

Control de Obra usando la Metodología BIM en la nube para Micro, Pequeñas y Medianas  
Empresas (MIPYMES)

Juliana Mildred Martínez-Toledo (1), Cristian Daniel Pineda-Santamaria (2)

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniería Civil

Director

Guillermo Mejía Aguilar

Doctor en Ingeniería – Especialidad en Gerencia de Proyectos de Construcción

Codirector

Oscar Humberto Portilla Carreño

Msc en ingeniería civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de ingeniería civil

Programa Académico

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

*A Dios, por estar siempre conmigo, por guiarme en este camino y darme fortaleza para recorrerlo.*

*A mi madre, Carmen Elisa, que siempre ha estado para apoyarme, su amor y sacrificio han sido mi inspiración para seguir adelante. En los momentos en que dudaba de mí misma, sus palabras de aliento me hicieron recordar que podía lograrlo.*

*A Luis Alfonso, mi compañero de vida y alma gemela. Gracias por estar a mi lado, por sostenerme y alentarme en los momentos más difíciles. Tu amor, apoyo y celebración de mis logros me han dado alas para volar y alcanzar mis sueños; eres mi fuente de fuerza y mi hogar.*

*A Junior, mi hermano menor, que, aunque la distancia nos separa, sigue siendo una parte importante de mi vida. A Manuel, mi hermano mayor, cuya opinión y compañía siempre he valorado. A Judith, mi hermana mayor, una mujer luchadora y valiente que nunca se rinde y que me ha demostrado un amor incondicional y constante.*

*A la profe Aliria, quien creyó en mí y me dio el impulso para seguir adelante en mi carrera; su influencia en mi vida ha sido invaluable.*

**Juliana Martínez**

**Tabla de contenido**

Introducción .....	11
1 Objetivos.....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos específicos .....	13
2 Marco Teórico.....	14
2.1 Building Information Modeling.....	14
2.2 BIM 4D.....	14
2.3 BIM 5D.....	15
2.4 Entorno común de datos según ISO 19650-2 .....	15
2.5 Sistema de Clasificación.....	16
2.6 Unifomat II 2015 .....	16
2.7 Uniclass.....	17
2.8 Colombia Class .....	17
2.9 Control y Seguimiento de Obra en la Construcción .....	17
2.10 La Metodología del Valor Ganado (EVM).....	18
2.11 MiPyME.....	20
3 Alcance del Estudio .....	20
4 Metodología.....	21
4.1 Recopilación de Información .....	21
4.2 Identificación de los factores críticos que afectan o imposibilitan la adopción de BIM en las MiPymes.....	24

4.3 Identificación de software y formatos BIM para estandarizar el control de obra teniendo en cuenta el contexto de las MiPymes.....	24
4.3.1 Selección de la herramienta tecnológica.....	24
4.3.2 Análisis de los softwares y formatos BIM.....	25
4.3.3 Análisis preliminar de Métodos de Control de Obra .....	25
4.4 Propuesta sobre las estrategias y estructuración de la documentación .....	25
5 Resultados y análisis .....	26
5.1 Implementación BIM en MiPymes .....	26
5.1.1 Implementación BIM en MiPymes a nivel internacional .....	26
5.1.2 Implementación de BIM en MiPymes a nivel nacional (Colombia) .....	29
5.1.3 Implementación de BIM en MiPymes a nivel local (Santander).....	32
5.2 Identificación de los factores críticos que afectan o imposibilitan la adopción de BIM en las MiPymes.....	37
5.3 Análisis del software y formatos de archivo en BIM .....	40
5.3.1 Software BIM.....	41
5.3.1.1 Revit.....	41
5.3.1.2 Graphisoft Archicad.....	42
5.3.1.3 Navisworks. ....	43
5.3.1.4 Vico Office.....	44
5.3.1.5 Plexos Project: .....	44
5.3.2 Formatos de Archivo BIM.....	46
5.3.2.1 IFC (Industry Foundation Classes). ....	46
5.3.2.2 FORMATO BCF. ....	46

5.3.2.3 Formato RVT.....	47
5.3.2.4 Formato BC3.....	47
5.4 Selección entorno común de datos.....	48
5.4.1 Análisis comparativo y selección de las herramientas tecnológicas.....	48
5.4.2 Selección del sistema de clasificación .....	50
5.5 Métodos de control de obra.....	52
5.5.1 Automatización .....	52
5.5.2 Last Planner System.....	53
5.5.3 Earned Value Management and ABC.....	55
5.6 Ejemplo práctico de toda la integración de la Gestión del Valor Ganado (EVM) con Plexos	57
5.6.1 Configuración de Plexos .....	58
5.6.2 Resultados del ejemplo practico .....	58
5.7 Propuestas sobre las estrategias y estructuración de la documentación .....	60
5.7.1 Estrategias para la organización de la documentación .....	61
5. Conclusiones .....	65
Referencias Bibliográficas .....	67

**Lista de tablas**

Tabla 1 <i>Resumen de artículos utilizados y descartados según año de publicación y tipo de documento</i> .....	22
Tabla 2 <i>Porcentajes de evaluación de criterios según el método AHP</i> .....	48
Tabla 3 <i>Resultados de la evaluación de las herramientas tecnológicas utilizando el método AHP</i> .....	50
Tabla 4 <i>Resultados de los controles de obra: PV y EV</i> .....	59
Tabla 5 <i>Resultados obtenidos CPI Y SPI por cada control de obra.</i> .....	60
Tabla 6 <i>Nomenclatura digital de archivos</i> .....	62

**Lista de Figuras**

Figura 1 <i>Gestión del valor ganado, curvas</i> .....	19
Figura 2 <i>Implementación BIM en Colombia</i> .....	30
Figura 3 <i>Implementación Bim por tamaño de empresa</i> .....	30
Figura 4 <i>Uso de un ambiente común de datos en Colombia</i> .....	31
Figura 5 <i>Tamaños de empresas en Santander</i> .....	34
Figura 6 <i>Implementación Bim en Santander</i> .....	34
Figura 7 <i>Conocimiento sobre la estrategia nacional BIM 2020-2026</i> .....	35
Figura 8 <i>Uso de un ambiente común de datos en Santander</i> .....	35
Figura 9 <i>Uso de estrategia documental BIM</i> .....	36
Figura 10 <i>Personal capacitado en la metodología BIM</i> .....	39
Figura 11 <i>Indicador CPI del proyecto de ejemplo</i> .....	58
Figura 12 <i>Indicador SPI del proyecto de ejemplo</i> .....	59

## **Lista de Apéndices**

### **Los apéndices están adjuntos**

**Apéndice A.** Criterios de selección para las herramientas tecnológicas.

**Apéndice B.** Aplicación del Método Analítico Jerárquico AHP para la selección de las dos herramientas tecnológicas.

**Apéndice C.** Guía para Configurar SharePoint como un Entorno Común de Datos (CDE)

**Apéndice D.** Configuración del software Plexos para aplicar el método del valor ganado EVM

## Resumen

**Título:** Control de obra usando la metodología BIM en la nube para micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes)\*

**Autor:** Juliana Mildred Martínez-Toledo, Cristian Daniel Pineda-Santamaria

**Palabras Clave:** Building Information Modeling, entorno común de datos, MiPymes, control de obra, gestión del valor ganado, metodología BIM 4D y 5D, herramientas tecnológicas, sistema de clasificación

### Descripción:

La metodología BIM (Building Information Modeling) se ha consolidado como una herramienta clave para mejorar la eficiencia en la construcción, especialmente en proyectos que requieren colaboración y control riguroso. Sin embargo, su adopción en micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) enfrenta desafíos significativos, como los altos costos de licencias, hardware, capacitación y la resistencia al cambio organizacional. Este estudio propone una herramienta tecnológica basada en la nube para el control y seguimiento de obras, promoviendo un entorno común de datos (CDE) accesible para las MiPymes. La investigación se desarrolló en cuatro fases: recopilación de información sobre la adopción de BIM a nivel global, nacional y local; identificación de factores críticos que dificultan su implementación; selección de herramientas tecnológicas para el CDE mediante el método analítico jerárquico (AHP); y aplicación del método de gestión del valor ganado (EVM) en un caso de estudio utilizando el software Plexos Project. Los resultados identificaron a SharePoint y Google Drive como las herramientas más adecuadas para las MiPymes, debido a su accesibilidad y capacidad de integración. Además, se destacó la importancia de sistemas de clasificación como ColombiaClass para organizar la información de manera eficiente. Se concluye que estas herramientas permiten a las MiPymes implementar un CDE funcional y asequible, optimizando el control de obra y alineándose con sus capacidades. Este trabajo ofrece soluciones prácticas para superar las barreras en la adopción de BIM y establece bases para futuras investigaciones en digitalización y eficiencia en el sector de la construcción.

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar. Doctor en ingeniería- Especialidad en gerencia de proyectos de construcción. Codirector: Oscar Humberto Portilla Carreño. Msc en ingeniería civil.

### **Abstract**

**Title:** Construction Control Using BIM Methodology in the Cloud for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs)

**Author:** Juliana Mildred Martínez-Toledo, Cristian Daniel Pineda-Santamaria

**Keywords:** Building Information Modeling, common data environment, MSMEs, construction control, earned value management, BIM 4D and 5D methodology, technological tools, classification system.

### **Description:**

The BIM (Building Information Modeling) methodology has become a key tool for improving efficiency in construction, especially in projects requiring collaboration and rigorous control. However, its adoption in micro, small, and medium enterprises (MSMEs) faces significant challenges, such as high costs of licenses, hardware, training, and resistance to organizational change. This study proposes a cloud-based technological tool for construction control and monitoring, promoting an accessible common data environment (CDE) for MSMEs. The research was developed in four phases: gathering information on BIM adoption at the global, national, and local levels; identifying critical factors hindering its implementation; selecting technological tools for the CDE using the analytical hierarchy process (AHP); and applying the earned value management (EVM) method in a case study using Plexos Project software. The results identified SharePoint and Google Drive as the most suitable tools for MSMEs, due to their accessibility and integration capabilities. Additionally, the importance of classification systems such as ColombiaClass for efficient information organization was highlighted. It is concluded that these tools allow MSMEs to implement a functional and affordable CDE, optimizing construction control and aligning with their capabilities. This work provides practical solutions to overcome barriers in BIM adoption and establishes a foundation for future research on digitalization and efficiency in the construction sector.

\* Degree Work

\*\*\*Faculty of Physic-Mechanics Engineering. School of Civil Engineering. Director Guillermo Mejía Aguilar. Doctor en ingeniería- Especialidad en gerencia de proyectos de construcción: Codirector: Oscar Humberto Portilla Carreño. Msc en ingeniería civil.

## Introducción

La mayoría de los proyectos de construcción enfrentan desafíos significativos relacionados con la incertidumbre en sus cronogramas y presupuestos, lo que genera retrasos y sobrecostos (Cárdenas et al., 2018). La metodología Building Information Modeling (BIM) ha emergido como una herramienta que puede contribuir a la solución, ya que es un proceso de gestión de información digital que involucra de forma integrada a los interesados del proyecto y proporciona ventajas con respecto a la forma tradicional de realizar la planificación, gestión y control de proyectos. BIM puede contribuir a aumentar la eficiencia, mejorar la visualización de detalles constructivos, identificar de forma temprana los riesgos y garantizar precisión en la estimación de recursos (Stanley & Thurnell, 2014). Sin embargo, su implementación efectiva requiere una adaptación a las características de cada proyecto y de acuerdo con el tamaño de la(s) empresa(s) interesadas, ya que se requieren gestionar herramientas y recursos diferentes. Las necesidades y capacidades de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) difieren significativamente de las grandes organizaciones, con miras de aprovechar al máximo sus beneficios (Nast & Koch, 2021)

En Colombia, las MiPymes conforman el 99.5% del sector empresarial y contribuyen con el 40% del PIB (Sebastián González Patiño et al., 2024). A pesar de su relevancia económica, estas enfrentan numerosos problemas y dificultades a la hora de adoptar la metodología BIM en sus procesos de negocio debido a factores como la falta de estandarización de los procesos, la falta de personal capacitado, los costos de operación y el capital reducido (Li et al., 2019). Estas limitaciones obstaculizan la implementación de procesos de digitalización en la industria de la construcción (Nast & Koch, 2021) y, por lo tanto, restringen la alineación de las MiPymes con estas prácticas metodológicas para minimizar sobrecostos, desperdicios de recursos, la mala

asignación de recursos y la baja rentabilidad de los proyectos (Lu et al., 2016), lo que limita su competitividad. Dada esta problemática, esta investigación se propone contribuir a la falta de estandarización en las MiPymes del sector construcción, mediante el desarrollo de una herramienta tecnológica en la nube basada en BIM. Esta herramienta busca optimizar el control y seguimiento de obra, adaptándose a las necesidades específicas de estas empresas y facilitando su integración con las prácticas metodológicas modernas.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Proponer una herramienta tecnológica en la nube para implementar el control y seguimiento de obra usando la metodología BIM en empresas micro, pequeñas y medianas (MiPymes).

### **1.2 Objetivos específicos**

Evaluar y seleccionar una herramienta tecnológica en la nube que faciliten el uso de un Entorno Común de Datos (CDE) y la información de las herramientas BIM, considerando las limitaciones técnicas y económicas de las MiPymes.

Diseñar una estructura de gestión de información BIM adaptada a las necesidades de control de obra en MiPymes.

## **2 Marco Teórico**

### **2.1 Building Information Modeling**

Según la norma ISO 19650, BIM es un modelo de información digital que facilita y estandariza el intercambio de datos e información entre las diferentes partes interesadas de un proyecto. Este intercambio de datos e información puede darse durante las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto, con el fin de lograr una mejor visualización y especificación del proyecto en términos de planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento (International Organization for Standardization, 2019). De esta manera, los gestores, gerentes y ejecutores del proyecto pueden identificar posibles riesgos, generar ahorros y suministrar información sobre métodos, procesos, plazos y entre otros parámetros requeridos en la ejecución del proyecto de forma eficiente.

Existen varias dimensiones de BIM que enriquecen el modelo 3D inicial: BIM 4D, que incluye datos sobre el cronograma del proyecto; BIM 5D, que gestiona los costos; BIM 6D, que aborda la sostenibilidad; y BIM 7D, que se enfoca en el mantenimiento, cuya información se centraliza a través de un entorno común de datos, permitiendo así la interacción y colaboración entre diferentes agentes de información.

### **2.2 BIM 4D**

BIM 4D es una dimensión del modelo donde se analiza la variable tiempo, gracias a lo cual se pueden optimizar las actividades de construcción y gestión (Vite et al., 2021). Esta dimensión relaciona el modelo tridimensional 3D integrado con el cronograma de actividades del proyecto. La dimensión BIM 4D guía la secuencia de trabajo de la etapa de construcción simulando los

procesos de construcción y su progreso en tiempo real, haciendo que en el control de la obra se minimicen errores como las colisiones entre disciplinas generadas por una mala planificación de actividades y no por el modelado 3D. De esta manera, es fácil para todos los participantes e interesados del proyecto saber más sobre cada actividad del cronograma de construcción y poder monitorear la ruta crítica del proyecto (yin rui, 2019).

### **2.3 BIM 5D**

La quinta dimensión BIM 5D se caracteriza por incorporar los costos del proyecto en el modelo de información digital. Esta dimensión del modelo busca centralizar la información de diseño, construcción, tiempos y costos del proyecto para planificar y proyectar los flujos de efectivo e informes de costos. Este modelo permite ejercer un control de obra eficiente en los proyectos de construcción, ya que es una herramienta que favorece la toma de decisiones, identificación de riesgos y optimización de recursos durante las etapas de planificación, ejecución y operación del proyecto (Abanda et al., 2017).

### **2.4 Entorno común de datos según ISO 19650-2**

Un entorno común de datos, o “Common Data Environment” como se conoce en inglés (CDE), según la ISO 19650-2, es una herramienta digital o sistema de gestión de documentos electrónicos (EDMS). Sin embargo, la norma destaca que un CDE va más allá de la tecnología, enfocándose en los flujos de trabajo para recopilar, gestionar y distribuir la información. Este entorno se estructura con base en cuatro estados de trabajo o información: a) trabajo en curso (work in progress), b) trabajo compartido (shared), c) trabajo publicado (published) y d) trabajo archivado (archived). Cada uno de estos estados permite una gestión estructurada de la información a lo largo de su ciclo de vida. Para optimizar este proceso, la información se organiza en contenedores (unidades que almacenan datos específicos como documentos o modelos), los cuales se clasifican

mediante metadatos (información adicional que describe y contextualiza el contenido del contenedor, como autor, fecha o versión). Esto facilita una gestión y acceso más eficiente, asegurando que cada contenedor esté correctamente vinculado a su estado correspondiente (International Organization for Standardization, 2019).

## **2.5 Sistema de Clasificación**

Según BuildingSMART, un sistema de clasificación organiza y agrupa información con un propósito específico, mejorando la gestión y uso de datos en proyectos de construcción. Estos sistemas tienen niveles que permiten una organización uniforme y favorecen la interoperabilidad, especialmente en BIM, al agrupar objetos de la misma clase. Sus ventajas incluyen una comunicación clara, uso de un lenguaje común y mayor confianza en la información (BuildingSmart Spanish, 2022). Existen algunos sistemas de clasificación, de los cuales abordaremos dos sistemas internacionales (i.e Uniformat II y Uniclass) y uno nacional (Colombia Class), debido al alcance del presente estudio. Estos sistemas se han seleccionado para el presente trabajo solo de manera exploratoria, pero se recomienda hacer un análisis más exhaustivo de todos los sistemas disponibles en el mercado.

## **2.6 Uniformat II 2015**

Según Building Smart, el sistema de clasificación Uniformat II 2015 facilita la descripción de proyectos y elementos de construcción sin necesidad de detallar opciones específicas, materiales utilizados o la división de las secciones de trabajo. Este enfoque permite una clasificación simplificada y adaptable a diferentes fases del proyecto, como el diseño, la operación y el mantenimiento (BuildingSmart Spanish, 2022).

## **2.7 Uniclass**

Building Smart describe a Uniclass como un sistema de clasificación diseñado para organizar y gestionar toda la información de los activos del entorno construido. Este sistema es esencial para la gestión de activos e instalaciones, así como para el mantenimiento de la información del proyecto. Se aplica a todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, con un uso destacado en las etapas de diseño, operación y mantenimiento (BuildingSmart Spanish, 2022).

## **2.8 Colombia Class**

Colombia Class es un sistema de clasificación BIM que estructura, clasifica y codifica la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo de construcción utilizando un lenguaje único y estandarizado bajo el contexto colombiano de edificaciones. Consta de 23 tablas organizadas en 5 grupos, que incluyen la clasificación y desagregación de la información, la gestión de contratos, la clasificación del personal, la clasificación del proyecto según la metodología BIM, y la comprensión y aplicación de las relaciones entre estas tablas. Basado principalmente en la ISO 12006, Colombia Class respalda la gestión integral en las 10 áreas de conocimiento del PMBOK 6 (Gómez, 2022).

## **2.9 Control y Seguimiento de Obra en la Construcción**

El control de obra es un proceso que se encarga de gestionar y supervisar los procesos que comprenden la ejecución de un proyecto de construcción, para garantizar que este se ejecute de forma exitosa, con los materiales, equipos y el personal adecuado, en los tiempos requeridos y con costos dentro de los límites presupuestados en la planificación de costos. Este proceso busca identificar riesgos, coordinar partes involucradas y evitar sobrecostos (Abanda et al., 2017).

## 2.10 La Metodología del Valor Ganado (EVM)

La metodología del Valor Ganado (EVM, por sus siglas en inglés) se fundamenta en tres elementos clave (Roldán Juan, 2019):

1. Valor planificado (PV): Representa la línea base para medir el desempeño del proyecto. Este indicador refleja el costo programado del trabajo planificado hasta una fecha de control específica, indicando cuánto del presupuesto debería haberse alcanzado según lo programado desde el inicio.
2. Costo Real (AC): Corresponde al costo total incurrido al ejecutar las actividades programadas hasta la fecha de control. Este valor refleja el gasto efectivo del proyecto.
3. Valor ganado (EV): Es el componente central de la metodología EVM, a partir del cual se derivan otros indicadores como la Variación de la Programación (SV), la Variación de Costos (CV), y sus índices normalizados, el SPI y el CPI. Representa el costo presupuestado del trabajo realmente completado hasta la fecha de control.

Para implementar esta metodología, es esencial establecer una línea base de medición que integre tres aspectos:

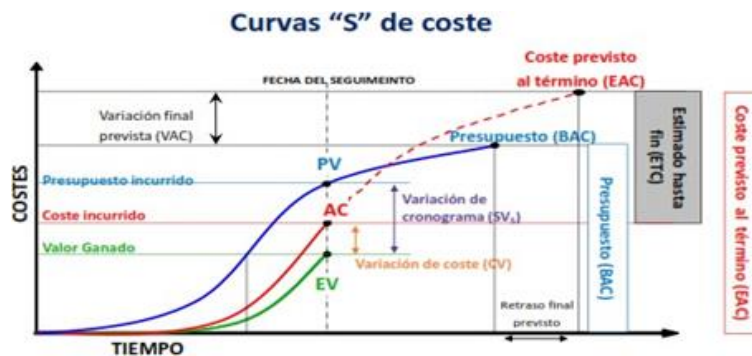
1. Alcance: Es una visión holística del proyecto, lo que se hará y lo que no.
2. Cronograma: Establece el tiempo destinado para la ejecución del proyecto, así como las actividades a realizar y su duración, es decir la EDT del proyecto.
3. Costos: Determina el presupuesto asignado al proyecto, desglosado por actividades.

La metodología EVM utiliza estos tres elementos clave para medir el progreso y el rendimiento de un proyecto en términos de tiempo y costos. A través del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI), es posible determinar si el proyecto avanza según lo planificado o si presenta

retrasos. Si el valor del SPI es inferior a 1, se indica que el proyecto está retrasado; si es superior a 1, significa que el proyecto va adelantado o está alineado con el cronograma. Además, el Índice de Desempeño de Costo (CPI) permite identificar si el proyecto se mantiene dentro del presupuesto o si ha excedido los costos planificados. Otros indicadores, como el EAC (Estimation at Completion), permiten proyectar el desempeño futuro del proyecto. Estos indicadores proporcionan una visión integral y precisa del estado del proyecto, como se ilustra en la siguiente grafica.

**Figura 1**

*Gestión del valor ganado, curvas.*



*Nota. \* El gráfico ilustra los indicadores clave de desempeño, ofreciendo una visión integral y precisa del estado actual del proyecto. Tomado de (elprojectmanager, 2016)*

La metodología del Valor Ganado (EVM) se aplicará en el estudio como una herramienta para el control de obra en el contexto de las MiPymes, ya que ofrece una forma sencilla y efectiva de gestionar el progreso del proyecto. Dado que las MiPymes suelen contar con recursos limitados y estructuras más pequeñas, el EVM se presenta como una opción accesible frente a otros métodos de control más complejos que podrían ser difíciles de implementar. Además, varios programas de

software en el mercado ya incorporan el EVM, lo que facilita su integración en las operaciones diarias de las MiPymes sin necesidad de recurrir a sistemas costosos o complicados. Esta metodología permitirá a las MiPymes realizar un seguimiento más eficiente de los costos, el tiempo y el rendimiento de los proyectos, asegurando un control adecuado sin sobrecargar los recursos disponibles.

### **2.11 MiPyME**

Según la ley 905 de 2004 el termino MiPyME hace referencia a micros, pequeñas medianas empresas, que llevan a cabo una actividad económica, realizada por personas naturales o jurídicas, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales comerciales o de servicios, rural o urbana (Congreso de la República de Colombia, 2004). En Colombia, las MiPymes se define en función del número de trabajadores, ingresos operacionales y activos. Las MiPymes representan el 99.5% del universo empresarial formal y contribuyen cerca del 40% al PIB nacional, siendo el 92% microempresas. Las MiPymes generan el 79% del empleo total y el 53% del empleo formal en el país (Sebastián González Patiño et al., 2024).

## **3 Alcance del Estudio**

Debido a las limitaciones de tiempo en la pasantía, no se consideró realizar la implementación de un proyecto piloto, En su lugar, se seleccionó un proyecto ya concluido para aplicarle el método. El estudio se centró en analizar las condiciones locales de los proyectos y empresas en el departamento de Santander, aunque también se tuvo en cuenta el contexto internacional y nacional. En cuanto a los sistemas de clasificación de la información, se revisaron tres (Uniformat, Uniclass y Colombia Class), sin realizar un análisis exhaustivo. Además, el

estudio se enfocó exclusivamente en el método de control de obra conocido como Valor Ganado, tomando en cuenta las limitaciones de las MiPymes para adoptar otros métodos de control más complejos o costosos. Este enfoque está alineado con el proyecto “SANTANDER: REGIÓN BIM PARA LA CONSTRUCCIÓN DIGITAL, EFICIENTE Y SOSTENIBLE”, desarrollado por la Cámara de Comercio de Bucaramanga, cuyo objetivo es incentivar el crecimiento y la competitividad de las empresas del sector de la construcción en Santander.

#### **4 Metodología**

La investigación fue dividida en cuatro fases metodológicas, descritas a continuación:

1. Recopilación de información.
2. Identificación de los factores críticos que afectan o dificultan la adopción de BIM en las MiPymes.
3. Identificación de las herramientas tecnológicas para el CDE, Software y formatos BIM para estandarizar el control de obra, teniendo en cuenta el contexto de las MiPymes.
4. Propuesta sobre las estrategias y estructuración de la documentación.

##### **4.1 Recopilación de Información**

Para la recolección de información, se emplearon ecuaciones booleanas en bases de datos como Scopus para investigar el contexto actual de BIM a nivel mundial. Estas ecuaciones también se utilizaron para buscar información específica sobre métodos de control de obra y herramientas tecnológicas. Además, para indagar sobre el avance a nivel nacional y local, se consultaron repositorios universitarios, sitios web especializados y una encuesta nacional sobre BIM para obtener datos relevantes. Las ecuaciones Booleanas usadas fueron las siguientes:

1. (TITLE-ABS-KEY ("adoption" OR "implementation" OR "strategy" OR "policy" OR "regulation" OR "law")).
2. (TITLE-ABS-KEY ("Common Data Environment" OR "CDE") AND TITLE-ABS-KEY ("small and medium enterprises" OR "SMEs" OR "small businesses" OR "micro enterprises") AND TITLE-ABS-KEY ("architecture" OR "engineering" OR "construction") AND TITLE-ABS-KEY ("implementation" OR "adoption" OR "success factors" OR "challenges")).
3. (TITLE-ABS-KEY ("Building Information Modeling" OR "BIM") AND TITLE-ABS-KEY ("Colombia" OR "Colombian")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")).

A continuación, se presenta un resumen de la cantidad de artículos inicialmente identificados, los documentos descartados, los artículos utilizados, su rango de publicación y su clasificación como artículos o ponencias, vea Tabla 1

**Tabla 1**

*Resumen de artículos utilizados y descartados según año de publicación y tipo de documento*

Ecuación	1	2	3	4
Identificados inicialmente	59	89	2	16
Artículos descartados	48	65	1	10
Artículos usados	11	24	1	6

Rango de publicación de los usados	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Artículos	4	18	1	2
Ponencias	7	6	---	4

*Nota. \* El análisis de fuentes permitió definir un método de control de obra para MiPymes y proponer una herramienta en la nube basada en BIM, considerando sus limitaciones técnicas y económicas.*

La información obtenida de los artículos y ponencias analizados contribuyó significativamente a la revisión de los métodos de control de obra y al contexto internacional, nacional y local sobre el uso de BIM en las MiPymes. Este análisis permitió identificar las limitaciones técnicas y económicas de las MiPymes, lo que fue fundamental para definir el método de control de obra más adecuado para el estudio. Estos hallazgos, a su vez, fueron claves para alcanzar el Objetivo General del estudio, que es proponer una herramienta tecnológica en la nube para implementar el control y seguimiento de obra utilizando la metodología BIM en las MiPymes. De manera complementaria, también contribuyeron al Objetivo Específico 1, que busca evaluar y seleccionar una herramienta tecnológica en la nube que facilite el uso de un Entorno Común de Datos (CDE) y la integración de herramientas BIM, considerando las limitaciones propias del sector.

## **4.2 Identificación de los factores críticos que afectan o imposibilitan la adopción de BIM en las MiPymes**

En esta fase, se realizó un análisis de la encuesta nacional sobre el uso de la metodología BIM, conducida por Camacol en 2023. la cual abarcó un total de 643 empresas a nivel nacional, incluyendo grandes, pequeñas, medianas, microempresas y unipersonales, de 25 de los 32 departamentos de Colombia. De estas empresas, 27 pertenecen al departamento de Santander (Camacol, 2023). Además, Esta encuesta proveyó respuestas de varias empresas que forman parte de la iniciativa Región Santander BIM. El análisis permitió identificar los retos específicos para la adopción BIM señalados por estas empresas y se encontraron razones detrás de estos desafíos, de manera que permitió identificar estrategias para fortalecer la implementación de BIM en la región.

## **4.3 Identificación de software y formatos BIM para estandarizar el control de obra teniendo en cuenta el contexto de las MiPymes**

### ***4.3.1 Selección de la herramienta tecnológica.***

Para la selección de la herramienta tecnológica de trabajo en la nube se tuvo en cuenta cinco herramientas disponibles en el mercado: SharePoint, Google drive, box, Dropbox business y usBIM. De estas opciones, se decidió seleccionar la herramienta tecnológica que se adapte mejor a las condiciones de las MiPymes, Con base en una evaluación de 11 criterios sobre funcionalidad, complejidad de uso, integración con la metodología BIM, costos, almacenamiento, características de un entorno común de datos según la ISO 19650, además de evaluar la facilidad de integración, aprendizaje y colaboración de la herramienta en el entorno de este tipo de empresas, los criterios mencionados se encuentran detallados en la lista de Anexos, Anexo 3.

#### ***4.3.2 Análisis de los softwares y formatos BIM***

En esta fase, se llevará a cabo un análisis de los software y formatos BIM disponibles en el mercado con el objetivo de mostrar las diferentes opciones existentes para estandarizar el control de obra a través del intercambio de información BIM en un entorno común de datos.

#### ***4.3.3 Análisis preliminar de Métodos de Control de Obra***

Para la selección del método de control de obra, se identificaron varias opciones durante la recopilación de información. La evaluación de estos métodos se basó en criterios como funcionalidad, complejidad de implementación, integración con la metodología BIM y la capacidad para mejorar el control y seguimiento de la obra. Sin embargo, debido a las limitaciones del estudio, el enfoque principal se centró en seleccionar el método que ofreciera mayor simplicidad en su aplicación, garantizando que fuera viable para el contexto de las MiPymes y facilitara un control efectivo de la obra sin requerir procesos complejos.

#### **4.4 Propuesta sobre las estrategias y estructuración de la documentación**

Se desarrollarán estrategias para superar los desafíos de adopción de BIM en las MiPymes, basadas en las herramientas y formatos BIM seleccionados. La estrategia consistirá en organizar la información dentro del entorno común de datos (CDE) elegido, aprovechando el sistema de clasificación adecuado para garantizar su correcta estructuración y fácil acceso. Además, se propondrán algunos estándares para la documentación que optimicen la gestión de la obra y el control de la información, asegurando que todos los documentos sean consistentes, accesibles y actualizados de acuerdo con los requisitos del proyecto. Esta estructura de documentación estará

orientada a las necesidades de las MiPymes, adaptándose a sus capacidades y limitaciones, y alineada con el método de control de obra elegido.

## **5 Resultados y análisis**

### **5.1 Implementación BIM en MiPymes**

La implementación de herramientas BIM en las MiPymes del sector construcción es fundamental para impulsar su competitividad en un entorno cada vez más digitalizado. Estas herramientas permiten una gestión eficiente de la información durante el ciclo de vida de los proyectos, facilitando la planificación, el control y el seguimiento de obras con mayor precisión. Es claro que la metodología BIM mejora la colaboración entre los equipos al centralizar datos en un Entorno Común de Datos (CDE), lo que reduce errores, optimiza recursos y minimiza desperdicios.

Para las MiPymes, que a menudo enfrentan limitaciones económicas y técnicas, el uso de herramientas BIM adaptadas a sus capacidades puede ser un factor diferenciador, ayudándolas a alinear sus procesos con estándares internacionales y aumentar su acceso a nuevos mercados. En un sector donde la eficiencia es clave, BIM representa una oportunidad estratégica para mejorar la productividad y la sostenibilidad de las pequeñas y medianas empresas. Es necesario identificar el nivel de implementación a nivel internacional, nacional y local.

#### ***5.1.1 Implementación BIM en MiPymes a nivel internacional***

BIM es una metodología utilizada para la creación y gestión de datos de los diferentes procesos del ciclo de vida de los proyectos. Este enfoque permite a los equipos de construcción

trabajar de forma más eficiente al facilitar la recopilación, intercambio, evaluación y gestión de datos, beneficiando tanto a los participantes individuales como a los operarios (Smetankova et al., 2023). BIM es un proceso inteligente basado en modelos 3D, que se enriquecen con información dependiendo de la etapa del proyecto, ya sea gráfica y no gráfica, permitiendo a los profesionales diseñar, planificar y construir de manera más eficaz, de una manera colaborativa eficiente (Smetankova et al., 2023)

Por otro lado, la ONU proyecta que para 2050 la población mundial será de 9.7 millones, lo que obliga a la industria AEC a buscar formas más inteligentes y eficientes de diseñar y construir, no solo para satisfacer la demanda global, sino también para desarrollar proyectos más eficientes (Autodesk, n.d.). Las MiPymes serán y son esenciales ya que representan alrededor del 98% del sector de la construcción en países como Australia, Estados Unidos, Reino Unido y Canadá (Shelton et al., 2016). En la Unión Europea, cerca del 99% de las empresas del sector AECO son MiPymes (Papadonikolaki et al., 2017), mientras que en Irán el 75% de las empresas de construcción comercial pertenecen a este grupo y emplean al 63% de la fuerza laboral del sector privado (Sarvari et al., 2024). En Tirol del Sur, Italia, donde la construcción es clave para la economía local, el 80% de los trabajadores labora en MiPymes, contribuyendo con un tercio del PIB regional. La adopción de BIM en estas empresas es crucial, ya que su integración en el sector ACE depende en gran medida de la implementación en las MiPymes (Malacarne et al., 2018)

A nivel mundial, la adopción de BIM ha crecido considerablemente, marcando una transformación tecnológica en el sector. No obstante, este avance no es uniforme, ya que aún existen barreras significativas en diferentes regiones. En el Reino Unido, el gobierno impuso el nivel 2 de madurez BIM desde abril de 2016, convirtiéndose en uno de los países con una adopción

avanzada de esta metodología. Por otro lado, en Estados Unidos, la adopción comenzó en 2003 con un programa nacional que fomenta el trabajo integrado y la reducción del impacto medioambiental. Para 2023, la adopción había alcanzado al 70% de los actores clave, un gran aumento respecto al 17% reflejado en este país en 2007 (Smetankova et al., 2023). En la región escandinava, que incluye a Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca, se han adoptado rápidamente las prácticas BIM: en Finlandia, el 93% de las firmas de arquitectura y el 60% de las firmas de ingeniería usaban BIM en 2007; Suecia comenzó a exigir el uso de BIM desde 2015; Dinamarca promovió su uso desde el año 2000, y Noruega lo exige para todos los proyectos desde 2010 (Smetankova et al., 2023). Singapur ha liderado la adopción de BIM en todos los proyectos públicos, demostrando un fuerte compromiso gubernamental y un avance notable en la implementación de esta metodología (Shah Nirav, 2024). En China, aunque el gobierno alienta el uso de BIM, no es obligatorio (Países Líderes Con BIM Adopción, n.d.). Por su parte, en Italia, la normativa de licitaciones públicas de 2016 exige herramientas electrónicas para gestionar la información de los proyectos de construcción (Malacarne et al., 2018).

La implementación de BIM presenta una variedad de oportunidades, mejorando la calidad del diseño, la colaboración, y reduciendo costos y tiempos de proyecto. En el contexto de las MiPymes, la flexibilidad y menor tamaño permiten una adaptación más ágil de sus procesos, facilitando la integración efectiva de BIM (Murphy et al., 2022). No obstante, la adopción de BIM en las MiPymes enfrenta desafíos específicos, como la complejidad del proceso, la necesidad de cambios organizacionales y las limitaciones en recursos y conocimientos técnicos (Murphy et al., 2022). Según estudios, en China las principales barreras son el apoyo gerencial y las inversiones financieras, mientras que en Nueva Zelanda los problemas incluyen la falta de experiencia, la

demanda de los clientes y la resistencia cultural (Nast & Koch, 2021). En América Latina, la resistencia al cambio, la burocracia y la falta de regulaciones son algunos de los obstáculos más relevantes (Nast & Koch, 2021)

En síntesis, la adopción de BIM en las MiPymes es fundamental para su competitividad futura, ya que estas empresas contribuyen significativamente al PIB de sus respectivos países. Adoptar BIM desde ahora les permitirá adaptarse mejor a las exigencias futuras y participar de manera más activa en el mercado global.

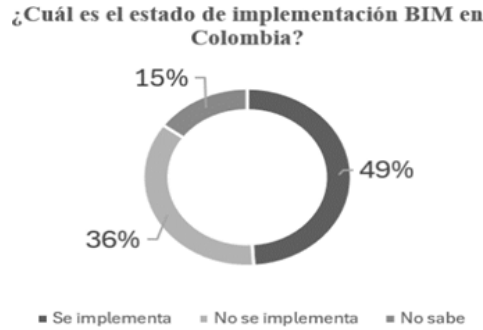
### ***5.1.2 Implementación de BIM en MiPymes a nivel nacional (Colombia)***

Para promover la transformación digital y la implementación de BIM en el sector de la construcción, se creó el BIM Forum Colombia, una plataforma destinada a la articulación de actores y la gestión del conocimiento para incrementar la productividad y competitividad del sector (*BIM Forum Colombia*, n.d.). Además, en 2020 se lanzó la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, que establece un cronograma gradual para la implementación obligatoria de BIM en proyectos públicos, comenzando con un requerimiento de 10-25% en 2022 y aumentando hasta alcanzar el 100% en 2026 (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2020).

En 2023, el BIM Forum realizó una encuesta nacional BIM, que incluyó a 643 empresas, de las cuales el 65% eran MiPymes (Camacol, 2023a). Entre estas, las microempresas representaron el 26%, las pequeñas el 22% y las medianas el 17% de la muestra. La encuesta reveló que casi el 50% de las empresas participantes implementan BIM, mientras que el 36% no lo hace y el 15% no tiene conocimiento sobre la metodología (Ver Figura 2 )

**Figura 2**

*Implementación BIM en Colombia*

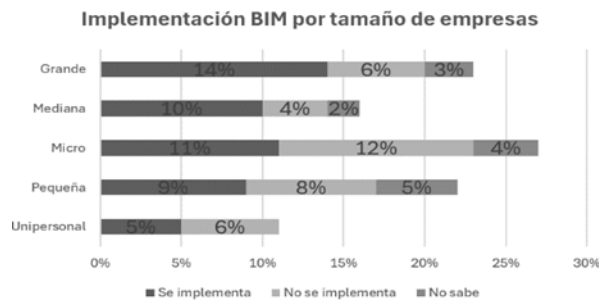


*Nota\* Las medianas empresas lideran la implementación de BIM entre las MiPymes, con valores de adopción entre el 40-50%. Las microempresas representan el 26% del total, las pequeñas el 22% y las medianas el 17%. Tomado de (Camacol, 2023b)*

En la siguiente imagen se discrimina la implementación por tamaño de las empresas. Para tener una mayor idea acerca de los porcentajes, las microempresas eran 167 (26%), las pequeñas 141(22%) y las medianas 109 (17%). Los valores de implementación entre las MiPymes están alrededor del 40-50%, siendo la metodología BIM más implementada en las medianas empresas, (ver **Figura 3**).

**Figura 3**

*Implementación Bim por tamaño de empresa*



*Nota\* En la encuesta nacional se identificó el porcentaje de empresas que ha adoptado BIM.*

*Tomado de (Camacol, 2023b)*

La encuesta identificó algunos beneficios percibidos en la adopción de BIM, entre los cuales se encontraron los siguientes:

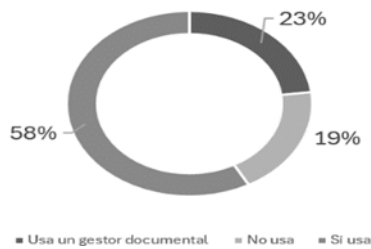
1. Mitiga el trabajo, los desperdicios y costos adicionales
2. Más información para la toma de decisiones
3. Producción de información de mejor calidad
4. Entrega de información oportuna
5. Mejora en procesos de control e interventoría
6. Mejora la sostenibilidad
7. Mejor Coordinación

BIM también promueve un entorno colaborativo coordinado entre las diferentes disciplinas de un proyecto, por lo que es una de las herramientas que aprovecha las facilidades de los CDEs. En la encuesta nacional se identificó el porcentaje de empresas que ha adoptado un CDE (Ver Figura 4). Teniendo en cuenta este resultado del uso de CDEs, se convierte en una necesidad estructurar adecuadamente la información para aprovechar eficientemente los CDEs.

#### **Figura 4**

*Uso de un ambiente común de datos en Colombia*

¿Su organización usa un ambiente común de datos?



*Nota\** En la encuesta nacional se identificó el porcentaje de empresas que ha adoptado un ambiente común de datos. Tomado de (Camacol, 2023b)

### **5.1.3 Implementación de BIM en MiPymes a nivel local (Santander)**

La implementación de la metodología BIM en Santander se ha impulsado a través de dos estrategias clave desarrolladas en la región. La iniciativa “Región: Santander BIM” es un proyecto que ha involucrado a diversas empresas locales con el objetivo de promover la adopción de BIM, fomentando la capacitación y el desarrollo de capacidades para su integración en el sector de la construcción. Por otro lado, el Clúster de la Construcción agrupa a empresas, instituciones académicas, grupos de investigación y otras organizaciones con el propósito de mejorar la competitividad e impulsar la innovación en el sector, promoviendo el uso de herramientas como BIM. Ambas estrategias han sido fundamentales para fortalecer la transformación digital de la industria en Santander.

La implementación de BIM en las MiPymes de Santander ha avanzado en los últimos años, impulsada por iniciativas como "Región: Santander BIM". Esta iniciativa tiene como meta proporcionar formación y actividades a las empresas involucradas, orientadas a la implementación de la metodología BIM, con el propósito de fortalecer sus habilidades técnicas y humanas, y de

esta forma mejorar su competitividad, tanto en el ámbito empresarial como en el sector de la construcción en Santander (Cluster Santander, n.d.), en la cual han participado 13 empresas, como Marval S.A.S., G KOI S.A.S., y A.M.V S.A.S. En el marco del proyecto de “Región: Santander BIM” se desarrollaron tres casos piloto aplicando la metodología BIM: G KOI S.A.S. con el proyecto Kronus, enfocado en viviendas de estratos 5 y 6; PCG Constructora S.A.S. con “Salma Condominio Silvestre,” un proyecto de casas campestres; y KER Ingeniería S.A.S. con un complejo de tres torres de 19 pisos de apartamentos VIS, una torre institucional y una de servicios. Las empresas destacaron beneficios como la efectividad de las reuniones de coordinación para la toma de decisiones, la reducción de tiempos de ejecución gracias a la integración de modelos, y el uso de un Entorno Común de Datos (CDE) que facilita el acceso ágil a la información desde cualquier dispositivo (Suarez et al., 2023).

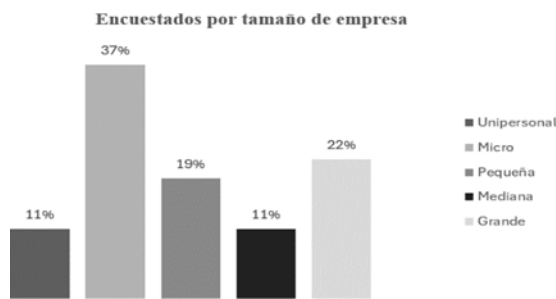
El Clúster de Construcción en Santander es una iniciativa que busca transformar la dinámica empresarial del sector, enfocándose en la reducción de costos totales y de uso para los usuarios, a través de la implementación de estrategias como la bioclimática, el uso de materiales eficientes y tecnologías de prefabricación. Este clúster tiene gran relevancia, ocupando el cuarto lugar en contribución al PIB nacional (Perez, n.d.). Como parte de su estrategia para transformar la industria, el clúster promueve la gestión del conocimiento, la innovación, la construcción sostenible y la eficiencia energética. Además, apoya la implementación de BIM en las empresas del sector, lo cual es fundamental para optimizar la coordinación de proyectos, reducir los tiempos de ejecución y fomentar un trabajo más colaborativo entre las distintas disciplinas involucradas.

En la encuesta nacional BIM de BIM Forum Colombia, participaron 27 empresas de Santander, de las cuales el 67% eran MiPymes (Ver Figura 5). A pesar de las iniciativas locales,

los resultados muestran que casi la mitad de las empresas no implementan BIM o desconocen en qué consiste la metodología (Ver Figura 6). La adopción es mayor en las medianas empresas, similar a lo observado a nivel nacional.

**Figura 5**

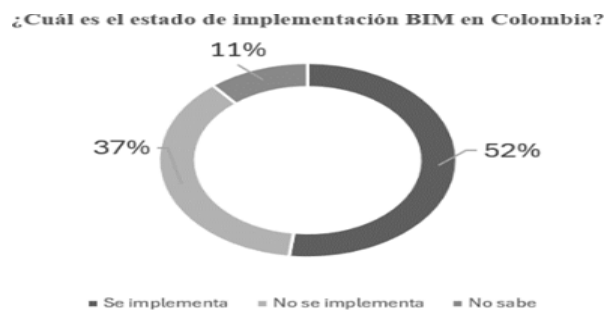
*Tamaños de empresas en Santander*



*Nota\* La figura demuestra que casi la mitad de las empresas no implementan BIM o desconocen en qué consiste la metodología. Tomado de (Camacol, 2023b)*

**Figura 6**

*Implementación Bim en Santander*



*Nota\* La figura ilustra la falta de conocimiento sobre BIM y sobre las iniciativas para su implementación en las empresas santandereanas. Tomado de (Camacol, 2023b)*

Los resultados de la encuesta revelaron la falta de conocimiento sobre BIM y sobre las iniciativas para su implementación en las empresas santandereanas, lo que podría limitar la capacidad de las MiPymes para participar en proyectos públicos, ya que para 2026 se espera que BIM sea obligatorio en dichos proyectos. Más del 55% de las empresas encuestadas desconocen la Estrategia BIM 2020-2026 (Ver Figura 7).

### Figura 7

*Conocimiento sobre la estrategia nacional BIM 2020-2026*



*Nota\* Capacidad de las MiPymes para participar en proyectos públicos. Tomado de (Camacol, 2023b)*

En Santander, el 70% de las empresas encuestadas indican que utilizan un Entorno Común de Datos (CDE), (ver Figura 8).

### Figura 8

*Uso de un ambiente común de datos en Santander*

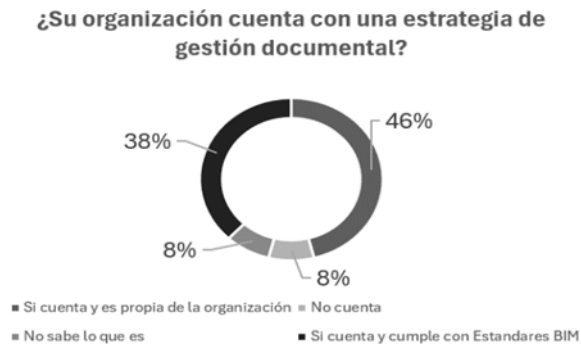


Nota\* Gestor de ambiente común de datos en Santander. Tomado de (Camacol, 2023b)

Sin embargo, muchas de estas empresas confunden un CDE con un gestor documental básico, que no cumple con los estándares requeridos para BIM. Como resultado, solo el 38% de las empresas emplea un CDE auténtico y funcional (Ver Figura 9).

**Figura 9**

*Uso de estrategia documental BIM*



Nota\* Capacitación y difusión de información para que las MiPymes puedan superar las barreras existentes. Tomado de (Camacol, 2023b)

En conclusión, aunque Santander cuenta con iniciativas que fomentan la adopción de BIM, aún se requieren esfuerzos significativos en capacitación y difusión de información para que las MiPymes puedan superar las barreras existentes y aprovechar las oportunidades de esta metodología, especialmente considerando la normativa futura.

## **5.2 Identificación de los factores críticos que afectan o imposibilitan la adopción de BIM en las MiPymes.**

El sector de la construcción enfrenta desafíos significativos en la adopción de la metodología BIM (Sanchez, 2021). Particularmente, la adopción de la metodología BIM en las MiPymes enfrenta diversas barreras que dificultan su implementación.

Según se detalló previamente en la recopilación de información, sobre la Encuesta Nacional BIM 2023, de las 643 empresas participantes, el 65% corresponden a MiPymes, es decir, 418 empresas, y a nivel local, en Santander, se encuestaron 27 empresas, de las cuales el 67% son MiPymes, es decir, 18 de estas organizaciones. La encuesta identificó ciertas barreras de implementación, de las cuales se pueden enumerar las siguientes:

1. Costos de software/tecnologías específicas
2. Dificultad del cambio cultural y gestión de cambio
3. Falta de formación y entrenamiento continuo
4. Falta de demanda del cliente

1. Costos de software/tecnologías específicas:

Este desafío en la encuesta nacional BIM-2023 fue catalogado como la mayor preocupación, debido a que se tiene dificultad por el alto costo que supone la implementación BIM, y que para algunas empresas puede resultar poco práctico (Cristian et al., n.d.). Dado que la inversión requerida en licencias de software y hardware para implementar esta metodología puede exceder los presupuestos disponibles, muchas MiPymes dudan o no toman la decisión de implementar la metodología BIM y su CDE.

2. Dificultad del cambio cultural y gestión de cambio:

Debido a que se puede creer que la adopción de esta metodología podría ser compleja, se pueden presentar resistencias internas para su implementación. Estas resistencias tanto a nivel organizacional como individual pueden afectar la adopción de la metodología BIM en las MiPymes (Hayes & Macloughlin, 2019).

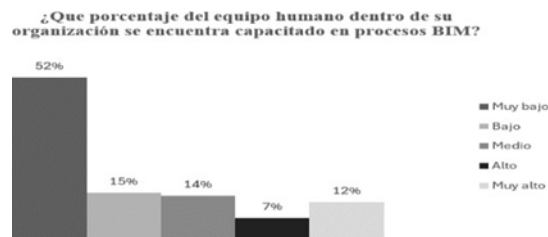
3. Falta de formación y entrenamiento continuo:

Esto representa un desafío, ya que, sin una formación adecuada sobre esta metodología, los miembros de las MiPymes no podrán aprovechar plenamente los beneficios que ofrecen los softwares BIM. Además, dado que los programas de computador se actualizan constantemente, es crucial que los empleados reciban capacitación continua para estar al tanto de las nuevas funcionalidades y mejoras. Sin una formación constante, es probable que los proyectos realizados bajo esta metodología no cumplan con las expectativas del cliente, lo que afectaría la calidad y la competitividad de la empresa.

Aunque BIM ofrece oportunidades significativas para mejorar la coordinación de proyectos, reducir el retrabajo y garantizar entregas oportunas, el personal capacitado en procesos BIM sigue siendo muy limitado (Ver Figura 10).

### Figura 10

#### *Personal capacitado en la metodología BIM*



*Nota\** Porcentaje del equipo humano dentro de la organización BIM. Tomado de (Camacol, 2023b)

#### 4. Falta de demanda del cliente:

Este desafío está vinculado a la falta de demanda por parte de los clientes. Cuando el cliente no exige la adopción de la metodología BIM o desconocen los beneficios que esta podría aportar a sus proyectos, las empresas tienden a considerar injustificada la inversión, al no percibir un retorno claro. No obstante, es esencial que las MiPymes tengan en cuenta la Estrategia Nacional BIM 2020-2026, que establece la obligatoriedad de esta metodología en proyectos públicos a partir de 2026. Esta regulación anticipa un aumento en la demanda de servicios BIM, ofreciendo a las empresas la posibilidad de adelantarse a los cambios, maximizar sus ventajas y consolidarse en el mercado antes de que el cumplimiento sea obligatorio.

A pesar de las diversas barreras que enfrentan las MiPymes para adoptar la metodología BIM, tales como los altos costos de licencias, la resistencia al cambio, la falta de formación continua y la limitada demanda por parte de los clientes, la Encuesta Nacional BIM 2023 revela que existen varias iniciativas seleccionadas por los encuestados que podrían facilitar su implementación. En particular, los participantes destacaron la creación de programas de capacitación técnica estandarizada, incentivos gubernamentales y apoyo en la adquisición de tecnología, los cuales se consideran fundamentales para superar las barreras financieras que enfrentan las MiPymes, dada su limitada capacidad para invertir en nuevas tecnologías.

En resumen, la encuesta evidenció que en las empresas pequeñas de MiPymes persisten más obstáculos, especialmente por las restricciones presupuestarias. Esto explica, en gran medida, la menor adopción de BIM en las MiPymes más pequeñas. Sin embargo, una de las iniciativas clave planteadas es el desarrollo de programas específicos para la implementación de BIM en estas empresas, lo cual podría acelerar su adopción y facilitar la superación de las barreras actuales.

### **5.3 Análisis del software y formatos de archivo en BIM**

En BIM, elegir los softwares adecuados y conocer los formatos de archivo es clave para la interoperabilidad y colaboración en proyectos de construcción. Este análisis resume los softwares BIM disponibles en el mercado y formatos de archivo BIM usados para estandarizar el control de obra.

### 5.3.1 *Software BIM*

Existen numerosas opciones de software BIM en el mercado, por lo que es fundamental entender sus ventajas y desventajas para utilizarlos de manera efectiva en función de las necesidades del proyecto, ya sea en modelado 3D, gestión de tiempos o control de costos. Este análisis abarca Revit, Navisworks, Plexos Project, aprovechando sus licencias educativas, así como otros softwares sin licencias, obteniendo información de sus sitios web y reseñas de usuarios en plataformas especializadas.

**5.3.1.1 Revit.** Revit permite modelar en 3D el diseño arquitectónico, constructivo, estructural y de instalaciones MEP en un solo archivo, además de realizar la extracción de cantidades, integrando así toda la información necesaria en un modelo de proyecto único.

Dentro de las ventajas se pueden enumerar las siguientes:

1. Facilita la colaboración entre equipos de distintas disciplinas, tales como arquitectura, estructura y MEP, además se puede integrar con otros softwares como Navisworks y AutoCAD por medio de formatos BIM.
2. Este software cuenta con una herramienta avanzada llamada copiar y supervisar que permite supervisar los archivos vinculados, posibilita el seguimiento de los cambios realizados, hayamos sido informados o no.
3. Existen multitud de librerías gráficas y recursos (tanto de usuarios como de fabricantes) de los que nos podemos surtir para realizar los proyectos y esto agiliza, una vez más, la realización de los proyectos (Castejón & Bilbao, 2017)

Dentro de las desventajas se pueden enumerar las siguientes:

1. Revit no es compatible con IOS (Grimman Roxana & Ponce de León Isaac, 2017).
2. Con proyectos muy complejos o de grandes dimensiones, al ser un poco pesados, el programa se vuelve un poco lento y puede llegar a dar algún que otro problema, sino se segregan correctamente los modelos (Grimman Roxana & Ponce de León Isaac, 2017).
3. La curva de aprendizaje de este software puede llegar a hacer un poco elevada, requiriendo capacitación (Spectra, n.d.)

**5.3.1.2 Graphisoft Archicad.** Archicad es un software de modelado en 3D, desarrollado por Graphisoft. Ha sido diseñado especialmente para arquitectos y profesionales de la construcción, siendo el principal promotor de la metodología BIM.

Como ventajas se pueden mencionar las siguientes:

1. La interfaz de trabajo es intuitiva y amigable con el usuario (Grimman Roxana & Ponce de León Isaac, 2017)
2. Renderizado fotorrealista
3. Puede trabajar con varios sistemas operativos como Android e iOS (Grimman Roxana & Ponce de León Isaac, 2017).
4. Se puede pagar por medio de una suscripción mensual. No necesariamente toda la licencia (CTRL T, 2024)

Como desventajas se puede comentar lo siguiente:

1. Archicad es un software desarrollado por arquitectos, lo que lo hace más enfocado en la disciplina de la arquitectura y menos especializado en otras áreas del proceso

constructivo, aunque actualmente se están tratando de integrar más funciones de distintas disciplinas (Grimman Roxana & Ponce de León Isaac, 2017).

**5.3.1.3 Navisworks.** Navisworks, creado por Autodesk, es un visor de modelos 3D que mejora la interoperabilidad en la construcción. Su capacidad para leer diversos formatos de archivo permite integrar modelos de distintas plataformas, facilitando la coordinación y gestión visual del proyecto en un entorno colaborativo (Sato et al., 2018). Navisworks es un software que permite manejar BIM 4D.

Dentro de las ventajas, se pueden considerar las siguientes:

1. Navisworks cuenta con la herramienta Clash Detective que detecta interferencias entredisciplinas, facilitando la coordinación y reduciendo errores en obra (Sato et al., 2018).
2. Navisworks también cuenta con la herramienta Timeliner que permite tener una visualización del proceso constructivo, al momento de cargar el cronograma del proyecto (Sato et al., 2018).

Como desventajas, se puede comentar lo siguiente:

1. Al trabajar con modelos grandes en Navisworks, pueden presentarse problemas de rendimiento que afecten la fluidez de la navegación, dificultando la visualización detallada y la interacción eficiente con el modelo (Estudiose, 2023)
2. El costo de la licencia puede llegar a ser una limitación para las MiPymes (Estudiose, 2023)

**5.3.1.4 Vico Office.** Vico Office, desarrollado por Trimble y distribuido por Construsoft, es una solución integral para la gestión de proyectos de construcción que abarca las dimensiones 4D y 5D de BIM. Facilita la gestión de mediciones, costos, planificación y presupuestos, ofreciendo una visión en tiempo real de los aspectos financieros y de programación, lo que permite tomar decisiones informadas y optimizar recursos en cada fase del proyecto (Ander Esarte Eseverri, 2021).

Como ventajas se encuentran las siguientes:

1. Vico Office es compatible con varios softwares disponibles en el mercado como: Autodesk Revit, Tekla Structure, Archicad, Trimble Bentley (Ander Esarte Eseverri, 2021).
2. Vico Office permite generar gráficos de líneas de balance (LOB), especialmente útiles para proyectos lineales, como autopistas o rascacielos. Estos gráficos son comunes en el sistema de Last Planner (LPS), que está estrechamente relacionado con la metodología BIM (Leydi Ricalde, 2023).

Como desventajas se encuentran las siguientes:

1. Costo de la licencia
2. Requiere de capacitación profesional, ya que para algunos usuarios la interfaz del programa puede resultar compleja

**5.3.1.5 Plexos Project:** Plexos Project es un software de gestión de proyectos de construcción que permite planificar, medir y controlar cada fase del proyecto. Con un enfoque en Lean Construction, minimiza residuos y mejora la eficiencia. Integra el sistema Last Planner

para un control completo y efectivo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Plexos Project es una herramienta que permite modelar BIM en la dimensión 5D.

Como ventajas se enumeran las siguientes:

1. Es un software de licencia perpetua Bim 3D, 4D & 5D (BIMserver.center, n.d.).
2. Es compatible con el formato de archivo IFC (Reyes, 2023).
3. Incorpora control visual de proyectos mediante el Earned Value Management (EVM), integrado con la metodología BIM (Reyes, 2023).
4. Enfoque en Lean Construction que permite reducir desperdicios y optimizar los recursos disponibles (BIMserver.center, n.d.).
5. Plexos Project permite integrar información de diversos programas, como Autodesk Revit, CYPECAD y CYPEPLUMBING, facilitando la combinación de datos para un análisis completo del proyecto (BIMserver.center, n.d.).

Como desventajas se puede comentar lo siguiente:

1. La curva de aprendizaje para algunos usuarios de esta herramienta puede ser compleja.

En síntesis, para las MiPymes, Revit es una opción integral que permite trabajar en arquitectura, estructura y MEP, aunque su costo puede ser un desafío. Archicad es una alternativa más accesible, especialmente en términos de interfaz y facilidad de uso, sin perder funcionalidad. En gestión de proyectos, Plexos destaca por su capacidad para trabajar en la dimensión 5D (costos y tiempos) y visualizar en 4D, siendo una opción más económica frente a Navisworks, que es más avanzado en visualización 4D. Así, Plexos resulta ser una alternativa un poco más rentable y útil para las MiPymes.

### **5.3.2 Formatos de Archivo BIM**

Conocer los formatos de archivo BIM es esencial, ya que permite entender cómo se puede compartir información entre diferentes herramientas de software. Esta comprensión es vital, dado que la metodología BIM se basa en gran medida en la colaboración y la integración de datos, más allá del modelado.

**5.3.2.1 IFC (Industry Foundation Classes).** Uno de los formatos de archivo BIM más utilizados y reconocidos en la industria es el IFC (Industry Foundation Classes). A lo largo del tiempo, este formato ha experimentado numerosas mejoras para garantizar que la información compartida entre diferentes softwares sea completa y precisa. El IFC es una norma internacional (ISO 16739-1:2018), desarrollada por Building SMART, que proporciona un marco estandarizado para contener y transferir datos sobre objetos físicos, incluyendo atributos, propiedades y las relaciones entre ellos. Existen varias versiones de este formato, entre las que se incluyen IFC 1.5.1, IFC 2.0, IFC 2x, IFC 2x2, IFC 2x3, IFC 4, IFC 4.1, IFC 4.2 e IFC 4.3. Su uso es un requisito esencial en la contratación pública, lo que resalta su importancia en el ámbito de la construcción (buildingSMART Spain, Albuquerque Alberto INECO, et al., n.d.)

**5.3.2.2 FORMATO BCF (Formato de colaboración BIM).** El BIM Collaboration Format (BCF) es un estándar de comunicación que permite crear, notificar y gestionar incidencias directamente en los modelos de información. Disponible en muchas herramientas BIM, BCF facilita la colaboración entre equipos sin necesidad de intercambiar archivos completos, ya que permite el intercambio de incidencias a través de archivos BCF o plataformas web. A

diferencia de métodos manuales como el uso de PDF, emails o mensajes de texto, BCF ofrece un enfoque más eficiente para gestionar problemas en un proyecto. Este formato puede incluir detalles clave como fechas, destinatarios, etiquetas, imágenes, puntos de vista geolocalizados, comentarios y componentes involucrados, brindando así una comunicación precisa y basada en modelos para mejorar la gestión de incidencias en tiempo real (buildingSMART Spain, Calvo Javier, et al., n.d.).

**5.3.2.3 Formato RVT.** Este formato, desarrollado por Autodesk y utilizado en el software Revit, es uno de los más populares en Latinoamérica. Está diseñado para gestionar archivos de proyectos y es ampliamente empleado en el modelado arquitectónico, estructural y MEP (mecánica, electricidad y plomería). En él se integra toda la información técnica del proyecto, como dimensiones, cantidades, materiales, planos, alzados, entre otros detalles esenciales (ACCA Software, n.d.).

**5.3.2.4 Formato BC3.** El formato BC3 es un estándar abierto y gratuito diseñado para el intercambio de información en bases de datos de la construcción. Creado en 1996 y supervisado por la FIE-BDC, este formato permite compartir de manera eficiente especificaciones técnicas, análisis de precios unitarios, presupuestos, mediciones, cuadros de precios, catálogos de productos y la estructura detallada de los presupuestos. Su versatilidad lo convierte en una herramienta clave para facilitar la interoperabilidad entre diferentes plataformas y actores del sector (FIEBDC, n.d.).

Se recomienda a las MiPymes utilizar el formato IFC, ya que es ampliamente reconocido en la industria y compatible con diversos softwares, lo que facilita la interoperabilidad y cumple

con los requisitos de contratación pública. También se sugiere el uso del formato BCF, disponible en muchas herramientas BIM, que facilita la colaboración mediante el intercambio de comentarios y correcciones en los modelos 3D sin necesidad de compartir archivos completos. Finalmente, el formato BC3 es útil para la gestión presupuestaria, permitiendo a las MiPymes administrar eficientemente sus análisis de precios unitarios y presupuestos.

## **5.4 Selección entorno común de datos.**

### **5.4.1 Análisis comparativo y selección de las herramientas tecnológicas**

Se evaluaron las herramientas tecnológicas que permiten compartir información, más comúnmente conocidas: SharePoint, Owncloud, Google Drive, Dropbox y usBIM, en su capacidad para funcionar como un entorno común de datos (CDE), con base en los criterios de la norma ISO 19650, descritos en la lista de anexos, anexo 1.

El método analítico jerárquico (AHP) facilitó la selección al estructurar la evaluación de las herramientas de manera jerárquica y considerando los criterios relevantes. Cada criterio se ponderó de acuerdo con su importancia, estableciéndose un porcentaje específico para cada uno. Cuatro criterios obtuvieron el mayor peso en la evaluación: los costos, que representaron el mayor porcentaje, seguidos en igualdad de importancia por el control de versiones, la seguridad y permisos, y la trazabilidad y auditoría. Esto permitió una valoración más precisa y fundamentada, priorizando las alternativas disponibles (ver Tabla 2).

#### **Tabla 2**

*Porcentajes de evaluación de criterios según el método AHP*

<b>Criterios</b>	<b>Priorización</b>
------------------	---------------------

Costo de suscripción (COP)	22%
Almacenamiento	8%
Control de versiones	13%
Seguridad y permisos	13%
Asignación de metadatos	7%
Trazabilidad y auditoría	13%
Facilidad de integración	5%
Facilidad de aprendizaje	4%
Flexibilidad y personalización	4%
Facilidad de colaboración	6%
Escalabilidad	del 5%
almacenamiento	

*Nota\* Cuatro criterios obtuvieron el mayor peso en la evaluación: los costos, que representaron el mayor porcentaje, seguidos en igualdad de importancia por el control de versiones, la seguridad y permisos, y la trazabilidad y auditoría.*

La priorización determinó que la opción más favorable es SharePoint, tanto en su plan básico como estándar, ya que obtuvo el mayor puntaje en la evaluación. Esta herramienta destaca por su equilibrio entre costos, capacidad de almacenamiento, control de versiones, seguridad, y facilidad de colaboración, posicionándose como la solución más adecuada para ser implementada como un entorno común de datos (CDE) en el contexto de las MiPymes del sector construcción.

Sin embargo, Google Drive quedó en segundo lugar en la priorización y podría considerarse para exploraciones futuras en estudios adicionales, véase Tabla 3

Debido a la extensión del método, la tabla completa con la tabulación se encuentra disponible en el Anexo 2.

**Tabla 3**

*Resultados de la evaluación de las herramientas tecnológicas utilizando el método AHP*

Herramientas	Priorización
usBIM	0.13
SharePoint Básico	0.24
SharePoint Estándar	0.21
Owncloud	0.09
Google Drive	0.20
Dropbox	0.13

#### **5.4.2 Selección del sistema de clasificación**

Para la selección del sistema de clasificación más adecuado, se llevó a cabo una investigación comparativa de tres sistemas reconocidos: Uniformat II 2015, Uniclass y ColombiaClass. Tras analizar sus características, se decidió optar por ColombiaClass, principalmente por su facilidad de uso y su capacidad para adaptarse al contexto de la construcción en Colombia. A diferencia de los sistemas internacionales, ColombiaClass está diseñado

específicamente para alinearse con las normativas y prácticas locales, lo que facilita a los profesionales del sector integrar este sistema de clasificación en sus proyectos sin necesidad de realizar adaptaciones complejas (Gómez Roldán, 2022).

Al seleccionar el sistema de clasificación ColombiaClass, se tomó en cuenta el artículo (Durán & Pazos, 2023) que describe una automatización de procesos normativos ante curaduría, enfocado desde la perspectiva del desarrollador del proyecto. En dicha investigación, se implementó este sistema de clasificación, incorporando tres tablas específicas cuya nomenclatura hemos decidido adoptar en nuestro proyecto.

El sistema ColombiaClass, como se detalla en el marco teórico de este artículo, está compuesto por 23 tablas organizadas en 5 grupos diferentes. Este sistema de clasificación ha sido diseñado específicamente para ajustarse a las necesidades de la industria colombiana y es compatible con el sistema nacional de compras públicas Colombia Compra Eficiente. En nuestra propuesta, se plantea implementar ColombiaClass dentro del entorno común de datos (CDE) de las MiPymes, como una herramienta fundamental para la estructuración y control de la información. Este sistema permitirá clasificar, codificar y estructurar de manera estandarizada toda la información asociada al ciclo de vida de un activo de construcción, utilizando un lenguaje único que facilita la interoperabilidad y comprensión entre todos los actores involucrados. Entre sus ventajas, se destaca su capacidad para mejorar la organización de los proyectos, optimizar la toma de decisiones y promover una mayor transparencia y eficiencia en la gestión de datos (Gómez Roldán, 2022). En la lista de anexos, Anexo 3, se incluye una guía que amplía la información sobre el sistema ColombiaClass, explicando cómo implementarlo, dónde encontrar recursos relacionados y las ventajas de su uso para la organización y gestión de información en proyectos.

## **5.5 Métodos de control de obra**

### **5.5.1 Automatización**

El seguimiento, el análisis y la visualización precisos y eficientes del estado real de construcción de los proyectos son procesos críticos para el seguimiento exitoso del desarrollo de todo proyecto (Golparvar-Fard et al., 2015). La automatización de los procesos en el control de obra es una herramienta que permite disminuir costos, optimizar tiempos y mejorar la calidad en el ciclo de vida de un proyecto. Distintas investigaciones han explorado este campo. Una de estas fue desarrollada por los autores (Golparvar-Fard et al., 2015) que propusieron “Automated Progress Monitoring Using Unordered Daily Construction Photographs and IFC-Based Building Information Models”. Esta investigación se basó en dos esquemas: la recolección diaria de fotografías desordenadas de los procesos constructivos y el uso de modelos (BIM). Para automatizar el proceso, emplearon un modelo probabilístico bayesiano capaz de detectar automáticamente el progreso físico incluso con oclusiones. Como hipótesis partieron de la premisa que el avance se evalúa en función de la observación diaria de los elementos y que la secuencia de actividades suele ser desconocida.

Otra investigación relevante, realizada por los autores (ElQasaby et al., 2023) abordó la “programación automatizada y control de costos mediante tecnologías de detección 3D”. Este estudio se llevó a cabo en una estructura de hormigón armado y losas Hardy, ubicada en el centro de administración Rawda, Arabia Saudita.

Se realizaron cuatro escaneos laser de campo. El sistema propuesto combinaba dos tecnologías: Una de reconocimiento 3D con datos de información 5D y la segunda un sistema de seguimiento 5D utilizando el principio del valor ganado. Este enfoque pretende contribuir a la investigación en 5D integrada con la tecnología de detección 3D en el dominio CPM, ya que es un área con poco desarrollo.

Para el estudio (ElQasaby et al., 2023), se construyó modelo planificado BIM, se construyó y evaluó, el modelo construido a partir de escaneos utilizados, y se desarrollaron varios algoritmos para reconocer los objetos y revisar el progreso en términos de cronograma y costo utilizando principio del EV. Finalmente, el sistema desarrollado estima automáticamente el estado del proyecto en cronograma y costo con menos tiempo de cálculo (ElQasaby et al., 2023), demuestra que los resultados automatizados pueden mejorar los resultados de estimación de progreso en comparación con los cálculos manuales.

### ***5.5.2 Last Planner System***

Además, un enfoque diferente que ha sido explorado en el control de obra es el desarrollado por los autores (Heigermoser et al., 2019) titulado “Herramienta Last Planner System basada en BIM para mejorar la gestión de proyectos de construcción”. Este estudio propone una herramienta de gestión de la construcción que combina el Last Planner system (LPS) con la visualización 3D de proyectos de construcción, con el objetivo de mejorar la productividad y reducir los residuos durante la fase de construcción. La herramienta se basa en la combinación de la filosofía de gestión Lean Construction y metodología BIM, aprovechando la sinergia de esta combinación desarrollaron una herramienta prototipo que tiene funcionalidades BIM comerciales y a su vez permite la integración del last Planner system, para la creación de esta herramienta se consiguieron

objetivos como: eliminación de los residuos, mejorar la productividad, aumentar la confiabilidad de la planificación, aprendizaje y mejoras continuas.

El caso de estudio se llevó a cabo en un proyecto de un aparcamiento de la junta de Desarrollo y Vivienda de Singapur, donde se demostró que la combinación de Lean y Bim permite crear un entorno colaborativo que minimiza los residuos tangibles e intangibles de los procesos constructivos, sin embargo, una limitación importante es que la herramienta desarrollada es un prototipo y no está disponible a nivel comercial (Heigermoser et al., 2019).

Un estudio realizado en México desarrolló una guía para la implementación del Last Planner System (LPS) en MiPymes constructoras, destacando varios desafíos clave (Ramirez Dulce, 2021) . Entre estos, se encuentra la limitada capacidad económica para contratar asesores o capacitar al personal en certificaciones especializadas. Sin una comprensión sólida de la filosofía Lean, los trabajadores podrían percibir LPS como una metodología impuesta, sin reconocer su valor estratégico, lo que podría derivar en una adopción superficial y poco efectiva.

El éxito de LPS depende del compromiso total de todos los involucrados en el proyecto. Para abordar esta problemática, el estudio propone una guía práctica que simplifica la aplicación de LPS, proporcionando una comprensión básica y una estructura clara de los roles y responsabilidades. Esta guía es especialmente útil en MiPymes, donde los equipos suelen ser más pequeños, y un mismo miembro puede asumir múltiples funciones, siempre y cuando comprenda el momento y la manera adecuada de intervenir en cada rol. Además, el estudio identifica la cultura organizacional como un obstáculo significativo, ya que las MiPymes tienden a seguir procesos tradicionales. Por ello, se enfatiza la necesidad de un cambio cultural profundo y una disposición

a abandonar el statu quo. El LPS no solo mejora la planificación y ejecución, sino que también permite a estas empresas adaptarse mejor a los cambios económicos, fomentando una gestión más ágil y eficiente (Ramirez Dulce, 2021).

### ***5.5.3 Earned Value Management and ABC***

En abril de 2020, se llevó a cabo un estudio titulado “Un Sistema de Gestión de Costes Centralizado: Aprovechando EVM y ABC dentro de IPD”, desarrollado por los autores (Elghaish & Abrishami, 2021), que examinó la integración del método de Gestión del Valor Ganado (EVM) y el método de Costeo Basado en Actividades (ABC) dentro de la metodología de Entrega de Proyectos Integrada (IPD). El objetivo principal era desarrollar un sistema de gestión de costos centralizado (CCMS) para consolidar la información financiera del proyecto, como presupuestos, costos reales y órdenes de cambio, en una base de datos precisa y accesible para todos los participantes. Esto buscaba mejorar la transparencia y eficiencia en la gestión de costos, proporcionando datos confiables para la toma de decisiones.

El estudio se estructuró en tres secciones principales: la primera se centró en construir una estructura de costos robusta para IPD basada en ABC mediante el CCMS propuesto; la segunda desarrolló fórmulas matemáticas que integran ABC y EVM para evaluar el riesgo y la recompensa financiera del proyecto; y la tercera parte exploró cómo integrar BIM y un sistema de información web para gestionar los costos en todas las etapas del proyecto. Usando como caso de estudio la construcción de una vivienda por una empresa promotora, el estudio destacó la creación de una cuadrícula innovadora que localiza el Cost Performance Ratio (CPR) y el Schedule Performance Ratio (SPR), brindando una visión clara de los costos y el cronograma del proyecto. Además, se desarrolló un sistema web interactivo que permite rastrear y analizar los datos de costos en tiempo

real, fomentando la colaboración y la confianza en la exactitud de la información entre todos los participantes del proyecto (Elghaish & Abrishami, 2021).

Otro estudio relevante sobre la Gestión del Valor Ganado (EVM) es el titulado “Aplicación de la Tecnología BIM en la Gestión de Costes de Construcción de la Ingeniería de Edificación”,(Yang, 2021). Este estudio analiza la integración de la tecnología BIM en la gestión de costos de construcción de proyectos en empresas chinas, combinando el método del Valor Ganado con un modelo de costos 5D basado en BIM. Para esto, se utilizó software especializado de cálculo BIM.

El artículo se enfoca en la aplicación de modelos BIM y teorías de gestión de costos en proyectos de ingeniería reales. Se desarrollan planes y cronogramas de costos, se establecen modelos de costos basados en BIM, y se predicen, simulan y controlan con precisión las tendencias de costos de construcción. Además, se emplean estos modelos de costos durante la implementación del proyecto, permitiendo un control coordinado del proceso de producción y generación de valor. El estudio destaca cómo el método de Valor Ganado se aplica de manera diferenciada para extraer datos que guían una producción eficiente, evaluando la eficacia de la tecnología BIM en la gestión de costos y su impacto en la mejora de la eficiencia en proyectos de construcción (Elghaish & Abrishami, 2021).

Para esta investigación se seleccionó el método de Gestión del Valor Ganado (EVM) para el control de obra junto con el sistema de clasificación, debido a su capacidad para integrar el costo, el tiempo y el progreso real del proyecto. El EVM permite medir de forma precisa el desempeño de la obra en comparación con los recursos planificados, lo que facilita la detección

temprana de desviaciones y la implementación de acciones correctivas. Además, su compatibilidad con la metodología BIM optimiza el control y la transparencia en la gestión de la obra, siendo ideal para proyectos con recursos limitados y tiempos ajustados. Este método, además, resulta ser más sencillo y adecuado para nuestra investigación, dado su enfoque práctico y fácil implementación en el contexto de las MiPymes.

## **5.6 Ejemplo práctico de toda la integración de la Gestión del Valor Ganado (EVM) con**

### **Plexos**

El software Plexos Project, una herramienta de planificación y gestión detallada en el ítem de softwares BIM, fue seleccionado para realizar la integración de la Gestión del Valor Ganado (EVM) debido a que cuenta con esta funcionalidad integrada. Esta característica facilita significativamente la aplicación del método, permitiendo un control más eficiente de la obra.

El objetivo de este ítem es presentar un ejemplo práctico de la aplicación del método de Valor Ganado (EVM) en un proyecto de ampliación y remodelación de una casa de tres pisos. Este proyecto tuvo una duración de ocho semanas y se realizaron controles semanales para registrar los avances, acumulando un total de ocho controles de obra. Es importante señalar que la metodología del Valor Ganado (EVM) se describe con mayor detalle en el marco teórico de este trabajo. En este apartado, se detalla el proceso de configuración de la información en el software Plexos para aplicar el método EVM. Además, se presentarán los resultados generados por Plexos, como la curva "S" y los indicadores clave de desempeño, tales como el SPI (Índice de Desempeño del Cronograma) y el CPI (Índice de Desempeño de Costos). Este ejemplo tiene como objetivo ilustrar

cómo el software Plexos Project facilita la gestión y el monitoreo de proyectos de manera eficiente, ayudando en el análisis y control del rendimiento en cuanto a tiempo y costos.

### 5.6.1 Configuración de Plexos

Se ha elaborado una guía detallada para la configuración del método del Valor Ganado en el software Plexos. Debido a su extensión, esta guía se encuentra incluida en el Anexo 4 de este documento para facilitar su consulta.

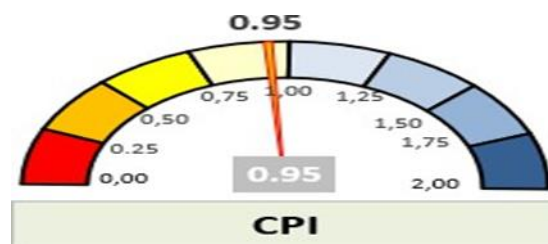
### 5.6.2 Resultados del ejemplo practico

Estos son los resultados obtenidos al aplicar el método del Valor Ganado en el proyecto de ampliación y remodelación de una vivienda de tres pisos, con una duración total de 8 semanas.

#### 1. Indicador CPI

### Figura 11

*Indicador CPI del proyecto de ejemplo*



*Nota\** El valor del indicador CPI resultó menor a 1, lo que indica que, al final de los 8 controles de obra, el proyecto presenta un exceso de costos en comparación con lo planificado. Tomado de Plexos project

2. Indicador SPI

**Figura 12**

*Indicador SPI del proyecto de ejemplo*



*Nota\* El resultado del indicador SPI fue igual a 1, lo que significa que, a pesar del sobrecosto identificado, el proyecto se ejecutó dentro del tiempo planificado, es decir, 8 semanas. Tomado de plexos project*

**Tabla 4**

*Resultados de los controles de obra: PV y EV*

Control	Fecha control	Valor planificado	Valor ganado
Control de obra 1	7/01/2024	4,675,539.50	4,787,859.50
Control de obra 2	14/01/2024	11,998,565.23	11,879,698.10
Control de obra 3	21/01/2024	32,131,948.10	16,093,327.50
Control de obra 4	28/01/2024	37,467,448.10	26,214,881.10
Control de obra 5	4/02/2024	46,687,630.50	33,663,281.42
Control de obra 6	11/02/2024	50,226,630.50	49,112,630.50
Control de obra 7	18/02/2024	54,589,370.50	52,774,774.50
Control de obra 8	25/02/2024	55,989,370.50	55,989,370.50

**Tabla 5**

*Resultados obtenidos CPI Y SPI por cada control de obra.*

Coste real	Variación de coste CPI	Variación de programa SPI
5,168,000.00	380,140.50	112,320.00
12,848,000.00	968,301.90	-118,867.13
16,880,400.00	787,072.50	16,038,620.60
26,653,000.00	438,118.90	-11,252,567.00
34,773,000.00	1,109,718.58	13,024,349.08
52,198,000.00	-3,085,369.50	1,114,000.00
55,828,000.00	3,053,225.50	1,814,596.00
58,988,000.00	2,998,629.50	0.00

*Nota\* Como se puede observar en cada control de obra, hubo un exceso de costos. En cuanto al SPI, se registró un retraso durante los controles 2 a 6, aunque el proyecto se completó dentro del plazo establecido, según el control 8.*

### **5.7 Propuestas sobre las estrategias y estructuración de la documentación**

Para lograr una correcta adopción de la metodología BIM en las MiPymes, es fundamental que gestionen la información de manera adecuada. Además, deben contar con estrategias que les permitan organizar la información eficientemente, asegurando la efectividad y el éxito del trabajo colaborativo. En este ítem, se presentan estrategias tanto para la estructuración de la información como para la adopción de la metodología BIM, tomando en cuenta las características que debe cumplir un entorno común de datos (CDE) adecuado para estas empresas.

### *5.7.1 Estrategias para la organización de la documentación*

#### 1. Uso de un entorno común de datos:

Como se mencionó previamente, un entorno común de datos (CDE) centraliza la información en una herramienta tecnológica, facilitando el trabajo colaborativo. En esta investigación, se analizaron cinco herramientas disponibles en el mercado como posibles CDEs. El análisis realizado mediante el método analítico jerárquico demostró que las mejores opciones para las MiPymes son SharePoint (en sus planes estándar o básico) y Google Drive, Ya que obtuvieron los puntajes más altos en los 11 criterios evaluados. Por mayoría de puntaje, se seleccionó SharePoint. Se elaborará una guía detallada que muestra las funcionalidades de SharePoint como entorno común de datos (CDE), considerando las características de la ISO 19650. Esta guía incluirá aspectos como la creación del entorno, la jerarquización de carpetas según los estados de información y contenedores, el uso del sistema de clasificación, la gestión del control de versiones, la asignación de metadatos a los archivos y la configuración de acceso restringido para compartir los archivos. Debido a la extensión del documento, esta guía se encuentra en el Anexo 3.

#### 2. Sistema de clasificación:

Como parte de la estrategia para mejorar la gestión del proyecto, se decidió utilizar como referencia la nomenclatura del sistema de clasificación ColombiaClass, basado en el artículo (Durán & Pazos, 2023), el cual automatiza procesos normativos ante la curaduría desde la perspectiva del desarrollador. No obstante, esta nomenclatura puede adaptarse según las necesidades específicas de cada proyecto, permitiendo a las MiPymes seleccionar y utilizar las tablas del sistema ColombiaClass que consideren más relevantes.

**Tabla 6***Nomenclatura digital de archivos*

Código		Descripción
ID del Proyecto		Hace referencia al identificador único del proyecto.
Nombre del Proyecto		Corresponde al nombre descriptivo del proyecto.
Código Tabla A	ColombiaClass	Indica el código obtenido de la Tabla A de ColombiaClass, que está asociado a la ubicación geográfica.
Código Tabla B	ColombiaClass	Se refiere al código de la Tabla B de ColombiaClass, que define el uso y la ocupación de la edificación.
Código Tipo L	ColombiaClass	Corresponde al código de la Tabla L de ColombiaClass, que especifica los usos o procesos BIM relacionados.
Nombre General del Archivo Subido		Es el nombre general del archivo que se sube.

Finalmente:

(ID del Proyecto)\_(Nombre del Proyecto)(Código ColombiaClass Tabla A)(Código ColombiaClass Tabla B)(Código ColombiaClass Tipo L)\_(Nombre General del Archivo Subido).

En el Anexo 3, correspondiente a la guía para configurar SharePoint como un entorno común de

datos, se amplía la explicación sobre el uso del sistema de clasificación y se incluye un ejemplo para facilitar su comprensión.

### 3. Jerarquización de carpetas:

La organización de las carpetas se configurará de manera flexible para adaptarse a las necesidades particulares de cada MiPyME. Se presentará un ejemplo de jerarquización que podrá servir como referencia, el cual se encuentra en la guía para configurar SharePoint como un entorno común de datos, ubicada en la página 10 del Anexo 3 de este documento. Se recomienda que cada empresa ajuste esta jerarquización conforme a sus requerimientos específicos y a las características de su proyecto.

### 4. Estándares para la documentación:

Dado que en los proyectos se manejan múltiples archivos que podrían llegar a repetirse, es fundamental contar con plantillas estandarizadas para organizar y agilizar la gestión de la información. Estas plantillas deben estar diseñadas para adaptarse a los diferentes casos que puedan surgir, facilitando así su reutilización y asegurando consistencia en la documentación, algunos de los documentos que se pueden estandarizar son los siguientes.

#### **1) Plan de ejecución BIM (BEP -BIM execution Plan):**

Se debe crear un formato estandarizado que incluya los siguientes apartados: los objetivos y alcance del proyecto, los entregables esperados, los roles y responsabilidades dentro de la metodología BIM, las herramientas y software BIM a utilizar, los estándares de modelado

aplicables, la gestión de la información, el plan de coordinación y colaboración entre las distintas disciplinas del proyecto, el plan de control de calidad, y el cronograma de implementación BIM. Este formato garantizaría una estructura clara y consistente para la implementación de BIM en el proyecto.

## **2) Documentos de especificaciones técnicas**

Se deben crear plantillas que detallen las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar, las normas de calidad y los procesos constructivos a seguir. Estas plantillas deben estar alineadas con el sistema de clasificación y ser compatibles con las herramientas BIM, asegurando coherencia y eficiencia en la gestión del proyecto.

## **3) Documentos de control de calidad**

Se deben de crear formularios y plantillas que especifiquen los aspectos y criterios a evaluar, así como las pautas para llevar a cabo las inspecciones de seguridad del proyecto, garantizando un proceso claro y estructurado para el control de riesgos.

## **4) Informe de avance:**

Dado que el método de control de obra seleccionado es el EVM, es necesario crear plantillas que faciliten la aplicación de este enfoque, permitiendo registrar tanto los avances físicos

como financieros del proyecto. Además, estas plantillas deben incluir los indicadores de rendimiento CPI y SPI para un seguimiento efectivo del progreso y los costos.

#### **5) Contratos y acuerdos:**

Se deben crear plantillas de contratos adaptadas a los diferentes tipos de proveedores, subcontratistas y acuerdos formales. Estas plantillas deben incluir cláusulas generales estándar para cualquier proyecto, especificar los plazos de entrega, detallar las responsabilidades de las partes involucradas y establecer los procedimientos para la realización de los pagos.

#### **6) Planos y detalles constructivos:**

Como estrategia, se propone implementar una lista de verificación (checklist) que especifique los elementos que deben incluirse en los planos según cada disciplina. Además, se sugiere desarrollar detalles constructivos estandarizados por disciplina, como las secciones de vigas con sus estribos, tablas de especificaciones técnicas conforme a la NSR-10, detalles de cimentación y plantas, entre otros. Esto no solo garantizará la consistencia y eficiencia en la documentación del proyecto, sino que también mejorará la rapidez en la creación de los planos.

### **5. Conclusiones**

Este estudio ofrece una visión integral sobre la adopción de BIM a nivel internacional, nacional y local, abordando los desafíos que enfrentan las MiPymes para implementar esta metodología. A partir de la encuesta nacional BIM 2023 desarrollada por Camacol, se analizan los obstáculos y oportunidades en el contexto de las MiPymes, destacando la importancia de estructurar la información a través de un entorno común de datos (CDE). En este sentido, se realizó

una evaluación de cinco herramientas tecnológicas disponibles en el mercado, seleccionando dos opciones: SharePoint y Google Drive, como las más adecuadas para funcionar como CDE en las MiPymes, según los criterios evaluados. Además, se proponen estrategias clave para la estructuración de la información, tales como la utilización de un CDE, la implementación de un sistema de clasificación, la jerarquización de carpetas y la estandarización de documentación crítica del proyecto, incluyendo avances de obra, modelos 3D, contratos y acuerdos. Estas estrategias buscan optimizar la organización y gestión de la información en los proyectos, mejorando la eficiencia y el control.

En cuanto a los softwares BIM, se identificaron varias opciones que las MiPymes pueden implementar, detallando sus ventajas y desventajas, con especial énfasis en el costo de las licencias como una de las principales limitaciones. Además, se identificó el software Plexos Project, que permite realizar el control de obra mediante el método del valor ganado, lo que facilita el seguimiento y control de costos durante el ciclo de vida del proyecto.

### Referencias Bibliográficas

- Abanda, F. H., Kamsu-Foguem, B., & Tah, J. H. M. (2017). BIM – New rules of measurement ontology for construction cost estimation. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(2), 443–459. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2017.01.007>
- ACCA Software. (n.d.). *Visor RVT en línea gratis*. ACCA Software. Retrieved September 30, 2024, from <https://www.accasoftware.com/es/visor-rvt>
- Ander Esarte Eserverri. (2021, January 14). *Vico Office, de Construsoft ¿qué es Vico office? ESPACIOBIM*. <https://www.espaciobim.com/vico-office#:~:text=Qué%20es%20Vico%20Office%20y%20para%20qué%20se%20utiliza&text=Control%20de%20documentos:%20Vico%20Office,3D%20como%20en%20planos%20D>
- Autodesk. (n.d.). *What are the benefits of BIM?* Autodesk. Retrieved August 3, 2024, from <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim/benefits-of-bim>
- BIM Forum Colombia*. (n.d.). Camacol. Retrieved August 25, 2024, from <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum>
- BIMserver.center. (n.d.). *La integración de Plexos Project® en BIMserver.center amplía las posibilidades de gestión y planificación de proyectos Open BIM siguiendo los estándares Lean Construction y Last Planner System*. Blog.Bimserver.Center. Retrieved September 30, 2024, from <https://blog.bimserver.center/es/plexos-project-2/>
- buildingSMART Spain, Albuquerque Alberto INECO, Álvarez Antonio AYESA, Rúa Antonio INECO, López Carlos IMVENTA, Delgado Vendrell David DDV, Cortés Eduardo BENTLEY, Pla Elena ITeC, Bermejo Ferran ITeC, Franco Tejada Isaac ESBIMEX, Sánchez Matamoros Javier, Viñas Jorge INECO, Chaur Julián Thinkprojec, Alonso Acero Martín,

- Jiménez Abós Pilar INECO, & Muñoz Sergio buildingSMART Spain. (n.d.). *IFC*. BuildingSMART Spain. Retrieved September 30, 2024, from <https://www.buildingsmart.es/bim/openbim/ifc/>
- buildingSMART Spain, Calvo Javier, Meliz Olga, García Galdón Ignacio, Iglesias Fernando, Gonzalez Ignacio, Nogués Jose Emilio, Mendo Verónica, Coloma Eloi, De la cruz Ignacio, Folch Marcel, Barco David, Carrasco Rodríguez Francisco, Reyes Antonio Manuel, & Carrasco Corral Francisco. (n.d.). *BIM Collaboration Format (BCF)*. BuildingSMART Spain. Retrieved September 30, 2024, from <https://www.buildingsmart.es/bim/openbim/bcf/>
- BuildingSmart Spanish. (2022). *Guía de Sistemas de Clasificación cuando se utiliza BIM*. <https://www.buildingsmart.es/recursos/clasificación-en-los-modelos/>
- Camacol. (2023a). *Ecosistema BIM*. Camacol. <https://camacol.co/digitalizacion/ecosistema-bim>
- Camacol. (2023b). *Encuesta Nacional BIM 2023*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGRiMTY0ZjAtYWEzNy00OTEwLTgwZGEtZjQ4MDQ3MDUwNjc3IiwidCI6IjI1YTdhM2RiLWlyNTctNDg4Yi04MDAxLTQ0M2E2ZTU4ZDcxNCIsImMiOjR9>
- Cárdenas, C., Zapata, P., & Lozano, N. (2018). Building Information Modeling 5D and Earned Value Management methodologies integration through a computational tool. *Revista Ingenieria de Construccion*, 33(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-50732018000300263>
- Castejón, J. F., & Bilbao, M. (2017). *La utilización del programa Revit como recurso educativo para la mejora del aprendizaje de las instalaciones en viviendas en Tecnología de 4°ESO*.
- Cluster Santander. (n.d.). *Proyecto BIM financiado por Innpulsa capacita a 10 empresas del Clúster Construcción*. Retrieved January 18, 2025, from

<https://clustersantander.ccbserver.com/noticias-y-novedades/noticias-generales/proyecto-bim-financiado-por-innpulsa-capacita-a-10-empresas-del-cluster-construccion/>

Congreso de la República de Colombia. (2004). Ley 905 de 2004. 45.474.

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=14501](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=14501)

Cristian, M., Martins, J., & Branco, O. (n.d.). *UNIVERSIDAD FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-*

*REI CAMPUS ALTO PARAOPEBA IMPLEMENTACIÓN BIM: DESAFÍOS Y ESTRATEGIAS PARA LAS MICRO EMPRESAS DE LA INDUSTRIA AEC.*

[www.onlinedoctranslator.com](http://www.onlinedoctranslator.com)

CTRL T. (2024, June 26). *Perpetua vs Suscripción - ¿Cuál es la MEJOR LICENCIA de Archicad?* Youtube. <https://youtu.be/1sCdVrSGP58>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). *Estrategia Nacional BIM.*

<https://camacol.co/sites/default/files/LANZAMIENTO%20DE%20LA%20ESTRATEGIA%20DE%20ADOPCIÓN%20BIM%20EN%20COLOMBIA.pdf>

Durán, A., & Pazos, L. (2023). *Automatización De Procesos De Normatividad Ante Curaduría Desde El Punto De Vista Del Desarrollador Del Proyecto.*

Elghaish, F., & Abrishami, S. (2021). A centralised cost management system: exploiting EVM and ABC within IPD. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(2), 549–569. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2019-0623>

elprojectmanager. (2016, September 30). *Los beneficios de la gestion con Valor Ganado EVM.*

Elprojectmanager. <https://elprojectmanager.com/2016/09/30/los-beneficios-de-la-gestion-con-valor-ganado-evm/>

- ElQasaby, A. R., Alqahtani, F. K., & Alheyf, M. (2023). Automated Schedule and Cost Control Using 3D Sensing Technologies. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(2).  
<https://doi.org/10.3390/app13020783>
- Estudiose. (2023, November 8). *Navisworks o Revizto: ¿Cuál utilizar y por qué?* Estudiose.  
<https://estudioese.com.uy/navisworks-o-revizto-cual-utilizar-y-por-que-7?nid=76#:~:text=Sin%20embargo%2C%20Navisworks%20puede%20ser,necesario%20para%20todos%20los%20proyectos.>
- FIEBDC. (n.d.). *FORMATO BC3 VIGENTE*. FIEBDC. Retrieved November 25, 2024, from  
<https://www.fiebdc.es/formato-fiebdc/>
- Golparvar-Fard, M., Peña-Mora, F., & Savarese, S. (2015). Automated Progress Monitoring Using Unordered Daily Construction Photographs and IFC-Based Building Information Models. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000205](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000205)
- Gómez, J. (2022). *ColombiaClass Sistema de Clasificación para la Gestión de Activos de Construcción en Colombia*. <https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/d47ef9b2-0b89-43f0-9d39-02d9aa5f3070/download>
- Gómez Roldán. (2022). *ColombiaClass Sistema de Clasificación para la Gestión de Activos de Construcción en Colombia*. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/73b29066-91a9-4c19-8d08-b04379907bc2/content>
- Grimman Roxana, & Ponce de León Isaac. (2017, November 13). *BIM y las Diferencias entre Archicad y Revit*. Youtube. <https://youtu.be/amhFfnAdMNU?si=e7e2uJ81HuF-WchA>

- Hayes, E., & Macloughlin, S. (2019). *Cómo superar la resistencia a BIM: alinear un método de gestión del cambio con una estrategia de implementación de BIM*.  
<https://arrow.tudublin.ie/schmuldistcap>
- Heigermoser, D., García de Soto, B., Abbott, E. L. S., & Chua, D. K. H. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction, 104*, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>
- International Organization for Standardization. (2019). *Information management according to BS EN ISO 19650 Guidance Part 1: Concepts*.
- Leydi Ricalde. (2023, May 18). *Softwares BIM para cada uso y etapa de un proyecto*. KONSTRUEDU.COM. <https://konstruedu.com/es/blog/software-bim-para-cada-uso-y-etapa-de-un-proyecto>
- Li, P., Zheng, S., Si, H., & Xu, K. (2019). Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China. *Advances in Civil Engineering, 2019*.  
<https://doi.org/10.1155/2019/9482350>
- Lu, Q., Won, J., & Cheng, J. C. P. (2016). A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM). *International Journal of Project Management, 34*(1), 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.09.004>
- Malacarne, G., Toller, G., Marcher, C., Riedl, M., & Matt, D. T. (2018). Investigating benefits and criticisms of bim for construction scheduling in SMEs: An Italian case study. *International Journal of Sustainable Development and Planning, 13*(1), 139–150.  
<https://doi.org/10.2495/SDP-V13-N1-139-150>
- Murphy, B., Abbasnejad, B., Wong, P. S., & Ahankoob, A. (2022). BUILDING INFORMATION MODELLING UPTAKE BY SMALL TO MEDIUM-SIZED CONTRACTORS: A

- CHANGE MANAGEMENT PERSPECTIVE. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 9(2). [https://doi.org/10.14455/ISEC.2022.9\(2\).AAE-06](https://doi.org/10.14455/ISEC.2022.9(2).AAE-06)
- Nast, A., & Koch, C. (2021). CONCEPT DEVELOPMENT for ADOPTING 5D BIM in SMALL and MEDIUM-SIZED ENTERPRISES of the AEC INDUSTRY. *WIT Transactions on the Built Environment*, 205, 83–95. <https://doi.org/10.2495/BIM210071>
- Países líderes con BIM Adopción.* (n.d.). [www.onlinedoctranslator.com](http://www.onlinedoctranslator.com)
- Papadonikolaki, E., Verbraeck, A., & Wamelink, H. (2017). Formal and informal relations within BIM-enabled supply chain partnerships. *Construction Management and Economics*, 35(8–9), 531–552. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1311020>
- Perez, L. (n.d.). *Cluster Construcción*. Retrieved January 18, 2025, from [https://www.camaradirecta.com/cluster/cluster-construccion/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.camaradirecta.com/cluster/cluster-construccion/?utm_source=chatgpt.com)
- Ramirez Dulce. (2021). *Guía de aplicación del Sistema Last Planner® en PYMES constructoras en México*.
- Reyes, J. (2023). *Planificación y control de obra asistido por Plexos*.
- Roldán Juan. (2019). *GUIA DE ENSEÑANZA DEL PROGRAMA PLEXOS*.
- Sanchez, E. (2021). *BIM EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN Y SU NIVEL DE MADUREZ EN EMPRESA CONSTRUCTORA DE BOGOTÁ*. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/ece8b388-0ef9-4272-993c-255a085d7ac8/content>
- Sarvari, H., Asaadsamani, P., Olawumi, T. O., Chan, D. W. M., Rashidi, A., & Beer, M. (2024). Perceived barriers to implementing building information modeling in Iranian Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): a Delphi survey of construction experts. *Architectural*

*Engineering and Design Management*, 20(3), 673–693.  
<https://doi.org/10.1080/17452007.2024.2329687>

Sato, J. G., Luis, J., & Javier, F. (2018). *Análisis y Evaluación de la tecnología (BIM) Building Information Modeling*.

Sebastián González Patiño, J., Claudia, M., & Valenzuela, L. (2024). *Una mirada a las mipymes en Colombia*.

Shah Nirav. (2024, November 6). *Leading Countries With BIM Adoption*. United Bim.  
<https://www.united-bim.com/leading-countries-with-bim-adoption/>

Shelton, J., Martek, I., & Chen, C. (2016). Implementation of innovative technologies in small-scale construction firms: Five Australian case studies. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 23(2), 177–191. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2015-0006>

Smetankova, J., Duris, A., Rucinsky, R., Mesaros, P., & Zemanova, L. (2023). Construction proceedings in the Slovak Republic: An overview of tools for efficient exchange and management of information in the BIM environment. *ICETA 2023 - 21st Year of International Conference on Emerging ELearning Technologies and Applications, Proceedings*, 456–462. <https://doi.org/10.1109/ICETA61311.2023.10344248>

Spectra. (n.d.). *Revit ¿Qué es y para que sirve?* Retrieved January 13, 2025, from <https://www.spectrainge.com/blog/revit-que-es/>

Stanley, R., & Thurnell, D. (2014). *The Benefits of, and Barriers to, Implementation of 5D BIM for Quantity Surveying in New Zealand*.

Suarez, K., G KOI S.A.S, A.M.V SAS, KER INGENIERIA S.A.S BIC, OTERO CONSTRUCCIONES E INGENIERIA S.A.S, PEDRO C. GOMEZ CONSTRUCTORA S.A.S, CONSTRUCCIONES ZABDI S.A.S, ALFREDO AMAYA H. CIA. S.A.S, A&A

SOLUCIONES INTERNACIONALES S.A.S, ECO SOLUCIONES INTERNACIONALES S.A.S, TI&CON S.A.S TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y CONSTRUCCION S.A.S, & T41 SAS BIC. (2023). *PRODUCTIVIDAD • CALIDAD • VALOR AGREGADO TOMO 2 Building Information Modeling.*

Vite, C., Horvath, A. S., Neff, G., & Møller, N. L. H. (2021, July 11). Bringing human-centredness to technologies for buildings: An agenda for linking new types of data to the challenge of sustainability. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3464385.3464711>

Yang, J. (2021). Application of BIM technology in construction cost management of building engineering. *Journal of Physics: Conference Series*, 2037(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2037/1/012046>

Yin Rui. (2019). *2\_Review of building information modeling BIM application in construction industry*. 8(6C2).