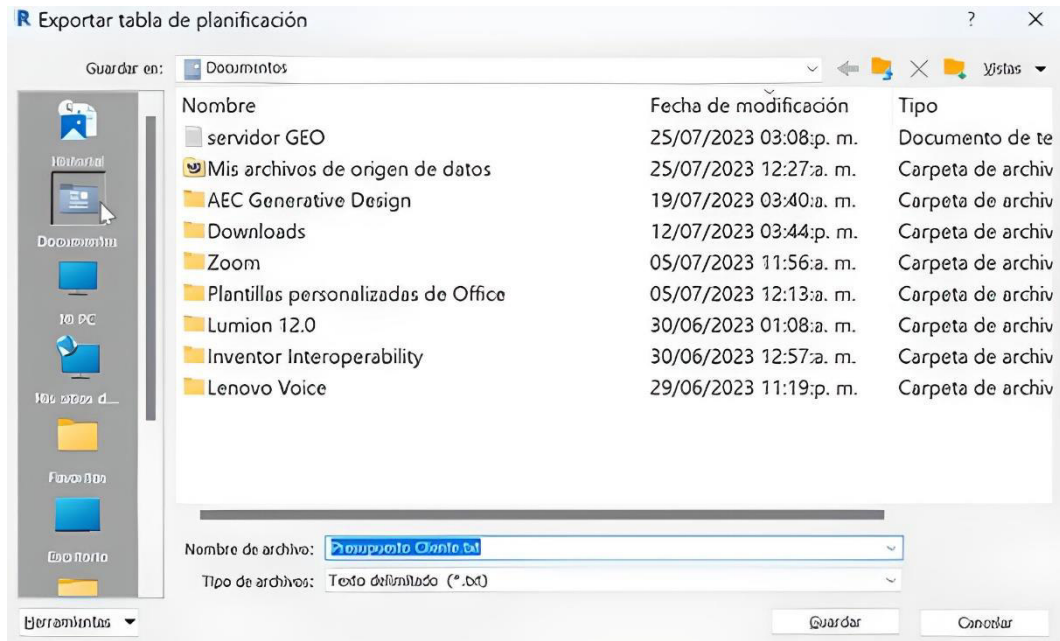
<Presupuesto Cliente>						
A	B	C	D	E	F	G
ITEM	ITEM B10	DENOMINACION	UNIDAD	C UNITARIO	C METRADO	S.TOTAL
01 01 01	010101030202	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	2 01	0	0
01 01 02	010101020203	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	2 91	0	0
01 01 03	010104010003	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS	m3	23 11	0	0
01 01 04	010104010301	CORTE DE TERRENO	m3	28 79	0	0
01 01 05	010104020212	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMENTOS	m3	53 84	0	0
01 01 06	010104020213	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PISOS	m3	45 29	0	0
01 01 07	010104020214	RELLENOS CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO	m3	60 54	25 71	1556 40
01 01 08	010104020215	RELLENOS CON MATERIAL DE PRESTAMO OVER	m3	63 83	0	0
01 01 09	010104040101	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	1 76	257 11	452 51
01 01 10	010104030101	ELIMINACION CON TRANSPORTE (CARGUIO A MANO) R=25 m3/dia	m3	34 79	0	0
01 02 01	010105010004	CONCRETO SOLADO MEZCLA 1 10 CEMENTO-HORMIGON e=0 05 m	m2	9 36	0	0
01 02 02	010105010110	CEMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1 10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m3	128 71	3 79	487 81
01 02 03	010105010201	CONCRETO 1 B (100 kg/m3) + 20% P M EN SOBRECIMENTOS	m3	159 51	3 37	537 55
01 02 04	010105010202	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0 30 m	m2	28 03	0	0
01 02 05	010105011401	CONCRETO GRADAS MEZCLA 1 B CEMENTO-HORMIGON	m3	163 59	0	0
01 02 06	010105070302	ENCOFRADO DE GRADAS	m2	28 06	0	0
01 02 07	010105070702	CONCRETO RAMPA MEZCLA 1 B CEMENTO-HORMIGON	m2	32 07	0	0
01 02 08	010105070402	ENCOFRADO DE RAMPA	m2	28 06	0	0
01 02 09	010105070703	CONCRETO VEREDA MEZCLA 1 B CEMENTO-HORMIGON	m2	32 07	61 93	1986 1
01 02 10	010105070403	ENCOFRADO DE VEREDA	m2	28 06	0	0
01 02 11	010105011203	CONCRETO EN FALSO PISO MEZCLA 1 B CEMENTO-HORMIGON e=4"	m2	19 03	195 18	3714 28
01 03 01 01	010105011101	CONCRETO ZAPATAS fcc=210 kg/cm2	m3	245 37	41 93	10288 36
01 03 01 02	010107010105	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en ZAPATAS	kg	2 27	0	0
01 03 01 03	010105010401	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	26 80	0	0
01 03 01 04	010105011701	CONCRETO fcc=210 kg/cm2 EN VIGAS DE CIMENTACION	m3	251 06	20 08	5041 28
01 03 01 05	010107010100	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en VIGA DE CIMENTACION	kg	2 27	0	0
01 03 01 08	010105050102	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	m2	32 51	0	0
01 03 01 07	010105010205	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO fcc=210 kg/cm2	m3	251 06	11 8	2562 51
01 03 01 08	010107010104	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en SOBRECIMIENTO REFORZADO	kg	2 27	0	0
01 03 01 09	010105010204	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO REFORZADO	m2	32 51	0	0
01 03 02 01	010105010402	CONCRETO fcc=210 kg/cm2 EN COLUMNIAS	m3	300 25	24 66	7404 16
01 03 02 02	010107010107	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en COLUMNIAS	kg	2 27	0	0
01 03 02 03	010105040112	ENCOFRADO NORMAL EN COLUMNIAS 0 50x0 26x2 40 m	m2	43 25	0	0
01 03 03 01	010105010405	CONCRETO EN COLUMNIETAS fcc=175 kg/cm2	m3	283 72	1 75	496 51
01 03 03 02	010107010103	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en COLUMNIETAS	kg	2 27	0	0
01 03 03 03	010105010113	ENCOFRADO Y DEBENCOFRADO NORMAL EN COLUMNIETAS	m2	43 25	0	0
01 03 04 01	010105010503	CONCRETO EN VIGAS fcc=210 kg/cm2	m3	241 41	25 13	6066 63
01 03 04 02	010107010108	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en VIGAS	kg	2 27	0	0
01 03 04 03	010105050115	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m2	61 65	0	0
01 03 05 01	010105050112	CONCRETO EN VIGUETAS fcc=175 kg/cm2	m3	283 72	0 44	124 84
01 03 05 02	010105050113	ACERO EN VIGUETAS fy=4 200 kg/cm2	kg	2 27	0	0
01 03 05 03	010105050114	ENCOFRADO Y DEBENCOFRADO EN VIGUETAS	m2	61 65	0	0

Cabe recalcar que cada tabla podrá ser exportada a Excel a través de la pestaña de Archivo

– Exportar



Se escogerá la ubicación del archivo y se seleccionará lo que se desea exportar de la tabla



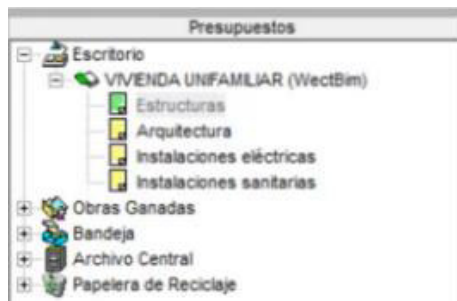
Resultado final exportado a una tabla de “Excel”:

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7
ITEM	ITEM S10	DENOMINACION	UNIDAD	C.UNITARIO	C.METRADO	S.TOTAL
01.01.01	010101030202	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	2.61	0	0
01.01.02	010101020203	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	2.91	0	0
01.01.03	010104010003	EXCAVACION MANUAL DE ZANIAS PARA CIMENTOS	m3	23.11	0	0
01.01.04	010104010301	CORTE DE TERRENO	m3	28.79	0	0
01.01.05	010104020212	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMENTOS	m3	53.84	0	0
01.01.06	010104020213	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PISOS	m3	45.29	0	0
01.01.07	010104020214	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO AFIRMADO	m3	60.54	25.71	1556.48
01.01.08	010104020215	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO OVER	m3	63.83	0	0
01.01.09	010104040101	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	1.76	257.11	452.51
01.01.10	010104030101	ELIMINACION CON TRANSPORTE (CARGUIO A MANO) R=25 m3/día	m3	34.79	0	0
01.02.01	010105010004	CONCRETO SOLADO MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON e=0.05 m.	m2	9.36	0	0
01.02.02	010105010110	CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m3	128.71	3.79	487.81
01.02.03	010105010201	CONCRETO 1:8 (100 kg/cm2)+ 20% P.M.EN SOBRECIMENTOS	m3	159.51	3.37	537.55
01.02.04	010106010202	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO h=0.30 m	m2	28.63	0	0
01.02.05	010105011401	CONCRETO GRADAS MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m3	163.59	0	0
01.02.06	010106070302	ENCOFRADO DE GRADAS	m2	28.06	0	0
01.02.07	010105010702	CONCRETO RAMPA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	32.07	0	0
01.02.08	010106070402	ENCOFRADO DE RAMPA	m2	28.06	0	0
01.02.09	010105010703	CONCRETO VEREDA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	32.07	61.93	1986.1
01.02.10	010106070403	ENCOFRADO DE VEREDA	m2	28.06	0	0
01.02.11	010105011203	CONCRETO EN FALSO PISO MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON e=4"	m2	19.03	195.18	3714.28
01.03.01.01	010105011101	CONCRETO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	245.37	41.93	10288.36
01.03.01.02	010107010105	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en ZAPATAS	kg	2.27	0	0
01.03.01.03	010106010401	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	26.86	0	0
01.03.01.04	010105011701	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 EN VIGAS DE CIMENTACION	m3	251.06	20.08	5041.28
01.03.01.05	010107010106	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en VIGA DE CIMENTACION	kg	2.27	0	0
01.03.01.06	010106060102	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	m2	32.51	0	0
01.03.01.07	010105010205	CONCRETO EN SOBRECIMIENTO REFORZADO f'c=210 kg/cm2	m3	251.06	11.8	2962.51
01.03.01.08	010107010104	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 en SOBRECIMIENTO REFORZADO	kg	2.27	0	0
01.03.01.09	010106010204	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO REFORZADO	m2	32.51	0	0
01.03.02.01	010105011402	CONCRETO f'c=210 kg/cm2 EN COLUMNAS	m3	300.75	74.66	7404.16

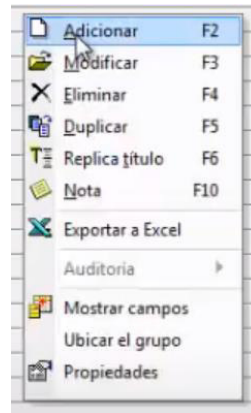
3. Interfaz de intercambio entre Revit, Excel a S10

Para la importación al S10 será necesario que cada dato ocupe 1 columna y no se deben dejar espacios. Además, el archivo de Excel deberá ser guardado como tipo “Libro de Excel 97-2003”

Ya en el S10 será necesario crear los datos generales dando clic derecho y seleccionando “nuevo”



Posteriormente se dará clic derecho y en “adicionar” en el área de trabajo para poder agregar un nuevo sub ítem.



Muestra la siguiente ventana, en donde será necesario llenar todos los datos requeridos

 The 'Presupuestos' window contains the following fields:

- Código: 1101 002
- Alterno: [Empty]
- Descripción: [Empty]
- Cliente: [Empty]
- Ubicación Geográfica: [Empty]
- Fecha: 02/06/2019
- Plazo: 0 días
- Jornada Diaria: 8
- Doble moneda: [Checked]
- Moneda Base: 01 NUEVOS SOLES
- Presupuesto Base: C.D. 0, C.I. 0, Total 0
- Presupuesto Oferta: C.D. 0, C.I. 0, Total 0

 Buttons: Adicionar, Cancelar

Una vez llenado y agregado, nos dirigiremos a la hoja de presupuesto en donde se dará clic derecho en la hoja de presupuesto para poder importar el Excel creado previamente

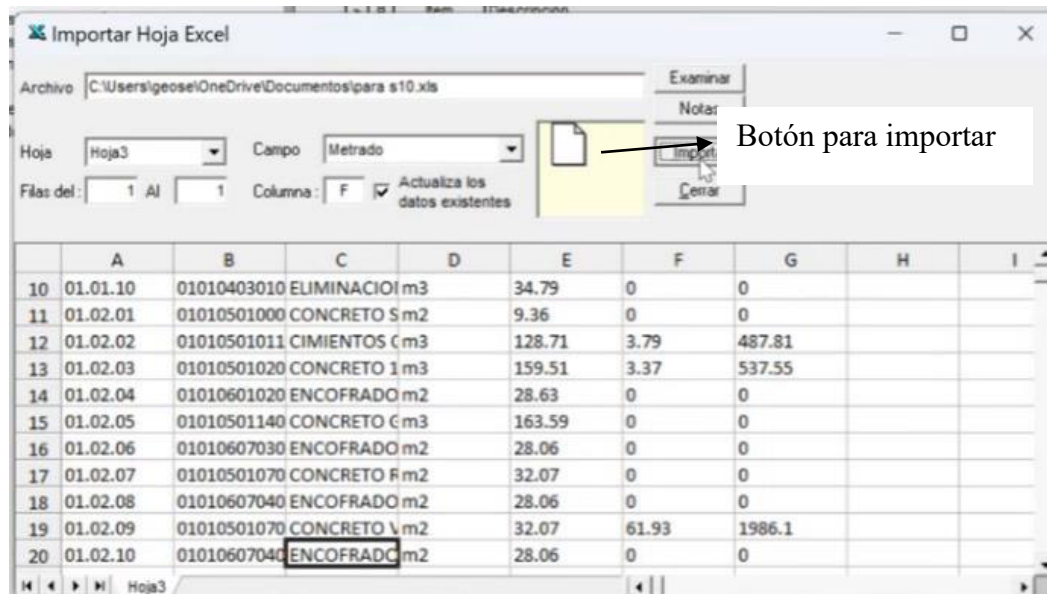
 The 'Hoja del Presupuesto' window shows a table with columns: Item, Descripción, Und, Metrado, Precio (S/), and Parcial (S/). The total amount is 90,865.00. A context menu is open over the table with the following options:

- Adicionar Título ...
- Adicionar Partida ... F2
- Adicionar Favorito ...
- Reasignar
- Adicionar Partidas Formato...
- Importar Hoja Excel
- Procesar partida

 The table data is as follows:

Item	Descripción	Und	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)
01	ESTRUCTURAS				90,865.00
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				0.00
01.01.01	LIQNEZA DE TERRENO MANIAL	m2	0.00	2.81	0.00
01.01.02	TBAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	0.00	2.91	0.00
01.01.03	EXCAVACION MANUAL DE ZANIAS PARA CIMENTOS	m3	0.00	23.11	0.00
01.01.04	CORTE DE TERRENO	m3	0.00	28.79	0.00
01.01.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMENTOS	m3	0.00	53.84	0.00
01.01.06	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PISOS	m3	0.00	45.29	0.00
01.01.07	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO AFIRMADO	m3	0.00	60.54	0.00
01.01.08	RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO OVER	m3	0.00	63.83	0.00
01.01.09	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL	m2	0.00	1.76	0.00
01.01.10	ELBRINACION CON TRANSPORTE (CARGUO A MANO) R=25 m3K	m3	0.00	34.79	0.00
01.02	CONCRETO SIMPLE				0.00
01.02.01	SOLADOS CONCRETO Fc=100 kg/cm2 h=2"	m2	0.00	9.36	0.00
01.02.02	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30%	m3	0.00	128.71	0.00
01.02.03	CONCRETO 1:8-25% PI PARA SOBRECIMENTOS	m3	0.00	159.51	0.00
01.02.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMENTOS	m2	0.00	28.83	0.00
01.02.05	CONCRETO GRADAS MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m3	0.00	163.59	0.00

En él se tendrá que seleccionar el archivo Excel en la ubicación que se guardó y se dará clic en abrir y seleccionaremos los valores que deseamos que importe y daremos clic en el botón importar



Por último, nos mostrará la tabla importada con los datos seleccionados en el espacio de trabajo

Hoja del Presupuesto					
001 Estructuras		C.D.		S/ 98,665.00	
Fecha: 13/08/2007		Lugar: LMA		Jornada: 8 horas « Items 77 »	
#	Item	Descripción	Und	Preco (S/)	Parcial (S/)
		ESTRUCTURAS			98.665.00
	01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
	01.01.01	LMPEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2.61	0.00
	01.01.02	TRAZO Y REPLANTO DURANTE LA OBRA	m2	2.91	0.00
	01.01.03	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS	m3	23.11	0.00
	01.01.04	CORTE DE TERRENO	m3	28.79	0.00
	01.01.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CIMENTOS	m3	53.84	0.00
	01.01.06	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PISOS	m3	45.28	0.00
	01.01.07	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO AFRIADO	m3	60.54	0.00
	01.01.08	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO OVER	m3	63.63	0.00
	01.01.09	NIVELACION INTERIOR APISONADO MANUAL	m2	1.76	0.00
	01.01.10	ELIMINACION CON TRANSPORTE (CARGUO A MANO) R=25 m3/ida	m3	34.79	0.00
	01.02	CONCRETO SIMPLE			0.00
	01.02.01	SOLADOS CONCRETO Fc=100 kg/cm2 Iv=2"	m2	9.36	0.00
	01.02.02	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PEDRA	m3	128.71	0.00
	01.02.03	CONCRETO 1:8-25% PII PARA SOBRECIMENTOS	m3	159.51	0.00
	01.02.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIENTO HASTA 0.30 m	m2	28.63	0.00
	01.02.05	CONCRETO GRADAS MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m3	163.59	0.00
	01.02.06	ENCOFRADO DE GRADAS	m2	28.06	0.00
	01.02.07	CONCRETO RAMPA MEZCLA 1:8 CEMENTO-HORMIGON	m2	32.07	0.00
	01.02.08	ENCOFRADO DE RAMPA	m2	28.06	0.00