

DATOS ACTUALES DEL ESTUDIANTE

Estudiante:

Nombre completo: Michell Ferney Viveros Luna

Dirección: Calle 5B #27 - 46 (Palmira, Colombia)

Teléfono de contacto: 3134486822

Correo electrónico: michell@javerianacali.edu.co

Profesión: Arquitecto

Universidad: Universidad del Valle

Empresa: Sociedad Promotora Cafetera de Construcciones S.A.S "PROCON S.A.S"

Cargo: Residente de Obras

Resumen

El sector de la construcción en Colombia enfrenta desafíos significativos, como baja productividad, calidad deficiente, sobrecostos y falta de innovación. Estos problemas son especialmente graves para las micro y pequeñas empresas constructoras, que representan el 98.8% del total de las empresas en Colombia (Dane, 2022), y cuentan con recursos limitados. La metodología BIM se presenta como una solución innovadora para estos desafíos, ya que permite crear y gestionar modelos digitales tridimensionales de proyectos de construcción, mejorando la planificación, diseño, ejecución y mantenimiento de estos. Sin embargo, la adopción de BIM enfrenta barreras como la falta de conocimiento, resistencia al cambio y la inversión inicial necesaria.

Este trabajo de grado consiste en ofrecer a las empresas un acercamiento a esta metodología a través de una propuesta de manual de implementación de BIM adaptado a las necesidades de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia, siendo aquellas empresas que cuentan hasta 10 trabajadores y entre 11 a 50 trabajadores, respectivamente (Bancoldex, 2024). La propuesta busca responder a la pregunta: ¿Cómo las micro y pequeñas empresas constructoras, en sus proyectos de construcción pueden reducir problemas y mejorar la eficiencia por medio de la metodología BIM, que facilita la gestión de la información y el trabajo colaborativo en la cadena de valor del proyecto? La justificación del proyecto radica en los beneficios de BIM, que incluyen la reducción de errores, mejora de la comunicación, ahorro en costos y tiempos, y optimización de procesos. Sin embargo, las barreras mencionadas dificultan su adopción, especialmente para las micro y pequeñas empresas. Una propuesta de manual de implementación adaptado a sus necesidades puede facilitar la adopción efectiva de la metodología BIM y mejorar la competitividad del sector de la construcción.

Abstract

The construction sector in Colombia faces significant challenges, such as low productivity, poor quality, cost overruns and lack of innovation. These problems are particularly acute for microenterprise and small construction companies, which represent 98.8% of all companies in Colombia (Dane, 2022), and have limited resources. BIM methodology is presented as an innovative solution to these challenges, as it allows the creation and management of three-dimensional digital models of construction projects, improving their planning, design, execution and maintenance. However, the adoption of BIM faces barriers such as lack of knowledge, resistance to change and the initial investment required.

This degree work consists of offering companies an approach to this methodology through a proposal for a BIM implementation manual adapted to the needs of microenterprise and small construction companies in Colombia, being those companies with up to 10 workers and between 11 and 50 workers, respectively (Bancoldex, 2024). The proposal seeks to answer the question: How can microenterprise and small construction companies in their construction projects reduce problems and improve efficiency through BIM methodology, which facilitates information management and collaborative work in the project's value chain? The justification for the project lies in the benefits of BIM, which include error reduction, improved communication, cost and time savings, and process optimisation. However, the aforementioned barriers hinder its adoption, especially for micro and small enterprises. A proposed implementation manual tailored to their needs can facilitate the effective adoption of BIM methodology and improve the competitiveness of the construction sector.



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

**PROPUESTA DE MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LA MICRO Y
PEQUEÑA EMPRESA CONSTRUCTORA COLOMBIANA**

Programa de Maestría en Ingeniería Civil

Presentado por:

ARQ. MICHELL FERNEY VIVEROS LUNA

Director:

ING. HAROLD NATES GONZÁLEZ, MBA, MGTR.

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

de Año 2024

TABLA DE CONTENIDO

1	GLOSARIO DE TERMINOS ESPECIALES	1
2	INTRODUCCIÓN.....	3
2.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
2.2	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
2.3	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	5
2.4	OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
2.4.1	<i>Objetivo general</i>	6
2.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	6
2.5	RESULTADOS ESPERADOS.....	7
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	8
3.1	ANÁLISIS – FASE 1 Y FASE 2.....	8
3.2	COMPARACIÓN – FASE 1 Y FASE 2	9
3.3	ADAPTACIÓN – FASE 3	9
4	GRADO DE ADOPCIÓN DE BIM.....	11
4.1	ANÁLISIS DE ENCUESTAS	12
4.4.1	<i>Implementación BIM según tamaño</i>	12
4.4.2	<i>Estado de implementación BIM en Colombia</i>	13
4.4.3	<i>Tiempo de implementación BIM</i>	14
4.4.4	<i>Beneficios asociados a la metodología BIM</i>	15
4.4.5	<i>Barreras asociadas a la implementación BIM</i>	16
4.4.6	<i>Percepción de importancia BIM en el tiempo</i>	17
	17
4.4.7	<i>Implementación BIM por actividad y uso</i>	18
4.4.8	<i>Equipo humano capacitado en metodología BIM</i>	19
4.4.9	<i>Madurez BIM</i>	20
4.4.10	<i>Iniciativas para apoyar la implementación BIM</i>	21
4.2	CONCLUSIONES SOBRE EL GRADO DE ADOPCIÓN BIM	22
5	MODELOS DE IMPLEMENTACIÓN BIM	23
5.1	NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES NIBS	23
5.2	BIM FORUM COLOMBIA	26
5.3	BIM FORUM CHILE	28

5.4	BUILDING SMART SPAIN	30
5.5	COMPARATIVOS DE METODOLOGÍAS	32
5.6	CONCLUSIONES DE LAS METODOLOGÍAS DE IMPLEMENTACIÓN BIM	33
6	PROPUESTA DE MANUAL IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LA MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA	
	CONSTRUCTORA COLOMBIANA.....	35
6.1	DIAGNÓSTICO INICIAL	35
6.1.1	<i>Recolección de datos al interior de las empresas</i>	<i>35</i>
6.1.1.1	Encuesta interna en la empresa constructora	35
6.1.1.2	Matriz de madurez BIM	41
6.2	GESTIÓN DEL CAMBIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LAS MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS	46
6.2.1	<i>Gestión del cambio basada en el Modelo ADKAR</i>	<i>47</i>
6.2.2	<i>Plan de implementación BIM</i>	<i>52</i>
6.2.3	<i>Plan de Capacitación y Formación para la Implementación de la metodología BIM.....</i>	<i>56</i>
6.2.4	<i>Plan de Implementación de Estándares en metodología BIM.....</i>	<i>58</i>
6.2.5	<i>Implementación de Proyectos Piloto para la implementación de la metodología BIM</i>	<i>59</i>
6.2.6	<i>Mejora continua</i>	<i>62</i>
6.3	CONCLUSIONES GENERALES.....	62
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Resumen metodológico a implementar.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Implementación BIM según tamaño, Fuente BIM ANTIOQUIA 2018</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3. Implementación BIM según tamaño, Fuente BIMLATAN 2020</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Implementación BIM según tamaño, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5. Estado de implementación BIM, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>13</i>
<i>Figura 6. Tiempo de implementación, Fuente BIM LATAN 2020</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7. Tiempo de implementación, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>14</i>
<i>Figura 8. Tiempo de implementación, Fuente BIM ANTIOQUIA 2018</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9. Beneficios asociados a BIM, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 10. Beneficios asociados a BIM, Fuente BIM LATAN 2020.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 11. Barreras asociadas a la implementación, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 12. Percepción de importancia BIM, Fuente BIM LATAN 2020.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 13. Percepción de importancia BIM, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 14. Implementación BIM por actividad, Fuente BIM LATAN 2020.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 15. Implementación BIM por actividad, Fuente BIM ANTIOQUIA 2018</i>	<i>18</i>
<i>Figura 16. Implementación BIM por actividad, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 17. Equipo humano capacitado BIM, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 18. Madurez BIM, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>20</i>
<i>Figura 19. Iniciativas de implementación BIM, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 20. Implementación de proyectos piloto.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 21. Índice de aumento de productividad, Fuente</i>	<i>61</i>
<i>Figura 22. Índice de efectividad de la gestión del cambio, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>61</i>
<i>Figura 23. Índice de madurez BIM, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>61</i>
<i>Figura 24. Índice de replicación de pilotos, Fuente BIMCO 2023.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 25. Índice de capacitación BIM, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>61</i>
<i>Figura 26. Índice de adopción BIM, Fuente BIMCO 2023</i>	<i>61</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Listado de encuestas.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. BIM Maturity index, (tomado de Bim Framework).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3. Matriz de madurez BIM Tecnología, (tomado de Bimeinitiative, 2016).</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4. Matriz de madurez BIM Proceso, tomado de (Bimeinitiative, 2016).</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 5. Matriz de madurez BIM Política, (tomado de Bimeinitiative, 2016).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 6. Matriz de madurez BIM Escala ORG, (tomado de Bimeinitiative, 2016).</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 7. Recomendaciones de programas de capacitación BIM en Colombia.</i>	<i>57</i>

1 GLOSARIO DE TERMINOS ESPECIALES

BIM: Building Information Modeling, metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

Cadena de valor: Integra el conjunto de eslabones que conforman un proceso económico, y abarca toda la logística desde el cliente al proveedor.

Encuesta: Conjunto de preguntas tipificadas dirigidas a una muestra representativa, para averiguar estados de opinión o diversas cuestiones de hecho.

Estándar: Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

Hoja de ruta: Es un documento que tiene el propósito de dar a conocer la dirección y progreso de un proyecto o de un equipo. En este plan de programación se muestran los objetivos que se quieren alcanzar, así como las estrategias y pasos a seguir para alcanzarlos.

Indicadores de desempeño: Es un instrumento utilizado para medir el éxito en la ejecución de actividades dentro de una empresa. Estos indicadores están diseñados para ofrecer datos cuantificables del desempeño de los grupos de trabajo en relación con ejercicios anteriores u objetivos previamente establecidos.

Interoperabilidad: Capacidad de intercambiar datos entre softwares BIM, permitiendo uniformar el flujo de trabajo y facilitando la automatización de los distintos procesos durante el ciclo de vida del proyecto.

Manual: Es un libro o folleto en el cual se recopilan los aspectos básicos y esenciales de una actividad de la organización. Nos permiten comprender el funcionamiento de algo o acceder de manera ordenada y concisa, al conocimiento algún tema o materia.

Metodología: Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.

Matriz de madurez BIM: Herramienta utilizada para evaluar y medir el grado de implementación y desarrollo de la metodología BIM dentro de una organización o proyecto.

Modelo tridimensional: Construcción utilizada para representar un objeto en tres dimensiones.

Modelo piloto: Los modelos piloto se ejecutan normalmente siguiendo los mismos pasos pensados para el estudio real, pero en una escala más pequeña. Su objetivo es detectar los posibles fallos o problemas.

Pymes: Acrónimo utilizado a la hora de hablar de pequeñas y medianas empresas. Estas, generalmente suelen contar con un bajo número de trabajadores y de un volumen de negocio e ingresos moderados en comparación con grandes corporaciones industriales o mercantiles

Política: Conjunto de orientaciones o directrices que rigen la actuación de una persona o entidad en un asunto o campo determinado.

Productividad: Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc.

Software: Es un conjunto de reglas o programas que dan instrucciones a un ordenador para que realice tareas específicas.

Stakeholders: Son individuos o grupos que tienen un interés en una empresa u organización. Pueden afectar o ser afectados por el negocio

Transformación digital: Es la integración de tecnología digital en todas las áreas de una empresa, cambiando fundamentalmente la forma en que opera y brinda valor a sus clientes.

2 INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es uno de los más importantes para el desarrollo económico y social del país, ya que genera empleo “*1 de cada 5 colombianos trabaja de manera directa o indirecta en para el sector de la construcción o su cadena de valor*” (Camacol Valle, 2021), genera infraestructura y bienestar para la población. Sin embargo, este sector también enfrenta grandes desafíos, como la baja productividad, la mala calidad, los sobrecostos, los retrasos, el desperdicio de materiales (Youkhanna Zaia et al., 2023) y la falta de innovación. Estos problemas se acentúan en las micro y pequeñas empresas constructoras, que representan la mayoría del sector en Colombia (Dane, 2022), y cuentan con limitados recursos financieros, técnicos y humanos para mejorar su competitividad y eficiencia.

Ante este panorama, surge la necesidad de buscar soluciones que permitan transformar digitalmente el sector de la construcción, aprovechando las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Una de estas soluciones es la metodología BIM, la cual “*es esencialmente la creación de valor mediante la colaboración a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo, apoyado en la creación e intercambio de modelos 3D compartidos y con datos inteligentes y estructurados asociados a ellos*” (Buildingsmart Spain, 2021). Esta metodología permite optimizar los procesos de diseño, construcción y gestión de proyectos, mejorando la calidad, la productividad, la sostenibilidad y la colaboración entre los diferentes agentes involucrados.

Sin embargo, la implementación de BIM no es una tarea sencilla, ya que implica un cambio cultural (Youkhanna Zaia et al., 2023), organizacional y tecnológico en el sector de la construcción, que requiere de una adecuada planificación, capacitación, inversión y adaptación a las características y necesidades de cada empresa y proyecto. Esto representa un gran reto para las pequeñas empresas constructoras en Colombia, que no cuentan con suficiente información, orientación y apoyo para adoptar efectivamente esta metodología y aprovechar sus beneficios.

En la visión nacional, se espera que el uso de BIM sea obligatorio en Colombia en las licitaciones públicas en un 85% a 100% a partir del año 2026. Sin embargo, BIM requiere de una inversión inicial y un cambio de procesos que puede ser difícil para las micro y pequeñas empresas en el país, que son aquellas que cuentan con hasta 10 trabajadores y entre 11 y 50 trabajadores, respectivamente (Bancoldex, 2024). Por lo tanto, un manual de implementación adaptado a las necesidades y capacidades de estas empresas puede ayudar a adoptar efectivamente esta metodología y mejorar la eficiencia y competitividad de las empresas en el sector de la construcción.

2.1 Definición del problema de investigación

En la actualidad, se ven prácticas de modelos tradicionales que funcionan de manera intuitiva y son poco eficientes lo que produce diseños incompletos, falta de información para los procesos de construcción y mala planificación de los proyectos. *“La mayoría de los proyectos de construcción son tareas complejas, que requieren una cuidadosa coordinación y control para entregar un proyecto exitoso en términos de tiempo, costo y calidad. La mala calidad, los retrasos y los sobrecostos son problemas que sufren muchas industrias de la construcción”* (Youkhanna Zaia et al., 2023). Por la falta de coordinación y control en los procesos de planeación y construcción en Colombia existen muchas construcciones con problemas en la calidad de sus diseños, costos y problemas en sus procesos constructivos hasta el punto en que se desploman varias obras de infraestructura o se elevan en sobrecostos y tiempos la ejecución de estos (Unal, 2018).

Además, en la construcción tradicional no se considera el ciclo de vida completo de los proyectos ni se alinean los objetivos del proyecto con las prácticas constructivas, lo cual agrava los problemas mencionados.

Para mejorar estos procesos de planeación y coordinación, la metodología BIM es una forma innovadora de gestionar los proyectos de construcción, porque integra información de todas las disciplinas involucradas en un modelo digital tridimensional y en tiempo real para aumentar la productividad (Chan et al., 2019). Esta metodología no solo mejora las prácticas tradicionales, sino que ofrece ventajas como la mejora de la calidad, la reducción de costos y tiempos, y la optimización de recursos, porque la metodología BIM se fundamenta en pilares clave que impactan a nivel de procesos, tecnología, estrategia y cultura organizacional; los cuales son esenciales para lograr una implementación efectiva y sostenible de BIM.

No obstante, la implementación de BIM en Colombia aún está en una fase inicial, especialmente en las micro y pequeñas empresas constructoras, las cuales enfrentan barreras significativas como la falta de conocimiento, resistencia al cambio, la inversión inicial y la compatibilidad de los programas.

De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo de grado se propone elaborar una propuesta de manual de implementación BIM para la micro y pequeña empresa constructora colombiana que permita adoptar esta metodología de forma eficiente y competitiva, analizando los distintos modelos de implementación BIM nacionales e internacionales que hayan desarrollado iniciativas

para promover la implementación de la transformación digital del sector de la construcción (Urbieta et al., 2023).

2.2 Pregunta de investigación

De acuerdo con lo anterior, en este proyecto se le pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo las micro y pequeñas empresas constructoras en sus proyectos de construcción pueden reducir problemas y mejorar la eficiencia por medio de la metodología BIM que facilita la gestión de la información y el trabajo colaborativo en la cadena de valor del proyecto?

2.3 Justificación del trabajo de grado

La construcción ha sido históricamente un sector clave para la economía colombiana, representando cerca del 7.3% del total de puestos de trabajo a nivel nacional (Camacol Valle, 2021). Sin embargo, el sector afronta problemas como baja productividad, alto índice de informalidad laboral, pérdidas y desperdicio de materiales, deficiencias en calidad de las obras, y un bajo nivel de innovación y adopción tecnológica (Youkhanna Zaia et al., 2023).

Estas problemáticas impactan especialmente a las micro y pequeñas empresas constructoras, que constituyen la mayoría de las empresas del sector (Dane, 2022), y tienen limitados recursos para invertir en soluciones que mejoren su competitividad. Ante este contexto, la adopción de metodologías innovadoras como el BIM representa una oportunidad para impulsar la transformación y modernización de las pymes constructoras en Colombia.

BIM permite crear gemelos digitales de los proyectos con todos sus datos asociados, mejorando la planificación, diseño, coordinación y ejecución de las obras (Condotta and Scanagatta, 2023). Diversos estudios destacan los beneficios de BIM en términos de reducir errores, mejorar comunicación entre interesados, generar ahorros en costos y tiempos de construcción, y optimizar procesos en todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos (Pan et al., 2023).

Sin embargo, la adopción de BIM implica inversiones en software y hardware, capacitación del personal y cambios organizacionales que pueden representar barreras importantes (Klein et al.,

2022), para las pymes colombianas. Por esto, un manual de implementación BIM adaptado a sus necesidades y recursos, puede facilitar la adopción efectiva de esta metodología y potenciar sus ventajas para el sector.

Así, este trabajo de grado busca desarrollar dicho manual, proporcionando la guía y orientación para que las micro y pequeñas empresas puedan implementar BIM de forma óptima de acuerdo con sus capacidades, aprovechando las oportunidades de esta metodología para innovar y mejorar su productividad y sostenibilidad.

2.4 Objetivos del proyecto

A continuación, se describen los objetivos que se pretenden desarrollar con la presente propuesta.

2.4.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de un manual práctico de implementación de BIM adaptado a las necesidades y capacidades de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia para transformarse digitalmente en el mercado.

2.4.2 Objetivos específicos

A continuación, se describen los objetivos que se pretenden desarrollar con la presente propuesta.

- OE1. Analizar el grado de adopción del BIM en las micro y pequeñas empresas constructoras de Colombia, para comprender su realidad y formular insumos para la propuesta del manual de implementación BIM, mediante el uso de encuestas e informes de fuentes gremiales y académicas.
- OE2. Comparar los distintos modelos de implementación BIM nacionales e internacionales que hayan desarrollado iniciativas para promover la transformación digital del sector de la construcción mediante la metodología BIM, para ajustarlos a la realidad y requisitos de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia.

- OE3. Adaptar los principios de gestión de modelos de implementación BIM con las características de la micro y pequeña empresa constructora en Colombia para elaborar la propuesta de manual de implementación BIM.

2.5 Resultados esperados

De acuerdo con los objetivos específicos de forma análoga se pretende obtener:

- E1. Obtener un perfil de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia que refleje sus necesidades, capacidades y limitaciones para la implementación de BIM, así como los beneficios y desafíos que esta metodología les ofrece.
- E2. Un análisis comparativo de los modelos de implementación BIM para la transformación digital del sector de la construcción en diferentes países o regiones, destacando las buenas prácticas, las lecciones aprendidas y las recomendaciones para su implementación.
- E3. Adaptación de las mejores prácticas de los modelos de implementación BIM en el contexto de la micro y pequeña empresa constructora en Colombia para la elaboración del manual BIM.

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología adoptada es resultado de la revisión bibliográfica, la recopilación de encuestas gremiales y de modelos de implementación de la metodología BIM en el mercado actual. Adicionalmente, esta metodología está direccionada al cumplimiento de los objetivos planteados para este trabajo de grado. En la Figura 1, se presenta el resumen metodológico del trabajo a realizar, detallando sus etapas y resultados obtenidos, garantizando la ejecución de cada fase del proyecto.

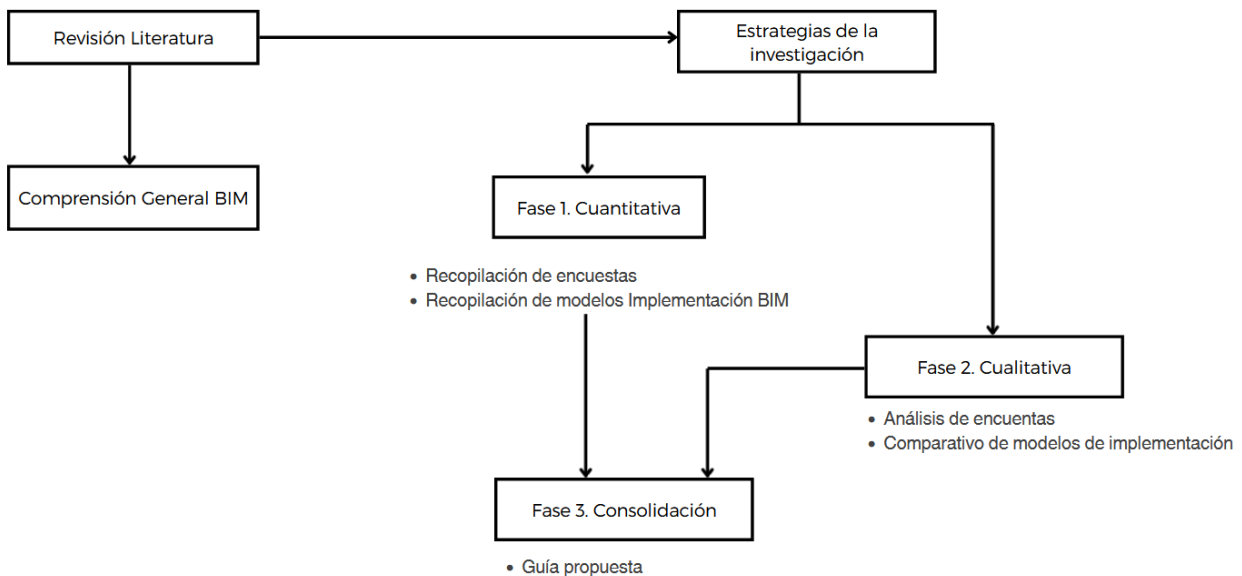


Figura 1. Resumen metodológico a implementar

3.1 Análisis – fase 1 y fase 2

Para abordar el objetivo específico de Analizar el grado de adopción del BIM en las micro y pequeñas empresas constructoras de Colombia, para comprender su realidad y formular insumos para la propuesta del manual de implementación BIM, mediante el uso de encuestas e informes de fuentes gremiales o académicas. Se realizarán los siguientes pasos:

- Se recopilaron y analizaron encuestas y/o informes de fuentes gremiales y académicas que hayan abordado el tema de la implementación de BIM en el sector de la construcción en Colombia, especialmente en las micro y pequeñas empresas constructoras; haciendo énfasis en los realizados

por la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC), entre otros.

- Se identificaron las tendencias, los hallazgos y las recomendaciones que se puedan extraer de estas encuestas e informes para el desarrollo del manual de implementación.
- Se analizaron los datos obtenidos de la encuesta y/o informes para obtener un diagnóstico del grado de adopción en las micro y pequeñas empresas constructoras de Colombia, que refleje su realidad y formule insumos para la propuesta del manual de implementación BIM.

3.2 Comparación – fase 1 y fase 2

Para abordar el objetivo específico de Comparar los distintos modelos de implementación BIM nacionales e internacionales que hayan desarrollado iniciativas para promover la transformación digital del sector de la construcción mediante esta metodología, para ajustarlos a la realidad y requisitos de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia. Se realizarán los siguientes pasos:

- Se realizó una búsqueda exhaustiva de los distintos modelos de implementación BIM, tanto nacionales e internacionales, que hayan implementado esta metodología con resultados positivos.
- Se recopilaron los distintos modelos de implementación, tanto nacionales como internacionales, que describen las estrategias utilizadas y los beneficios obtenidos.
- Se compararon los modelos de implementación identificados, prestando atención a factores como las regulaciones, las condiciones económicas y las particularidades del sector de la construcción. Se destacaron las buenas prácticas, los obstáculos superados y los patrones comunes en estas metodologías.

3.3 Adaptación – fase 3

Para abordar el objetivo específico de OE3. Adaptar los principios de gestión de modelos de implementación BIM con las características de la micro y pequeña empresa en Colombia para elaborar la propuesta de manual de implementación BIM. Se realizarán los siguientes pasos:

- Se utilizaron los datos recopilados y analizados en el primer objetivo específico para identificar las necesidades, capacidades y limitaciones de la situación actual de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia para la implementación de la metodología BIM.

- Se realizó un proceso de adaptación de los principios en los modelos de implementación nacionales e internacionales Se tendrá en cuenta las características y particularidades de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia.
- Se simplificaron y ajustaron los procesos, los roles y las responsabilidades para proponer un modelo de gestión flexible y escalable que permita a las micro y pequeñas empresas constructoras implementar la metodología de forma gradual y eficiente.
- Se elaboró la propuesta de manual de implementación BIM para la micro y pequeña empresa constructora en Colombia, basándose en los resultados de la adaptación de los principios de gestión de modelos de implementación.

4 GRADO DE ADOPCIÓN DE BIM

Se recopilaron diferentes encuestas realizadas sobre Metodología BIM en Colombia y América Latina, como se muestra en la Tabla 1, con el fin de utilizar estos datos y analizar el grado de adopción del BIM en las micro y pequeñas empresas constructoras en el país, para comprender su realidad y formular insumos para la propuesta del manual de implementación BIM.

Tabla 1. Listado de encuestas.

ENCUESTA	AÑO	REALIZADA POR	NÚMERO ENCUESTADOS	PÚBLICO OBJETIVO
ENCUESTA NACIONAL BIM 2023	2023	Camacol – BIM Forum Colombia	643 empresas en Colombia	Entidades públicas, empresas privadas y personas naturales vinculadas al sector de la construcción
ENCUESTA BIM AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	2020	Banco Interamericano de Desarrollo – Federación Interamericana de la Industria de la Construcción	747 empresas – 18 países en América Latina y el Caribe	Empresas de la industria de la construcción latinoamericana (Desarrolladoras comerciales, estudios de diseño)
ADOPCIÓN METODOLOGÍA BIM ANTIOQUIA	2018	Clúster Hábitat Sostenible Medellín y Antioquia – Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia	150 empresas en Antioquia Colombia	Sector académico, empresas del sector público y privado Resultados enfocados en el sector Privado

Encuesta nacional BIM 2023

“La Encuesta Nacional BIM 2023 realizada en Colombia representa un hito significativo en el panorama digital de la construcción en Colombia, siendo la primera medición de su tipo en el país”.

“La cual se realizó con el objetivo de evaluar el nivel de implementación de la metodología BIM en las empresas del sector constructor públicas y privadas”.

“La encuesta fue realizada por Camacol y BIM FORUM Colombia en el año 2023, presentado los resultados en el año 2024 para proporcionar un panorama de la situación actual del país en cuanto a la adopción de BIM. Estos resultados sirven como punto de partida para identificar oportunidades de mejora y crecimiento en todas las áreas de la cadena de valor de la construcción” (Camacol, 2024).

Encuesta BIM América Latina y el Caribe

“Este informe presenta los resultados de una primera encuesta regional de empresas del sector construcción de América Latina y el Caribe para entender mejor la lenta adopción de Building Information Modelling (BIM), una nueva metodología de trabajo colaborativo en base a modelos de datos que contribuye enormemente a la mejora de la productividad del sector. BIM facilita la colaboración entre empresas en un sector donde la falta de coordinación conlleva grandes costos. Pese al reconocimiento unánime de las ventajas del BIM, las empresas encuestadas señalan que la falta de demanda y la ausencia de capacidades y estándares BIM han frenado hasta ahora su adopción. El informe busca ofrecer insumos a actores clave del sector de AEC, a hacedores de política pública, así como a grupos de interés privados y académicos, para orientar mejor sus esfuerzos de apoyo a la transición digital del sector” (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

Adopción metodología BIM Antioquia

“Con esta encuesta se pretenden diagnosticar el estado o nivel de desarrollo en la gestión BIM y por ende establecer acciones (pilotos) que permitan estrategias de adopción metodológica y tecnológica de forma estructurada”

“La adopción metodológica BIM es una apuesta en el tiempo y se basa en la convicción y compromiso de la mejora continua” (Cámara de Medellín, 2018).

4.1 Análisis de encuestas

4.4.1 Implementación BIM según tamaño

La implementación de la metodología BIM en la industria de la construcción ha demostrado ser una herramienta esencial para mejorar la eficiencia, la coordinación y la precisión en los proyectos. Sin embargo, la adopción de esta tecnología varía significativamente según el tamaño de la empresa. Como se observa en las figuras 2, 3 y 4 las grandes empresas tienden a implementar más la metodología BIM.

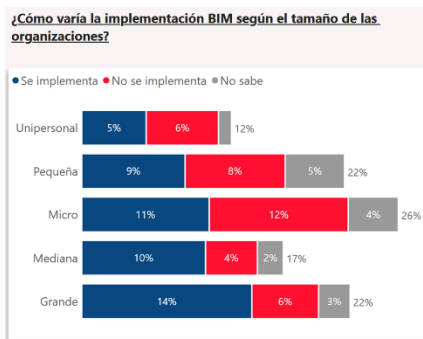


Figura 4. Implementación BIM según tamaño, Fuente BIMCO 2023

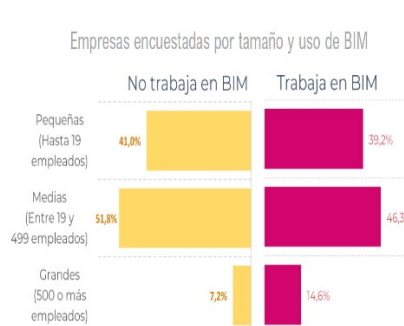


Figura 3. Implementación BIM según tamaño, Fuente BIMLATAN 2020

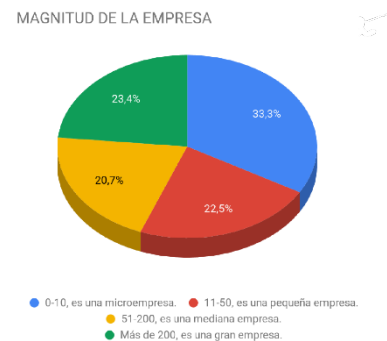


Figura 2. Implementación BIM según tamaño, Fuente BIM ANTIOQUIA 2018

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- Las microempresas muestran un ligero aumento en la implementación de BIM en comparación con las organizaciones más pequeñas.
- Las pequeñas empresas tienen una distribución casi equitativa entre las que trabajan en BIM y las que no, lo que indica una división en la adopción de BIM en este segmento.
- Las empresas medianas en Colombia tienen una mayor tasa de implementación que de no implementación, lo que podría indicar una mejor capacidad para adoptar BIM.
- Las grandes empresas tienen la tasa más alta de implementación de BIM, lo que sugiere que tienen más recursos para invertir en esta metodología.
- Es evidente que hay una falta de conocimiento sobre BIM en todas las categorías de tamaño de organización, lo que resalta la necesidad de educación y divulgación.

4.4.2 Estado de implementación BIM en Colombia

En los últimos años, la adopción de la metodología BIM ha ganado impulso a nivel mundial como una metodología innovadora que mejora la eficiencia, precisión y colaboración en los proyectos de construcción. En Colombia, esta tecnología está comenzando a integrarse en la industria de la construcción, aunque su adopción ha sido paulatina como se muestra en la figura 5.

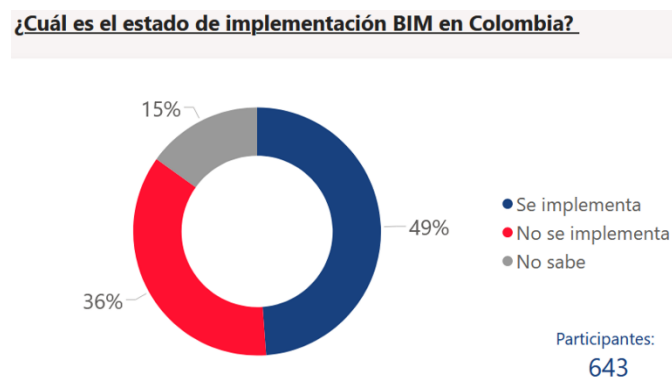


Figura 5. Estado de implementación BIM, Fuente BIMCO 2023

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- Se implementa (49%): Casi la mitad de los encuestados indica que BIM ya se implementa en sus organizaciones, lo que sugiere una adopción considerable de esta metodología en Colombia.
- No se implementa (36%): Más de un tercio de los participantes señala que BIM no se ha implementado, lo que podría reflejar barreras para su adopción en las empresas.
- No sabe (15%): Una fracción significativa de los encuestados no está segura sobre el estado de implementación de BIM, lo que destaca la necesidad de más información y educación sobre BIM en el sector.

- Es importante abordar las barreras de implementación y aumentar la conciencia y el conocimiento sobre BIM para lograr una adopción más amplia.
- Las estrategias futuras deben centrarse en educar a aquellos que “No saben” sobre BIM y proporcionar apoyo a las organizaciones que aún no lo han implementado.

4.4.3 Tiempo de implementación BIM

La implementación de la metodología BIM es un proceso integral cuya duración varía según el tamaño de la empresa, la complejidad de los proyectos y el nivel de preparación tecnológica y organizacional. En las figuras 6, 7 y 8 se puede observar el tiempo que las empresas llevan implementando BIM, lo cual nos proporciona una visión general del tiempo necesario para su adopción

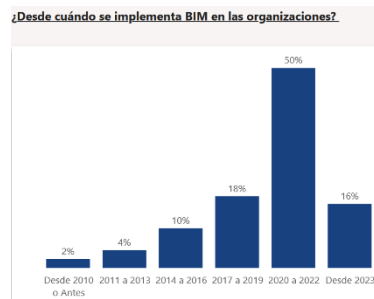


Figura 7. Tiempo de implementación, Fuente BIMCO 2023

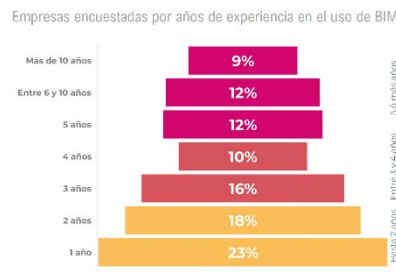


Figura 6. Tiempo de implementación, Fuente BIM LATAN 2020

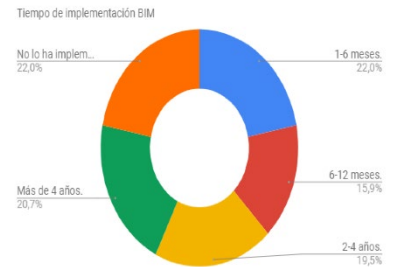


Figura 8. Tiempo de implementación, Fuente BIM ANTIOQUIA 2018

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- La implementación de BIM en Colombia ha crecido considerablemente en los últimos años, con la mayoría de las organizaciones adoptándolo en el período 2020-2022 con una cantidad significativa de empresas que han comenzado a utilizarlo recientemente.
- Las empresas con más de 10 años de experiencia en BIM son menos comunes, lo que puede indicar que la adopción masiva es un fenómeno más reciente.
- La tendencia sugiere que BIM se está convirtiendo en una práctica estándar en la industria, con una adopción continua en el futuro.
- Las organizaciones que aún no han adoptado BIM pueden estar quedándose atrás en términos de eficiencia y competitividad.
- Es importante que las organizaciones consideren adoptar BIM para mantenerse al día con las tendencias actuales y futuras de la industria.

4.4.4 Beneficios asociados a la metodología BIM

La metodología BIM ha emergido como una herramienta transformadora en la industria de la construcción, ofreciendo una amplia gama de beneficios como se observa en las figuras 9 y 10, que mejoran la coordinación de la información, la toma de decisiones en todas las fases de un proyecto.

Las organizaciones han identificado claramente **beneficios** asociados a la metodología BIM tales como:

26 %	Mejor coordinación de la información y comunicación
19 %	Mitigar el retrabajo, los desperdicios y costos adicionales
15 %	Mayor información para toma de decisiones
12 %	Producción de información de mejor calidad
12 %	Entrega de información oportuna
12 %	Mejora en procesos de control e interventoría
3 %	Mejorar la sostenibilidad

Figura 9. Beneficios asociados a BIM, Fuente BIMCO 2023

Empresas encuestadas por tipo de beneficios para la organización



Figura 10. Beneficios asociados a BIM, Fuente BIM LATAM 2020

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- La adopción de BIM está claramente vinculada con una serie de beneficios estratégicos, operativos y financieros. Desde mejorar la imagen corporativa hasta aumentar la rentabilidad, las empresas que implementan BIM están viendo resultados positivos en múltiples frentes. La capacidad de ofrecer nuevos servicios y atraer a nuevos clientes es particularmente notable, ya que indica que BIM no solo optimiza los procesos internos, sino que también tiene el potencial de transformar la forma en que las empresas se posicionan en el mercado
- La metodología BIM no solo está transformando la forma en que las organizaciones manejan la información y la comunicación en sus proyectos, sino que también está redefiniendo los procesos de trabajo para ser más eficientes y menos propensos a errores y desperdicios. La adopción de BIM parece estar impulsada por la necesidad de mejorar la coordinación entre los diversos actores de un proyecto, lo que es fundamental en la industria de la construcción donde la colaboración es clave para el éxito.
- La mitigación del retrabajo y la reducción de costos adicionales son beneficios financieros directos que pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad de los proyectos. Además, la mejora en la toma de decisiones y la calidad de la información son aspectos que pueden llevar a una mayor competitividad en el mercado, ya que permiten a las organizaciones responder de manera más efectiva a los desafíos y cambios durante la vida de un proyecto.
- En términos de procesos, la eficiencia mejorada en el diseño y la documentación puede liberar recursos valiosos que pueden ser redirigidos hacia actividades más creativas y de mayor valor

añadido. Además, el impacto positivo en la contratación y retención de empleados sugiere que BIM también puede ser un factor atractivo para los profesionales que buscan trabajar con tecnologías avanzadas y en empresas innovadoras.

4.4.5 Barreras asociadas a la implementación BIM

A pesar de los numerosos beneficios que ofrece esta metodología en la industria de la construcción, su implementación enfrenta varias barreras que pueden dificultar su adopción, especialmente en contextos donde la tecnología y la cultura organizacional aún no están plenamente desarrolladas. Como se muestra en la figura 11, estas barreras abarcan desde desafíos técnicos y financieros hasta resistencia al cambio y falta de conocimiento, lo que puede limitar la capacidad de las organizaciones para aprovechar completamente las ventajas de la metodología BIM.

Igualmente, se identificaron las principales **barreras** asociadas a la implementación de la metodología BIM las cuales son:

25 %	Costo de software/tecnologías específicas
22 %	Dificultad del cambio cultural y gestión de cambio.
16 %	Falta de formación y entrenamiento continuo
7 %	Coste del personal especializado
7 %	Falta de demanda del cliente.

Figura 11. Barreras asociadas a la implementación, Fuente BIMCO 2023

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

El costo del software, la dificultad del cambio cultural y la falta de formación son las principales barreras para la implementación de la metodología BIM en ingeniería civil. Para superar estas barreras, es necesario:

- Buscar opciones de software BIM más accesibles para pequeñas y medianas empresas.
- Implementar estrategias de gestión del cambio para facilitar la adopción de la metodología BIM.
- Ofrecer programas de formación y entrenamiento continuo para el personal.
- Se recomienda a las empresas que consideren los costos, los aspectos culturales y la formación del personal al planificar la implementación de la metodología BIM.

4.4.6 Percepción de importancia BIM en el tiempo

La metodología BIM ha experimentado una evolución significativa en términos de su adopción y percepción de importancia dentro de la industria de la construcción. A lo largo de los años, la visión de BIM ha pasado de ser una herramienta emergente y opcional para convertirse en un estándar esencial para la gestión de proyectos de construcción. Como se observa en las figuras 12 y 13, se percibe que cada vez más será un factor común en la industria por los avances tecnológicos, la creciente complejidad de los proyectos y la necesidad de mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la construcción.

Empresas no usuarias según percepción de importancia de BIM en los próximos 5 años

¿En cuanto tiempo considera que los procesos BIM serán un factor común en la industria?

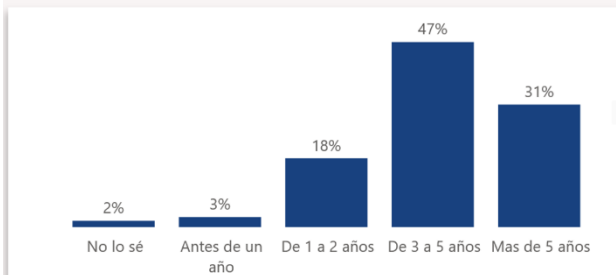


Figura 13. Percepción de importancia BIM, Fuente BIMCO 2023

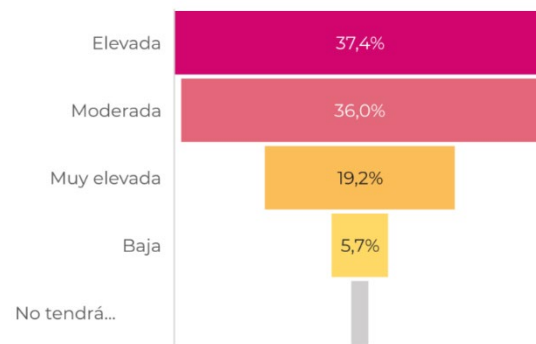


Figura 12. Percepción de importancia BIM, Fuente BIM LATAN 2020

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- La mayoría de los encuestados cree que los procesos BIM serán comunes en la industria en un plazo de 3 a 5 años, esto indica que hay optimismo sobre la adopción de BIM con una expectativa general de que la transición será gradual y podría requerir varios años.

Recomendaciones

- Planificación a Mediano Plazo: Las empresas deben planificar la adopción de BIM en un horizonte de 3 a 5 años, preparándose para cambios graduales en lugar de una transformación inmediata.
- Capacitación Continua: Dado que la adopción se considera a mediano plazo, es esencial invertir en capacitación continua para que el personal esté listo cuando BIM se convierta en la norma.
- Adopción Temprana: Para las empresas que deseen liderar en la industria, considerar la adopción temprana de BIM podría ofrecer una ventaja competitiva.

- Gestión del Cambio: Desarrollar estrategias de gestión del cambio para abordar la resistencia cultural y facilitar una transición más suave hacia los procesos BIM.

4.4.7 Implementación BIM por actividad y uso

Es una metodología que ha revolucionado la industria de la construcción, permitiendo una gestión más eficiente y colaborativa de los proyectos a lo largo de todo su ciclo de vida. La implementación de BIM por actividad y uso, tal como se muestra en las figuras 14, 15 y 16, demuestra cómo esta metodología se aplica en diferentes fases de un proyecto de construcción, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el mantenimiento de las instalaciones.

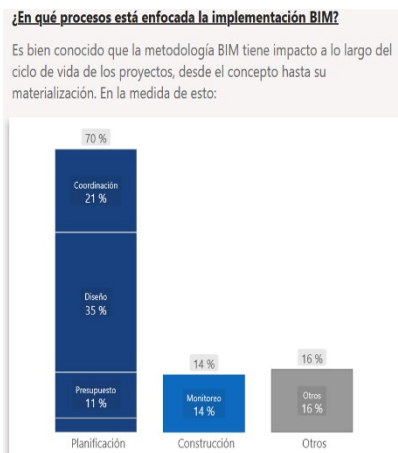


Figura 16. Implementación BIM por actividad, Fuente BIMCO 2023

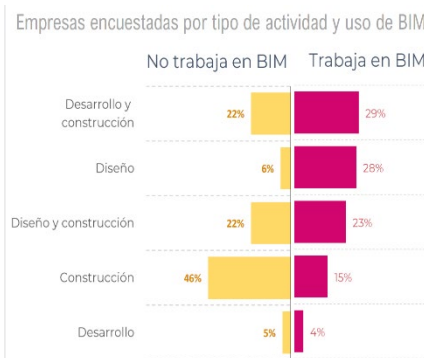


Figura 14. Implementación BIM por actividad, Fuente BIM LATAN 2020

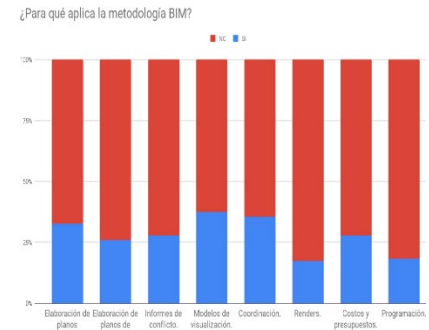


Figura 15. Implementación BIM por actividad, Fuente BIM ANTIOQUIA 2018

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- En Colombia el uso de BIM está más extendido en las etapas de diseño y planificación, lo que se debe a que estas etapas son donde se genera la mayor cantidad de información y donde BIM puede tener un mayor impacto.
- En Colombia la adopción de BIM en la etapa de Construcción es menor, pero está creciendo, ya que las empresas comienzan a ver los beneficios de usar BIM para la gestión de proyectos y la coordinación entre diferentes equipos.
- En América Latina los datos sugieren que hay una adopción significativa de BIM en áreas como diseño y desarrollo, pero en general hay una resistencia considerable en el sector de la construcción en usar esta metodología.
- El uso de BIM en la operación y mantenimiento aún es limitado, pero se espera que aumente en el futuro, ya que los propietarios de activos comienzan a ver los beneficios de usar BIM para la gestión de instalaciones y el mantenimiento preventivo.

Recomendaciones

- Fomentar la Adopción en Construcción: Desarrollar iniciativas para aumentar la adopción de BIM en el sector de la construcción, posiblemente a través de incentivos o demostraciones de eficiencia y ahorro de costos.

4.4.8 Equipo humano capacitado en metodología BIM

La adopción de esta metodología en la industria de la construcción no solo depende de la tecnología y las herramientas utilizadas, sino también, y de manera crucial, del equipo humano capacitado para manejar y maximizar su potencial. Como se muestra en la figura 17, es fundamental evaluar el nivel de capacitación del personal en las organizaciones, ya que esto es esencial para asegurar que los proyectos de construcción se realicen con eficiencia, precisión y cumpliendo con los estándares de calidad.

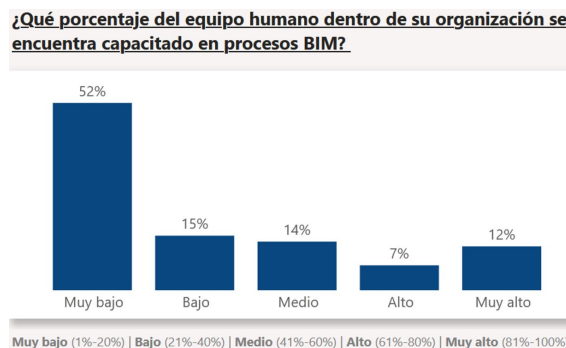


Figura 17. Equipo humano capacitado BIM, Fuente BIMCO 2023

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- En Colombia el 52% del equipo humano dentro de las organizaciones tienen un nivel muy bajo de capacitación en procesos BIM, lo que indica una gran oportunidad de mejora en la formación para la adopción de la metodología BIM.
- Solo un 7% tiene un nivel alto de capacitación y un 12% un nivel muy alto, mostrando que hay una minoría que está altamente capacitada en BIM.
- Los niveles bajo y medio de capacitación tienen un 15% y 14% respectivamente, lo que sugiere que hay cierta familiaridad con BIM, pero que aún no es representativa.

Recomendaciones

- Incrementar la Capacitación: Es crucial aumentar los esfuerzos de capacitación para mejorar la competencia en BIM en todos los niveles de la organización.

- Programas de Formación Continua: Implementar programas de formación continua para mantener al personal actualizado con las últimas prácticas y tecnologías BIM.

4.4.9 Madurez BIM

Este concepto se refiere al nivel de competencia y sofisticación con el que una organización o proyecto utiliza la metodología BIM. A medida que las empresas y los profesionales de la construcción adoptan BIM, es crucial evaluar su progreso y capacidades en relación con esta tecnología, como se muestra en la figura 18, para maximizar sus beneficios.

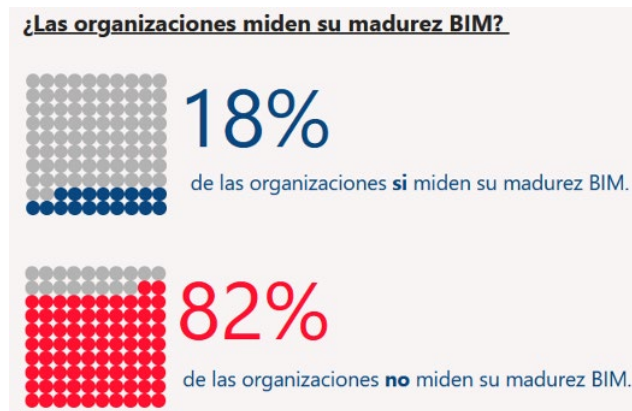


Figura 18. Madurez BIM, Fuente BIMCO 2023

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- En Colombia solo un 18% de las organizaciones mide su madurez BIM, lo que sugiere que la mayoría no tiene o no conoce un proceso establecido para evaluar y mejorar su uso de BIM.
- Un 82% de las organizaciones no mide su madurez BIM, lo que podría indicar una falta de conciencia sobre la importancia de hacerlo o la ausencia de recursos y herramientas para llevar a cabo dicha medición.

Recomendaciones

- Dar a conocer las métricas de Madurez BIM; es importante que las organizaciones establezcan métricas claras para medir su madurez y así poder establecer objetivos de mejora.
- Promover la Evaluación de Madurez BIM ya que con esto las organizaciones pueden beneficiarse de la evaluación regular de su madurez para identificar áreas de mejora y realizar seguimiento de su progreso.

4.4.10 Iniciativas para apoyar la implementación BIM

La metodología BIM se ha convertido en una herramienta esencial para la transformación digital de la industria de la construcción. No obstante, su adopción generalizada enfrenta desafíos significativos, como la baja productividad, un alto índice de informalidad laboral, pérdidas y desperdicio de materiales, deficiencias en la calidad de las obras y un bajo nivel de innovación y adopción tecnológica (Youkhanna Zaia et al., 2023). Para abordar estos desafíos y facilitar la implementación de BIM, como se muestra en la figura 19, es fundamental identificar las iniciativas necesarias para promover la adopción de esta metodología.

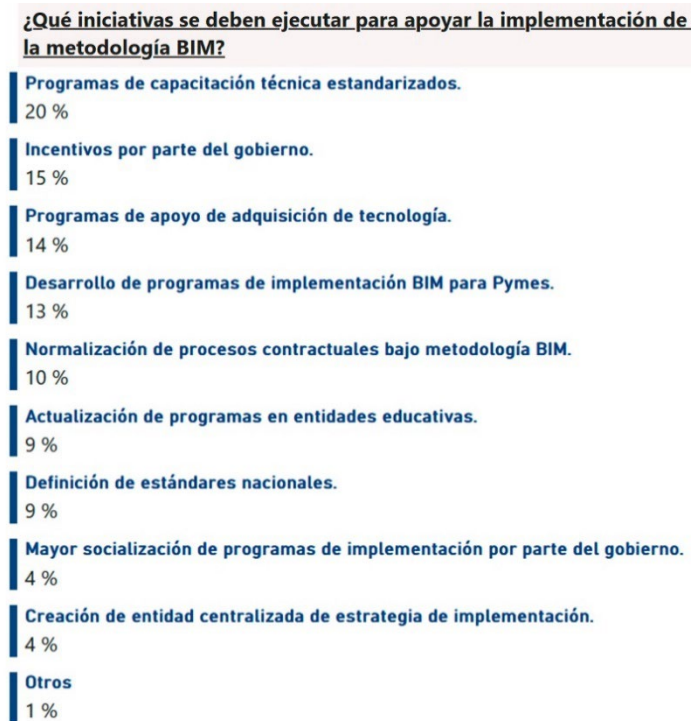


Figura 19. Iniciativas de implementación BIM, Fuente BIMCO 2023

De acuerdo con los resultados se puede concluir que:

- En Colombia los programas de capacitación técnica estandarizados son vistos como la iniciativa más importante con un 20%, lo que resalta la necesidad de formación uniforme y accesible en BIM.
- Los Incentivos por parte del gobierno, los Programas de apoyo de adquisición de tecnología y el desarrollo de programas de implementación BIM para Pymes también son considerados clave, con un 15%, 14% y 13% respectivamente, indicando que el que estos puntos son esenciales para la adopción de BIM.

- La Normalización de procesos contractuales bajo metodología BIM y la Definición de estándares nacionales tienen un apoyo considerable, lo que sugiere que la estandarización es fundamental para la implementación efectiva de BIM.

Recomendaciones

- Establecer estándares, normalizar procesos contractuales y desarrollar programas de implementación BIM para Pymes son esenciales para facilitar una adopción más amplia y coherente de BIM.

4.2 Conclusiones sobre el grado de adopción BIM

El análisis de las encuestas sobre la adopción de la metodología BIM en Colombia y América Latina revela un panorama de crecimiento y desafíos. Mientras que las grandes y medianas empresas están liderando la implementación de BIM, las micro y pequeñas empresas enfrentan barreras significativas, como los altos costos de software y la falta de capacitación. A pesar de estos obstáculos, la percepción de la importancia de BIM está en aumento, con una expectativa generalizada de que se convertirá en un estándar de la industria en los próximos años. Los beneficios asociados con BIM, como la mejora en la coordinación, la reducción de costos y la optimización de procesos, están impulsando su adopción. Sin embargo, para alcanzar una integración más amplia, es esencial promover la formación continua y desarrollar estrategias de gestión del cambio que aborden las resistencias culturales. La transición hacia una adopción generalizada de BIM es vista como un proceso en curso, con un camino claro hacia la transformación digital en la industria de la construcción.

5 MODELOS DE IMPLEMENTACIÓN BIM

Se recopilaron distintos modelos de implementación BIM nacionales e internacionales que hayan desarrollado iniciativas para promover la transformación digital del sector de la construcción mediante la metodología BIM, para ajustarlos a la realidad y requisitos de las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia.

5.1 National Institute of Building Sciences NIBS

“Es una organización única que ayuda a la industria inmobiliaria de América del Norte a volverse más eficiente. El Consejo de BIM lidera en la creación de herramientas y estándares que permiten que los proyectos se construyan digitalmente antes de ser construidos físicamente mediante el uso del modelado de información de edificios, cuya misión consiste en liderar el desarrollo y despliegue de estándares nacionales de información ampliamente adoptados y mejores prácticas para el entorno construido, con un enfoque en mejorar significativamente la entrega de proyectos y los procesos operativos”(NIMBS, 2022).

Liderazgo del Propietario

La fase de "Liderazgo del Propietario" se enfoca en definir las necesidades específicas y las actividades necesarias para apoyar la adopción e implementación de BIM por parte de los propietarios de los activos. Este enfoque incluye tanto a los sectores público como privado y abarca propietarios de edificios e infraestructuras. El objetivo principal es establecer requisitos consistentes de BIM y asegurar la obtención de información de calidad desde la entrega del proyecto hasta su operación y mantenimiento. Además, se busca fomentar la innovación mediante la inversión en investigación y desarrollo (I+D) y apoyar a los equipos de proyectos que trabajan juntos para explorar innovaciones en la entrega de proyectos. Los propietarios deben superar varios desafíos para adoptar la metodología a lo largo del ciclo de vida del proyecto, incluyendo la implementación de procesos colaborativos que involucren a todos los interesados, el desarrollo de procedimientos de trabajo estandarizados y la obtención del apoyo necesario dentro de la organización.

Implementación del Equipo del Proyecto

La "Implementación del Equipo del Proyecto" está dirigida a identificar las necesidades y recursos para apoyar a diseñadores, constructores, proveedores, consultores y proveedores de tecnología que implementarán BIM en la entrega de proyectos. La inconsistencia en la aplicación de la metodología a la entrega de proyectos limita los beneficios para todas las partes interesadas. Por lo tanto, se priorizan cinco iniciativas clave para avanzar en la implementación de la ejecución de proyectos. Estas incluyen documentar el valor potencial con métricas claras, correlacionar los objetivos con los usos y métodos, demostrar procesos habilitados, identificar prácticas globales de entrega habilitadas por BIM y reconocer proyectos que utilicen estándares abiertos e innovadores. Estas iniciativas están diseñadas para promover la confianza y la colaboración entre los miembros del equipo del proyecto, asegurando que todos trabajen hacia el mismo objetivo de proporcionar valor al propietario.

Estándares y Guías

La fase de "Estándares y Guías" se centra en adaptar y extender los estándares y recursos de orientación de la metodología BIM a nivel nacional e internacional para apoyar la integración consistente, abierta y verificable a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Muchos propietarios de edificios e infraestructuras no tienen requisitos claros y detallados que se apliquen de manera consistente en los procesos de entrega y operación. Tener estándares comunes permite a la industria aprovechar los datos para soportar niveles más altos de integración entre el diseño y la fabricación, además de aumentar las oportunidades para implementar soluciones de diseño y construcción innovadoras. Esta fase incluye el desarrollo y expansión del estándar NBIMS-US, la participación en comités de ISO, la integración del estándar ISO 19650 en el mercado estadounidense y la coordinación con otras organizaciones involucradas en el desarrollo y adopción de estándares.

Compromiso de los Interesados

La fase de "Compromiso de los Interesados" busca identificar y coordinar actividades entre todos los interesados de la industria, desarrollando un caso de negocio claro que responda a por qué el NBIMS es esencial y cómo involucrarse. La industria de la construcción en Estados Unidos está dispersa en varias organizaciones, y hay una necesidad de unirlos en un entorno común. Los recursos actuales están comprometidos con muchos otros proyectos, lo que retrasa las actividades

necesarias y pierde oportunidades para la acción y comunicación oportunas. Además, la industria está saturada de conferencias, contenido y comunicaciones, lo que lleva a una fragmentación y una inversión ineficaz de recursos limitados. Por lo tanto, se identifican cuatro iniciativas principales: un estudio de investigación de mercado, una matriz de valor para los interesados, una estrategia de comunicación y un canal de comunicación oficial.

Educación y Formación

La fase de "Educación y Formación" define las necesidades de educación y formación sobre los estándares de BIM, proporcionando recomendaciones para el desarrollo de programas educativos y potenciales certificaciones. La industria necesita un movimiento cohesivo hacia la educación y formación para propietarios, equipos de proyectos y usuarios. El NIBS está en una posición única para proporcionar un plan integral que incorpore una visión del ciclo de vida. Actualmente, no hay una organización que proporcione un enfoque estándar integral para la formación que incluya educación académica y profesional, así como orientación multidisciplinaria y multifase. Esta fase se centrará en desarrollar un estándar o guía de currículo integral que pueda utilizarse como documento de formación, similar a los proporcionados por LEED, PMI y OSHA, junto con iniciativas de formación enfocadas.

Aspectos Legales y de Seguros

La fase de "Aspectos Legales y de Seguros" se enfoca en identificar enfoques para adaptar estrategias legales y de seguros para apoyar la entrega de proyectos basados en modelos. Es crucial desarrollar una guía sobre cómo incorporar el contenido de los estándares del programa (como ISO 19650 y NBIMS-US) en los contratos principales de los proyectos. Además, esta fase abordará la identificación y cuantificación del cambio en los perfiles de riesgo de los proyectos entregados con diferentes niveles de adopción de BIM. Esto incluirá estudios de caso para evaluar los riesgos, beneficios y desafíos asociados con la adopción en los requisitos contractuales básicos, colaborando con diversas organizaciones que abordan problemas relacionados con la certificación profesional de diseños y la seguridad de los datos del modelo.

5.2 BIM Forum Colombia

“Es la plataforma de articulación de actores y gestión del conocimiento, en torno a la digitalización del sector de la construcción, para el incremento de la productividad en las empresas y de la competitividad de la actividad edificadora en Colombia, cuyo objetivo es promover la transformación digital del sector de la construcción en Colombia”(Camacol, 2023).

Hoja de Ruta de Implementación

BIM Forum Colombia propone la implementación de la metodología BIM a través de cinco etapas, la cual se desarrolló a partir de la experiencia de empresas del sector con el fin de presentar una guía de buenas prácticas para el proceso de implementación.

Inicio

En la etapa de "Inicio", el objetivo principal es preparar el terreno para la implementación en la organización. Esto comienza con la definición de los responsables del proceso. Se debe nombrar un promotor del proceso, que será el líder técnico encargado de la implementación, y un patrocinador a nivel estratégico, generalmente un miembro de la alta dirección, quien garantizará el apoyo y la visibilidad necesarios para el proyecto. A continuación, se realiza un diagnóstico inicial que evalúa la situación actual de la empresa. Este diagnóstico incluye un análisis de los procesos internos, las capacidades del equipo de trabajo, la infraestructura tecnológica existente y el core del negocio. Con esta información, se puede entender mejor el contexto y las necesidades específicas de la empresa en relación con BIM. Además, es fundamental consultar documentos técnicos de soporte, tanto locales como internacionales, para obtener una base teórica sólida sobre la metodología y sus beneficios. Esta fase también implica definir las necesidades específicas que se puede cubrir en la empresa y asegurar el apoyo de la gerencia para el éxito del proyecto (Camacol, 2023).

Planeación

La fase de "Planeación" se centra en delimitar un plan claro y estratégico para la implementación de BIM. Se desarrolla un plan detallado que incluye objetivos a corto, mediano y largo plazo, así como un cronograma y la definición de roles y responsabilidades específicas. Este plan debe estar alineado con la misión y visión de la empresa, asegurando que la estrategia de implementación se integre de manera coherente con los objetivos estratégicos de la organización. Un paso crucial en

esta etapa es la identificación de los usos específicos que se implementarán, lo que ayuda a enfocar los esfuerzos en áreas clave que aportarán el mayor valor a la empresa. También es esencial diseñar un plan de gestión del cambio, que incluya estrategias para manejar la resistencia al cambio y asegurar que todos los miembros de la organización adopten la metodología BIM de manera efectiva. Este plan debe contemplar actividades de comunicación, formación y motivación, creando un entorno propicio para el cambio y la innovación (Camacol, 2023).

Ejecución

La etapa de "Ejecución" consiste en llevar a cabo el plan de implementación BIM previamente delineado. Esto implica desarrollar las capacidades del personal mediante programas de capacitación específicos en metodologías, procesos y herramientas. Estas capacitaciones deben ser tanto técnicas como en habilidades blandas, asegurando que el equipo esté preparado para los cambios que se avecinan. Paralelamente, se debe realizar la transformación tecnológica necesaria, que incluye la implementación de software y hardware adecuados para soportar los procesos. Un aspecto clave de esta fase es el desarrollo de proyectos piloto. Estos proyectos sirven para validar la implementación y hacer ajustes en tiempo real, permitiendo identificar y corregir problemas antes de una implementación a mayor escala. Además, es necesario realizar una reingeniería de los procesos existentes, adaptándolos y optimizándolos para alinearse con los objetivos y métodos. Este enfoque garantiza que la transición a BIM sea fluida y efectiva, minimizando las interrupciones y maximizando los beneficios (Camacol, 2023).

Medición y Seguimiento

La fase de "Medición y Seguimiento" es fundamental para evaluar la efectividad de la implementación BIM. Se desarrollan indicadores de gestión específicos que permiten medir el avance y la eficacia del proceso de implementación. Estos indicadores, también conocidos como KPIs (Key Performance Indicators), proporcionan una visión clara y objetiva del rendimiento en tiempo real. La captura y análisis de datos es crucial durante esta etapa, ya que permite evaluar la eficiencia y el impacto en los proyectos en curso. Estos datos deben recogerse de manera continua y oportuna para garantizar que las mediciones sean precisas y útiles. A partir de este análisis, se identifican oportunidades de mejora continua, permitiendo realizar ajustes y refinamientos en los procesos implementados. Esta etapa garantiza que la empresa no solo implemente BIM de manera

efectiva, sino que también continúe mejorando y adaptándose a medida que se desarrollan nuevas necesidades y desafíos (Camacol, 2023).

Retroalimentación

Finalmente, la etapa de "Retroalimentación" se centra en la mejora continua de los procesos y la implementación de BIM. Se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de los procedimientos y entregables, analizando los resultados de la fase de medición y seguimiento para identificar fortalezas y debilidades. Esta evaluación permite ajustar y actualizar las estrategias de implementación, basándose en los resultados obtenidos y en las lecciones aprendidas a lo largo del proceso. El objetivo es crear un ciclo iterativo de evaluación y mejora, que mantenga la implementación en constante evolución y adaptación a nuevas necesidades y tecnologías. La retroalimentación es vital para asegurar que la metodología se integre de manera efectiva y sostenible en la organización, promoviendo una cultura de mejora continua y optimización de procesos (Camacol, 2023).

5.3 BIM Forum Chile

“BIM Forum Chile es una instancia técnica y permanente que convoca a los principales profesionales e instituciones relacionadas con el Building Information Modeling (BIM) en Chile. Trabaja en coordinación con la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción. Su misión es posicionarse como el principal referente técnico de BIM en el país, convirtiéndose en un punto de encuentro que genera instancias de valor a las empresas y los profesionales en el sector. Además, BIM Forum Chile reúne a más de 80 empresas privadas, instituciones públicas, asociaciones gremiales y academia en relación de BIM” (Bimforum Chile, 2017).

Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones

1. Estructura del Programa

El liderazgo del propietario es fundamental para el éxito de la implementación de BIM. Esta fase implica que los propietarios de proyectos ya sean públicos o privados, asuman un rol proactivo en la adopción de BIM, definiendo claramente sus necesidades y expectativas. Los propietarios deben establecer requisitos de BIM que aseguren la calidad de la información desde la fase de diseño hasta la operación y mantenimiento de los activos. Esto incluye la inversión en investigación y

desarrollo para fomentar la innovación y la adopción de nuevas tecnologías. Además, los propietarios deben colaborar estrechamente con todos los actores del proyecto, asegurando que se implementen procesos colaborativos y estándares que faciliten la integración de BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Bimforum Chile, 2017).

2. Implementación del Equipo del Proyecto

La implementación del equipo del proyecto se centra en identificar y proporcionar los recursos y el apoyo necesario para que diseñadores, constructores, proveedores y consultores adopten BIM de manera efectiva. Esta fase destaca la importancia de la formación y capacitación del personal, así como la necesidad de desarrollar proyectos piloto que permitan validar y ajustar los procesos. Se promueve la creación de equipos de trabajo multidisciplinarios que utilicen la metodología para mejorar la coordinación y comunicación en los proyectos, reduciendo errores y aumentando la eficiencia. Además, se subraya la importancia de establecer métricas claras para evaluar el valor agregado y fomentar la confianza y la colaboración entre todos los miembros del equipo (Bimforum Chile, 2017).

3. Estándares y Guías

La creación y adaptación de estándares y guías es esencial para garantizar una implementación coherente y efectiva de BIM. Esta fase implica el desarrollo de estándares nacionales e internacionales que faciliten la interoperabilidad y el intercambio de información entre diferentes plataformas y software. La guía recomienda la adopción de estándares reconocidos, como el ISO 19650, y la participación en comités internacionales para asegurar que las prácticas en Chile estén alineadas con las mejores prácticas globales. Además, se promueve la creación de guías específicas que ayuden a las organizaciones a adaptar estos estándares a sus necesidades particulares, asegurando que todos los actores del proyecto utilicen un lenguaje común y procedimientos estandarizados (Bimforum Chile, 2017).

4. Compromiso de los Interesados

El compromiso de los interesados es crucial para el éxito de la implementación de BIM. Esta fase se enfoca en identificar y coordinar las actividades entre todos los actores de la industria de la construcción, incluyendo propietarios, diseñadores, constructores, proveedores y reguladores. Se busca desarrollar un caso de negocio claro que demuestre los beneficios y fomente su adopción a

nivel nacional. Además, se recomienda la creación de una estrategia de comunicación efectiva que mantenga informados a todos los interesados y promueva la colaboración y el intercambio de conocimientos. Este compromiso también implica la participación en eventos y conferencias, así como la colaboración con instituciones académicas para formar a futuros profesionales en esta metodología (Bimforum Chile, 2017).

5. Educación y Formación

La educación y formación son pilares fundamentales para la adopción efectiva de BIM. Esta fase implica desarrollar programas de capacitación y formación continua para todos los miembros del equipo del proyecto, desde los niveles ejecutivos hasta los operativos. Se recomienda la creación de un currículo estandarizado que cubra todos los aspectos, incluyendo su aplicación en el diseño, construcción y operación de proyectos. Además, se promueve la certificación de competencias para asegurar que los profesionales estén adecuadamente preparados para utilizar esta metodología. La guía también destaca la importancia de la colaboración con instituciones académicas para integrar en los programas de estudios y preparar a la próxima generación de profesionales (Bimforum Chile, 2017).

5.4 Building Smart Spain

“BuildingSMART Spain es una asociación sin ánimo de lucro cuyo principal objetivo es fomentar la eficacia en el sector de la construcción a través del uso de estándares abiertos de interoperabilidad sobre BIM para alcanzar nuevos niveles en reducción de costes y tiempos de ejecución y aumento de la calidad.

La Asociación está formada por todos los agentes del sector de la construcción: Promotores/Inversores, Constructoras, Ingenierías, Estudios de Arquitectura, Desarrolladores de Software, Facility y Project Managers, Centros de Investigación, Fabricantes de Productos y Materiales, Universidades y Administraciones Públicas” (Buildingsmart Spain, 2021).

BIM: Nuevas Oportunidades

El documento inicia destacando las nuevas oportunidades que BIM ofrece a los propietarios y gestores de activos. Se enfatiza en la capacidad para reducir incertidumbres durante las fases de diseño y construcción, así como para mejorar la toma de decisiones mediante modelos de información que integran datos relevantes sobre los activos. esto permite una gestión más eficiente

y efectiva, contribuyendo a la reducción de desviaciones en plazos, costos y calidad, y mejorando la capacidad de respuesta ante necesidades de mantenimiento y operación (Buildingsmart Spain, 2021).

Situación Actual del BIM

Se presenta un análisis de la situación actual a nivel global y en España, destacando el creciente reconocimiento de su valor estratégico por parte de gobiernos y promotores públicos. En Europa, la adopción está en el centro de la transformación digital del sector de la construcción. En España, aunque el nivel de madurez sigue creciendo, aún queda un largo camino por recorrer para su adopción mayoritaria. El documento menciona iniciativas y mandatos que están impulsando la implementación, como el mandato BIM de la Generalitat de Catalunya (Buildingsmart Spain, 2021).

Beneficios del BIM para Propietarios y Gestores

Este capítulo aborda los beneficios concretos que puede ofrecer a propietarios y gestores de activos. Esto permite disponer de activos más eficientes y eficaces, alineados con los objetivos estratégicos de la organización. Se destacan beneficios como una mejor información sobre el activo, una mayor precisión en los presupuestos, la validación de planificaciones de obra, y la capacidad de simular el comportamiento del edificio antes de su construcción. Además, facilita la colaboración y coordinación entre los distintos agentes involucrados en el proyecto, reduciendo errores y aumentando la eficiencia (Buildingsmart Spain, 2021).

Asset Management y BIM

La gestión de activos (*Asset Management*) y BIM están estrechamente relacionados. La norma ISO 55000 de Gestión de Activos proporciona un marco para la planificación y programación sistemática de los recursos físicos a lo largo de su ciclo de vida. Por su parte, se presenta como una metodología que facilita el diseño y construcción de activos alineados con los objetivos estratégicos de la organización. Se destacan los beneficios de integrar con la gestión de activos, como la mejora del desempeño financiero, la toma de decisiones basada en información, y la mejora de la sostenibilidad y eficiencia organizacional (Buildingsmart Spain, 2021).

5.5 Comparativos de metodologías

1. National Institute of Building Sciences (NIBS)

- **Enfoque:** NIBS se centra en desarrollar estándares y prácticas de gestión de la información para toda la industria de la construcción. Su plan incluye seis líneas de trabajo: liderazgo del propietario, implementación del equipo del proyecto, estándares y orientación, participación de las partes interesadas, educación y formación, y aspectos legales y de seguros.
- **Fases:** Incluye planificación inicial, proyectos exploratorios, desarrollo y primeros logros, transformación avanzada, y planificación estratégica continua.
- **Herramientas:** Utiliza estándares abiertos y flujos de trabajo estandarizados para mejorar la colaboración y la eficiencia.

2. BIM Forum Colombia

- **Enfoque:** Este foro proporciona una hoja de ruta detallada para la implementación de BIM en Colombia, enfocándose en la modernización y digitalización del sector de la construcción.
- **Fases:** Su plan se divide en cinco etapas: inicio, planeación, ejecución, medición y seguimiento, y retroalimentación.
- **Herramientas:** Incluye planes de liderazgo, comunicación y formación, además de proyectos piloto para ajustar y validar la implementación.

3. BIM Forum Chile

- **Enfoque:** BIM Forum Chile se centra en guiar a las organizaciones a través de una adopción estratégica de BIM, apoyada por el liderazgo de la alta dirección.
- **Fases:** Las fases incluyen el liderazgo del propietario, implementación del equipo del proyecto, creación de estándares y guías, compromiso de los interesados, y educación y formación.
- **Herramientas:** Destacan la formación y capacitación, además de la participación en comités internacionales para la adopción de estándares.

4. Building Smart Spain

- **Enfoque:** Esta organización se especializa en promover la eficacia en el sector de la construcción mediante estándares abiertos de interoperabilidad.
- **Fases:** Su enfoque incluye proyectos piloto, desarrollo de estándares y protocolos, evaluación continua y transformación organizacional.
- **Herramientas:** Utiliza normas ISO y se centra en la gestión de activos (Asset Management), vinculando BIM con la norma ISO 55000 para la gestión de recursos físicos.

Los modelos de **NIBS** y **Building Smart Spain** se enfocan en la estandarización y en la gestión de la información y activos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, con un fuerte énfasis en la interoperabilidad y los estándares internacionales.

BIM Forum Colombia y **BIM Forum Chile** adoptan enfoques más integrales y estratégicos, considerando tanto aspectos técnicos como organizacionales, incluyendo la gestión del cambio y el liderazgo estratégico.

Todos los modelos destacan la importancia de la educación y formación continua para asegurar una adopción efectiva de BIM, aunque varían en su énfasis y metodologías específicas para alcanzar estos objetivos.

5.6 Conclusiones de las metodologías de implementación BIM

El análisis y comparación de los distintos modelos de implementación de la metodología BIM, destacando las iniciativas y estrategias de cuatro organizaciones clave: National Institute of Building Sciences (NIBS), BIM Forum Colombia, BIM Forum Chile, y Building Smart Spain. Cada modelo presenta un enfoque único para la adopción de BIM. **NIBS** se centra en desarrollar estándares nacionales e internacionales, con un fuerte enfoque en la estandarización de procesos y la mejora de la colaboración entre los miembros del proyecto. Su plan de implementación incluye fases como liderazgo del propietario, implementación del equipo del proyecto, desarrollo de estándares y guías, y un énfasis en la educación y formación continuas.

BIM Forum Colombia se caracteriza por su enfoque en la modernización y digitalización del sector de la construcción en Colombia. Su metodología incluye una hoja de ruta en cinco etapas: inicio, planeación, ejecución, medición y seguimiento, y retroalimentación. Este enfoque asegura una transición ordenada y gradual hacia la adopción de BIM, con una fuerte implicación de la alta dirección y la implementación de proyectos piloto para validar la metodología.

BIM Forum Chile también enfatiza la importancia del liderazgo del propietario y la formación de equipos de trabajo multidisciplinarios. Este modelo se centra en la creación de guías y estándares para asegurar una implementación coherente de BIM, y destaca la colaboración y coordinación entre los distintos actores de un proyecto.

Building Smart Spain destaca por su enfoque en la gestión de activos, utilizando BIM para mejorar la eficiencia y la eficacia en todo el ciclo de vida de los proyectos. Este modelo se distingue por su integración de normas como ISO 55000, y su énfasis en la sostenibilidad y la toma de decisiones basadas en datos.

Todos los modelos analizados subrayan la importancia de la estandarización, la educación continua y el liderazgo estratégico para una adopción efectiva de BIM. A pesar de sus diferencias, cada uno proporciona un marco valioso para guiar la transformación digital del sector de la construcción en, adaptándose a las necesidades específicas de sus respectivos contextos nacionales y regionales

6 PROPUESTA DE MANUAL IMPLEMENTACIÓN BIM PARA LA MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA CONSTRUCTORA COLOMBIANA

El sector de la construcción en Colombia enfrenta desafíos significativos en términos de productividad, calidad y sostenibilidad. La adopción de la metodología BIM presenta una oportunidad para transformar estos procesos, mejorando la eficiencia y competitividad de las empresas constructoras. Esta propuesta de manual está dirigida en ayudar a implementar la metodología BIM en las micro y pequeñas empresas del sector constructor en Colombia.

6.1 Diagnóstico inicial

Realizar un diagnóstico inicial detallado permite a la empresa entender su punto de partida en el camino hacia la implementación de BIM. Al utilizar encuestas internas y herramientas de medición de madurez BIM, la empresa constructora puede identificar sus capacidades actuales, carencias y oportunidades de mejora, estableciendo una base sólida para un plan de implementación exitoso. Este enfoque estructurado y basado en datos facilita la toma de decisiones informadas y la priorización de acciones para maximizar los beneficios de la metodología BIM.

6.1.1 Recolección de datos al interior de las empresas

Al interior de la empresa se realizarán encuestas con el personal y se medirá la madurez BIM de las empresas, con el fin de conocer las necesidades y obtener información detallada sobre la situación actual de la organización y establecer objetivos respecto a la adopción y uso de la metodología BIM.

6.1.1.1 Encuesta interna en la empresa constructora

Sección 1: Información General

1. Nombre de la Empresa:
2. Cargo:
3. Años de Experiencia en el Sector Construcción:
4. Número de Empleados en la Empresa:

Sección 2: Nivel de Conocimiento y Experiencia en BIM

5. ¿Ha escuchado sobre Building Information Modeling (BIM)?

- Sí
- No

6. ¿Cuál es su nivel de conocimiento sobre BIM?

- Nulo: No tengo ningún conocimiento sobre BIM
- Básico: Conozco los conceptos fundamentales y he tenido una exposición mínima al uso de BIM
- Intermedio: Tengo experiencia práctica y puedo manejar tareas comunes en un entorno BIM, aunque aún me queda por aprender
- Avanzado: Tengo una comprensión profunda y experiencia considerable, puedo liderar proyectos utilizando BIM y capacitar a otros en su uso.

7. ¿Ha recibido alguna formación o capacitación en BIM?

- Sí
- No

8. Si su respuesta anterior fue "Sí", ¿qué tipo de formación ha recibido? (Puede seleccionar más de una opción)

- Cursos en línea
- Seminarios/Talleres
- Formación académica
- Certificaciones profesionales
- Otros (especificar)

9. ¿Cuántos años de experiencia tiene utilizando BIM en proyectos de construcción?

- Ninguno
- Menos de 1 año
- 1-3 años
- Más de 3 años

Sección 3: Uso Actual de Herramientas y Software BIM

10. ¿Utiliza actualmente alguna herramienta o software BIM en sus proyectos?

- Sí
- No

11. Si su respuesta anterior fue "Sí", ¿qué herramientas o software BIM utiliza? (Puede seleccionar más de una opción)

- Autodesk Revit
- Autodesk Navisworks
- Graphisoft ArchiCAD
- Bentley Systems
- Trimble SketchUp
- Otros (especificar)

12. ¿Para qué etapas del proyecto utiliza BIM? (Puede seleccionar más de una opción)

- Diseño
- Planificación
- Construcción
- Operación y mantenimiento
- Otros (especificar)

13. ¿Con qué frecuencia utiliza BIM en sus proyectos?

- Nunca: No utilizo BIM en ninguno de mis proyectos.
- Rara vez: Utilizo BIM en menos del 25% de mis proyectos.
- A veces: Utilizo BIM en aproximadamente el 25%-50% de mis proyectos.
- A menudo: Utilizo BIM en aproximadamente el 50%-75% de mis proyectos.
- Siempre: Utilizo BIM en más del 75% de mis proyectos.

Sección 4: Percepción sobre los Beneficios y Desafíos de BIM

14. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios de implementar BIM en su empresa? (Puede seleccionar más de una opción)

- Mejor coordinación entre equipos
- Reducción de errores y retrabajos
- Mayor precisión en costos y tiempos
- Mejora en la calidad de los proyectos
- Facilita la gestión y mantenimiento de los activos
- Otros (especificar)

15. ¿Cuáles considera que son los principales desafíos para la implementación de BIM en su empresa? (Puede seleccionar más de una opción)

- Falta de conocimiento y capacitación

- Costos de implementación
- Resistencia al cambio
- Incompatibilidad con sistemas actuales
- Falta de apoyo de la alta dirección
- Otros (especificar)

16. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Nada beneficioso" y 5 es "Muy beneficioso", ¿cómo calificaría el impacto potencial de BIM en su empresa?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Sección 5: Capacidades Tecnológicas Disponibles (Hardware y Software)

17. ¿Qué tipo de hardware utiliza actualmente en su empresa? (Puede seleccionar más de una opción)

- Computadoras de escritorio
- Laptops
- Tablets
- Servidores
- Otros (especificar)

18. ¿Considera que su hardware actual es adecuado para soportar herramientas BIM?

- Sí
- No
- No estoy seguro

19. ¿Qué tipo de software utiliza actualmente en su empresa para la gestión de proyectos de construcción? (Puede seleccionar más de una opción)

- Software de diseño (CAD)
- Software de planificación (MS Project, Primavera)
- Software de gestión de construcción
- Software de gestión de activos
- Otros (especificar)

20. ¿Su empresa cuenta con una red de internet adecuada y confiable para el uso de BIM?

- Sí
- No
- No estoy seguro

21. ¿Su empresa tiene acceso a servicios en la nube para almacenar y compartir datos de proyectos?

- Sí
- No
- No estoy seguro

22. ¿Está interesado en recibir más información o capacitación sobre BIM?

- Sí
- No

Sección 6: Cultura y Procesos Organizacionales

23. ¿Conoce la estrategia organizacional de la compañía?

- Sí
- No
- Parcialmente

24. ¿Cree que la estrategia organizacional responde a la necesidad de implementar BIM?

- Sí
- No
- No estoy seguro

25. ¿Conoce los procesos internos de la compañía?

- Sí
- No
- Parcialmente

26. ¿Considera que los procesos internos de la compañía permiten una fácil adaptación de BIM?

- Sí
- No
- No estoy seguro

27. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Muy resistente" y 5 es "Muy abierta", ¿cómo describiría la resistencia al cambio en su organización?

- 1 (Muy resistente)
- 2
- 3
- 4
- 5 (Muy abierta)

28. ¿Cómo describiría los procesos de aprendizaje y retroalimentación en su compañía? (Puede seleccionar más de una opción)

- Estructurados y regulares
- Informales y ocasionales
- No existen
- Otros (especificar)

29. ¿Están claramente definidos los roles y responsabilidades dentro de su organización?

- Sí
- No
- Parcialmente

30. ¿Existen procesos de evaluación de desempeño en su empresa?

- Sí
- No

31. ¿Cuáles son los valores fundamentales de su organización? (Puede seleccionar más de una opción)

- Innovación
- Calidad
- Colaboración
- Integridad
- Sostenibilidad
- Otros (especificar)

6.1.1.2 Matriz de madurez BIM

Una matriz de madurez BIM es una herramienta utilizada para evaluar y medir el grado de implementación y desarrollo de la metodología BIM dentro de una organización o proyecto. Esta matriz permite identificar las capacidades actuales, establecer metas de mejora y trazar un camino para el avance en el uso de BIM. (BIM Thinkspace, 2013)

Mediante un modelo conceptual se clasifican distintos niveles de madurez BIM, tal como se muestra en la tabla 2. Este modelo tiene como objetivo ilustrar la evolución desde los niveles más bajos hacia los más avanzados, reflejando un mejor control al minimizar las diferencias entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

Tabla 2. BIM Maturity index, (tomado de Bim Framework)

Nivel	Nombre de nivel	Clasificación textual	Clasificación numérica
a	Ad-hoc o inicial	Baja madurez	0-19%
b	Definidos	Madurez medio- baja	20-39%
c	Gestionado	Madurez media	40-59%
d	Integrados	Madurez media - alta	60-79%
e	Optimizado	Alta madurez	80-100%

Las tablas de la Matriz de Madurez BIM, específicamente las tablas 3, 4, 5 y 6, están diseñadas para ser utilizadas como herramientas de autoevaluación en organizaciones con un nivel inicial de adopción (Bimeinitiative, 2016). Se recomienda el uso de estas tablas para evaluar el nivel de madurez BIM dentro de la organización.

Evaluación

- “Utilizar tanto las puntuaciones recomendadas (10-40) como – para una evaluación más granular – colores para destacar qué se ha logrado hasta la fecha. Por ejemplo, usar el color gris si no se ha alcanzado la madurez descrita en la celda cuando se hace la evaluación; el color verde si se ha logrado la madurez parcialmente; y color azul si se ha alcanzado totalmente la madurez descrita”.
- “La Madurez es progresiva; no se debería puntuar o colorear una celda si la precedente (a su izquierda) tiene un nivel parcial o no tiene madurez”.
- “Evitar calcular las puntuaciones totales (por columnas o filas) ya que son resultados engañosos” (Bimeinitiative, 2016).

Tabla 3. Matriz de madurez BIM Tecnología, (tomado de Bimeinitiative, 2016).

TECNOLOGÍA basada en una Serie de Capacidades v5					
Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
Software: aplicaciones, entregables y datos	Uso de aplicaciones de software no monitorizado ni regulado. Los Modelos 3D se usan como base para generar principalmente representaciones 2D / entregables precisos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos no se definen dentro de las organizaciones o equipos de proyectos. Los intercambios sufren de una falta grave de interoperabilidad.	El uso / introducción de Software se unifica dentro de una organización o equipos de proyecto (múltiples organizaciones). Los Modelos 3D se utilizan como base para generar tanto entregables 2D como 3D. El uso, almacenamiento e intercambio de datos están bien definidos dentro de las organizaciones y equipos de proyecto. Los intercambios de datos interoperables están definidos y priorizados.	La selección de software y su uso se controla y gestiona de acuerdo con los entregables definidos. Los modelos son la base para las vistas 3D, representaciones 2D, cuantificación, especificación y estudios analíticos. El uso, almacenamiento e intercambio de datos son monitoreados y controlados. El flujo de datos está documentado y bien gestionado. Los intercambios de datos interoperables son obligatorios y se controlan con rigor	La selección e implementación de software sigue objetivos estratégicos, no sólo necesidades operacionales. Los entregables del modelado están bien sincronizados a través de proyectos y estrechamente integrados con los procesos de negocio. El uso, almacenamiento e intercambio de datos interoperables están regulados y se llevan a cabo como parte de una estrategia global de la organización o equipo de proyecto.	La selección / uso de herramientas de software se revisa continuamente para mejorar la productividad y se alinea con los objetivos estratégicos. Los entregables del modelado se revisan / optimizan cíclicamente para beneficiarse de las nuevas funcionalidades y extensiones disponibles de software. Todos los asuntos relacionados con el almacenamiento, uso e intercambio de datos interoperables están documentados, controlados, reflexionados y mejorados de forma proactiva.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Hardware: equipos, entregables y localización/movilidad	Los equipos BIM son inadecuados; las especificaciones son demasiado bajas o inconsistentes en toda la organización. La sustitución o mejora de equipos se considera un coste y sólo se realiza cuando es inevitable.	Las especificaciones de los equipos - adecuados para la realización de productos y servicios BIM - se definen, presupuestan y estandarizan en toda la organización. Las sustituciones y actualizaciones de hardware son partidas de coste bien definidas.	Se dispone de una estrategia para documentar, gestionar y mantener los equipos BIM con transparencia. La inversión en hardware está bien orientada para mejorar la movilidad del personal (en caso necesario) y ampliar la productividad BIM.	Los despliegues de equipos se tratan como facilitadores BIM. La inversión en equipos se integra perfectamente con los planes financieros, estrategias de negocio y los objetivos de desempeño.	Los equipos existentes y las soluciones innovadoras se prueban, actualizan y despliegan continuamente. El hardware BIM se convierte en parte de la ventaja competitiva de la organización o del equipo de proyecto.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Red: soluciones, entregables y control de seguridad/acceso	Las soluciones de red no existen o son ad-hoc. Profesionales, organizaciones (en un lugar/disperso) y equipos de proyecto usan cualquier herramienta para comunicarse o compartir datos. Las partes interesadas carecen de la infraestructura de red necesaria para recopilar, almacenar y compartir conocimientos.	Se identifican soluciones de red para compartir información y controlar su acceso en y entre organizaciones. A nivel de proyecto, los agentes identifican sus requerimientos para compartir datos/información. Las organizaciones y equipos de proyecto dispersos están conectados a través de conexiones de ancho de banda relativamente bajo.	Las soluciones de red para recopilar, almacenar y compartir el conocimiento en y entre organizaciones se gestionan bien a través de plataformas comunes (por ejemplo: intranets o extranets). Se despliegan herramientas de gestión de contenidos y activos para regular los datos estructurados y no estructurados compartidos a través de conexiones de banda ancha.	Las soluciones de red permiten la integración de múltiples facetas del proceso BIM a través del intercambio en tiempo real continuo de datos, información y conocimientos. Las soluciones incluyen redes / portales específicos del proyecto que permiten el intercambio de datos intensivos (intercambio) interoperable entre las partes interesadas.	Las soluciones de red se evalúan continuamente y se sustituyen por las últimas innovaciones probadas. Las redes facilitan la adquisición, almacenar y compartir conocimientos entre todas las partes interesadas. La optimización de datos integrados, los procesos y los canales de comunicación es implacable.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:

Tabla 4. Matriz de madurez BIM Proceso, tomado de (Bimeinitiative, 2016).

PROCESO basado en una Serie de Capacidades v5					
Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
Recursos: infraestructura física y de conocimiento	El entorno de trabajo, o bien no se reconoce como un factor de la satisfacción del personal o puede no ser propicio para la productividad. El conocimiento no es reconocido como un activo; el conocimiento BIM suele compartirse de manera informal entre el personal (a través de consejos, técnicas y lecciones aprendidas).	El entorno de trabajo y las herramientas en el lugar de trabajo se identifican como factores que influyen en la motivación y la productividad. Del mismo modo, el conocimiento es reconocido como un activo; el conocimiento compartido es recopilado, documentado y después transferido de tácito a explícito.	El entorno de trabajo es controlado, modificado y sus criterios gestionados para aumentar la motivación del personal, la satisfacción y la productividad. Además, el conocimiento documentado se almacena adecuadamente.	Los factores ambientales se integran en las estrategias de desempeño. El conocimiento se integra en los sistemas de organización; el conocimiento almacenado se hace accesible y fácilmente recuperable.	Los factores físicos del lugar de trabajo se revisan constantemente para asegurar la satisfacción del personal y un entorno propicio para la productividad. Del mismo modo, las estructuras de conocimiento responsables de la adquisición, representación y difusión se revisan y modifican sistémicamente.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Actividades & Flujos de trabajo: conocimiento, habilidades, experiencia, roles y dinámicas relevantes	No hay procesos definidos; los roles son ambiguos y estructuras de equipo / dinámicas son inconsistentes. El rendimiento es impredecible y la productividad depende de heroicidades individuales. Florece una mentalidad de "trabajo en torno al sistema".	Los roles BIM se definen informalmente y los equipos se forman en consecuencia. Cada proyecto BIM se planifica de forma independiente. Se identifican las competencias BIM y se objetivan; el heroísmo BIM se desvanece a medida que aumenta la competencia, pero la productividad sigue siendo impredecible	La cooperación en las organizaciones aumenta a medida que se ponen a disposición las herramientas para la comunicación entre proyectos. Flujo de información constante; los roles BIM son visibles y los objetivos se consiguen de forma más consistente.	Los roles BIM y los objetivos de competencia se arraigan en la organización. Los equipos tradicionales son sustituidos por otros orientados a BIM a medida que los nuevos procesos se convierten en parte de la cultura de la organización / del equipo del proyecto. La productividad es ahora consistente y predecible.	Los objetivos de competencia BIM mejoran de manera continua para que coincidan con los avances tecnológicos y se alineen con los objetivos organizacionales. Las prácticas de recursos humanos se revisan de forma proactiva para asegurar que el capital intelectual coincida con las necesidades del proceso
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Productos & Servicios: Especificación, diferenciación e I+D	Los entregables de modelos 3D (un producto BIM) sufren de niveles de detalle demasiado altos, demasiado bajos o inconsistentes.	Se dispone una "declaración que define la estructuración de los objetos del modelo 3D".	Adopción de especificaciones de productos / servicios similares a Especificaciones de Progreso del Modelo, 'niveles de información' BIPS o similares.	Los productos y servicios se especifican y diferencian en función de las Especificaciones de Progreso del Modelo o similar.	Los productos y servicios BIM son evaluados constantemente; los bucles de retroalimentación promueven la mejora continua.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Liderazgo & Gestión: Cualidades de organización, estratégicas, de gestión y comunicativas; innovación y renovación	Los líderes / gerentes tienen varias visiones sobre BIM. La implementación de BIM (según los requisitos BIM de la etapa) se lleva a cabo sin una estrategia. En este nivel de madurez, BIM se trata como una corriente tecnológica; la innovación no se reconoce como un valor independiente y no se reconocen las oportunidades de negocios que surgen de BIM.	Los líderes / gerentes adoptan una visión común sobre BIM. La estrategia de implementación de BIM carece de datos procesables. BIM se trata como un proceso de cambio, una corriente tecnológica. Se reconocen las innovaciones de producto y proceso; Se identifican las oportunidades de negocio derivadas de BIM, pero no se explotan.	Se comunica la visión de implementar BIM y es entendida por la mayoría del personal. La estrategia de implementación BIM va de la mano con planes de acción detallados y un régimen de vigilancia. BIM es reconocido como una serie de tecnología, procesos y cambios en las políticas que deben ser gestionados sin poner trabas a la innovación. Se reconocen las oportunidades de negocio derivadas de BIM y se utilizan en las acciones de marketing.	La visión es compartida por el personal de toda la organización y / o los socios del proyecto. La implementación de BIM, sus requisitos y la innovación de procesos / productos están integrados en los canales organizativos, estratégicos, de gestión y de comunicación. Las oportunidades de negocio derivadas de BIM son parte de la ventaja competitiva del equipo, organización o del equipo de proyectos y se utilizan para atraer y mantener a los clientes.	Las partes interesadas han internalizado la visión BIM y se logra activamente. La estrategia de implementación de BIM y sus efectos en los modelos de organización se revisa de forma continua y alineada con otras estrategias. Si son necesarias modificaciones, se implementan de forma proactiva. El producto innovador / las soluciones de procesos y las oportunidades de negocio son codiciados y se persiguen de forma implacable.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:

Tabla 5. Matriz de madurez BIM Política, (tomado de Bimeinitiative, 2016).

POLITICA basada en una Serie de Capacidades v5					
Áreas de Madurez a Granularidad nivel 1	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
Preparatorio: investigación, programas de educación /formación y entregables	Muy poca o ninguna formación a disposición del personal BIM. Los medios educativos / formativos no son adecuadas para alcanzar los resultados buscados.	Se definen los requisitos de formación y por lo general se proporcionan sólo cuando es necesario. Los medios de formación son diversos, permitiendo flexibilidad en la distribución de contenidos.	Los requisitos de formación se gestionan para cumplir con las competencias pre-establecidas y los objetivos de desempeño. Los medios de formación se adaptan a los alumnos y para alcanzar los objetivos de aprendizaje de una manera rentable.	La formación se integra en las estrategias de organización y objetivos de desempeño. La formación se basa típicamente en las funciones del personal y los objetivos de competencia respectivos. Los medios de formación se incorporan en los canales de conocimiento y comunicación.	La formación se evalúa y mejora de forma continua. La disponibilidad de formación y los métodos de entrega se diseñan para permitir el aprendizaje continuo multimodal.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Regulador: códigos, regulaciones, estándares, clasificaciones, directivas y referencias	No hay directrices BIM, protocolos de documentación o estándares de modelado. No hay estándares de documentación y modelado. Los planes de control de calidad son informales o no existen; tampoco para los modelos 3D o la documentación. No hay referencias para procesos, productos o servicios.	Existen unas directrices BIM disponibles (ex: manual de formación y estándares de ejecución BIM). Los estándares de Modelado y documentación están bien definidos, de acuerdo con los estándares aceptados del mercado. Se fijan los objetivos de calidad y las referencias de desempeño.	Hay unas directrices BIM detalladas disponibles (formación, estándares, flujos, excepciones...). El modelado, la representación, la cuantificación, las especificaciones y las propiedades analíticas de los modelos 3D se gestionan mediante estándares de modelado detallado y planes de calidad. Se monitoriza y controla estrechamente el desempeño frente a referencias del mercado.	Las directrices BIM están integradas en las políticas globales y las estrategias de negocio. Los estándares BIM y las referencias de desempeño se incorporan en los sistemas de gestión de calidad y de mejora de ejecución.	Las directrices BIM se redefinen continua y proactivamente para reflejar las lecciones aprendidas y las mejores prácticas de la industria. Se alinean continuamente la mejora de calidad y el cumplimiento de normativa y regulaciones. Las referencias se revisan de forma reiterada para asegurar la mayor calidad en procesos, productos y servicios.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Contractual: responsabilidad, asignación de riesgos y beneficios	La dependencia de los acuerdos contractuales pre-BIM. No se reconocen los riesgos relacionados con la colaboración basada en el modelo o se ignoran.	Se reconocen los requisitos BIM. "La declaración que define la responsabilidad de cada una de las partes interesadas en relación con la gestión de la información" ya está disponibles.	Existe un mecanismo para la gestión compartida de la propiedad intelectual BIM, la confidencialidad, la responsabilidad y un sistema para la resolución de conflictos BIM.	Las organizaciones están alineadas a través de la confianza y la dependencia mutua más allá de las barreras contractuales.	Las responsabilidades, riesgos y beneficios se analizan de forma continua y readaptan al esfuerzo. Se modifican los modelos contractuales para lograr mejores prácticas y mayor valor para todas las partes interesadas.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Modelado basado en objetos: uso en una sola disciplina en una fase del ciclo de vida	Implementación de una herramienta basada en objetos. No se identifican cambios de proceso o en las políticas para acompañar esta implementación.	Se han acabado los proyectos piloto. Se identifican los requisitos del proceso y de la política BIM. Se prepara la estrategia de implementación y los planes de detalle.	Se instigan, estandarizan y controlan los procesos y la política BIM.	Las tecnologías, procesos y política BIM están integradas en las estrategias de organización y alineadas con los objetivos de negocio.	Las tecnologías, procesos y política BIM se revisan continuamente para beneficiarse de la innovación y alcanzar los objetivos de desempeño más altos.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:

Tabla 6. Matriz de madurez BIM Escala ORG, (tomado de Bimeinitiative, 2016).

ESCALA ORG					
Áreas de Madurez a Granularidad nivel I	a INICIAL (0 puntos)	b DEFINIDO (max 10 puntos)	c GESTIONADO (max 20 puntos)	d INTEGRADO (max 30 puntos)	e OPTIMIZADO (max 40 puntos)
Colaboración basada en el Modelo: multidisciplinar, intercambio por la vía rápida de modelos	Colaboración Ad-hoc BIM; las capacidades internas de colaboración son incompatibles con los socios del proyecto. Puede faltar confianza y respeto entre los participantes en el proyecto.	Colaboración BIM uno a uno, bien definida todavía reactiva. Hay señales identificables de la confianza mutua y el respeto entre los participantes del proyecto.	Colaboración proactiva entre las múltiples partes; los protocolos están bien documentados y gestionados. Existe confianza mutua, respeto y riesgos y beneficios compartidos entre los participantes del proyecto.	Colaboración entre las múltiples partes que incluye a los actores aguas abajo. Se caracteriza por la participación de los actores clave durante las fases iniciales del ciclo de vida del proyecto.	Equipo integrado por múltiples partes que incluye a todos los actores clave en un entorno caracterizado por la buena voluntad, la confianza y el respeto.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Integración basada en la red: intercambio concurrente interdisciplinario de modelos de ND a lo largo de las Fases del Ciclo de Vida del Proyecto	Los modelos integrados son generados por una serie limitada de participantes en el proyecto - posiblemente bajo barreras corporativas. La integración se produce con guías de procesos, normas o protocolos de intercambio poco o no predefinidos. No hay una propuesta formal de las funciones y responsabilidades de los participantes.	Los modelos integrados son generados por un gran subconjunto de los participantes en el proyecto. La integración sigue guías de proceso, normas y protocolos de intercambio predefinidos. Se distribuyen las responsabilidades y los riesgos se mitigan a través de medios contractuales.	Los modelos integrados (o partes de) son generados y gestionados por la mayoría de los participantes en el proyecto. Las responsabilidades dentro de alianzas temporales de proyecto o asociaciones a más largo plazo son claras. Los riesgos y beneficios se gestionan y distribuyen de forma activa.	Los modelos integrados son generados y gestionados por todos los participantes clave del proyecto. La integración basada en la red es la norma y el foco no está en la forma de integrar modelos / flujos de trabajo, sino en la detección y resolución proactiva de los desajustes de tecnología, procesos y políticas.	Se revisa y optimiza continuamente la integración de modelos y flujos de trabajo. Un equipo de proyecto interdisciplinario, estrechamente unido, persigue de forma activa nuevas eficiencias, entregables y alineaciones. Los modelos integrados son resultado de la aportación de muchos participantes en la cadena de suministro de la construcción.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Organizaciones: dinámicas y entregables BIM	No existe un liderazgo BIM; la implementación depende de los campeones de la tecnología.	Se formaliza el liderazgo BIM; los diferentes roles en el proceso de proceso de implementación están definidos.	Los roles BIM Predefinidas se complementan entre ellos en la gestión del proceso de implementación.	Los roles BIM están integrados en las estructuras de liderazgo de la organización.	El liderazgo BIM muta continuamente para permitir nuevas tecnologías, procesos y entregables
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Equipos de Proyecto: (múltiples organizaciones): dinámicas y entregables BIM interorganización	Cada proyecto se ejecuta de forma independiente. No existe ningún acuerdo entre los agentes que intervienen para colaborar más allá del proyecto común actual	Los participantes piensan más allá de un solo proyecto. Se definen y documentan los protocolos de colaboración entre participantes del proyecto.	La colaboración entre múltiples organizaciones en varios proyectos se gestiona a través de alianzas temporales entre participantes.	Los proyectos de colaboración los realizan organizaciones interdisciplinares o equipos de proyectos multidisciplinares; una alianza entre muchos actores clave.	Los proyectos de colaboración son realizados por equipos de proyectos interdisciplinares auto-optimizados, que incluyen a la mayoría de los participantes
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:
Mercados: dinámicas y entregables BIM (aplicar este asunto sólo si es asistido por un asesor formado)	Muy pocos componentes BIM generados por proveedores (productos y materiales virtuales que representan a los físicos). La mayoría de los componentes los preparan los desarrolladores de software y los usuarios finales.	Los componentes BIM generados por proveedores cada vez son más asequibles a medida que los fabricantes / proveedores identifican los beneficios del negocio.	Los componentes BIM están disponibles a través de repositorios centrales de muy fácil acceso / búsqueda. Los componentes no están conectados de forma interactiva a las bases de datos de los proveedores.	El acceso a los repositorios de componentes está integrado en el software BIM. Los componentes están vinculados a bases de datos fuente de forma interactiva (por precio, disponibilidad, etc. ...).	La generación e intercambio de componentes BIM dinámica, por múltiples vías (productos y materiales virtuales) entre todos los interesados en el proyecto a través de repositorios centrales o en red.
	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:	Puntuación:

6.2 Gestión del cambio para la implementación BIM en las micro y pequeñas empresas constructoras

La gestión del cambio es un proceso estructurado que guía a las organizaciones en la transición desde su estado actual hacia un estado deseado. Este proceso incluye una serie de pasos y prácticas diseñadas para asegurar que el cambio sea efectivo y sostenible, minimizando la resistencia y maximizando la participación y el compromiso de los empleados (HBS, 2020). esto con base a los resultados de las encuestas realizadas al interior de la organización y con la medición de la madurez BIM.

La gestión del cambio es esencial porque permite a las organizaciones adaptarse de manera efectiva a nuevas circunstancias, mejorar la eficiencia operativa, y mantener la competitividad en el mercado. Una gestión del cambio bien ejecutada puede aumentar significativamente la probabilidad de éxito de los proyectos de transformación, reduciendo los riesgos asociados y asegurando que los cambios sean aceptados y sostenidos a largo plazo.

Para el desarrollo de este trabajo de grado tuvimos en cuenta las encuestas recolectadas realizadas por Camacol – BIM Forum Colombia, Banco Interamericano de Desarrollo – Federación Interamericana de la Industria de la Construcción y Clúster Hábitat Sostenible Medellín y Antioquia – Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia; identificando las siguientes necesidades y desafíos clave para la implementación de BIM en las micro y pequeñas empresas constructoras, las cuales se tendrán en cuenta para gestionar el cambio durante la implementación de la metodología BIM a través del modelo ADKAR, la cual es una de tantas metodologías que existen para gestionar el cambio:

1. Dificultad en el cambio cultural.
2. Costo de software y tecnologías específicas como impedimento.
3. Importancia de implementar BIM en los próximos 5 años.
4. Uso principal de BIM en diseño y planificación, con uso limitado en construcción.
5. Mejora en la coordinación de la información y comunicación a través de BIM.
6. Falta de medición de madurez BIM.

6.2.1 Gestión del cambio basada en el Modelo ADKAR

El modelo Adkar *“Es un modelo para gestión de cambio organizacional y se fundamenta en la medición individual que permite que cada individuo supere las etapas que lo componen. El utilizar este modelo dentro los proyectos y empresa puede permitir dos beneficios importantes: Hablar el mismo idioma alrededor de gestionar el cambio organizacional Y Tomar acciones apropiadas para que las personas se integren a los cambios”* (Camacol 2023), cuyas siglas significan:

1. Awareness (Conciencia)
2. Desire (Deseo)
3. Knowledge (Conocimiento)
4. Ability (Habilidad)
5. Reinforcement (Refuerzo)

Aplicación del Modelo ADKAR a la Implementación de BIM

“La adaptación al cambio se ha convertido, hoy en día, en una habilidad vital y necesaria de toda empresa. Las organizaciones deben evolucionar al ritmo de la sociedad” (Banco Pichincha, 2023). Y *“Aceptar el cambio es a menudo un proceso complejo del que no todos quieren ser parte. Esta resistencia es normal por la incertidumbre e inseguridad que genera. Gestionar el cambio facilita la aceptación y crea menos resistencia”* (Banco pichincha, 2023).

Cada letra del Modelo ADKAR representa una fase que toda empresa o individuo debe seguir para implementar con éxito el cambio deseado en la organización. Cada fase es un paso esencial que debe completarse para facilitar la aceptación del cambio.

1. Awareness (Conciencia)

“Es el primer paso e implica la necesidad de comprender la necesidad del cambio individual como organizacional” (fourweekMBA, 2024), cuyo objetivo es crear conciencia sobre la necesidad del cambio y los beneficios de implementar la metodología BIM en la micro y pequeña empresa constructora colombiana a través de talleres y sesiones informativas para concienciar al personal sobre la importancia y ventajas de esta metodología de acuerdo con el diagnóstico inicial para identificar las necesidades y beneficios que con lleva implementarla.

En este paso es recomendable alinear los objetivos de implementación de BIM con la misión y visión de la empresa constructora. Una misión que asegure que los objetivos de implementación

de BIM en términos de calidad, eficiencia e innovación y una visión que contribuya a ser la empresa de ser líder en la industria de la construcción mediante el uso de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles.

2. Desire (Deseo)

“El deseo se relaciona con la motivación y la voluntad de participar activamente en el proceso de cambio” (fourweekMBA, 2024), fomentando el deseo de participar y apoyar el cambio hacia la implementación de la metodología BIM la empresa constructora, esto se logra involucrando a los líderes de los procesos o de las áreas en la empresa para que promuevan activamente el cambio facilitando la participación del personal en el diseño y planificación de la implementación ofreciendo incentivos y reconociendo los esfuerzos del personal en apoyar el cambio.

En esta etapa es importante definir metas específicas para que los objetivos de implementación sean alcanzables en el tiempo; entre estas destacan metas a corto, mediano y largo plazo

- **Corto Plazo (1-2 años):** Definir metas inmediatas que sean alcanzables en un periodo corto, como la capacitación del personal en BIM o la implementación de un proyecto piloto.

Ejemplos:

- ✓ Capacitar al 50% del personal en herramientas y metodologías BIM dentro de 12 meses. Indicador de Éxito: Número de empleados capacitados y certificados en BIM. Indicador de Éxito: Número de personas capacitadas en metodología BIM en la empresa.

- **Mediano Plazo (3-5 años):** Establecer metas que incluyan la adopción más amplia de BIM en varios proyectos y la optimización de procesos internos.

Ejemplos:

- ✓ Implementar BIM en el 70% de los proyectos en los próximos 3 años. Indicador de Éxito: Porcentaje de proyectos que utilizan BIM.
- ✓ Mejorar los procesos internos mediante la integración de BIM con otros sistemas de gestión de proyectos. Indicador de Éxito: Reducción de tiempos y costos en los proyectos.

- **Largo Plazo (más de 5 años):** Plantear metas a largo plazo, como la completa integración de BIM en todos los proyectos de la empresa y el uso de tecnologías avanzadas relacionadas con BIM.

Ejemplos:

- ✓ Integración completa de la metodología BIM en todos los proyectos de la empresa en los próximos 5 años. Indicador de Éxito: Porcentaje de proyectos con integración completa de BIM.
- ✓ Utilizar tecnologías avanzadas relacionadas con BIM, como realidad aumentada y análisis predictivo. Indicador de Éxito: Implementación y uso de tecnologías avanzadas en proyectos.

3. Knowledge (Conocimiento)

“El conocimiento implica proporcionar a las personas la información y las habilidades necesarias para afrontar el cambio” (fourweekMBA, 2024), con el objetivo de proporcionar el conocimiento necesario para implementar y utilizar la metodología BIM de manera efectiva capacitando al personal en el uso de herramientas, dando acceso a recursos educativos y formativos sobre esta metodología.

Es importante en esta etapa definir los roles BIM dentro de la empresa constructora; estos roles son funciones específicas y responsabilidades asignadas a individuos dentro de los distintos procesos en la empresa. Estas funciones se pueden evaluar en términos de desempeño y están basadas en competencias y habilidades particulares. Estos roles pueden ser adaptados a los perfiles actuales en la organización o requerir el desarrollo de nuevas competencias. Al definir roles, se deben considerar los perfiles ya existentes, evaluando sus competencias, capacidades y comportamientos. Es esencial analizar cómo se alinean las funciones y responsabilidades específicas de cada rol con los objetivos de desarrollo profesional antes de proceder a su asignación (Camacol 2023).

Entre los roles destacan el BIM manager, coordinador BIM, especialista BIM, modelador BIM.

BIM manager

Es el encargado de marcar las directrices de la implementación de la metodología BIM en una organización o proyecto a medio y largo plazo. Ajustando procesos y estándares BIM con los requerimientos del proyecto, también coordina la colaboración entre diferentes disciplinas. Este rol es crucial para mantener la consistencia y calidad en los modelos BIM al definir los procesos y métodos de intercambio de información entre los diferentes interesados (Camacol 2023).

Coordinador BIM

Trabaja bajo la supervisión del BIM Manager y se enfoca en la coordinación técnica de los modelos BIM entre las distintas disciplinas (arquitectura, estructuras, instalaciones, etc.), también *“define el alcance el trabajo que desarrolla el rol del modelador BIM y audita la calidad de los entregables”* (Camacol 2023), identifica y resuelve conflictos dentro del modelo asegurando la calidad del proyecto BIM.

Especialista BIM

Profesional con conocimientos avanzados en BIM, *“es el responsable técnico de su especialidad modela o analiza la información asociada a los modelos BIM para la coordinación de proyectos, programación, cuantificación, fabricación, entre otros”* (Camacol 2023).

Modelador BIM

Responsable de la creación y actualización de modelos 3D usando software BIM. Colabora estrechamente con diseñadores y coordinadores para asegurarse de que el modelo cumple con los requisitos del proyecto y refleja fielmente el diseño (Camacol 2023).

4. Ability (Habilidad)

El objetivo es desarrollar las habilidades necesarias para implementar y utilizar BIM de manera efectiva de acuerdo con el conocimiento adquirido en la etapa de conocimiento, estableciendo mecanismos para recibir y actuar sobre retroalimentación continua a través del monitoreo y retroalimentación asegurando que el proceso de implementación de la metodología BIM se ajuste continuamente en función de la retroalimentación del personal y de los resultados obtenidos.

En esta etapa se recomienda:

- ✓ Establecer reuniones semanales o quincenales con los líderes de procesos con el fin de revisar avances y logros, identificar desafíos o problemas encontrados, y así dar propuestas de soluciones y mejoras a través de un documento o acta las acciones acordadas y asignar responsabilidades y plazos para implementación y mejoras.
- ✓ Realizar encuestas de retroalimentación trimestrales o semestrales a todo el personal involucrado con los procesos o con el proyecto BIM, donde se realicen preguntas sobre la efectividad de las herramientas utilizadas, evaluación del soporte y capacitación recibida y sugerencias para mejorar el proceso usado de acuerdo con la metodología BIM. Y de acuerdo con los resultados de las encuestas desarrollar un plan de acción y compartir los resultados y el plan de acción con todo el personal involucrado.

Ejemplo de encuesta de retroalimentación:

1. Efectividad de las Herramientas BIM:

- ¿Qué tan efectiva encuentras las herramientas BIM (Revit, Navisworks, etc.) para tu trabajo diario?
 - Muy efectiva
 - Efectiva
 - Poco efectiva
 - Inefectiva

- Comentarios adicionales:

2. Soporte y Capacitación:

- ¿El soporte técnico que has recibido es adecuado?
 - Muy adecuado

- Adecuado
- Poco adecuado
- Inadecuado
- ¿Consideras que la capacitación recibida ha sido suficiente?
 - Sí
 - No
- Sugerencias para mejorar el soporte y la capacitación:

3. Sugerencias Generales:

- ¿Tienes alguna sugerencia para mejorar el proceso de implementación de BIM en la empresa?

5. Reinforcement (Refuerzo)

El objetivo es de asegurar que los cambios se mantengan y se refuercen continuamente evaluando regularmente el uso de la metodología BIM y los resultados obtenidos proporcionando retroalimentación y reconocimiento continuo para reforzar las prácticas deseadas y de esta manera ajustar las políticas y procedimientos internos para apoyar el uso sostenido de la metodología BIM.

6.2.2 Plan de implementación BIM

El plan de implementación de la metodología BIM está diseñado para guiar a las micro y pequeñas empresas constructoras en Colombia en la adopción y utilización de la metodología BIM de manera efectiva. Utilizando la metodología de los 5W1H el cual “*es un planteamiento de preguntas y un método de resolución de problemas que pretende ver las ideas desde varias perspectivas con el objetivo de comprender en profundidad una situación concreta*” (Safetyculture 2024), buscando así brindar una estructura para cada fase del proceso, asegurando que todas las áreas clave sean abordadas para un despliegue exitoso centrándose en responder seis preguntas críticas para asegurar una comprensión completa y un enfoque detallado del proyecto: ¿Qué? (What), ¿Por qué? (Why), ¿Quién? (Who), ¿Dónde? (Where), ¿Cuándo? (When) y ¿Cómo? (How).

1. ¿Qué? (What)

Se refiere a la descripción de lo que se desea lograr y las actividades necesarias para alcanzarlo. En el contexto de la implementación de BIM, esto implica identificar claramente los objetivos, actividades y resultados esperados.:

- Modelado 3D detallado de todos los componentes del proyecto.
- Coordinación y colaboración entre diferentes disciplinas y equipos.
- Gestión de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desde la planificación hasta la operación.
- Realización de análisis y simulaciones para prever y resolver problemas antes de la construcción.

2. ¿Por qué? (Why)

Explora las razones y justificaciones detrás de la implementación del proyecto. Entender el "por qué" es crucial para alinear a todos los stakeholders y asegurar el compromiso con los objetivos del proyecto.

Justificación y Beneficios

La adopción de BIM ofrece múltiples beneficios que justifican su implementación, entre ellos:

- **Mejora en la coordinación:** Minimiza los conflictos y errores de diseño.
- **Reducción de costos:** Disminuye el retrabajo y optimiza el uso de materiales.
- **Ahorro de tiempo:** Acelera los procesos de diseño y construcción.
- **Calidad y precisión:** Aumenta la precisión en las estimaciones y la calidad del proyecto final.
- **Competitividad:** Mejora la posición de la empresa en el mercado al adoptar tecnologías avanzadas.

3. ¿Quién? (Who)

Identifica a las personas y roles involucrados en la implementación del proyecto. Es esencial definir claramente los responsables y participantes para asegurar una ejecución coordinada y eficiente.

Responsables y Roles

La implementación de BIM requiere la participación y colaboración de varias partes interesadas:

- **Directores y Gerentes de Proyecto:** Lideran la estrategia y aseguran el alineamiento con los objetivos empresariales.
- **Equipo de BIM:** Incluye BIM Managers, Modeladores BIM y Coordinadores BIM, quienes son responsables de desarrollar y gestionar los modelos BIM.
- **Proveedores de Tecnología:** Suministran el software y hardware necesario para el desarrollo de BIM.
- **Personal de la Empresa:** Todos los empleados deben ser capacitados en el uso y beneficios de BIM para asegurar una adopción efectiva.

4. ¿Dónde? (Where)

Identifica los lugares y contextos donde se llevará a cabo la implementación del proyecto. Es importante definir claramente los ámbitos de implementación para asegurar una adecuada coordinación y logística.

Ámbitos de Aplicación

La implementación de BIM se llevará a cabo en diversas áreas de la empresa:

- **Oficinas Centrales:** Para la gestión y coordinación general de los proyectos BIM.
- **Sitios de Construcción:** Para la aplicación práctica de los modelos y técnicas BIM.
- **Centros de Capacitación:** Para la formación continua del personal en herramientas y procesos BIM.

5. ¿Cuándo? (When)

Se refiere a los tiempos y plazos de ejecución del proyecto. Incluye la planificación del cronograma de actividades y la definición de hitos para asegurar el cumplimiento de los objetivos dentro de los plazos establecidos.

Cronograma de Actividades y Hitos

El cronograma de implementación se estructura en un periodo de tres años, con actividades e hitos clave que aseguran el cumplimiento de los objetivos, un ejemplo de cronograma puede ser el siguiente:

- **Año 1:**
 - **Mes 1-2:** Evaluación inicial y diagnóstico del estado actual de la empresa.
 - **Mes 3-4:** Adquisición de software y hardware necesarios.
 - **Mes 5-6:** Capacitación inicial del equipo en herramientas y procesos BIM.
 - **Mes 7-12:** Ejecución de proyectos piloto para validar y ajustar procesos.
- **Año 2:**
 - **Mes 1-6:** Expansión del uso de BIM en todos los proyectos de la empresa.
 - **Mes 7-12:** Evaluación de resultados y ajuste de procesos basados en los proyectos piloto.
 - **Mes 1-12:** Capacitación continua y avanzada para el personal.
- **Año 3:**
 - **Mes 1-6:** Consolidación de las prácticas BIM y adopción generalizada en la empresa.
 - **Mes 7-12:** Evaluación continua y mejora de procesos.

6. ¿Cómo? (How)

Detalla las estrategias y métodos específicos que se utilizarán para llevar a cabo el proyecto. Incluye el plan de acción concreto y los recursos necesarios para la implementación.

Estrategias y Procedimientos

Para asegurar una implementación exitosa, por ejemplo, se pueden adoptar las siguientes estrategias y procedimientos:

- **Transformación de la Infraestructura Tecnológica:** Actualización de equipos y adquisición de software especializado en BIM.
 - **Paso 1:** Realizar una auditoría de los equipos y software actuales.
 - **Paso 2:** Identificar y adquirir software BIM (por ejemplo, Revit, Navisworks, etc.).
 - **Paso 3:** Actualizar hardware para cumplir con los requisitos del software BIM.
- **Plan Estratégico de Capacitaciones:** Desarrollo de programas de formación continua para todo el personal.
 - **Paso 1:** Identificar las necesidades de capacitación del personal.
 - **Paso 2:** Desarrollar un programa de formación inicial y continua.

- **Paso 3:** Evaluar la efectividad de las capacitaciones y ajustar según sea necesario.
- **Plan de Difusión:** Campañas internas de comunicación y sensibilización para fomentar la adopción de BIM.
 - **Paso 1:** Desarrollar materiales de comunicación sobre BIM.
 - **Paso 2:** Realizar talleres y sesiones informativas.
 - **Paso 3:** Crear un canal de comunicación continua para resolver dudas y compartir avances.

Presupuesto Necesario

En este punto también se debe establecer el presupuesto total estimado para la implementación de la metodología BIM y de cómo se va a distribuir, un ejemplo de distribución podría ser:

- **Adquisición de Software y Hardware.**
- **Capacitaciones.**
- **Consultorías y Asesorías Externas.**
- **Costos Operativos y Administrativos.**

6.2.3 Plan de Capacitación y Formación para la Implementación de la metodología BIM

De acuerdo con la gestión del cambio para la implementación de la metodología BIM a través del modelo ADKAR, se proporcionará el conocimiento necesario para desarrollar las capacidades del personal para utilizar la metodología BIM de manera efectiva, donde se proponen los siguientes pasos

Paso 1: Identificación de Necesidades de Capacitación

De acuerdo con las necesidades identificadas en el diagnóstico inicial, se debe realizar un análisis de las habilidades actuales del personal utilizando los datos obtenidos de las encuestas internas de la organización. Este análisis permitirá identificar brechas en competencias y habilidades relacionadas con la metodología BIM, con el fin de definir los objetivos de capacitación adecuados. Por ejemplo, el diagnóstico puede revelar la necesidad de fortalecer el conocimiento en la creación y gestión de modelos 3D, carencia del hardware adecuado, o la necesidad de definir los roles adecuadamente.

Paso 2: Implementar Programas de Formación Continua en Metodologías, Procesos y Herramientas BIM

De acuerdo con las necesidades identificadas en el paso anterior y en los objetivos definidos sobre la capacitación en la metodología BIM se debe investigar y seleccionar programas de capacitación BIM disponibles en Colombia, por ejemplo, como se muestra en la tabla 7, para programar y coordinar sesiones de formación para el personal asegurando la participación continua de los colaboradores en estos programas.

Ejemplo de recomendaciones de Programas de Capacitación en Colombia:

Tabla 7. Recomendaciones de programas de capacitación BIM en Colombia.

Universidad	Curso/Diplomado	Duración	Costo	Modalidad
Pontificia Universidad Javeriana	Building Information Modeling	100 horas	5.1846 SMMLV - \$6,740,000 COP	Virtual
https://educacionvirtual.javeriana.edu.co/building-information-modeling				
Universidad de los Andes	Certificación BIM Modeller Architecture	53 horas - 9 sesiones - 9 semanas	2.4538 SMMLV - \$3,190,000 COP	Virtual v
https://educacioncontinua.uniandes.edu.co/es/programas/certificacion-bim-modeller-architecture				
Universidad de los Andes	Building Information Modeling (BIM) para proyectos exitosos	16 horas - 6 sesiones - 5 semanas	0.9985 SMMLV - \$1,298,000 COP	Virtual
https://educacioncontinua.uniandes.edu.co/es/programas/building-information-modeling-bim-para-proyectos-exitosos				
Universidad Nacional de Colombia	Metodología BIM Tekla Structures Acero	39 horas	0.7538 SMMLV - \$980,000 COP	Virtual
https://ingenieria.unal.edu.co/uecp/component/sppagebuilder/?view=page&id=171				
Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca	Especialización tecnológica en metodología BIM para el desarrollo de proyectos de edificación	2 semestres	4.6 SMMLV - \$5,980,000 COP	Presencial
https://www.unicolmayor.edu.co/atencion-servicios-ciudadania/programas/posgrados/especializacion-tecnologica-metodologia-bim-para-desarrollo-proyectos				
Universidad EAN	Building Information Modeling en gestión integral de edificaciones	13 semanas – 100 horas	2.3077 SMMLV - \$3,000,000 COP	Virtual
https://universidadean.edu.co/programas/diplomados/bim-building-information-modeling-en-gestion-integral-de-edificaciones				
Universidad de San Buenaventura	Gestión de proyectos BIM	128 horas	1.7683 SMMLV - \$2,298,750 COP	(Bimodal) Presencial y virtual
https://usbmed.edu.co/educacion-continua/diplomado-gestion-de-proyectos-bim				

Universidad Piloto de Colombia	Virtual en BIM	120 horas	Información no disponible	100% virtual
https://www.unipiloto.edu.co/diplomado-virtual-en-bim/				
Universidad de los Andes	Gestión de herramientas Building Information Modeling (BIM) para proyectos de vanguardia	192 horas -16 sesiones - 16 semanas	5.1846 SMMLV - \$6,740,000 COP	Virtual
https://educacioncontinua.uniandes.edu.co/es/programas/gestion-de-herramientas-building-information-modeling-bim-para-proyectos-de-vanguardia				
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	BIM para proyectos de edificación	48 horas	0.6923 SMMLV - \$900,000 COP	Presencial
https://www.utadeo.edu.co/es/continuada/educacion-continua/53376/bim-para-proyectos-de-edificacion				

6.2.4 Plan de Implementación de Estándares en metodología BIM

Para la implementación de estándares en metodología BIM se recomienda adoptar los propuestos en la norma ISO 19650, la cual *“es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida de los mismos”* (BuildingSmart Spain 2021)

Al usar las normas ISO 19650 se cubren todas las fases del ciclo de vida del activo, desde la planificación y diseño hasta la operación y mantenimiento. Los documentos clave incluyen:

- ✓ **ISO 19650-1:** Conceptos y principios generales.
- ✓ **ISO 19650-2:** Requisitos para la fase de entrega de los activos.
- ✓ **ISO 19650-3:** Gestión de la información durante la fase operativa.
- ✓ **ISO 19650-4:** Producción colaborativa de la información.
- ✓ **ISO 19650-5:** Requisitos de seguridad de la información.

Estos estándares facilitan la interoperabilidad y la colaboración entre diferentes herramientas y plataformas BIM.

6.2.5 Implementación de Proyectos Piloto para la implementación de la metodología BIM

El objetivo de la implementación de proyectos piloto para BIM es validar y ajustar el plan de implementación de la metodología BIM a través de proyectos seleccionados. Como se muestra en la figura 20, estos proyectos piloto permitirán a la empresa evaluar la efectividad de la metodología BIM en un entorno controlado, para identificar y resolver problemas potenciales, y recopilar datos valiosos que informarán el estado de la adopción. Además, estos proyectos ayudarán a establecer o modificar mejores prácticas y estándares que se pueden aplicar en futuros proyectos, mejorando así la eficiencia, calidad y colaboración en la ejecución de proyectos de construcción.

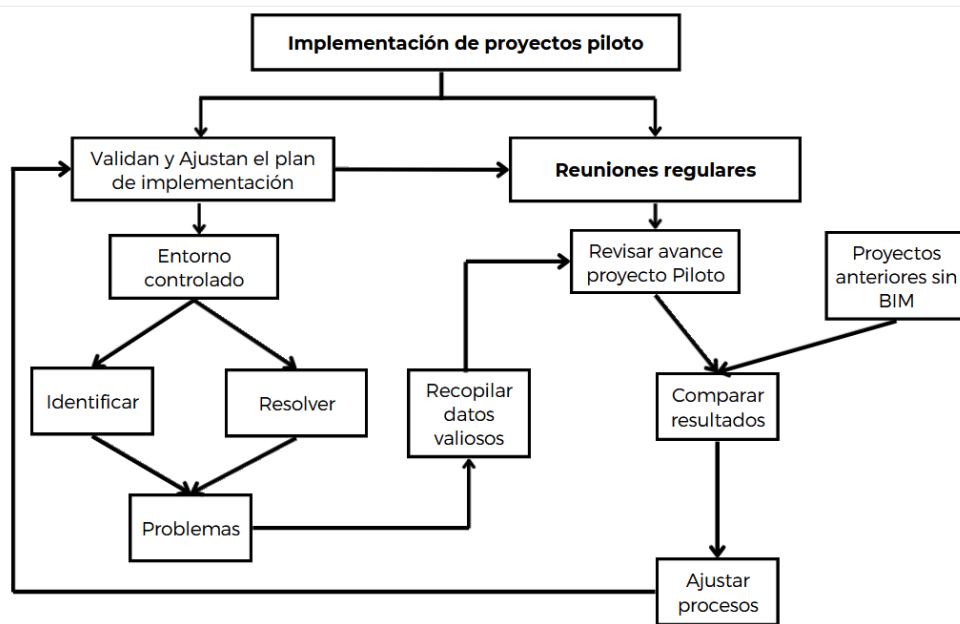


Figura 20. Implementación de proyectos piloto.

Se recomienda realizar una revisión completa del portafolio de proyectos actuales y futuros y así identificar proyectos que sean representativos y las fases de desarrollo en los que la empresa está involucrada apoyándose en los Stakeholders o los principales interesados (gerentes de proyectos, directores de construcción, etc.) para identificar proyectos adecuados.

Una vez revisado el portafolio de proyectos se debe definir unos criterios de selección, donde preferiblemente sean proyectos de tamaño mediano a grande con un alto nivel de complejidad técnica y que se encuentren en etapas iniciales (fase de diseño o planificación) asegurándose que

se cuenten con todos los recursos necesarios para desarrollarlo, esto con el fin de poder evaluar el impacto de la implementación de la metodología BIM en términos de calidad, costo y tiempo.

Monitorear el Proceso y analizar resultados

Se recomienda programar reuniones regulares (semanales o quincenales) para revisar el progreso del proyecto para identificar y resolver los problemas que surgen, realizando el registro de estos y las soluciones implementadas con el fin de poder usar la información en documentos de lecciones aprendidas y mejores prácticas identificadas durante el proceso.

Para la evaluación de resultados se comparará el desempeño del proyecto piloto con proyectos anteriores que no utilizaron la metodología BIM midiendo indicadores clave como tiempo de ejecución, costos, calidad. Para revisar el plan de implementación original con los resultados y las lecciones aprendidas de los proyectos piloto y así poder ajustar los procesos, estándares y herramientas según sea necesario. Para esto es necesario realizar medición y seguimiento *“Lo que no se mide no se controla, y lo que no se controla no se gestiona”* (Camacol 2023).

El establecer procesos claros de medición y seguimiento permite evaluar continuamente si se están cumpliendo los objetivos y alcanzando los hitos establecidos. Esto garantiza que la implementación de BIM se alinee con los planes estratégicos y se ajuste según sea necesario para mantener el rumbo correcto así las empresas pueden asegurar la sostenibilidad de la implementación de BIM. Esto incluye mantener el personal capacitado, las tecnologías actualizadas y los procesos optimizados, lo cual es crucial para el éxito a largo plazo.

Y al utilizar indicadores de desempeño fortalece la motivación del equipo de trabajo, apoya los objetivos estratégicos y fomenta el crecimiento personal y organizacional. La medición objetiva de estos indicadores es vital para determinar el éxito y la madurez de la implementación de BIM, permitiendo una evaluación tangible del impacto y facilitando ajustes y mejoras continuas (Camacol 2023).

Los indicadores de gestión BIM propuestos por la hoja de ruta de BIM FORUM COLOMBIA (Camacol, 2023) son los siguientes: La figura 21 mide el índice de aumento de productividad de forma semestral o anual; la figura 22 evalúa el índice de efectividad de gestión del cambio una vez por proyecto o equipo; la figura 23 mide el índice de madurez BIM de manera semestral o anual; la figura 24, con el índice de replicación de pilotos, mejora el acceso a desarrollos exitosos en la

compañía, realizándose de forma semestral o por proyecto piloto; la figura 25, índice de capacitación BIM, muestra el porcentaje de personal capacitado y se evalúa de forma semestral o anual; y la figura 26, índice de adopción BIM, refleja la adopción de la metodología en la empresa en función de los proyectos activos y se mide anualmente.



Figura 23. Índice de madurez BIM, Fuente BIMCO 2023

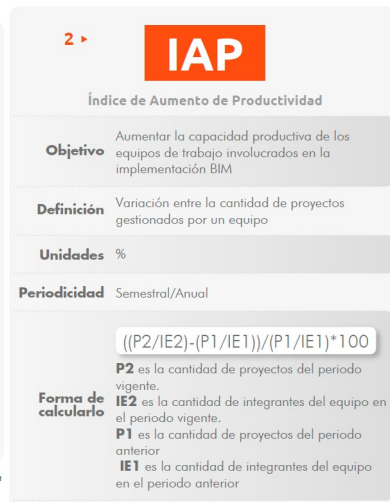


Figura 21. Índice de aumento de productividad, Fuente



Figura 22. Índice de efectividad de la gestión del cambio, Fuente BIMCO 2023

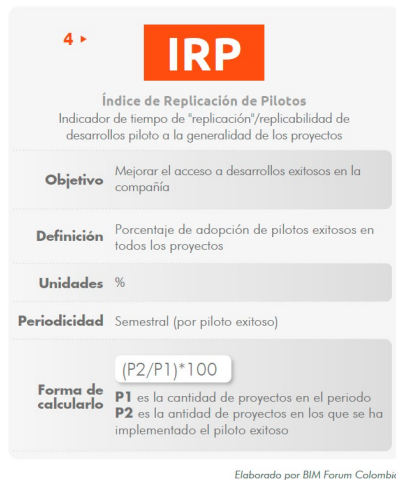


Figura 24. Índice de replicación de pilotos, Fuente BIMCO 2023

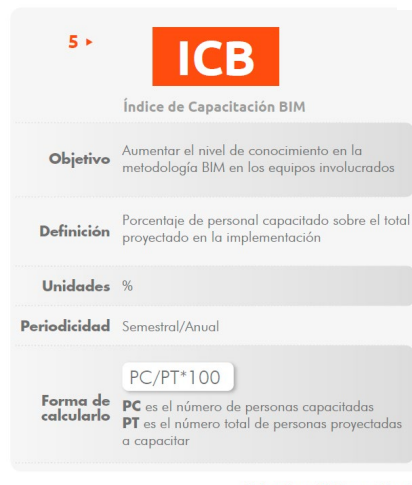


Figura 25. Índice de capacitación BIM, Fuente BIMCO 2023

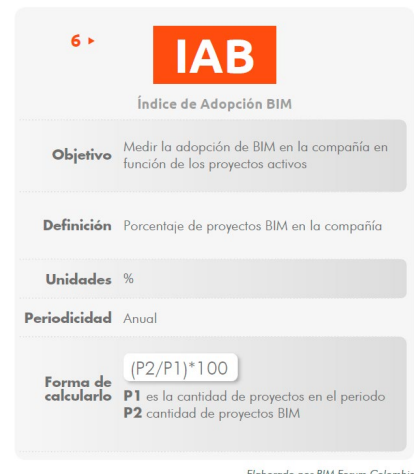


Figura 26. Índice de adopción BIM, Fuente BIMCO 2023

6.2.6 Mejora continua

La mejora continua es una práctica para que las empresas puedan mejorar constantemente sus procesos y de esta manera ser más eficientes en el tiempo. *“El proceso en medición y seguimiento debe ser iterativo y tomar en cuenta todos los pasos previos para contemplar oportunidades de mejora en los procesos que se están implementado en el diseño, construcción y/ operación de los proyectos”* (Camacol 2023).

Para dar el paso de la mejora continua se propone que las micro y pequeñas empresas en Colombia evalúen constantemente los procedimientos y resultados de la implementación de la metodología BIM. Esto implica la recopilación y análisis de datos sobre el desempeño de los procesos de acuerdo con los indicadores de gestión anteriormente mencionados para de esta manera identificar las desviaciones respecto a los objetivos planteados y tomar de decisiones basadas en información precisa y actualizada.

De acuerdo con los resultados obtenidos se deben ajustar y actualizar las estrategias de implementación, lo cual puede incluir la incorporación de nuevas tecnologías, la modificación de procesos y la adopción de mejores prácticas. Es muy importante que en la cultura organizacional se valore y promueva la mejora continua para implementar de manera correcta la metodología BIM.

Es importante que la implementación se realice de manera progresiva alineado con los objetivos de la organización, empezando por proyectos piloto y escalando gradualmente según se adquieran competencias y se obtengan resultados positivos.

6.3 Conclusiones generales

El objetivo principal de este documento se centró en diseñar una propuesta de manual que facilite la implementación de BIM en las micro y pequeñas empresas constructoras colombianas, abordando los diferentes desafíos que se puedan presentar en las organizaciones para transformarse digitalmente en el mercado. Se describe una metodología basada en tres fases: cuantitativa, cualitativa y de consolidación. En la primera fase, se recopilan datos sobre el estado actual de la adopción de BIM en el país. La segunda fase compara distintas metodologías de implementación.

Finalmente, la tercera fase adapta las mejores prácticas identificadas para desarrollar una guía específica para las micro y pequeñas empresas constructoras.

El análisis de encuestas revela que la implementación de BIM en Colombia es aún incipiente, con grandes variaciones según el tamaño de la empresa. Las principales barreras identificadas son el costo y la resistencia al cambio. Sin embargo, se reconoce ampliamente la importancia de esta metodología para mejorar la eficiencia y la calidad en los proyectos de construcción. Las empresas que la han adoptado reportan beneficios significativos, incluyendo una mejor coordinación de la información y reducción de errores.

Se revisan varios modelos de implementación de BIM de distintas organizaciones internacionales, como el National Institute of Building Sciences (NIBS) de EE.UU., BIM Forum Colombia, BIM Forum Chile y Building Smart Spain. La comparación de estas metodologías permite identificar enfoques comunes y mejores prácticas que pueden ser adaptadas al contexto colombiano. Las conclusiones destacan la necesidad de una gestión del cambio efectiva y la importancia de la capacitación continua para el éxito en la implementación de BIM.

Con los resultados anteriormente mencionados, se desarrolla una propuesta de Manual de Implementación BIM empezando con un diagnóstico inicial utilizando encuestas internas y matrices de madurez BIM para identificar el nivel actual de adopción y las áreas de mejora. Se propone la utilización del modelo ADKAR (Conciencia, Deseo, Conocimiento, Habilidad y Refuerzo) como modelo de gestión del cambio organizacional para guiar la transición hacia la adopción de BIM, minimizando la resistencia interna y asegurando la participación activa de todo el personal. Se sugiere un enfoque progresivo, comenzando con proyectos piloto y escalando gradualmente a medida que se adquieren competencias y se obtienen resultados positivos. Este plan debe incluir la capacitación y formación del personal, así como la implementación de estándares y procedimientos específicos.

Es fundamental realizar evaluaciones periódicas y ajustar las estrategias de implementación basadas en los resultados obtenidos y los indicadores de gestión definidos. La mejora continua debe ser un componente central de la cultura organizacional para asegurar la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de la metodología BIM.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacol Valle (2021). El sector de la construcción y su importancia económica y social [Online]. Disponible en <https://revistandc.Camacolvalle.org.co/sectorconstructor/> (28 septiembre 2021)
- Dane (2022). Directorio estadístico de empresas. [Online]. Disponible en <https://www.dane.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/servicios-informacion/registro-estadistico-de-empresas/directorio-estadistico-de-empresas>
- Unal (2018). Calidad e innovación en la construcción es imprescindible para Colombia. [Online]. Disponible en <http://ieu.unal.edu.co/en/medios/noticias-del-ieu/item/calidad-e-innovacion-en-la-construccion-es-imprescindible-para-colombia>.
- Antwi-Afari, M.F., Li, H., Pärn, E.A., Edwards, D.J., 2018. Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): A longitudinal review. *Autom Constr*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.010>
- Caglayan, S., Ozorhon, B., 2023. Determining building information modeling effectiveness. *Autom Constr* 151. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104861>
- Chan, D.W.M., Olawumi, T.O., Ho, A.M.L., 2019. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering* 25. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100764>
- Condotta, M., Scanagatta, C., 2023. BIM-based method to inform operation and maintenance phases through a simplified procedure. *Journal of Building Engineering* 65. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105730>
- Hong, Y., Hammad, A.W.A., Nezhad, A.A., 2022. Optimising the implementation of BIM: A 2-stage stochastic programming approach. *Autom Constr* 136. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104170>
- Klein, H.C., Stelter, A., Oschinsky, F.M., Niehaves, B., 2022. A status quo bias perspective on user resistance in building information modeling adoption – Towards a taxonomy. *Comput Ind* 143. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103760>

- Olanrewaju, O.I., Kineber, A.F., Chileshe, N., Edwards, D.J., 2022. Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle. *Build Environ* 207. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108556>
- Pan, X., Mateen Khan, A., Eldin, S.M., Aslam, F., Kashif Ur Rehman, S., Jameel, M., 2023. BIM adoption in sustainability, energy modelling and implementing using ISO 19650: A review. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102252>
- Shirowzhan, S., Sepasgozar, S.M.E., Edwards, D.J., Li, H., Wang, C., 2020. BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor. *Autom Constr*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103086>
- Urbieta, Martin, Urbieta, Matias, Laborde, T., Villarreal, G., Rossi, G., 2023. Generating BIM model from structural and architectural plans using Artificial Intelligence. *Journal of Building Engineering* 78, 107672. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107672>
- Youkhanna Zaia, Y., Mustafa Adam, S., Heeto Abdulrahman, F., 2023. Investigating BIM level in Iraqi construction industry. *Ain Shams Engineering Journal* 14. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101881>
- Zhang, T., Doan, D.T., Kang, J., 2023. Application of building information modeling-blockchain integration in the Architecture, Engineering, and Construction / Facilities Management industry: A review. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107551>
- Cámara de Medellín. Adopción metodología BIM Antioquia [Online]. Disponible en <https://www.camamedellin.com.co/comunidad-cluster/cluster-habitat-sostenible/metodologia-BIM>
- Camacol (2024). Encuesta nacional BIM 2023 [Online]. Disponible en <https://Camacol.co/prensa/noticias/ya-estan-disponibles-los-resultados-de-la-primera-encuesta-nacional-BIM> (12 marzo 2024)

Banco interamericano de desarrollo (2020). Encuesta BIM: América Latina y el Caribe 2020 [Online]. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/encuesta-BIM-america-latina-y-el-caribe-2020>

Harvard Business School HBS (2020). 5 pasos críticos en el proceso de gestión del cambio 2020 [Online]. Disponible en <https://online.hbs.edu/blog/post/change-management-process>

Camacol (2023). BIM KIT [Online]. Disponible en <https://Camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

BIM Thinkspace (2013). The BIM framework [Online]. Disponible en <https://www.bimframework.info/2013/12/bim-maturity-index.html>

BIMEinitiative (2016). Matriz de madurez BIM [Online]. Disponible en <https://bimexcellence.org/files/301in.ES-Matriz-de-Madurez-BIM.pdf>

Safetyculture (2024). Guía completa del método 5W1H [Online]. Disponible en <https://safetyculture.com/es/temas/5w1h/>

National institute of Building Sciences(2022). Implementation Plan [Online]. Disponible en <https://www.nibs.org/bimc>

Camacol (2023). Bim Kit [Online]. Disponible en <https://Camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

Building Smarth Spain (2021). Guía BIM para propietarios y gestores de activos [Online]. Disponible en <https://www.buildingsmart.es>

Bancoldex (2024). Clasificación de empresas en Colombia [Online]. Disponible en <https://www.bancoldex.com/es/sobre-bancoldex/quienes-somos/clasificacion-de-empresas-en-colombia>

Banco Pichincha (2023). Modelo ADKAR: una poderosa herramienta para gestionar el cambio empresarial [Online]. Disponible en <https://www.pichincha.com/blog/modelo-adkar-para-gestionar-cambio>

FourweekMBA (2024). Que es el modelo ADKAR y porque es importante [Online]. Disponible en <https://fourweekmba.com/es/modelo-adkar/>

Real Academia española (2024). Diccionario [Online]. Disponible <https://www.rae.es/>