

Protocolo para la Presentación del Anteproyecto de Grado Opción Trabajo Dirigido

* Este espacio lo diligencia el área de trabajos de grado
Referencia del proyecto* _____

Información General

Información del estudiante 1	Nombre: Juan Guillermo Ardila Valencia
	Programa de maestría: Maestría en gerencia de proyectos
	Tipo y número de documento: CC 1088272565
	Correo institucional: jardila72565@universidadean.edu.co
	Teléfonos de contacto:
	Correo electrónico alternativo:
Información del estudiante 2	Nombre: Mishel Juliana Chinome Cáceres
	Programa de maestría: Maestría en gerencia de proyectos
	Tipo y número de documento: CC 1007645925
	Correo institucional: mchinom45925@universidadean.edu.co
	Teléfonos de contacto: 3138199886
	Correo electrónico alternativo: julianachinome@outlook.com
Campo de investigación:	
Grupo de investigación:	
Línea de investigación:	
Empresa: Nombre, sector, datos de contacto.	ARDILA VALENCIA ESTRUCTURAS SAS NIT: 900664747-7 AK 19 # 95-55 OFICINA 301 TEL: 3006748350 www.aveconsultoria.com
Título tentativo del proyecto:	Creación de un sistema de costos y presupuestos integrado a Revit bajo la metodología BIM en la Empresa ARDILA VALENCIA ESTRUCTURAS SAS

Bogotá, 20 de abril de 2025

Lugar y fecha de presentación _____

TABLA DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.	OBJETIVOS	7
2.1.	OBJETIVO GENERAL	7
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3.	JUSTIFICACIÓN.....	8
4.	VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	10
5.	MARCO INSTITUCIONAL.....	12
6.	MARCO TEORICO	18
7.	DISEÑO METODOLOGICO	48
8.	CONTRIBUCIONES ORIGINALES ESPERADAS	64
9.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	66
	REFERENCIAS	68

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama jerárquico de Ardila Valencia Estructuras SAS.....	14
Figura 2. Mapa con panorama latinoamericano de implementación BIM.	24
Figura 3. Matriz de madures BIM empresa AVe Consultoría. Niveles de madurez BIM, adaptado de Succar y BIME Initiative (2016).....	53
Figura 4. Tabla de los 21 usos BIM Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (en desarrollo). BIM Project Execution.....	57
Figura 5. IDM de procesos uso BIM No.2 Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (en desarrollo). BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0. Computer Integrate. Construction Research.....	58
Figura 6. IDM de procesos uso BIM No.3 Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (en desarrollo). BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0. Computer Integrate. Construction Research.....	60
Figura 7. Cronograma de ejecución general.....	67

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria de la construcción, la planificación de costos y presupuestos enfrenta desafíos significativos debido a la falta de integración entre los modelos desarrollados bajo la metodología Building Information Modeling (BIM) y los métodos tradicionales de presupuestación. Herramientas avanzadas como Revit permiten la creación de modelos tridimensionales detallados y precisos; sin embargo, su implementación no siempre incluye una integración automatizada con los procesos de estimación de costos (Al-Musawi & Naimi, 2023). En la mayoría de los casos, los presupuestos de obra se siguen desarrollando de manera tradicional mediante plantillas en Excel, lo que impide aprovechar completamente las capacidades de automatización y vinculación de datos en tiempo real que ofrece BIM.

En Ardila Valencia Estructuras S.A.S., la situación no es diferente. A pesar de utilizar Revit para la elaboración de modelos estructurales detallados, la empresa continúa dependiendo de métodos manuales y herramientas no integradas para la planificación presupuestal. Esta desconexión entre diseño y costos genera un mayor riesgo de errores humanos, afectando la precisión en la planificación financiera y dificultando la optimización de los recursos. Como consecuencia, los modelos 3D se convierten en herramientas de representación visual sin un seguimiento presupuestal efectivo, lo que limita la capacidad de control y ajuste durante la ejecución del proyecto.

Además, la falta de integración entre BIM y las herramientas de presupuestación provoca problemas recurrentes en los proyectos, como sobrecostos derivados de actividades no contempladas en el presupuesto inicial (Sepasgozar et al., 2022). Estas desviaciones presupuestales afectan no solo la rentabilidad de los proyectos, sino también su viabilidad en términos de cumplimiento de plazos y optimización de materiales. Investigaciones recientes han demostrado que BIM permite una mayor precisión en la cuantificación de elementos y en la planificación financiera, lo que reduce la incidencia de errores y costos no previstos (Aranda-Mena et al., 2009).

Otro factor crítico que resalta la importancia de este estudio es la necesidad de automatizar el flujo de trabajo entre diseño y presupuestación. En la actualidad, la información generada en Revit en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. no se encuentra completamente integrada con los sistemas de costos, lo que retrasa la toma de decisiones y aumenta la posibilidad de

discrepancias entre lo diseñado y lo presupuestado (Messner et al., 2019). La interoperabilidad entre herramientas es fundamental para garantizar la precisión y eficiencia en la gestión presupuestal, algo que muchas empresas del sector aún no han logrado implementar completamente (Azhar, 2011).

En el contexto colombiano, la implementación de la metodología BIM aún enfrenta barreras importantes, particularmente en lo que respecta a la gestión eficiente de la información y a la estandarización de los procesos. Según la *Guía de Gestión de la Información BIM* del BIM Forum Colombia (2019), uno de los mayores retos es garantizar un entorno común de datos (CDE) que permita la coordinación entre los diferentes actores del proyecto, asegurando trazabilidad, versiones controladas y calidad en la documentación. Esta guía destaca que la falta de protocolos claros y ambientes virtuales de trabajo bien definidos genera reprocesos y pérdida de información clave, especialmente en etapas sensibles como la presupuestación y el diseño estructural. A su vez, la *Guía de Modelado BIM* (BIM Forum Colombia, 2020) enfatiza la necesidad de fortalecer la calidad de los modelos desde sus fases tempranas, incluyendo estándares en niveles de desarrollo (LOD) y en el uso de archivos de autoría. Ambas publicaciones subrayan que, sin una gestión adecuada de la información y una correcta estructuración de los modelos, la vinculación entre BIM y los procesos de presupuestación se ve comprometida, limitando así el aprovechamiento del potencial del 5D BIM para la planificación financiera precisa y en tiempo real.

Por otro lado, la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 en Colombia promueve la modernización del sector mediante la digitalización de procesos, incentivando la adopción de BIM para mejorar la planificación y ejecución de proyectos (Departamento Nacional de Planeación, 2020). En este contexto, Ardila Valencia Estructuras S.A.S. se encuentra en una posición clave para adoptar tecnologías innovadoras que optimicen sus procesos y la hagan más competitiva en el mercado. La implementación de un sistema integrado de estimación de costos basado en BIM y Revit permitirá a la empresa reducir errores, mejorar la trazabilidad de la información y garantizar una planificación más eficiente (Sacks et al., 2018).

El desarrollo de este sistema no solo beneficiará a la empresa en términos de optimización de tiempos y costos, sino que también mejorará la transparencia en la gestión financiera de

los proyectos. Estudios previos han evidenciado que la automatización de los procesos de presupuestación a través de BIM puede generar reducciones de hasta un 30% en sobrecostos y un 25% en tiempos de planificación (Hardin & McCool, 2015).

En conclusión, la desconexión entre el diseño estructural y la planificación presupuestal en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. representa una oportunidad para desarrollar un sistema que integre la información generada en Revit con herramientas avanzadas de presupuestación. Esta integración permitirá reducir la incidencia de costos no previstos, mejorar la precisión en la planificación financiera y optimizar la gestión de recursos en los proyectos. La implementación de este sistema no solo responde a los desafíos internos de la empresa, sino que también se alinea con las tendencias globales de transformación digital en la industria de la construcción.

¿Cómo puede la integración entre Revit y herramientas presupuestales mejorar la precisión, eficiencia y adopción tecnológica en la estimación de costos y planificación presupuestal en los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., optimizando sus procesos bajo la metodología BIM?

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo metodológico que integre Revit y herramientas de la metodología BIM con procesos avanzados de estimación y planificación presupuestal, enfocado en la precisión y el control de costos en los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el grado de aplicabilidad de la integración de herramientas BIM, como Revit, con metodologías de estimación y planificación presupuestal en los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.
2. Definir la lógica operativa del modelo mediante la estructuración de flujos de información, roles y selección de herramientas para integrar Revit con técnicas de planificación y control presupuestal en los proyectos de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.
3. Validar la efectividad del modelo metodológico propuesto mediante su aplicación en un caso de estudio real dentro de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., evaluando su impacto en términos de precisión, eficiencia y control presupuestal.
4. Evaluar el impacto de la implementación de BIM en la optimización de tiempos de planificación y ejecución de presupuestos dentro de los proyectos estructurales de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

3. JUSTIFICACIÓN

En el sector de la construcción, la planificación de costos y presupuestos es un aspecto fundamental para garantizar la viabilidad y eficiencia de los proyectos. Sin embargo, en muchas empresas, incluyendo Ardila Valencia Estructuras S.A.S., este proceso aún presenta desafíos significativos debido a la desconexión entre los modelos BIM y las herramientas tradicionales de presupuestación. Actualmente, si bien se utilizan softwares avanzados como Revit para la creación de modelos tridimensionales, la estimación de costos y la planificación presupuestal siguen dependiendo en gran medida de hojas de cálculo y procesos manuales, lo que incrementa el riesgo de errores, sobrecostos y pérdida de eficiencia operativa.

El presente proyecto busca desarrollar un modelo metodológico que integre Revit con técnicas avanzadas de presupuestación, optimizando la precisión y reduciendo la incidencia de costos no previstos en los proyectos de Ardila Valencia Estructuras S.A.S. La adopción de esta metodología permitirá fortalecer la gestión presupuestal de la empresa, asegurando que los modelos digitales de diseño estén alineados con el control financiero del proyecto. Además, facilitará una toma de decisiones más informada al proporcionar datos en tiempo real sobre costos y cantidades de obra.

Uno de los principales beneficios de la implementación de este modelo es la automatización y estandarización del flujo de trabajo dentro de la empresa. Actualmente, la falta de integración entre el diseño y la presupuestación genera retrabajos y discrepancias en los cálculos financieros, lo que impacta directamente en la rentabilidad de los proyectos. Un sistema que vincule directamente los modelos BIM con la planificación presupuestal permitirá optimizar los tiempos de ejecución, mejorar la trazabilidad de la información y minimizar las pérdidas económicas derivadas de errores de estimación.

Además, este proyecto se alinea con las tendencias internacionales en el uso de BIM y con la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 en Colombia, la cual promueve la modernización del sector mediante la digitalización de procesos. La integración de un sistema de estimación de costos basado en Revit y BIM en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. no solo fortalecerá su competitividad en el mercado, sino que también la posicionará como una empresa líder en la adopción de herramientas digitales para la gestión eficiente de proyectos estructurales.

Finalmente, este estudio permitirá a la empresa contar con un diagnóstico preciso sobre su nivel de madurez BIM, facilitando la identificación de áreas de mejora y oportunidades para la capacitación del equipo. Asimismo, servirá como un modelo replicable para otras empresas del sector, demostrando que la integración de BIM en la presupuestación es una estrategia viable y efectiva para la optimización de costos en proyectos constructivos.

Por todo lo anterior, este proyecto representa una oportunidad clave para Ardila Valencia Estructuras S.A.S., asegurando mayor eficiencia, reducción de errores y un mejor control financiero en cada uno de sus proyectos estructurales.

4. VIABILIDAD DEL PROYECTO

Tabla 1. Criterios de factibilidad del proyecto.

<i>Criterio</i>	<i>Factibilidad (siendo 1 menor y 5 mayor)</i>
Acceso a la información	5
Apoyo e interés de la alta dirección	5
Disponibilidad de recursos requeridos	4
Probabilidad de avance en el tiempo establecido	4
Tamaño de la empresa para soportar y desarrollar el plan de mejora a proponer	4
Promedio	4.4

El análisis de viabilidad del proyecto muestra un puntaje promedio de **4.4 sobre 5**, lo que indica que el desarrollo del sistema integrado de estimación de costos y presupuestos basado en Revit y BIM en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. es altamente factible.

El acceso a la información es óptimo (5/5), ya que la empresa cuenta con datos históricos de presupuestación y modelos BIM que pueden ser analizados e integrados en el estudio. Asimismo, el apoyo de la alta dirección es un factor clave para la viabilidad del proyecto, lo que garantizará la asignación de recursos y la disposición para la implementación de mejoras en los procesos.

En cuanto a la disponibilidad de recursos, se ha identificado que la empresa cuenta con las herramientas tecnológicas necesarias, aunque podría ser necesario invertir en capacitación y ajustes de software para garantizar una integración fluida. La probabilidad de avance en el tiempo establecido es alta (4/5), aunque el proyecto requerirá una adecuada planificación para evitar retrasos en la validación del modelo metodológico.

Por último, el tamaño de la empresa es adecuado para soportar y desarrollar la propuesta de mejora, ya que posee la estructura organizacional y la capacidad operativa para implementar un sistema de presupuestación alineado con la metodología BIM. Con base en estos criterios, el proyecto es viable y tiene un alto potencial para optimizar los procesos de

Ardila Valencia Estructuras S.A.S., alineándose con las tendencias globales en digitalización y eficiencia en la industria de la construcción.

5. MARCO INSTITUCIONAL

5.1. Presentación de la Empresa

Ardila Valencia Estructuras S.A.S en adelante AVe Consultoría y Construcción es una empresa especializada en ingeniería estructural. Su equipo de trabajo está conformado por personal altamente calificado en las diferentes áreas de estructuras, lo que nos permite desarrollar proyectos de manera eficiente, eficaz y oportuna.

Actualmente, la empresa cuenta con:

- **Número de empleados:** 67 (directos e indirectos).
- **Volumen de ventas:** 3 mil millones de pesos anuales.
- **Cartera de pedidos:** 7 mil millones de pesos en contratos de consultoría e interventoría en ingeniería estructural.
- **Cobertura:** Nacional en Colombia y en Perú. Actualmente, en proceso de expansión para la apertura de nuestra primera oficina física en Perú, con planes estratégicos para expandirse a México, Ecuador y La Florida, EE.UU. para el año 2030.

La empresa cuenta con experiencia certificada en diseño de edificaciones institucionales, residenciales, comerciales, tanques y estructuras de ingeniería ambiental en concreto. Mediante la implementación de una excelente técnica, está constantemente en la búsqueda de la elevación de los estándares de calidad de cada uno de nuestros proyectos.

AVe Consultoría y Construcción se proyecta como una organización reconocida a nivel nacional e internacional, líder en la prestación de servicios de consultoría en ingeniería estructural, con altos estándares de calidad, integridad y compromiso con sus clientes.

5.2.Referentes Estratégicos

5.2.1. Propósito

Nuestra razón de ser es brindar soluciones de ingeniería estructural innovadoras y de alta calidad, asegurando la seguridad y eficiencia en cada proyecto que ejecutamos.

5.2.2. Misión

Nuestra principal actividad es la prestación de servicios de consultoría en ingeniería estructural. Mediante la implementación de una excelente técnica, estamos constantemente en la búsqueda de la elevación de los estándares de calidad de cada uno de nuestros proyectos.

5.2.3. Visión

Nos proyectamos como una organización reconocida a nivel nacional, líder en la prestación de servicios de consultoría en ingeniería estructural, sólida financieramente, íntegra y comprometida con sus clientes. Para el año 2030, tendremos cobertura en los principales países de Latinoamérica y Centroamérica.

5.2.4. Rumbo de la Organización

Como parte de nuestra estrategia de internacionalización, proyectamos nuestra expansión a **México, Ecuador, Perú y el sur de la Florida (EE.UU.)** para el año **2030**.

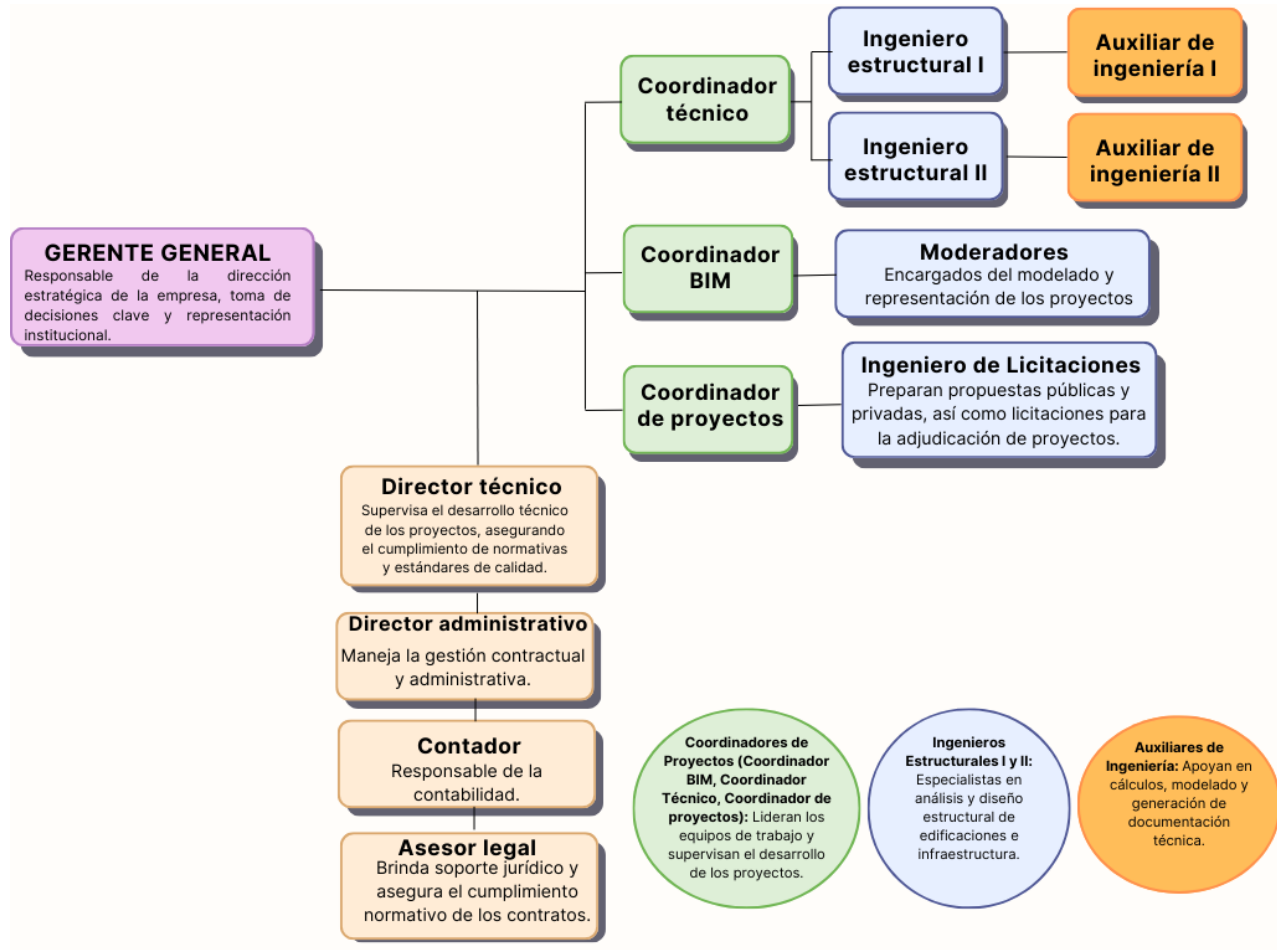
5.3.Estructura Organizacional

5.3.1. Descripción de la estructura

AVe Consultoría y Construcción cuenta con una estructura organizacional bien definida que permite la gestión eficiente de sus proyectos. La jerarquía de la empresa está conformada por distintos niveles de liderazgo y operación, garantizando un flujo de trabajo ordenado y eficaz.

El organigrama de la empresa se presenta en la siguiente imagen, donde se reflejan los diferentes niveles jerárquicos y roles dentro de la organización.

Figura 1. Organigrama jerárquico de Ardila Valencia Estructuras SAS



Fuente: Elaboración propia.

5.4. Productos y Servicios

5.4.1. Servicio de Edificaciones

- Diseño y cálculo estructural de edificaciones.
- Revisión técnica independiente.

5.4.2. Servicio de Patología Estructural, Vulnerabilidad Sísmica y Reforzamiento

- Estudio de patología estructural.
- Estudio de vulnerabilidad sísmica.
- Estudio de reforzamiento estructural.
- Diagnóstico de pavimentos.

5.4.3. Servicio de Infraestructura

- Diseño y cálculo estructural de puentes.
- Diseño y cálculo estructural de muros de contención.
- Diseño y cálculo estructural de plantas de tratamiento y estructuras ambientales.

5.4.4. Servicio de Geotecnia y Pavimentos

- Estudio de suelos.
- Estudios de remoción en masa.
- Estudios y diseño de pavimentos.

5.4.5. Servicios de Interventoría

- Interventoría a estudios y diseños.
- Interventoría a construcción de estructuras.
- Supervisión técnica de obra.

5.5. Análisis del Sector

5.5.1. Cifras de la Competencia y Descripción

El sector de la ingeniería estructural en Colombia está conformado por diversas empresas con diferentes niveles de participación en el mercado. Dentro de esta industria, se destacan dos grandes grupos de competencia:

5.5.1.1. Empresas Líderes en el Sector

Las tres empresas más grandes en consultoría en ingeniería estructural son:

- **Proyectos y Diseños SAS**
- **Aycardi Estructural**
- **P&P Proyectos**

Estas empresas manejan un volumen de ventas anual que oscila entre **10 mil millones y 15 mil millones de pesos cada una**.

5.5.1.2. Empresas en Crecimiento y Liderazgo Intermedio

En un segundo nivel de liderazgo en el sector, se encuentran cinco empresas con un volumen de ventas anual entre **3 mil millones y 10 mil millones de pesos cada una**, dentro de las cuales AVe Consultoría y Construcción SAS está posicionada. Este grupo está conformado por:

- **CyC Civiles**
- **TCI**
- **Ceyco**
- **Kriba**
- **AVe Consultoría y Construcción**

Es importante resaltar que las empresas de este sector operan bajo un modelo de **consultoría y prestación de servicios**, con **márgenes netos cercanos al 30-40%**, lo que representa una alta rentabilidad comparado con otros sectores de la industria de la construcción.

5.5.2. Clientes

AVe Consultoría y Construcción cuenta con una cartera de clientes diversa y especializada, segmentada en tres principales categorías:

1. **Multinacionales y empresas de arquitectura:** Estas empresas realizan estudios y diseños de edificaciones institucionales y contratan a AVE para el diseño estructural y estudios de suelos.
2. **Empresas contratistas del IDU:** Empresas que trabajan con el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y requieren especialistas en ingeniería estructural, geotecnia y patología estructural.
3. **Constructores de proyectos privados:** Aunque no es el sector prioritario, AVE mantiene una participación en proyectos de vivienda privada, donde se diseña estructuralmente las edificaciones para los constructores.

6. MARCO TEORICO

La metodología Building Information Modeling (BIM) se ha convertido en una herramienta clave para transformar la manera en que se planifican y ejecutan los proyectos de construcción. Más que un software, BIM propone una forma integrada de trabajo que articula procesos, tecnología y colaboración entre disciplinas. Su implementación permite gestionar de manera más organizada el ciclo completo de un proyecto, desde los primeros bocetos hasta su operación y mantenimiento (Sacks, 2018). Este enfoque facilita la coordinación entre actores, mejora la calidad de la información disponible y ayuda a optimizar el uso de recursos, tiempos y costos a lo largo de todas las etapas del proceso constructivo.

6.1. Qué es BIM y en qué se basa su metodología

BIM se basa en la creación de modelos tridimensionales digitales que integran tanto información geométrica como datos adicionales sobre los elementos del proyecto. Esta combinación permite construir una representación completa y detallada que puede ser utilizada como base confiable para tomar decisiones a lo largo de todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta la ejecución y mantenimiento (Sacks, 2018).

Los principios fundamentales que sustentan la implementación de BIM en la empresa incluyen:

1. **Coordinación entre equipos técnicos:** La metodología facilita el trabajo conjunto de profesionales de diferentes áreas como ingenieros, arquitectos, diseñadores y constructores. Al compartir un modelo común, se reducen los errores de coordinación y se mejora la coherencia técnica entre los distintos componentes del proyecto.

2. **Integración de datos en un entorno colaborativo:** BIM permite a Ardila Valencia Estructuras consolidar los proyectos en un entorno digital compartido, incluyendo planos, cantidades, especificaciones y datos técnicos, esto agiliza la consulta de datos y mejora la eficiencia en el seguimiento del proyecto.
3. **Transparencia y trazabilidad:** Cada ajuste realizado sobre el modelo queda registrado, lo que permite hacer seguimiento detallado de las modificaciones. Esta trazabilidad no solo mejora el control interno del proyecto, sino que también facilita revisiones y auditorías cuando sea necesario.

Niveles de Desarrollo y Dimensiones del BIM

La metodología BIM se organiza en torno a los denominados niveles de desarrollo o **Level of Development (LOD)**, una estructura que permite definir con claridad cuánto detalle, precisión y profundidad de información tiene un modelo digital en cada fase del proyecto. Esta progresión facilita que el modelo evolucione gradualmente, comenzando desde una idea conceptual básica hasta convertirse en un insumo detallado para la construcción, operación y mantenimiento de una obra.

Además de los niveles de desarrollo, BIM se despliega en distintas dimensiones que amplían su alcance más allá del simple modelado en 3D. Estas dimensiones representan funciones adicionales que, al ser integradas, permiten gestionar distintos aspectos técnicos, logísticos y operativos del proyecto. A medida que se implementan, cada una de ellas agrega valor a la planificación, ejecución y administración del ciclo de vida del activo construido. Estas dimensiones son:

- **1D:** Información básica y documentación inicial.
- **2D:** Representación gráfica en planos bidimensionales.
- **3D:** Modelado tridimensional preciso y coordinados entre disciplinas.
- **4D:** Integración con cronogramas de obra para la gestión del tiempo.

- **5D:** Asociación de cantidades y presupuestos al modelo para mejorar la planificación financiera.
- **6D:** Evaluación de sostenibilidad ambiental del proyecto.
- **7D:** Gestión de activos y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida.
- **8D:** Control de condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
- **9D:** Optimización de procesos constructivos para reducir pérdidas y desperdicios.
- **10D:** Aplicación de procesos de industrialización en obra.
- **11D:** Gestión especializada de estructuras patrimoniales o vulnerables (H-BIM).

Estas dimensiones ofrecen a Ardila Valencia Estructuras un marco completo para evolucionar en la digitalización de sus procesos técnicos, financieros y operativos, con miras a mejorar la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad de sus proyectos estructurales.

6.2. Principios básicos del Level of Development (LOD)

En la metodología Building Information Modeling (BIM), el concepto de *Level of Development* (LOD) se refiere al nivel de detalle, precisión y confiabilidad de la información incluida en un modelo digital, dependiendo de la etapa en la que se encuentre el proyecto. Este nivel no solo considera la representación geométrica de los elementos constructivos, sino también la calidad y profundidad de los datos adicionales asociados, como materiales, propiedades técnicas o información para mantenimiento. Definir adecuadamente el LOD en cada etapa es clave para que todos los actores involucrados (diseñadores, ingenieros, contratistas, interventores o clientes) comprendan con claridad qué tan desarrollado está el modelo y para qué puede ser utilizado en ese momento. Esto permite tomar decisiones más acertadas en aspectos como diseño, coordinación entre disciplinas, elaboración de presupuestos, planificación constructiva y estrategias de mantenimiento a futuro.

Impacto del LOD en la eficiencia de los procesos constructivos

El *Level of Development* (LOD) juega un papel clave en la gestión eficiente de proyectos basados en la metodología BIM, ya que establece un marco común para entender el nivel de precisión y confiabilidad de la información contenida en el modelo en cada etapa del proceso.

Estandarizar este nivel ayuda a mejorar la comunicación entre los distintos equipos involucrados, reduce los malentendidos y apoya una toma de decisiones más informada y coherente. En entornos donde los modelos BIM se usan tanto para el análisis estructural como para la planificación financiera, como ocurre en muchas consultoras de ingeniería, el manejo adecuado del LOD permite saber exactamente qué tipo de datos están disponibles en cada momento y qué usos son viables

Clasificación de los niveles LOD

El *Level of Development* (LOD) ha sido clasificado por organizaciones como el **American Institute of Architects (AIA)** y el **BIMForum** en diferentes niveles que definen con claridad qué tanta información debe contener un modelo BIM en cada fase del proyecto. Aunque algunos países y entidades han adaptado esta clasificación con niveles intermedios, los siguientes son los más comúnmente utilizados:

- **LOD 100 – Representación conceptual:** En esta etapa, el modelo representa formas generales y volúmenes aproximados. Se utiliza para estudios de viabilidad, análisis de ubicación y estimaciones iniciales muy generales. Aún no es adecuado para generar cantidades detalladas ni para tareas de coordinación técnica.
- **LOD 200 – Diseño esquemático:** Los elementos ya cuentan con geometrías aproximadas y empiezan a incluir propiedades genéricas. Es útil para definir espacios, sistemas básicos y tener una idea general del proyecto. Las cantidades que se obtienen en este nivel siguen siendo estimativas.
- **LOD 300 – Modelo detallado para coordinación:** La geometría y ubicación de los elementos se representa con precisión. La información contenida es suficiente para generar planos de construcción, coordinación entre disciplinas y cálculos estructurales. Es el nivel a partir del cual **se puede vincular el modelo con presupuestos (5D)**, permitiendo una integración más fiable con APU y cronogramas.
- **LOD 350 – Modelo con elementos interconectados:** Este nivel detalla las conexiones físicas entre elementos constructivos. Se utiliza para revisar interferencias (clash detection), planear el montaje en obra y afinar la coordinación entre equipos técnicos.

- **LOD 400 – Modelo para fabricación y montaje:** Incluye la información técnica necesaria para fabricar directamente los elementos, como piezas metálicas, estructuras prefabricadas o componentes de instalaciones. Es clave en proyectos con un alto nivel de industrialización.
- **LOD 500 – Modelo as-built (como construido):** Refleja la condición final del proyecto ya construido. Este modelo ha sido verificado en campo y se convierte en una herramienta esencial para el mantenimiento y gestión de activos a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura.

Aplicabilidad del LOD en Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

En el desarrollo de proyectos estructurales, contar con modelos BIM en niveles de desarrollo como **LOD 300 y 350** resulta clave para garantizar un diseño preciso y una coordinación efectiva con otras disciplinas. Estos niveles permiten trabajar con información suficientemente detallada para calcular cantidades de obra, detectar interferencias antes de llegar a obra y generar planos técnicos confiables. En empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, aplicar estos niveles facilita además la conexión entre el diseño estructural y la planificación presupuestal, lo que se traduce en procesos más ágiles, con menos reprocesos y mayor control sobre los recursos desde etapas tempranas del proyecto.

Además, incorporar niveles de desarrollo como **LOD 400 y 500** en proyectos de mayor complejidad como estructuras prefabricadas, edificaciones institucionales o instalaciones industriales puede marcar una diferencia significativa frente a la competencia. Estos niveles permiten generar modelos con un nivel de detalle tan alto que se vuelven útiles no solo para coordinar y construir, sino también para procesos como la fabricación de elementos, la planificación sin desperdicios y, posteriormente, el mantenimiento del activo durante su vida útil.

Visión general de las estrategias BIM en América Latina

La imagen presentada muestra un mapa con los países que han adoptado estrategias nacionales para la implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling). En ella se destacan los programas oficiales de implementación BIM en **ocho países de**

América Latina, todos con marcos temporales claramente definidos y entidades gubernamentales liderando los procesos.

- **México (2018–2023):** Liderado por la Secretaría de Hacienda, se ha enfocado en modernizar los procesos de contratación pública e infraestructura.
- **Costa Rica (2019–2024):** bajo la dirección del Ministerio de Planificación Nacional (MIDEPLAN).
- **Colombia (2020–2025):** impulsado por el DNP, MinVivienda, Camacol, y otras entidades, el país busca consolidar el uso de BIM en proyectos estatales para aumentar la transparencia, trazabilidad y eficiencia.
- **Brasil (2017–2028):** A través del BIMBR, ha planteado una de las estrategias más ambiciosas y extensas en términos de tiempo, impulsando la transformación digital del sector construcción.
- **Perú (2020–2025):** Ha estructurado un plan progresivo que incluye formación, estandarización y obligatoriedad para contrataciones públicas.
- **Uruguay (2018–2025):** Mediante el Plan de Infraestructura del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se fomenta el uso de BIM en fases de diseño y construcción.
- **Chile (2016–2025):** Con PlanBIM como eje central, ha sido pionero en la región en establecer lineamientos normativos y técnicos claros para adopción institucional.
- **Argentina (2018–2025):** El Ministerio de Obras Públicas lidera la estrategia SiBIM, centrada en la implementación de BIM en obras públicas y el fortalecimiento de capacidades técnicas.

Figura 2. Mapa con panorama latinoamericano de implementación BIM.



Fuente: Departamento Nacional de Planeación. (2020). Estrategia Nacional BIM 2020-2026. Bogotá, Colombia.

El mapa muestra el esfuerzo conjunto de varios países de América Latina por avanzar en la implementación de BIM a través de una red colaborativa llamada **BIM GOB LATAM**. Esta alianza entre gobiernos permite compartir experiencias, herramientas y aprendizajes en torno al uso de esta metodología. Más que una estrategia aislada, se trata de un enfoque regional que busca transformar la forma en que se planifican y gestionan los proyectos públicos, con metas comunes centradas en la eficiencia, la sostenibilidad y la modernización del sector de la construcción.

6.3.Oportunidades y barreras en la adopción de BIM




La incorporación paulatina de la metodología BIM en los procesos de diseño estructural ha traído beneficios claros, entre ellos una mejor coordinación entre disciplinas, mayor precisión en la estimación de costos y una significativa reducción de errores durante las etapas de planificación y modelado, así como por parte de Ardila Valencia Estructuras S.A.S.

ha evidenciado avances importantes en la forma de abordar los proyectos estructurales. Todo esto se ha traducido en entregables de mejor calidad, menos reprocesos y decisiones más acertadas, respaldadas por modelos digitales consistentes y actualizados (Sacks, 2018).

No obstante, el proceso de implementación también ha traído consigo algunos retos que son comunes tanto en el sector como la empresa:

1. **Desafíos tecnológicos:** Implementar un sistema BIM de forma integral no es solo cuestión de instalar un programa. Requiere invertir en licencias especializadas, actualizar los equipos para que soporten las nuevas exigencias técnicas y, sobre todo, formar continuamente al personal que va a trabajar con estas herramientas.
2. **Desconexión con métodos tradicionales:** A pesar de que herramientas como Revit ya hacen parte del trabajo estructural, en muchos casos los presupuestos y el control de costos siguen haciéndose por separado, usando formatos como Excel. Esta falta de conexión entre el diseño y la planeación financiera genera esfuerzo extra, posibles errores por transcripción manual y, en general, una pérdida del potencial que ofrece BIM para centralizar y automatizar procesos clave del proyecto.
3. **Resistencia al cambio:** Integrar metodologías como BIM no solo implica adoptar tecnología, sino transformar la cultura organizacional. Algunas prácticas arraigadas dentro de los equipos técnicos pueden dificultar la migración hacia flujos de trabajo colaborativos y digitalizados, lo cual requiere liderazgo, sensibilización y capacitación constantes para lograr una adopción efectiva.

Tabla 2. Beneficios BIM

		AHORROS		
		Costos de diseño e ingeniería	Reducción en Tiempos de Construcción	Costos de Operación
	Infraestructura vial	15-25%	23%	8-13%
	Edificaciones	10-15%	30%	14-23%
	Edificaciones industriales	10-20%	15%	8-13%

El uso de BIM reduce el riesgo y aumenta la confianza de los financiadores. Esto facilita la Financiación de Proyectos

Fuente: BCG (2016): Digital in Engineering and Construction.

6.4. Implementación funcional de BIM en proyectos

La metodología BIM ha demostrado ser especialmente útil en los procesos de estimación presupuestal, aportando mejoras sustanciales en términos de precisión y eficiencia. Herramientas como **Revit**, al integrarse con bases de datos de costos, permiten automatizar la medición de cantidades, lo que reduce el margen de error y acelera la toma de decisiones informadas (Sacks, 2018). Esta integración contribuye a una planificación financiera más coherente, ya que los modelos digitales no solo reflejan con mayor fidelidad las condiciones del proyecto, sino que también permiten actualizar fácilmente las estimaciones cuando se presentan cambios en el diseño. Además, el uso de BIM en presupuestos fomenta una mayor trazabilidad de la información y facilita la coordinación entre áreas técnicas, administrativas y financieras, lo que se traduce en una gestión más ágil y transparente.

En Colombia, uno de los grandes retos del sector de la construcción ha sido garantizar que los proyectos, tanto de infraestructura como de edificaciones, se ejecuten de manera eficiente y dentro de los plazos y presupuestos previstos. A lo largo del tiempo, han sido frecuentes los sobrecostos y retrasos que comprometen los resultados esperados. Frente a este panorama,

la adopción de metodologías como BIM ha empezado a ganar terreno como una alternativa para mejorar la planificación y el control de los proyectos. La experiencia en otros países ha demostrado que implementar BIM contribuye a reducir desviaciones económicas y a mejorar el cumplimiento de cronogramas, lo que ha impulsado su uso también en el contexto colombiano.

A pesar de los avances logrados con la adopción de BIM, uno de los retos más frecuentes sigue siendo la falta de integración entre los modelos digitales y los sistemas tradicionales de presupuestación. Aunque herramientas como Revit permiten desarrollar modelos tridimensionales detallados y precisos, en la práctica, estos modelos muchas veces no están conectados directamente con las plataformas o métodos utilizados para estimar costos. Esto obliga a repetir tareas de forma manual y genera riesgos de errores por duplicidad o pérdida de información (Al-Musawi & Naimi, 2023). Como resultado, es común que surjan inconsistencias en los presupuestos, especialmente por conceptos que no se contemplaron desde el inicio o por actividades mal estimadas, lo cual termina impactando negativamente la rentabilidad y el control financiero de los proyectos (Sepasgozar et al., 2022).

La implementación de **BIM** no solo aporta beneficios en términos técnicos, también tiene un impacto organizacional importante, especialmente al fomentar una mejor colaboración entre disciplinas, facilitar la gestión de riesgos y ayudar a resolver conflictos durante el desarrollo de los proyectos. Sin embargo, tener la tecnología no es suficiente. Para que BIM funcione correctamente, es clave contar con un marco normativo y contractual bien definido, que establezca claramente las responsabilidades de cada actor, los estándares a seguir, los derechos sobre la información generada y las reglas para garantizar la interoperabilidad entre plataformas y equipos.

Este respaldo jurídico permite reducir riesgos legales y financieros, y asegura que el uso de BIM se alinee con las normativas del sector. Además, fomenta una cultura de trabajo colaborativo desde el inicio del proyecto, evitando muchos de los conflictos que suelen aparecer cuando no hay acuerdos claros sobre el manejo de la información.

Frente a los métodos tradicionales de presupuestación, BIM representa una mejora evidente: permite trabajar con mayor precisión, ahorrar tiempo y tener una planificación mucho más confiable. Cuando se combina con contratos bien estructurados desde la fase inicial, su potencial como herramienta de estimación se amplía, ayudando a reducir desviaciones en los costos y a mejorar la eficiencia general del proyecto.

En resumen, lograr que BIM y la presupuestación trabajen de forma integrada abre una oportunidad real para transformar la forma en que se gestionan los proyectos. Esta conexión no solo mejora la planificación financiera, también prepara a las organizaciones para moverse con mayor agilidad en un entorno cada vez más digital, normativo y competitivo.

6.5. Estructura presupuestal en obras

Los presupuestos de obra son una herramienta fundamental para organizar y controlar cualquier proyecto de construcción. Su función principal es anticipar los costos necesarios para ejecutar el proyecto completo, ayudando a garantizar que sea viable no solo desde lo técnico, sino también desde lo financiero y operativo. Cuando está bien elaborado, el presupuesto no solo guía cómo se distribuyen los recursos, sino que también se convierte en un documento clave para establecer acuerdos entre las partes involucradas (constructor, cliente, interventoría, etc.). Además, facilita el seguimiento de los avances, el control de gastos y la toma de decisiones informadas durante todas las etapas del proyecto.

El proceso de elaboración del presupuesto implica reunir, analizar y organizar de forma detallada toda la información relacionada con el proyecto: desde las actividades constructivas

y los materiales, hasta las cantidades de obra, la mano de obra necesaria, los equipos, herramientas y servicios de apoyo. También se deben tener en cuenta otros componentes como los costos indirectos, los imprevistos y el margen de utilidad. En este sentido, el presupuesto traduce el diseño técnico en cifras concretas, lo que permite evaluar si el proyecto es viable, compararlo con diferentes alternativas y establecer un marco sólido para el control financiero.

En la práctica, el presupuesto también cumple un rol estratégico. Sirve para simular distintas formas de ejecución, proyectar cronogramas ajustados a las restricciones económicas, y anticiparse a posibles sobrecostos. Además, se convierte en una guía útil para organizar procesos de licitación, gestionar riesgos y planificar las compras y contrataciones necesarias.

En organizaciones que lideran proyectos complejos y diversos, como es el caso de **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, disponer de presupuestos bien estructurados y precisos es clave para garantizar el buen manejo de los recursos, mantener la rentabilidad y responder a las exigencias del mercado. La incorporación de herramientas digitales, especialmente aquellas basadas en BIM, abre la posibilidad de automatizar procesos, reducir errores y contar con información más clara y trazable para tomar decisiones financieras acertadas desde el inicio de cada proyecto.

En definitiva, un presupuesto no es simplemente un número que resume los costos, sino una herramienta de gestión que vincula el diseño, la ejecución y el seguimiento de la obra. Cuando se integra con modelos BIM, se convierte en un recurso valioso para anticipar escenarios, controlar desviaciones y contribuir al éxito técnico, económico y operativo de cada proyecto.

Descomposición de costos mediante APU

El **Análisis de Precios Unitarios (APU)** es una de las herramientas más importantes para construir un presupuesto de obra confiable. A través del **APU**, se desglosa el costo de cada actividad específica del proyecto, lo que permite entender con claridad cuánto cuesta ejecutar una unidad de cada tarea, ya sea un metro cúbico de concreto, una tonelada de acero o cualquier otra partida. Este análisis va más allá de una simple suma: implica identificar todos los recursos involucrados, calcular sus cantidades y asignarles un valor de acuerdo con el mercado y las condiciones del proyecto.

Una buena estructuración del APU es clave, ya que sobre ella se construyen los costos totales del proyecto. Si el análisis está bien hecho, el presupuesto será mucho más preciso y útil para la planificación y el control financiero. Para lograrlo, se deben considerar varios componentes que, al combinarse, dan como resultado el precio unitario de cada actividad. Entre los más relevantes se encuentran:

- **Mano de obra:** Se refiere a los costos vinculados al personal necesario para ejecutar una actividad específica. Esto incluye salarios, prestaciones sociales, aportes a la seguridad social, y también aspectos como los tiempos requeridos para ejecutar cada tarea y el nivel de especialización del trabajador. Este componente es especialmente sensible, ya que puede variar según cambios normativos, condiciones del contrato o incluso por la productividad del equipo en obra.
- **Materiales:** Abarca el valor de todos los insumos requeridos para llevar a cabo la actividad, considerando no solo el precio unitario en el mercado, sino también los costos adicionales asociados al transporte, almacenamiento, desperdicio, y los plazos de entrega. La correcta especificación y cuantificación de materiales es clave para evitar sobrecostos y garantizar la calidad de la ejecución.

- **Equipos y maquinaria:** Aquí se incluyen los gastos relacionados con el uso de herramientas y maquinaria, ya sea por alquiler o por un porcentaje de uso si son propiedad del contratista. También se suman los costos operativos como el consumo de combustible, el mantenimiento preventivo, los seguros y, por supuesto, los honorarios del personal encargado de su operación.
- **Costos indirectos:** Son aquellos gastos que, aunque no se clasifican como materiales ni mano de obra, están directamente ligados al desarrollo de la actividad. Entre ellos están la supervisión técnica, controles de calidad, coordinación logística en obra, medidas de seguridad, señalización, y la adecuación del área de trabajo, todos esenciales para garantizar una ejecución segura, ordenada y eficiente.

Una vez definidos y cuantificados estos componentes, el siguiente paso es calcular el **precio unitario**. Este valor representa lo que cuesta ejecutar una sola unidad de una actividad específica, teniendo en cuenta todos los recursos involucrados. Posteriormente, ese precio unitario se multiplica por la cantidad total de obra prevista en los planos o en el modelo BIM, lo que permite estimar el costo total de dicha actividad dentro del presupuesto global del proyecto (Al-Musawi & Naimi, 2023).

En contextos como la empresa **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, donde calcular con precisión los costos es fundamental para asegurar la rentabilidad y cumplir con lo pactado en cada contrato, la elaboración detallada de los Análisis de Precios Unitarios (APU) se convierte en una herramienta clave de gestión. Integrar el uso de herramientas BIM permite automatizar la medición de cantidades desde el modelo estructural y enlazarlas directamente con bases de datos de precios, lo cual no solo ahorra tiempo, sino que también reduce errores y mejora la conexión entre el diseño técnico y el presupuesto final.

En conclusión, esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite a las empresas mantenerse competitivas en un mercado cada vez más exigente y digitalizado.

Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas son un elemento clave al momento de elaborar un presupuesto de obra. Van mucho más allá de ser una simple lista de materiales o instrucciones de construcción: son el documento que define con claridad cómo debe hacerse cada actividad, qué materiales se deben usar, qué estándares deben cumplirse y en qué condiciones se considera aceptable o no el resultado. Gracias a estas especificaciones, es posible garantizar que el proyecto cumpla con los niveles de calidad esperados y que todas las partes involucradas tengan una referencia clara sobre cómo ejecutar cada parte del trabajo. Además, este componente del presupuesto permite asegurar el cumplimiento normativo y facilita la supervisión técnica durante la obra.

En la práctica, las especificaciones técnicas actúan como el puente entre lo que se diseña y lo que finalmente se construye. Cuando están bien redactadas y se interpretan correctamente, garantizan que los materiales, equipos y métodos empleados estén alineados con las necesidades reales del proyecto, tanto en términos funcionales como normativos. También definen los mínimos aceptables de desempeño, lo que facilita el trabajo de supervisión y control de calidad en la obra.

Desde el punto de vista del presupuesto, estas especificaciones tienen un impacto directo en los costos. Son ellas las que determinan qué tipo de insumos se deben usar, su nivel de calidad, cómo se aplican y bajo qué condiciones se manipulan. Por ejemplo, si el diseño requiere un concreto con una resistencia particular, un acero certificado o un procedimiento constructivo con maquinaria especializada, esto se traduce en ajustes importantes en los análisis de precios unitarios (APU) y, por ende, en el valor total del presupuesto del proyecto.

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: 60 1 593 6464 | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica
universidadean.edu.co

En empresas que desarrollan proyectos con un alto nivel de exigencia técnica, como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, las especificaciones técnicas juegan un papel clave para asegurar que lo que se diseña en planos se construya tal como fue previsto. Sirven además como una base clara para procesos de licitación, contratación y comparación entre proveedores, al reducir ambigüedades y asegurar condiciones justas para todos los participantes.

Cuando estas especificaciones se integran directamente en el modelo BIM, por ejemplo, asignando propiedades específicas a los elementos en Revit se logra conectar la forma con el contenido técnico y económico del proyecto. Esto no solo hace más fácil el seguimiento del proyecto, sino que también minimiza los errores causados por interpretaciones incorrectas o documentos desactualizados.

En definitiva, más allá de ser una guía de ejecución, las especificaciones técnicas son una herramienta estratégica que impacta la calidad, el costo, la durabilidad y el desempeño del proyecto. Por eso, deben estar sincronizadas con el presupuesto, el cronograma y el modelo BIM, para lograr una gestión coordinada, precisa y eficiente desde el diseño hasta la etapa final de la obra.

Estructura del AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad)

Dentro de la elaboración de presupuestos de obra, el cálculo de **Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU)** cumple un papel clave. Este componente permite tener en cuenta todos los costos que no están directamente relacionados con las actividades constructivas específicas, pero que son indispensables para que un proyecto pueda ejecutarse de manera eficiente y rentable. En otras palabras, el AIU complementa los costos

directos, ayudando a asegurar que la operación técnica, la gestión del riesgo y la sostenibilidad financiera del proyecto estén debidamente cubiertas.

Este cálculo se descompone en tres partes principales:

- **Administración:** Incluye los gastos asociados a la gestión técnica y operativa del proyecto. Aquí se contemplan los sueldos del personal administrativo y de campo, arrendamientos, servicios públicos, equipos de cómputo, seguros, y otros costos que permiten que la obra funcione en su día a día. También se consideran aquí los trámites legales, licencias y requisitos normativos. En empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, este rubro resulta esencial para asegurar que el equipo de dirección cuente con los medios y herramientas necesarios para llevar el control técnico y administrativo de cada proyecto.
- **Imprevistos:** Este rubro representa una reserva para afrontar situaciones inesperadas que puedan surgir durante la ejecución, como cambios en el diseño, dificultades técnicas en el terreno, retrasos por clima, o alzas en los precios de materiales. Aunque no siempre se usa por completo, su inclusión es vital para proteger la estabilidad financiera del proyecto y responder con flexibilidad ante contingencias.
- **Utilidad:** Hace referencia al margen de ganancia del contratista. Se calcula generalmente como un porcentaje sobre los costos directos y representa la compensación por el trabajo realizado, los riesgos asumidos y el compromiso con la calidad. En muchos contratos, este porcentaje se ajusta según el tipo de obra, el nivel de especialización y las condiciones del mercado.

Normalmente, el AIU se expresa como un porcentaje sobre el costo directo total del proyecto.

Este porcentaje varía dependiendo del tipo de contrato (precios unitarios, suma global, llave

en mano), del tipo de cliente (privado o público) y de políticas internas de la empresa. También se ajusta según la complejidad del proyecto o los lineamientos establecidos por la entidad contratante.

El AIU se expresa comúnmente como un **porcentaje sobre el total de costos directos**, y su valor puede oscilar según las características del proyecto, el tipo de contrato (por precios unitarios, global fijo, llave en mano, etc.) y los criterios establecidos por la entidad contratante o normativa vigente. En algunos casos, también se determina con base en políticas internas de la empresa o en análisis comparativos de mercado.

Para empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, que se especializan en consultoría estructural y proyectos de alta exigencia técnica, establecer correctamente este componente es esencial. Una adecuada definición del AIU no solo permite asegurar la sostenibilidad financiera de cada contrato, sino que facilita la organización interna, la planificación de recursos logísticos y la protección de los márgenes de utilidad necesarios para mantener la operación rentable.

En resumen, el AIU no debe considerarse un costo adicional o accesorio. Es, más bien, un pilar que sostiene la viabilidad operativa del proyecto, aportando respaldo técnico, capacidad de reacción ante imprevistos y una base económica sólida. Cuando este componente se integra correctamente dentro del sistema de presupuestación se logra una mayor trazabilidad, coherencia y claridad en toda la estructura financiera del proyecto.

Costos Directos e Indirectos

Cuando se estructura un presupuesto de obra, uno de los aspectos más importantes es distinguir claramente entre los costos directos y los indirectos. Esta diferenciación no solo ayuda a entender con mayor claridad cómo se distribuyen los recursos en el proyecto, sino que también permite hacer un seguimiento más preciso del gasto, tomar decisiones con base

en datos reales y cumplir con los estándares contables, contractuales y normativos establecidos.

- **Costos directos:** Corresponden a aquellos que se pueden vincular de forma directa con una actividad específica dentro del proyecto. Aquí se incluyen los materiales que se usan en obra, la mano de obra que realiza tareas específicas, el alquiler de maquinaria o su depreciación, y cualquier otro recurso que tenga una relación inmediata con la ejecución de una partida. Por ejemplo, el concreto usado en una losa, los trabajadores que colocan el acero o la grúa que moviliza elementos estructurales forman parte de esta categoría. En el caso de **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, que maneja proyectos con alto nivel de detalle técnico, esta categoría representa el núcleo del presupuesto operativo, pues están directamente ligados a los rendimientos, cantidades y cronogramas del proyecto.
- **Costos indirectos:** Son gastos que no se pueden asociar a una tarea puntual, pero que resultan fundamentales para que el proyecto funcione correctamente. Incluyen, por ejemplo, los costos administrativos, licencias, seguros, impuestos, servicios públicos, transporte interno, supervisión general, comunicaciones y otros elementos de apoyo logístico. Aunque no aparecen en una partida específica del presupuesto, son esenciales para garantizar que las actividades directas se desarrollen con orden, legalidad y eficiencia.

Tener esta clasificación clara permite gestionar el proyecto con mayor transparencia, definir márgenes de utilidad más ajustados a la realidad y aplicar mejores controles sobre el uso de los recursos. También facilita el análisis de propuestas, la elaboración de reportes financieros sólidos y la definición de indicadores de desempeño por actividad, frente de trabajo o centro de costos.

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: 60 1 593 6464 | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica
universidadean.edu.co

Además, en un entorno BIM, esta diferenciación puede cargarse directamente en el modelo mediante parámetros definidos para cada elemento, lo cual permite automatizar reportes y ajustar el presupuesto en tiempo real a medida que cambian las cantidades o se modifica el diseño. Esto mejora la trazabilidad del proyecto y refuerza el control sobre los aspectos técnicos y financieros de la obra.

En el caso de **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, distinguir claramente entre los costos directos e indirectos no es solo una exigencia técnica, sino una herramienta estratégica. Esta diferenciación permite afinar los procesos de licitación, fortalecer el control de los contratos, facilitar auditorías técnicas y tomar decisiones más acertadas en materia presupuestal. Además, contar con esta estructura bien definida le da a la empresa una base sólida para simular escenarios económicos ante posibles cambios de alcance, retrasos en obra o variaciones en los precios del mercado, lo que refuerza su capacidad de respuesta y planificación financiera.

Metodologías vigentes para la formulación de presupuestos de obra

Hoy por hoy, en muchos proyectos de construcción, los presupuestos siguen elaborándose con herramientas como Excel o programas especializados en costos como Presto, S10 o Costos. Estas opciones son ampliamente utilizadas debido a que resultan familiares para los equipos de trabajo, tienen costos bajos de implementación y permiten cierta flexibilidad operativa. Sin embargo, y a pesar de esas ventajas, estas herramientas muestran serias limitaciones cuando se busca una integración real con modelos digitales desarrollados bajo metodologías como **Building Information Modeling (BIM)**.

Uno de los mayores problemas es que no existe una conexión directa entre estos programas y plataformas como Revit, lo que obliga a trasladar manualmente la información del modelo (como cantidades de obra, ítems o rendimientos) a las hojas de cálculo o al

software de presupuestación. Este paso, al ser manual, abre la puerta a errores, a la pérdida de coherencia entre el diseño técnico y los datos económicos, y a dificultades para mantener la información actualizada y trazable a lo largo del proyecto.

En empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, donde los proyectos exigen un alto nivel de detalle técnico y exactitud estructural, la falta de integración entre el modelo BIM y las herramientas de presupuestación representa un obstáculo importante. Esta desconexión complica la coordinación entre áreas, disminuye la confianza en las cifras presupuestales y dificulta la toma oportuna de decisiones. Por ejemplo, cuando se realiza un ajuste en el diseño estructural como modificar el tamaño de un elemento o reforzar una zona específica esa actualización no se transfiere automáticamente al presupuesto. Esto puede generar diferencias entre lo que se diseña y lo que realmente se estima y se ejecuta, afectando tanto los tiempos como el control del proyecto.

A pesar de que en el mercado ya existen herramientas más avanzadas como **CostX, Presto** o **TCQ** que ofrecen cierta interoperabilidad con **BIM**, en la práctica estas soluciones aún presentan limitaciones. Muchas veces, los modelos 3D no se integran completamente con el entorno de presupuestación: datos como las especificaciones técnicas, las condiciones de montaje, las relaciones entre actividades o los cambios en tiempo real no se transfieren automáticamente, lo que impide aprovechar todo el potencial que ofrece la metodología BIM.

Esa falta de conexión entre lo que se diseña digitalmente y lo que se planifica desde el punto de vista financiero genera cuellos de botella. Las empresas pierden agilidad para reaccionar ante cambios en el diseño, se complica la validación de presupuestos y se limita la transparencia tanto hacia los clientes como hacia los entes de control. En cambio, contar con un sistema que vincule directamente los modelos BIM con los presupuestos permitiría

automatizar procesos, mantener alineadas las decisiones técnicas y financieras, y reducir los tiempos invertidos en revisar o actualizar información.

Para empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, que buscan mantenerse a la vanguardia y ser más eficientes en su operación, avanzar en esta integración representa una prioridad. No se trata solo de mejorar procesos internos, sino también de aumentar la competitividad, garantizar mayor trazabilidad en la gestión de la información y contribuir a una ejecución más sostenible y controlada de los proyectos.

Integración de BIM en los procesos presupuestales

La incorporación de la metodología BIM en los procesos de presupuestación ha abierto una nueva forma de trabajar en la gestión de costos dentro de los proyectos de construcción. Esta integración permite extraer directamente del modelo 3D las cantidades necesarias para elaborar el presupuesto, eliminando procesos manuales de medición y reduciendo el margen de error que suelen tener los métodos tradicionales basados en hojas de cálculo.

Uno de los mayores beneficios de este enfoque es que los **Análisis de Precios Unitarios (APUs)** pueden vincularse directamente con los elementos del modelo digital, como sucede en herramientas como **Revit**. Esto permite que cualquier cambio en el diseño estructural se refleje automáticamente en el presupuesto, evitando desfases entre lo que se modela y lo que se estima financieramente. De esta forma, el presupuesto se vuelve dinámico, actualizado en tiempo real y mucho más confiable.

Además, esta integración facilita la simulación de escenarios que no solo consideran cantidades y precios, sino también aspectos técnicos, condiciones de ejecución y componentes financieros como el **AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad)**. Esto brinda una visión más completa y cercana a la realidad del proyecto. Este tipo de

©Universidad Ean **SNIES 2812** | Vigilada Mineducación | **Personería Jurídica Res. n°. 2898** del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: **60 1 593 6464** | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica
universidadean.edu.co

herramientas resulta especialmente útil en proyectos de alta complejidad, donde mantener el control sobre los costos desde etapas tempranas es esencial para asegurar la viabilidad técnica y contractual del trabajo.

Implementar una solución totalmente integrada BIM–Presupuestación no solo elevaría los niveles de eficiencia y control en la estimación de costos, sino que también permitiría **identificar y mitigar riesgos asociados a actividades no contempladas**, uno de los problemas más comunes en la gestión de proyectos. Al anticipar estos escenarios desde la fase de diseño, es posible tomar decisiones más informadas, redistribuir recursos estratégicamente y establecer planes de contingencia más sólidos.

Una plataforma que integre de manera efectiva el modelo BIM con la estimación presupuestal no solo mejora la precisión de los costos, sino que también aporta una trazabilidad completa de cada decisión tomada. Esto significa que cualquier cantidad, precio o ajuste en el diseño puede ser verificado fácilmente, ya que queda documentado dentro del mismo entorno digital. Esta transparencia facilita el seguimiento y control por parte de interventores, clientes o entidades de fiscalización, generando confianza en el manejo técnico y económico del proyecto.

En el caso de empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, este tipo de integración representa una clara ventaja competitiva. Poder presentar presupuestos ajustados a la realidad del modelo, con datos actualizados y perfectamente alineados con lo diseñado, permite optimizar el uso de recursos, anticiparse a posibles desviaciones y brindar mayor certeza al cliente. En un entorno donde los proyectos demandan cada vez más eficiencia, control y sostenibilidad, contar con esta capacidad de integración no solo mejora la gestión interna, sino que también posiciona a la organización como un referente en la transformación digital del sector.

6.6. Barreras y retos para la adopción de BIM en Colombia

En Colombia, uno de los mayores retos para implementar de manera efectiva la metodología BIM está relacionado con la falta de una planificación sólida durante la etapa de estudios y diseños. Esta debilidad suele originarse por la presión que ejercen muchas veces los contratantes (ya sean públicos o privados) al imponer plazos muy ajustados para la entrega de propuestas técnicas y presupuestales. Como consecuencia, los equipos de trabajo se ven forzados a preparar documentos clave, como los presupuestos y los cronogramas, en tiempos que no permiten un análisis profundo ni una validación adecuada de la información. Esto se traduce, con frecuencia, en la aparición de costos no contemplados una vez que se inicia la obra, lo cual genera sobrecostos, afecta la eficiencia del proyecto y pone en riesgo su rentabilidad.

La ventaja de utilizar BIM en estas fases tempranas es que permite trabajar con modelos que integran todos los datos relevantes: cantidades, tiempos, especificaciones y costos, todo en un mismo entorno digital. Gracias a esto, es posible realizar simulaciones más acertadas, explorar diferentes escenarios antes de iniciar la ejecución y tomar decisiones más informadas desde el principio. Así se reducen las sorpresas en obra y se logra mayor control técnico y financiero.

Por otro lado, un problema que sigue afectando al sector es la persistencia de prácticas poco éticas, en las que algunos actores incluyen partidas infladas o actividades que no fueron contempladas originalmente. Este tipo de comportamientos debilita la confianza en los procesos contractuales. Frente a esto, BIM puede jugar un papel clave, ya que, al centralizar toda la información del proyecto en un único modelo digital, cada modificación queda

registrada, lo que facilita su trazabilidad. Con esto, se limita la posibilidad de alterar la información sin dejar rastro, se mejora el control y se promueve una cultura más ética y profesional.

Finalmente, si se implementa de manera adecuada, BIM también podría convertirse en una herramienta valiosa para los entes de control en Colombia, como la Contraloría y la Procuraduría. Al contar con modelos actualizados y detallados, estas entidades tendrían acceso directo a información confiable para verificar el avance físico y financiero de las obras, identificar inconsistencias desde etapas tempranas y hacer seguimiento más riguroso. En ese sentido, BIM no solo ayuda a mejorar la gestión técnica de los proyectos, sino que también puede contribuir a un uso más eficiente de los recursos públicos, reduciendo los sobrecostos, mejorando la transparencia y elevando el estándar de calidad en la infraestructura del país.

6.7. Estrategia Nacional BIM 2020–2026 - Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Departamento Nacional de Planeación & Camacol. (2020).

La *Estrategia Nacional BIM 2020–2026* es una apuesta del Gobierno colombiano por modernizar el sector de la construcción a través de la digitalización. Este documento de política pública promueve la adopción gradual y organizada de la metodología **Building Information Modeling (BIM)**, con el fin de hacer más eficientes, transparentes y sostenibles los proyectos de infraestructura en el país. La estrategia busca enfrentar retos que históricamente han afectado al sector, como los sobrecostos, los retrasos en la ejecución, la falta de coordinación entre actores, la poca trazabilidad en la información y el limitado uso de los datos disponibles en las distintas etapas del proceso constructivo.

Visión y objetivos estratégicos

En cuanto a su visión, la Estrategia Nacional BIM plantea que para el año 2026 el sector público colombiano esté en capacidad de planear, diseñar, contratar, ejecutar y operar proyectos de infraestructura haciendo un uso sistemático de la metodología BIM. Este enfoque se reconoce como un instrumento clave para lograr una infraestructura más eficiente, con un uso más inteligente de los recursos públicos y una trazabilidad mucho más clara sobre cómo se invierte y se gestiona cada proyecto.

Para lograr esa visión, la Estrategia Nacional BIM 2020–2026 establece tres objetivos estratégicos fundamentales:

1. **Consistencia:** Unificar a los diferentes actores del sector bajo un mismo marco de trabajo, con estándares BIM claros que permitan una gestión más coordinada y eficiente de los proyectos.
2. **Eficiencia:** Lograr ahorros mínimos del 10% en los costos totales de los proyectos públicos, reduciendo reprocesos, errores de diseño y conflictos durante la ejecución de las obras.
3. **Eficacia:** Promover el uso de entornos comunes de datos (CDE) y procesos digitales estandarizados que mejoren la calidad de la información disponible y fortalezcan la toma de decisiones desde las etapas iniciales del proyecto.

Fases de implementación y enfoque progresivo

La Estrategia Nacional BIM 2020–2026 está estructurada en una hoja de ruta de siete años, que va desde el 2020 hasta el 2026, con un enfoque de adopción gradual y por niveles de madurez. En las etapas iniciales, la implementación de BIM en las entidades del Estado es de carácter voluntario. El énfasis está en la capacitación del talento humano, el desarrollo de proyectos piloto y el fortalecimiento institucional. A medida que se avanza en el tiempo, el uso de BIM se vuelve obligatorio en los proyectos de infraestructura pública, en especial

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: 60 1 593 6464 | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica
universidadean.edu.co

aquellos que son cofinanciados por el Gobierno Nacional o que superan ciertos umbrales económicos y técnicos establecidos.

Componentes estructurales de la estrategia

El documento define seis **líneas estratégicas** que articulan la implementación de BIM:

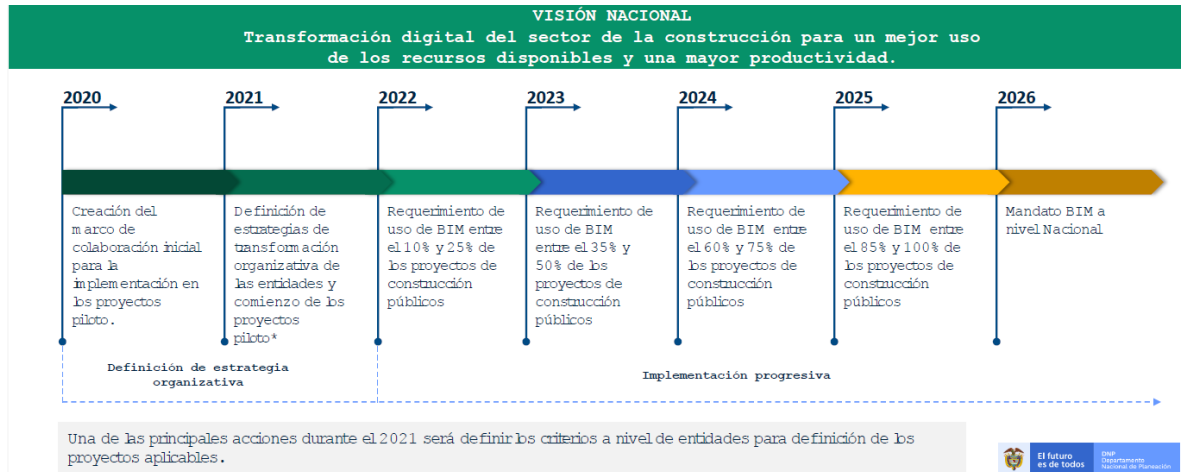
- **Liderazgo público:** El Estado como motor de cambio en la adopción tecnológica.
- **Marco normativo:** Regulaciones, estándares técnicos, contratos tipo y guías metodológicas.
- **Desarrollo de capacidades:** Formación de talento humano, certificación de competencias y fortalecimiento del ecosistema académico.
- **Comunicación y cultura BIM:** Estrategias de sensibilización, difusión y cambio cultural.
- **Gobernanza:** Coordinación entre entidades públicas, gremios y actores clave a través del Grupo de Trabajo BIM (GTB).
- **Monitoreo y evaluación:** Indicadores de desempeño, control del avance y retroalimentación constante.

Beneficios esperados

La estrategia plantea una serie de beneficios concretos que justifican su implementación. En el plano económico, se estima que puede generar ahorros de hasta un 20% en el costo total de los proyectos, al reducir reprocesos, errores de diseño y conflictos durante la obra. Desde una perspectiva social, la estrategia busca fomentar una mayor inclusión de proveedores, mejorar la trazabilidad en la ejecución de los proyectos y promover entornos laborales más seguros. En cuanto al impacto ambiental, el uso de BIM permite un mejor aprovechamiento de los materiales, la reducción del desperdicio y una menor huella de

carbono, gracias al uso de simulaciones digitales y análisis energéticos que permiten tomar decisiones más sostenibles desde las primeras fases del diseño.

Tabla 3. Plan de implementación



Fuente: Departamento Nacional de Planeación. (2020). Estrategia Nacional BIM 2020-2026. Bogotá, Colombia.

6.8. Estándares internacionales para la gestión de información BIM: ISO 19650

La norma **ISO 19650** define un conjunto de lineamientos internacionales para gestionar la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto basado en metodología BIM, desde su etapa inicial de planificación hasta la operación y mantenimiento de la infraestructura. Esta normativa establece cómo organizar, compartir y utilizar los datos digitales de forma colaborativa, asegurando consistencia, trazabilidad y eficiencia en cada fase del proceso.

Su origen proviene de los estándares británicos PAS 1192, pero ha sido evolucionada para tener un alcance global, adaptándose a las realidades de distintos países y contextos. Su implementación en empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.** permitiría alinear sus procesos de gestión de proyectos con las mejores prácticas globales en transformación digital para el sector de la construcción.

ISO 19650 se compone de varias partes, siendo las más relevantes:

- **ISO 19650-1:** Conceptos y principios básicos para la gestión de información usando BIM.
- **ISO 19650-2:** Aplicación de la gestión de información durante la fase de entrega del activo (diseño y construcción).
- **ISO 19650-3:** Gestión de la información durante la fase de operación.
- **ISO 19650-5:** Gestión de la información para entornos con requisitos de seguridad de la información.

Entre los beneficios clave de aplicar la ISO 19650 en un proyecto están:

- La mejora en la **colaboración interdisciplinaria**.
- La **reducción de errores** y reprocesos por inconsistencias informativas.
- El aumento en la **confianza del cliente** por contar con documentación estandarizada y rastreable.
- La **interoperabilidad entre plataformas y softwares** utilizados por los distintos actores.

Su implementación también favorece el cumplimiento de **requisitos contractuales**, especialmente en proyectos públicos o con financiamiento internacional, donde estas normas ya son una exigencia común.

Implicaciones para el sector privado

Para empresas como **Ardila Valencia Estructuras S.A.S.**, la Estrategia Nacional BIM abre una puerta importante para ponerse al nivel de las nuevas exigencias técnicas y contractuales que poco a poco se volverán la norma en procesos de licitación pública y alianzas con entidades estatales. Adoptar BIM no solo representa una mejora en la calidad y precisión de los entregables, sino que también permite destacarse en el mercado al ofrecer

©Universidad Ean SNIES 2812 | Vigilada Mineducación | **Personería Jurídica Res. n°. 2898** del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: **60 1 593 6464** | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica
universidadean.edu.co

mayor trazabilidad, control digital del proyecto y un uso más eficiente de los recursos disponibles.

Además, alinearse con esta estrategia nacional le permite a la empresa aprovechar programas de formación especializada, adoptar los lineamientos técnicos oficiales y usar plataformas que promueven la interoperabilidad entre herramientas, automatizan tareas como el presupuesto, y permiten gestionar la información del proyecto desde su concepción hasta la etapa de operación o mantenimiento.

7. DISEÑO METODOLOGICO

7.1. Enfoque, alcance y diseño de la investigación

En el marco del proyecto “Creación de un sistema de costos y presupuestos integrado a Revit bajo la metodología BIM en la empresa Ardila Valencia Estructuras S.A.S.”, se adopta un enfoque mixto que articula perspectivas cuantitativas y cualitativas, con el fin de analizar la integración efectiva entre herramientas de modelado como Revit y metodologías avanzadas de estimación y planificación presupuestal. Esta combinación metodológica permite abordar de manera integral tanto los aspectos técnicos y medibles —como cantidades de obra, rendimientos y costos proyectados—, como las percepciones, barreras organizacionales y condiciones reales de implementación en el contexto operativo colombiano.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipulan variables, sino que se parte de la observación y análisis de los procesos existentes. Es de tipo transversal, al realizar la recolección de datos en un único momento del tiempo, y descriptivo, pues busca caracterizar las prácticas actuales, identificar limitaciones y proponer lineamientos para una implementación más efectiva del sistema BIM–presupuesto dentro de la empresa.

El alcance es explicativo, ya que se pretende establecer relaciones causales entre la integración del modelo BIM los resultados obtenidos en términos de precisión presupuestal, reducción de riesgos y eficiencia financiera. Este enfoque permite no solo comprender los desafíos actuales, sino también fundamentar propuestas concretas de mejora alineadas con los objetivos estratégicos de Ardila Valencia Estructuras S.A.S. y con las tendencias internacionales en transformación digital aplicada a la ingeniería estructural.

7.2. Selección de métodos o instrumentos para la recolección de información

Para este estudio de carácter descriptivo, la recopilación de información se llevará a cabo mediante una revisión documental rigurosa y estructurada, utilizando dos fuentes principales de consulta:

- **Documentación institucional y gremial:** Se analizarán informes, guías técnicas y estudios generados por entidades representativas del sector como la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), la Cámara de Comercio de Bogotá, y

otras organizaciones relacionadas. Estos documentos aportarán información clave sobre marcos normativos, lineamientos operativos y desafíos sectoriales en la aplicación de BIM en Colombia.

- **Literatura académica y bases de datos científicas:** Se consultarán plataformas reconocidas como Scielo, Google Scholar, EMIS, entre otras, para obtener artículos científicos, casos de estudio y publicaciones técnicas que aborden la implementación de BIM en procesos de presupuestación y planificación de proyectos. El objetivo es asegurar un soporte conceptual sólido y actualizado, incorporando referencias tanto nacionales como internacionales que sean aplicables al contexto local.

Criterios de selección de los documentos

Para garantizar la relevancia y calidad de la información recopilada, los documentos serán seleccionados con base en los siguientes criterios:

- **Pertinencia temática:** Enfocados específicamente en BIM, presupuestación de obra y planificación de proyectos de construcción.
- **Actualidad:** Preferencia por publicaciones realizadas en los últimos 10 años, con énfasis en aquellas emitidas a partir de 2018.
- **Rigor académico:** Material publicado en revistas científicas indexadas, editoriales técnicas especializadas y documentos oficiales de entidades reconocidas del sector.
- **Cobertura geográfica:** Se priorizarán estudios que analicen el contexto colombiano, aunque también se incluirán casos internacionales relevantes que sirvan de referencia comparativa.

7.3. Aplicación de encuestas a actores clave del sector

Como parte central del proceso de recolección de información primaria, se desarrollará una estrategia de encuestas dirigida a los distintos grupos de interés involucrados en los proyectos de construcción. El propósito principal de este instrumento es recopilar información directa sobre las dificultades actuales relacionadas con la planificación de costos, la adopción de la metodología BIM y el funcionamiento operativo de los procesos constructivos en el entorno colombiano.

- **Diseño metodológico de las encuestas**

Se elaborarán cuestionarios estructurados compuestos por preguntas cerradas, cuidadosamente formuladas para alinearse con los objetivos del estudio y garantizar la validez, claridad y pertinencia de la información obtenida.

- **Público objetivo**

La encuesta se dirigirá a una muestra diversa y representativa, conformada por hombres y mujeres que desempeñan roles clave en diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos.

La distribución será la siguiente:

- **20 clientes:** Personas responsables de financiar, contratar y supervisar proyectos de construcción.
- **20 proveedores:** Empresas o profesionales que participan en la ejecución de actividades constructivas.
- **5 representantes de entidades de control:** Encargados de la regulación, vigilancia y auditoría del cumplimiento normativo en el sector.

Objetivos específicos del instrumento

Las encuestas permitirán abordar los siguientes temas clave:

- **Diagnóstico de prácticas actuales:** Identificar cómo se están elaborando hoy en día los presupuestos, los cronogramas y los esquemas de gestión de costos.
- **Detección de barreras:** Conocer los principales obstáculos que enfrentan los actores en la implementación de BIM, tales como errores recurrentes, omisiones presupuestales y carencias tecnológicas.
- **Evaluación del nivel de adopción:** Medir el grado de incorporación de BIM en las organizaciones y las percepciones sobre sus beneficios y limitaciones.
- **Propuestas de mejora:** Recoger sugerencias sobre cómo podrían optimizarse los procesos actuales mediante la integración de herramientas tecnológicas y flujos de trabajo colaborativos.

Validación del instrumento

Previo a su aplicación, el cuestionario será evaluado por un panel de cinco expertos, conformado por gerentes de empresas del sector, quienes revisarán la coherencia, claridad y aplicabilidad de cada pregunta. A partir de sus observaciones, se realizarán los ajustes necesarios para fortalecer la calidad del instrumento.

Aplicación y procesamiento de datos

Las encuestas serán distribuidas a través de plataformas digitales como Google Forms o SurveyMonkey, lo que facilitará su difusión y la sistematización de las respuestas. Posteriormente, los datos obtenidos serán analizados mediante técnicas descriptivas, con el fin de identificar tendencias, patrones comunes y oportunidades de mejora en relación con la integración de BIM en los procesos presupuestales y operativos del sector construcción.

7.4. Diagnóstico de madurez BIM al interior de la organización

Como parte del proceso de análisis interno, se realizó un diagnóstico estructurado orientado a evaluar el nivel de madurez BIM y la capacidad tecnológica de la empresa en el desarrollo de sus proyectos estructurales. El objetivo fue identificar el grado de integración actual de la metodología BIM en los procesos de diseño, modelado y presupuestación, así como detectar oportunidades de mejora frente a estándares internacionales y mejores prácticas del sector. La evaluación se basó en los criterios establecidos en la herramienta “301in.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf”, la cual permite clasificar a las organizaciones según su grado de avance en la implementación de BIM, considerando variables técnicas, organizacionales y culturales.

Dimensiones analizadas

El diagnóstico de madurez BIM aplicado a la empresa, con base en la matriz de evaluación “301in.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf”, se desarrolló considerando cuatro pilares fundamentales: tecnología, procesos, políticas y personas. Cada uno de estos ejes permite comprender con mayor profundidad el nivel actual de adopción de BIM y las capacidades organizativas asociadas.

- **Tecnología:** Se identificó un uso inicial de herramientas como **Revit** para el modelado tridimensional, principalmente en el área de diseño estructural. Sin embargo, el nivel de automatización e interoperabilidad con otros sistemas —como herramientas de presupuestación o gestión de obra— aún es limitado. La infraestructura tecnológica existe, pero requiere actualización y mayor integración entre plataformas.
- **Procesos:** Los flujos de trabajo que incorporan BIM están en etapa de consolidación. Se evidencian esfuerzos por articular el modelo digital con actividades como la cuantificación de materiales y la planificación, pero aún **predominan los procedimientos tradicionales, como el uso de Excel** para presupuestos. La falta de estandarización entre las áreas limita la trazabilidad y consistencia de los datos.
- **Políticas:** No se cuenta aún con **lineamientos formales o protocolos internos BIM institucionalizados**. La ausencia de una política organizacional clara en torno a la metodología impide una adopción más ágil y estructurada, y restringe la alineación entre los distintos equipos de trabajo.
- **Personas:** Existe una **actitud favorable hacia la innovación y el cambio**, pero se identifican brechas importantes en cuanto a la capacitación técnica específica en BIM. El conocimiento se concentra en ciertos perfiles clave, lo que genera dependencia y dificulta la transversalización del uso de la metodología en toda la empresa.

El puntaje de **56,2** obtenido en esta evaluación refleja un nivel **intermedio de madurez**, lo cual confirma que la empresa cuenta con una base técnica y organizativa importante, pero que aún requiere **estructurar políticas internas, fortalecer sus procesos, actualizar su tecnología y formar integralmente a su equipo humano** para consolidar una adopción efectiva de BIM.

Los resultados obtenidos reflejan un nivel intermedio de madurez BIM, con avances significativos en la integración de herramientas digitales en los procesos de diseño, aunque con retos importantes en términos de estandarización, capacitación continua y consolidación de flujos de trabajo automatizados. Se evidenció una clara disposición al cambio y una base

sólida sobre la cual puede desarrollarse un sistema BIM-presupuesto más robusto, alineado con las tendencias internacionales de transformación digital en el sector de la construcción. Este diagnóstico constituye un insumo estratégico para definir una hoja de ruta de implementación escalonada, que permita fortalecer las capacidades internas, optimizar los procesos existentes y consolidar una cultura organizacional orientada a la innovación, la eficiencia y la interoperabilidad digital.

Caso de evaluación: A Ve Consultoria

Figura 3. Matriz de madures BIM empresa A Ve Consultoría. Niveles de madurez BIM, adaptado de Succar y BIME Initiative (2016).

A Ve Consultoria													A	B	C	D	E	
Evaluación en el nivel de granularidad 1													20 Puntos	40 Puntos	60 Puntos	80 Puntos	100 Puntos	
PILARES DEL BIM	TECNOLOGIA	HARDWARE													60			
		SOFTWARE													60			
		INTEROPERATIVIDAD											20					
		INTEGRACION Y RED													60			
	PROCESOS	GESTION Y ESTRUCTURACION INTEGRAL DEL PROYECTO													60			
		NORMATIVIDAD PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS													60			
		GESTION Y METODOLOGIAS DE GERENCIA													60			
		ENTREGAS INTEGRADAS DEL PROYECTO												40				
		GESTION DEL MODELADO												40				
		GESTION DE LOS ACTIVOS													60			
		GESTION DE LA INFORMACION													60			
	POLITICAS	ASPECTOS CONTRACTUALES													60			
		ASPECTOS LEGALES													60			
		LEGALIZACION DE ACTIVOS													60			
		LEGALIZACION DE PLAN DE ENTREGAS													60			
	PERSONAS	ROLES GOBERNANZA Y LIDERAZGO BIM													60			
		GESTION Y COORDINACION DE LA COLABORACION													60			
		COMPROMISO DEL PROMOTOR Y APOYO													60			
	ETAPA	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	11D	ND					
		X	X	X	X	X						X				60		
	COLABORACION													60				
ESCALA	ORGANIZACIÓN													60				
SUBTOTAL													20	80	1080	0	0	
TOTAL PUNTAJE																		
PUNTAJE DE MADUREZ																		
													Gestionado					

BIMMI Building Information Maturity Matrix Index	1		Ad-hoc	0-19%
	2		Definido	20-39%
	3		Gestionado	40-59%
	4		Integrado	60-79%
	5		Optimizado	80-100%

Diseño y validación de los instrumentos

Con el fin de asegurar la coherencia, pertinencia y efectividad de los instrumentos utilizados en la recolección de información, se desarrollará una matriz de alineación metodológica que conecte de manera directa los elementos clave del proyecto: el planteamiento del problema, los objetivos específicos, el marco teórico y las variables a estudiar. Esta matriz servirá como guía estructural para garantizar que cada pregunta del cuestionario aborde de manera precisa los fenómenos de interés vinculados a la planificación presupuestal y la integración de BIM dentro de la organización.

Proceso de validación y ajuste de instrumentos

El diseño y validación de los instrumentos de medición incluirá los siguientes pasos:

1. **Revisión por panel de expertos:** Las encuestas serán analizadas por un grupo de gerentes vinculados a proyectos de AVE Consultoría, así como por representantes de empresas proveedoras y clientes estratégicos, con el fin de evaluar la claridad, relevancia y aplicabilidad de cada ítem.
2. **Aplicación de prueba piloto:** Se llevará a cabo una aplicación preliminar del cuestionario a un subconjunto de 10 participantes representativos de los grupos de interés identificados (clientes, proveedores, entidades de control y actores tecnológicos). Esta prueba permitirá evaluar la comprensión del instrumento, el tiempo requerido y la calidad de las respuestas obtenidas.
3. **Análisis de resultados preliminares:** A partir de la prueba piloto se revisarán los resultados obtenidos para detectar posibles sesgos, redundancias, ambigüedades o inconsistencias en la formulación de las preguntas. Con base en estos hallazgos, se realizarán los ajustes necesarios antes de aplicar el instrumento final.

Este proceso de validación busca garantizar que las encuestas y el diagnóstico aplicado a la empresa reflejen con fidelidad el estado actual de madurez BIM, los desafíos operativos, y las oportunidades de mejora en la integración efectiva de modelos digitales con procesos presupuestales, asegurando la calidad de los datos para el análisis posterior.

Técnicas de análisis de datos

El análisis de los datos recolectados se realizará mediante técnicas cualitativas y descriptivas, enfocadas en identificar patrones, tendencias y relaciones clave asociadas con la integración de BIM en la estimación de costos y planificación presupuestal. A continuación, se presenta una tabla que detalla los documentos seleccionados, las técnicas de análisis aplicadas y su descripción:

Tabla 4. Técnicas de análisis de datos

Documento	Técnica de análisis	Descripción
Estudios académicos (artículos científicos y casos de estudio obtenidos en bases de datos como Scielo y EMIS).	Análisis de contenido temático	Se identificarán temas recurrentes, conceptos clave y patrones relacionados con el uso de BIM y su impacto en la estimación de costos y presupuestos. Además, se clasificará la información en función de su relevancia para la metodología BIM en el contexto colombiano.
Documentos generados por la Cámara de Comercio de Bogotá y DNP.	Análisis documental comparativo	Se revisarán normativas y lineamientos nacionales relacionados con la implementación de BIM, comparándolos con estándares internacionales y mejores prácticas. Se incluirá un enfoque en cómo estas regulaciones influyen en la adopción de BIM en las etapas tempranas del proyecto.
Informes de gremios empresariales (Camacol, entre otros).	Análisis descriptivo y de tendencias	Se analizarán datos estadísticos y narrativos sobre la adopción de BIM en el sector colombiano, identificando los principales desafíos, avances y oportunidades en la integración de esta metodología.
Manuales y guías técnicas (como las proporcionadas por Autodesk sobre Revit y BIM).	Análisis crítico-interpretativo	Se evaluarán las capacidades técnicas descritas en relación con su aplicabilidad práctica en el contexto colombiano, enfatizando las barreras y oportunidades para la implementación de herramientas BIM.
Resultados de encuestas aplicadas a stakeholders (clientes, proveedores, contratistas, entidades de control, proveedores de tecnología).	Análisis estadístico descriptivo	Los datos serán analizados para identificar tendencias, patrones y áreas de oportunidad en la adopción de BIM. Se evaluarán las percepciones de los diferentes actores respecto a los beneficios, limitaciones y desafíos actuales.
Diagnóstico de madurez BIM en 30 empresas del sector de estudios y diseños.	Análisis comparativo y descriptivo	Se compararán los niveles de madurez BIM entre las empresas evaluadas, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora con base en los resultados del instrumento de diagnóstico "30In.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf".

Nota: Esta tabla corresponde al resumen de las técnicas de análisis de datos realizada por el Equipo.

Análisis y discusión de los resultados.

Para abordar de manera estructurada los retos identificados en este estudio, se retoman los lineamientos conceptuales desarrollados por la Penn State University en relación con los 21 usos estratégicos de la metodología BIM. Este marco fue propuesto por Messner et al. en la BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0 del Computer Integrated Construction Research Program, y constituye una de las referencias más completas para planificar, implementar y evaluar el uso de BIM en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto constructivo.

Cada uno de estos 21 usos representa una aplicación práctica y específica de BIM, que permite responder a necesidades particulares en etapas como la programación, diseño, análisis, construcción, operación y mantenimiento de los activos. La guía no solo clasifica estos usos, sino que también proporciona un enfoque metodológico para determinar cuáles son los más relevantes según el tipo de proyecto, sus objetivos estratégicos y el nivel de madurez de la organización que lo ejecuta.

En el marco del presente proyecto, estos conceptos permiten identificar las capacidades funcionales que la empresa puede desarrollar mediante BIM, y constituyen un punto de partida clave para la estructuración de procesos internos, priorización de herramientas y alineación con estándares internacionales. Además, su aplicación contribuye a una mejor toma de decisiones, reducción de incertidumbre y mayor trazabilidad en el uso de la información.

A continuación, se presenta una ilustración con los 21 usos BIM y su aplicación en las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto, como insumo metodológico para orientar la propuesta de integración BIM-presupuesto en la empresa. Para consultar el documento completo y ampliar los conceptos mencionados, puede accederse a la fuente oficial en: <http://bim.psu.edu>.

Figura 4. Tabla de los 21 usos BIM Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (en desarrollo). BIM Project Execution

Penn state university BIM uses			
Plan	Design	Construct	Operate
Capture existing conditions			
Author cost estimate			
Author 4D Model			
Analyze program requirements			
Analyze site selection criteria			
Author design			
	Review design		
	Analyze structural performance		
	Analyze lighting performance		
	Analyze energy performance		
	Analyze engineering performance		
	Analyze sustainability performance		
	Coordinate design models		
	Aithor construction systems model		
	Author temporary construction systems model		
		Fabricate products	
		Layout construction work	
		Compile record model	
			Monitor maintenance
			Monitor system performance
			Monitor assets
			Monitor space utilization
			Analyze emergency management

Con base en los elementos metodológicos descritos, se identifican como especialmente pertinentes para el presente estudio dos de los usos BIM definidos por la Penn State University: el Uso 2 – “Author Cost Estimate”, enfocado en la generación de cantidades y presupuestos a partir del modelo, y el Uso 3 – “Author 4D Model”, orientado a la planificación temporal del proyecto constructivo. Ambos usos permiten enfrentar de forma directa los desafíos relacionados con la integración de modelos digitales en los procesos de planificación y control de costos, que son centrales en esta investigación.

Uso BIM 2 – *Author Cost Estimate*

Este uso consiste en emplear uno o varios modelos BIM como fuente principal para extraer cantidades precisas de materiales y componentes, con el objetivo de calcular los costos del proyecto en sus distintas fases. Su implementación desde las etapas tempranas resulta crítica para mejorar la calidad del presupuesto y anticipar desviaciones asociadas a errores de diseño, omisiones o ajustes posteriores.

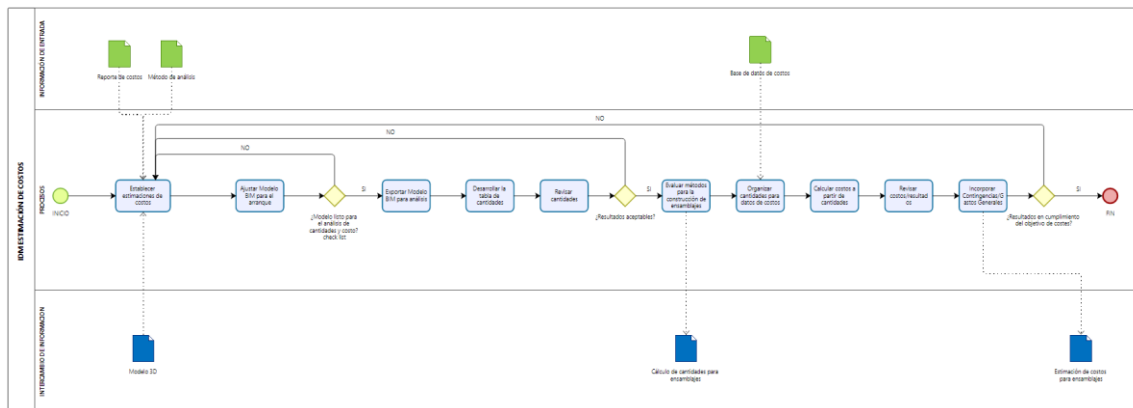
Entre los beneficios principales de este uso se destacan:

- Alta precisión en la estimación de costos: Al trabajar directamente con datos del modelo, se reducen los errores de medición y se incrementa la confiabilidad de los resultados presupuestales.
- Automatización de procesos: Se elimina la necesidad de transcripción manual de cantidades, optimizando tiempo y reduciendo el riesgo de errores humanos.
- Gestión dinámica de cambios: Los ajustes realizados en el modelo se reflejan automáticamente en los valores de presupuesto, facilitando el control en tiempo real.
- Reducción del desperdicio de recursos: Al conocer con exactitud las cantidades requeridas, se mejora la eficiencia en compras y logística de materiales.
- Planificación más eficaz: Permite articular el presupuesto con cronogramas actualizados, alineando recursos y tiempos de manera más precisa.

La aplicación de este uso dentro del entorno empresarial estudiado representa una herramienta estratégica para lograr una planificación más robusta, trazable y alineada con los principios de digitalización y control de calidad exigidos por los nuevos estándares del sector.

A continuación, se presenta un gráfico explicativo que describe de forma visual el flujo ideal de implementación de este uso BIM dentro del sistema propuesto.

Figura 5. IDM de procesos uso BIM No.2 Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (en desarrollo). BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0. Computer Integrate. Construction Research



Uso BIM 3 – Author 4D Model

Este uso se refiere a la aplicación de modelos BIM que integran la dimensión temporal (4D), es decir, la combinación de la geometría tridimensional (3D) con la planificación en el tiempo. Su propósito principal es permitir una programación visual y analítica de las actividades constructivas, facilitando la toma de decisiones en cuanto a secuencias de obra, tiempos de ejecución y coordinación de recursos.

La utilización de modelos 4D permite simular digitalmente el desarrollo constructivo del proyecto, desde su inicio hasta su culminación, e incluso etapas de remodelación o ampliación. Esta visualización anticipada resulta especialmente útil para detectar interferencias, validar cronogramas y mejorar la coordinación interdisciplinaria entre diseño, ejecución y presupuesto.

Entre los beneficios más relevantes de este uso se encuentran:

- Visualización anticipada del proceso constructivo: Permite analizar el comportamiento del proyecto en el tiempo antes de iniciar la ejecución, facilitando la comprensión de las secuencias por parte de todos los actores.
- Simulación de escenarios y análisis predictivo: Ayuda a evaluar alternativas constructivas y tomar decisiones informadas para optimizar cronogramas y recursos.
- Integración de información multidimensional: Unifica datos geométricos, temporales y operativos en un solo entorno de modelado, aumentando la coherencia entre planificación técnica y programación.
- Mejor precisión en las estimaciones de tiempo y recursos: Contribuye a una gestión más realista de los plazos y del uso de materiales, equipos y personal.
- Detección temprana de conflictos y solapamientos: Facilita la identificación de interferencias entre actividades o sistemas antes de que ocurran en obra, reduciendo el riesgo de retrasos o reprocesos.

En el marco del proyecto en desarrollo, este uso BIM permite fortalecer los procesos de planificación técnica, alineando los cronogramas con los modelos presupuestales y geométricos, y aportando una herramienta de coordinación visual que favorece la eficiencia operativa, la anticipación de riesgos y la mejora continua.

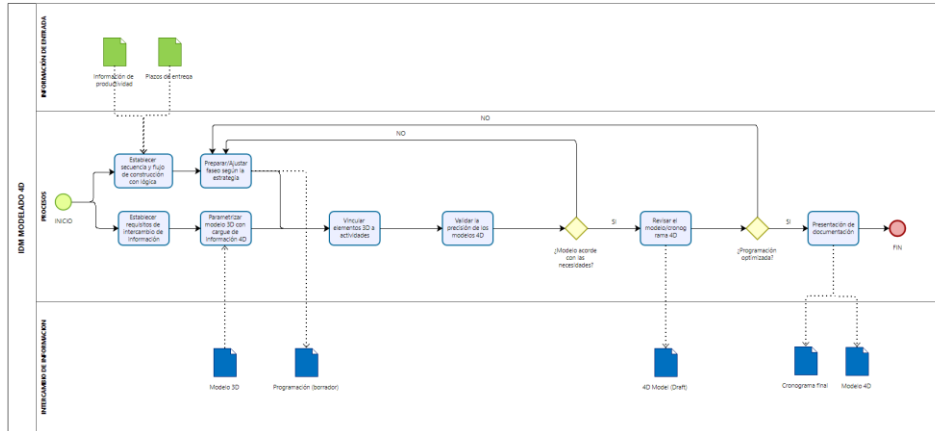
©Universidad Ean **SNIES 2812** | Vigilada Mineducación | **Personería Jurídica Res. n°. 2898** del Minjusticia - 16/05/69

El Nogal: Cl 79 n° 11 - 45 | NIT: 860.026.058-1

Centro de contacto: **60 1 593 6464** | Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia, Suramérica
universidadean.edu.co

Para representar de forma más clara este flujo de trabajo, se incluirá a continuación un gráfico ilustrativo del proceso ideal de implementación del modelo 4D en entornos colaborativos BIM.

Figura 6. IDM de procesos uso BIM No.3 Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (en desarrollo). BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0. Computer Integrate. Construction Research



Principales hallazgos:

1. **Avances significativos en la adopción inicial de BIM:** La empresa ha incorporado herramientas digitales en varias áreas de su operación, especialmente en el modelado y diseño estructural. Esto ha permitido una mayor precisión técnica y mejora en la documentación de proyectos.
2. **Oportunidades claras de optimización:** Se identifican oportunidades en áreas como la integración automática de cantidades con presupuestos, la formalización de protocolos BIM a nivel interno, y la consolidación de un entorno colaborativo digital entre equipos técnicos, administrativos y comerciales.
3. **Capacitación como factor clave:** La necesidad de una formación más profunda en BIM, tanto a nivel técnico (uso avanzado de software) como estratégico (planificación y control de proyectos con metodología BIM), es uno de los puntos prioritarios para avanzar en el proceso de maduración.
4. **Base sólida para el crecimiento:** El diagnóstico refleja que la empresa cuenta con los recursos técnicos, humanos y estratégicos necesarios para evolucionar hacia un

modelo de trabajo más digital, siempre que se adopte una estrategia de implementación escalonada, que considere los tiempos de adaptación, la mejora continua y el acompañamiento del cambio organizacional.

En conclusión, los resultados obtenidos ofrecen una base confiable para definir una hoja de ruta clara que permita consolidar el uso de BIM dentro de la organización. Esta ruta debe enfocarse en superar las brechas identificadas, institucionalizar buenas prácticas, y desarrollar capacidades internas para que la empresa transite hacia un modelo de operación plenamente digitalizado, más eficiente, preciso y alineado con las exigencias actuales del mercado de la construcción.

7.5. Metodología para la Implementación de BIM 5D en el Proyecto de Reforzamiento Estructural de la Dirección General de la Policía Nacional

7.5.1. Planificación estratégica de la implementación

Objetivo: Establecer la hoja de ruta para la integración del presupuesto al modelo BIM.

Actividades:

- Definir los objetivos específicos de la integración 5D (precisión de cantidades, control de cambios, trazabilidad de costos).
- Designar un equipo BIM 5D, con responsables técnicos (modeladores), de costos (presupuestistas) y de supervisión (PM).
- Establecer el LOD requerido para los elementos estructurales a intervenir (mínimo LOD 350 para cuantificación).
- Coordinar con interventoría y cliente (Policía Nacional) la aceptación del uso de modelado 5D como insumo técnico de presupuesto.

7.5.2. Modelado estructural detallado en Revit

Objetivo: Generar un modelo tridimensional preciso que sirva como base para el cálculo de cantidades.

Actividades:

- Modelar los elementos estructurales existentes y los sistemas de reforzamiento propuestos.
- Asignar parámetros y familias que permitan extraer cantidades por tipo de intervención.
- Clasificar cada elemento modelado según uso (refuerzo, demolición, obra nueva, obra temporal) y sistema constructivo.

7.5.3. Vinculación del modelo 3D con la base de datos de costos (implementación 5D)

Objetivo: Asociar las cantidades generadas en Revit con análisis de precios unitarios (APUs) y estructuras presupuestales.

Actividades:

- Exportar las cuantificaciones desde Revit a herramientas de presupuestación compatibles (Excel parametrizado).
- Crear una base de datos de APUs alineada con el modelo.
- Asociar cada familia o tipo de elemento del modelo con su ítem presupuestal correspondiente.
- Automatizar la actualización de costos al modificar elementos del modelo.

7.5.4. Validación técnica y presupuestal

Objetivo: Asegurar que el presupuesto generado a partir del modelo sea confiable y auditable.

Actividades:

- Comparar las cantidades generadas por Revit con las calculadas manualmente como control cruzado.
- Revisar la coherencia entre el modelo, los planos, los criterios técnicos de reforzamiento y los ítems presupuestales.

- Validar la trazabilidad del modelo: cada cantidad debe tener correspondencia visual, técnica y económica.

7.5.5. Implementación en obra y control en tiempo real

Objetivo: Usar el modelo 5D como herramienta de seguimiento y control de ejecución presupuestal.

Actividades:

- Desarrollar vistas filtradas para visualizar por fases, tipo de intervención y avance.
- Vincular el modelo 5D con cronograma (para evolucionar hacia 4D+5D si se desea).
- Actualizar el modelo con cambios en campo y reestimaciones.
- Generar reportes automáticos para la Policía Nacional.

7.5.6. Cierre de proyecto y retroalimentación

Objetivo: Documentar lecciones aprendidas y estructurar una guía replicable para futuros proyectos de construcción.

Actividades:

- Comparar presupuesto estimado vs. ejecutado.
- Registrar ajustes realizados al modelo y su impacto económico.
- Elaborar un manual interno de aplicación de BIM 5D en proyectos de refuerzo estructural.

Herramientas recomendadas

- **Autodesk Revit:** modelado estructural.
- **Navisworks:** vinculación y análisis de cantidades y costos.
- **Excel parametrizado:** control presupuestal, si se requiere un entorno más accesible para interventoría.

8. CONTRIBUCIONES ORIGINALES ESPERADAS

En Al finalizar el presente trabajo, se espera entregar un conjunto de contribuciones originales de alto valor técnico y estratégico tanto para la empresa Ardila Valencia Estructuras S.A.S. como para el sector de la construcción. Estas contribuciones se materializarán en los siguientes productos y resultados:

8.1. Modelo técnico de integración BIM 5D:

Se desarrollará un modelo funcional aplicado al proyecto de reforzamiento estructural de la Dirección General de la Policía Nacional, en el cual se integren directamente los modelos generados en Revit con los procesos de presupuestación. Este modelo permitirá automatizar la extracción de cantidades, vincular los análisis de precios unitarios (APU), simular el comportamiento financiero del proyecto y ajustar el presupuesto en tiempo real a medida que se actualicen los diseños.

8.2. Propuesta metodológica de implementación interna:

Se construirá una ruta para la adopción progresiva de la integración BIM–Presupuesto dentro de Ardila Valencia Estructuras S.A.S., considerando el nivel de madurez actual de la empresa. Esta propuesta incluirá lineamientos técnicos, herramientas sugeridas, fases de adopción y consideraciones organizacionales, con el fin de facilitar la escalabilidad del modelo a otros proyectos futuros.

8.3. Guía de buenas prácticas y lecciones aprendidas:

Se entregará un documento orientado a documentar de forma sistemática los hallazgos, errores comunes, barreras identificadas y factores de éxito en la implementación del sistema. Esta guía servirá como referente práctico para nuevos equipos de trabajo.

8.4. Instrumentos validados para diagnóstico y evaluación BIM:

Como parte del desarrollo metodológico, se dejarán estructuradas y validadas las encuestas, guías de entrevista y matrices de análisis utilizadas en el diagnóstico del estado actual y la evaluación de resultados. Estos instrumentos podrán ser reutilizados o adaptados en futuras evaluaciones de madurez BIM y desempeño presupuestal.

8.5. Soporte para la toma de decisiones estratégicas:

Con base en los resultados del análisis y la implementación técnica, se generarán recomendaciones concretas orientadas a fortalecer la competitividad, sostenibilidad y eficiencia operativa de la empresa. Estas recomendaciones estarán fundamentadas en evidencia recolectada durante el proyecto y alineadas con las mejores prácticas internacionales y la Estrategia Nacional BIM 2020–2026.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma establece la hoja de ruta para la implementación de la propuesta de integración BIM–Presupuestación en el marco del proyecto de reforzamiento estructural de la Dirección General de la Policía Nacional. Este cronograma contempla el desarrollo de actividades clave desde el mes de agosto hasta las primeras semanas de noviembre de 2025, asegurando una ejecución progresiva, ordenada y basada en los objetivos metodológicos del estudio.

La planificación se estructuró en función de los tiempos disponibles, las tareas contempladas en el diseño metodológico y las necesidades operativas del proyecto. Entre las actividades programadas se encuentran la caracterización y diseño de los instrumentos de recolección de información, la aplicación de encuestas y entrevistas, el análisis de resultados, y finalmente, la elaboración de la propuesta técnica de intervención basada en los hallazgos obtenidos.

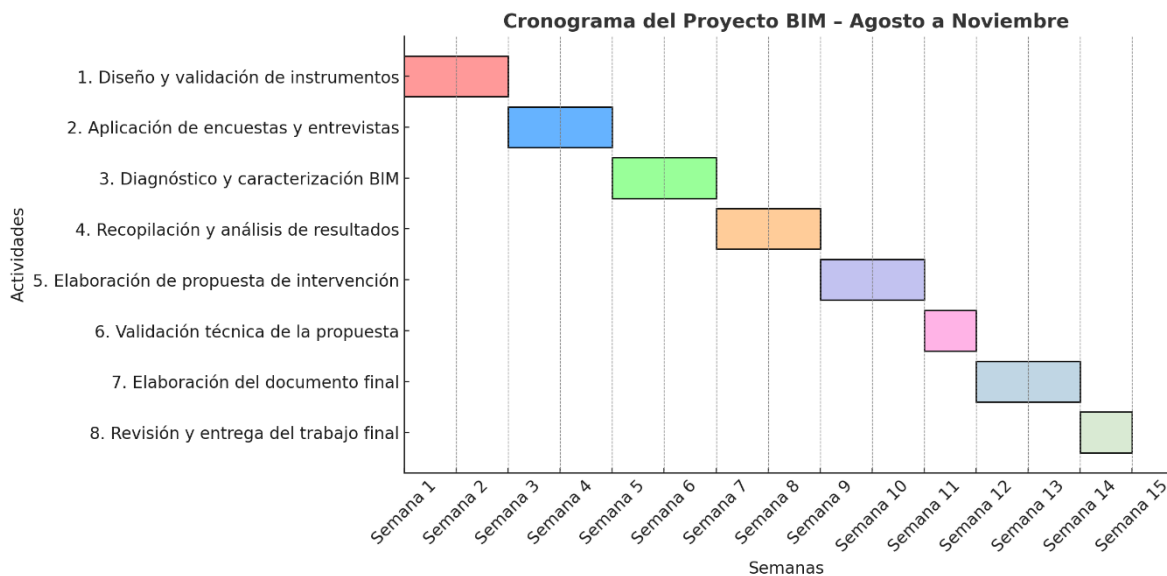
Tabla 5. Cronograma de actividades a desarrollar

Semana	Actividad	Resultado esperado
1 (ago. 1-4)	Revisión documental (normativa nacional e internacional, marco BIM, ISO 19650, guías locales).	Base normativa y conceptual estructurada
2 (ago. 5-11)	Diseño de instrumentos (encuestas y guiones de entrevista). Elaboración de la matriz de validación.	Instrumentos alineados con objetivos de investigación
3 (ago. 12-18)	Validación con expertos y prueba piloto (prueba en un grupo pequeño).	Instrumentos ajustados y validados
4 (ago. 19-31)	Aplicación oficial de encuestas y entrevistas a stakeholders y expertos BIM.	Información cualitativa y cuantitativa recolectada
1-2 (sep. 1-14)	Diagnóstico interno en Ardila Valencia Estructuras S.A.S. y levantamiento del estado actual del proyecto.	Matriz de madurez BIM y mapeo de procesos
3 (sep. 15-21)	Procesamiento y análisis inicial de datos recolectados.	Hallazgos preliminares consolidados
4 (sep. 22-30)	Formulación técnica del modelo de integración BIM, Presupuesto (estructura lógica, flujos, herramientas).	Esquema técnico preliminar del sistema BIM 5D
1-3 (oct 1-21)	Desarrollo técnico del modelo BIM 5D aplicado al proyecto de reforzamiento estructural.	Modelo aplicado y parametrizado en Revit con enlace a presupuestos

4 (oct 22-30)	Revisión, pruebas y ajustes del modelo técnico (cronogramas, presupuestos, AIU, cantidades, etc.).	Entregables técnicos cerrados al 30 de octubre
1 (nov 1-7)	Análisis final de resultados y validación con expertos (revisión cruzada).	Informe de evaluación de impacto y resultados
2 (nov 8-15)	Redacción del informe final, guía de implementación y lecciones aprendidas.	Documento final del proyecto

El cronograma, representado en un diagrama de Gantt, detalla semana a semana las acciones específicas, permitiendo una visualización clara de la secuencia de actividades, los tiempos estimados y los hitos clave del proceso. Esta herramienta también facilita el seguimiento del avance y la toma de decisiones oportunas durante la ejecución del proyecto.

Figura 7. Cronograma de ejecución general



Fuente: Elaboración propia.

El cronograma, representado en un diagrama de Gantt, detalla semana a semana las acciones específicas, permitiendo una visualización clara de la secuencia de actividades, los tiempos estimados y los hitos clave del proceso. Esta herramienta también facilita el seguimiento del avance y la toma de decisiones oportunas durante la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS

- Al-Musawi, R., & Naimi, S. (2023). Evaluation of construction project's cost using BIM technology. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 10(2), 469–476. <https://doi.org/10.18280/MMEP.100212>
- Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T. (2009). Building Information Modelling Demystified: Does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business*, 2(3), 419–434.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
- BIM Forum Colombia. (2019). *Guía para la gestión de la información en proyectos con metodología BIM*. Consejo Profesional Nacional de Ingeniería – COPNIA.
- BIM Forum Colombia. (2020). *Guía de Modelado BIM*. Consejo Profesional Nacional de Ingeniería – COPNIA.
- BIME Initiative. (2016). *301in.ES – Matriz de Madurez BIM*. Versión en español traducida por Víctor Roig. BIMEXCELLENCE.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. Bogotá, Colombia.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. John Wiley & Sons.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1:2018 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-2:2018 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets*. ISO.
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., Leicht, R., Saluja, C., & Zikic, N. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide* (Version

3.0). Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University.

- Sacks, R., Gurevich, U., & Shrestha, P. (2018). A Review of Building Information Modeling Protocols, Guides, and Standards for Large-Scale Infrastructure Projects. *Automation in Construction*, 94, 395–413.
- Sepasgozar, S. M. E., Costin, A. M., 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>