



OPTIMIZACION EN LA GESTION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION MEDIANTE EL USO  
DE LA METODOLOGIA BIM EN Pymes

JHON FREYLER RENGIFO RODRIGUEZ

Proyecto de Grados para Optar por el Título de Maestría en Ingeniería

Asesor

Luis Fernando Botero Botero

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS E INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
MEDELLÍN  
2024

## Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por mantenerme con vida, salud y poder estar lúcido en la elaboración de esta investigación.

Al profesor Luis Fernando Botero Botero por su asesoría, valiosos aportes y enseñanzas para la realización de este trabajo, además paciencia en momentos que parecía desistir.

Agradecimiento y dedicatoria a mis padres, que sin ellos no fuese posible esto, son ustedes para mí la representación de Dios en la tierra. A mis abuelos para que sigan orgullosos de cada paso que doy en mi vida personal y profesional.

A mis hermanos que son mi motivación, disculpen mis ausencias en el tiempo dedicado a este trabajo.

A mi novia gracias por su apoyo incondicional y comprender mis ausencias

A mis amigos y demás familiares gracias por los ánimos y entender mis ausencias durante el tiempo de mis estudios.

## CONTENIDO

Pág.

0. INTRODUCCIÓN .....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
2. JUSTIFICACIÓN .....	14
3. OBJETIVOS .....	15
3.1. GENERAL .....	15
3.2. ESPECÍFICOS .....	15
4. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL .....	16
4.1. INTRODUCCION .....	16
4.2. MÉTODOS TRADICIONALES EN INDUSTRIA AEC .....	17
4.3. METODOLOGIA BIM .....	17
El ciclo de vida de un proyecto BIM.....	18
4.4. ESTANDAR BIM .....	20
4.5. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	21
4.6. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP).....	21
4.7. NIVEL DE INFORMACIÓN NECESARIO .....	22
4.8. NIVEL DE DETALLE .....	23
4.9. DIMENSIONES BIM .....	25
4.10. NIVELES DE MADUREZ BIM.....	26
4.10.1. Nivel 0.....	26
4.10.2. Nivel 1.....	26
4.10.3. Nivel 2.....	26
4.10.4. Nivel 3.....	27
4.11. USOS BIM.....	27
5. ESTADO DEL ARTE .....	34
5.1. PANORAMA DE LA ADOPCIÓN BIM A NIVEL MUNDIAL .....	41
6. DISEÑO METODOLÓGICO O METODOLOGÍA .....	45
7. RESULTADOS .....	47
7.1. RESULTADOS ENCUESTAS.....	47

7.2. RESULTADOS ENTREVISTAS .....	61
8. ANALISIS DE REULTADOS.....	82
8.1. PRACTICAS DE GESTION EN PYMES.....	82
8.2. PERCEPCIÓN DE PROFESIONALES .....	85
8.3. IMPLEMENTACIÓN BIM EN PYMES A NIVEL INTERNACIONAL .....	87
9. RECOMENDACIONES DE BUENAS PRACTICAS BIM.....	91
10. CONCLUSIONES .....	94
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS .....	100

## LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Clasificación de software conocidos según su uso .....	19
Tabla 2. LOD (Niveles de detalle) .....	24
Tabla 3. Descripción de Usos BIM .....	28
Tabla 4. Tips para adoptar BIM .....	31
Tabla 5 Brechas entre practicas de gestión actual de pymes y prácticas BIM.....	88
Tabla 6 Buenas Prácticas BIM .....	91

## LISTA DE FIGURAS

pág.

Fig 1. Ciclo de Vida de un Proyecto BIM.....	19
Fig 2. Nueva denominación de niveles de madurez.....	27
Fig 3. Esquema de usos BIM por fases.....	28
Fig 4. Publicaciones revisadas entre 2010 y 2025.....	35
Fig 5. Relación entre la digitalización y productividad.....	36
Fig 6. Campo profesional: Selección única.....	48
Fig 7. Experiencia profesional: Selección única.....	48
Fig 8. Conoce o ha escuchado sobre BIM: Selección única.....	49
Fig 9. Nivel de conocimiento BIM: Selección única.....	50
Fig 10. Frase que considera definir a BIM.....	50
Fig 11. Profesional con competencias para implementar BIM: Selección única.....	51
Fig 12. Tiene previsto capacitarse y plazo: Selección única.....	51
Fig 13. Representación conceptual de sus proyectos (si): Selección múltiple.....	52
Fig 14. Representación conceptual de sus proyectos (no): Selección múltiple.....	53
Fig 15. Necesidad de implementar BIM en su entorno laboral (si): Selección única.....	53
Fig 16. Necesidad de implementar BIM en su entorno laboral (no): Selección única.....	54
Fig 17. Implementa o ha implementado BIM en proyecto de construcción: Selección única.....	55
Fig 18. Etapas en que implementa o ha implementado BIM: Selección múltiple.....	55
Fig 19. Beneficios obtenidos al implementar BIM: Selección Múltiple.....	56
Fig 20. Dificultades presentadas al implementar BIM. Selección Múltiple.....	57
Fig 21. Barreras para implementar BIM: Selección Múltiple.....	57
Fig 22. Razones de un usar BIM: Selección múltiple.....	58
Fig 23. Considera implementar BIM: Selección única.....	58
Fig 24. Considera BIM debería ser obligatorio: Selección única.....	59
Fig 25. Nivel de costo monetario para implementar BIM: Selección única.....	60
Fig 26. Impacto que genera invertir en BIM: Selección única.....	60
Fig 27. Beneficiados al implementar BIM: Selección única.....	61
Fig 27. Rango de antigüedad en la industria: Pregunta abierta.....	62
Fig 28. Actividad principal de Pymes: Pregunta abierta.....	62
Fig 29. Tipo de proyectos principales: Pregunta abierta.....	63
Fig 30. Clase de proyectos principales: Pregunta abierta.....	63
Fig 31. Herramientas topográficas utilizadas: Pregunta abierta.....	64
Fig 32. Método para representación gráfica de proyectos: Pregunta cerrada.....	65
Fig 33. Utiliza herramienta de modelación paramétrica: Pregunta abierta.....	65
Fig 34. Herramienta o software utilizados para modelación paramétrica: Pregunta abierta.....	65
Fig 35. Pymes que elaboran plan general de ejecución/ Aspectos Importantes: Pregunta abierta.....	66
Fig 36. Aspectos considerados en planificación de fase de planeación: Pregunta abierta.....	67
Fig 37. Aspectos considerados en planificación de fase de Construcción: Pregunta abierta.....	67

Fig 38. Herramientas utilizadas para plantear cronogramas: Pregunta abierta.....	68
Fig 39. Acciones para realizar control y seguimiento de proyectos: Pregunta abierta. ....	68
Fig 40. Herramientas para realizar Control y seguimiento: Pregunta abierta. ....	69
Fig 41. Frecuencia con que presentan retrasos: Pregunta abierta. ....	69
Fig 42. Factor generador de retrasos: Pregunta abierta.....	70
Fig 43. Técnicas o métodos para gestión de costos: Pregunta abierta. ....	71
Fig 44. Herramientas para realizar gestión de costos: Pregunta abierta. ....	71
Fig 45. Integración de cadena de suministros: Pregunta abierta.....	72
Fig 46. Realización de modelos paramétricos por cada especialidad: Pregunta abierta.....	72
Fig 47. Coordinación de diseños: Pregunta abierta.....	73
Fig 48. Implementación de método colaborativo. Pregunta abierta. ....	74
Fig 49. Gestión SST en proyectos: Pregunta abierta.....	75
Fig 50. Gestión ambiental en proyectos: Pregunta abierta.....	75
Fig 51. Evaluación de sistemas constructivos: Pregunta abierta. ....	76
Fig 52. Ha realizado inversiones TIC: Pregunta abierta .....	77
Fig 53. Inversiones TIC realizadas: Pregunta abierta .....	77
Fig 54. Beneficios obtenidos con las TIC: Pregunta abierta.....	78
Fig 55. Conocimientos sobre la metodología BIM: Pregunta abierta.....	78
Fig 56. Cuentan con personal capacitado en BIM: Pregunta abierta. ....	79
Fig 57. Desarrollo de proyectos implementando BIM: Pregunta abierta. ....	80
Fig 58. Experiencias implementando BIM: Pregunta Abierta. ....	80
Fig 59. Logros obtenidos implementando BIM: Pregunta abierta.....	81
Fig 60. Razones por las que no implementa BIM: Pregunta abierta.....	81

## ***Resumen***

Entre los sectores de la economía, el sector de la construcción ha sido de los más resistentes al cambio, en el cual se implementan aún prácticas tradicionales que no generan valor. Sin embargo, en el mundo se ha desarrollado la metodología BIM, que es una solución para generar mejores prácticas en los proyectos de construcción y de esta manera poder generar impacto positivo tanto para las empresas constructoras, como para los clientes. Las pymes del sector constructor están rezagadas en implementaciones tecnológicas que le generen valor, lo que ocasiona pérdidas, conflictos y demás impactos negativos en sus proyectos. Es por ello por lo que con esta propuesta de investigación se pretende realizar un estudio que permita comprender e identificar las prácticas implementadas por las pymes constructoras para desarrollar sus proyectos, para luego poder proponer prácticas innovadoras que generen valor en las pymes constructoras. Las pymes constructoras son mayoría en su sector, lo que quiere decir que los impactos positivos que se generen en estas impactan a todo el sector y al país por ser grandes importantes aportantes del PIB. Este documento se ha estructurado mediante apartados que permiten dar a conocer la problemática existente en las pymes del sector constructor; demostrando la importancia de abordar este tema y poder impactar positivamente a las pymes del sector constructor; relacionando el conocimiento desarrollado actualmente sobre el tema a tratar; se trazaron metas que solucionen la problemática mediante una metodología que permite cumplir con lo planteado.

***Palabras clave: Adopción BIM, Pymes, Industria de la Construcción, Implementación BIM,***

## ***Abstract***

Among the sectors of the economy, the construction sector has been one of the most resistant to change, in which traditional practices that do not generate value are still implemented. However, the BIM methodology has been developed worldwide, which is a solution to generate better practices in construction projects and in this way be able to generate a positive impact for both construction companies and clients. SMEs in the construction sector are lagging behind in technological implementations that generate value, which causes losses, conflicts and other negative impacts on their projects. That is why this research proposal aims to carry out a study that allows us to understand and identify the practices implemented by construction SMEs to develop their projects, in order to then be able to propose innovative practices that generate value in construction SMEs. Construction SMEs are the majority in their sector, which means that the positive impacts generated in them impact the entire sector and the country as they are important contributors to the GDP. This document has been structured in sections that allow us to understand the problems that exist in SMEs in the construction sector; demonstrating the importance of addressing this issue and being able to positively impact SMEs in the construction sector; relating the knowledge currently developed on the subject to be addressed; goals were set to solve the problem through a methodology that allows us to comply with what was proposed.

***Keywords: BIM Adoption, SMEs, Construction Industry, BIM Implementation,***

## 0. INTRODUCCIÓN

Es necesario aumentar la productividad de las pymes del sector de la construcción, está comprobado que adoptando mejores prácticas es posible lograrlo. BIM genera un impacto potencial acumulado en productividad de la industria constructora entre un 48% hasta un 60% [1]. De modo que esto impacta positivamente al sector, ya que el sector de la construcción en Colombia posee la mayor participación de Pymes, el 14,8% [2].

Es importante el fortalecimiento y crecimiento de las Pymes para el sector constructor. Para ello las pequeñas y medianas empresas deben conocer y sumergirse en nuevas herramientas y métodos disponibles hoy en día. La digitalización por parte de las empresas y profesionales garantiza la capacidad de ofrecer mejores servicios de diseño y construcción. McKinsey&Co, el Boston Consulting Group y el Foro Económico Mundial, entre otros coinciden en que BIM es una metodología con gran potencia para impulsar la digitalización y de esta manera aumentar la productividad. Camacol en su informe “Transformación Digital Del Sector De La Construcción” afirma que “Existe una relación demostrada entre productividad y digitalización. La clave radica en información, coordinación, predictibilidad de los procesos.” [3]. El bajo índice de digitalización en el sector constructor afecta su tasa de crecimiento anual de productividad [4]; las pymes se limitan en gran medida para invertir en tecnologías y digitalización, las 3 razones son la falta de recurso económico, seguido de la falta de personal capacitado y bajo conocimiento en el área de las TIC [5].

Las pymes deben aprovechar la tendencia constante de digitalización industrial y verlo como una oportunidad de modificar las prácticas tradicionales y aplicar nuevas y mejores maneras de entregar sus proyectos de construcción. Es por ello que este proyecto de investigación busca generar impacto positivo en las pymes del sector constructor, al adoptar la metodología BIM permitirá a las pymes ser más competentes en el sector, poseer buenos calificativos con respecto a una buena gestión de la construcción. La adopción de BIM no solo las beneficia a las pymes, sino que esto termina teniendo impacto positivo en gran medida para el país, basado en los importantes aportes a la economía y al empleo generados por el sector constructor. Este proyecto pretende proponer buenas prácticas para las pymes del sector constructor en la gestión de sus proyectos implementando BIM. Además, aportar información sobre la

implementación de BIM en las pymes del sector constructor, ya que ha sido un tema poco abordado por la comunidad científica.

Para el desarrollo de esta investigación, este trabajo se ha estructurado por 9 capítulos. Cada uno de estos capítulos contiene información importante y relevante que conduce a responder la pregunta de investigación y el cumplimiento del objetivo. La sección Preliminar está compuesta por los capítulos 1, 2 y 3; el capítulo 1 denominado *planteamiento del problema* describe la poca adopción de herramientas y buenas prácticas por parte de las pymes del sector constructor en Colombia, de lo cual se desprende una pregunta, que en esta investigación se busca resolver; el capítulo 2 denominado *justificación*, donde se justifican las razones, importancias y relevancias que tiene el desarrollo de esta investigación y resolución de esta pregunta de investigación; por lo cual se plantean objetivos, en búsqueda de resolver esta pregunta de investigación.

En la sección de literatura se compone por los capítulos 4 y 5; en estos capítulos denominados *marco teórico* y *estado del arte* respectivamente, se presentan los principales conceptos e ideas que se han desarrollado sobre la metodología BIM para ser implementados en la industria AEC, teniendo en cuenta proyectos realizados por investigadores a nivel nacional e internacional, para cumplir con uno de los objetivos de esta investigación y poder establecer coincidencias, brechas y diferencias entre investigaciones existentes y la investigación que se realiza en este trabajo.

Se realiza un *diseño metodológico* ubicado en el capítulo 6 en el cual se enuncian las maneras como se plantea llegar a cumplir con el objetivo de esta investigación mediante la obtención de información de la literatura, y trabajo de campo para lograr identificar y resolver la pregunta de investigación en un tiempo estipulado.

La última sección concluyente está compuesta por los capítulos 7, 8 y 9; plasmando los *Resultados* obtenidos en esta investigación a partir de encuestas y entrevistas realizadas a profesionales y representantes de pymes, todos pertenecientes a la industria AEC. De allí se generan las *discusiones* motivadas por los resultados del trabajo de campo en esta investigación y las investigaciones realizadas por otros autores y a partir de estos análisis plantear recomendaciones que sirvan para otros investigadores que quieran llevar a cabo proyectos sobre la metodología BIM en pymes o personas que pretendan adoptar estas recomendaciones. Luego plasman conclusiones originadas de toda la información plasmada en los capítulos anteriormente mencionados.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según Takim, Harris y Nawawi, en la construcción, el aspecto que más sobre costo genera es la falta de coordinación técnica inicial y el análisis previo de los impactos futuros en la construcción de un proyecto. Esto provoca la falta de estrategias que permitan la validación exhaustiva de la integración multidisciplinaria de los proyectos [6].

Pocas empresas de ingeniería y construcción han aprovechado todos los beneficios de lo digital. El sector de la ingeniería y la construcción es uno de los menos digitalizados del mundo, según el índice de digitalización de MGI. En el mes de septiembre del año 2015, la revista semana realizó una publicación en la sección de tecnología, en la que decía que “Las pequeñas y medianas empresas (pymes), que aportan el 38% del Producto Interno Bruto del país, se pierden de todas las oportunidades de la era digital por escatimar gastos en tecnología.” [5]. Una encuesta publicada por PWC y el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CINTEL), revela que solo el 7% de las pymes en Colombia ha solicitado un crédito para invertir en tecnología. [5].

La construcción en Colombia es uno de los sectores con menor índice de digitalización; esto genera un efecto negativo en la productividad [4]. Colombia es un país en el que aún se implementan metodologías tradicionales de construcción para la planeación y ejecución de proyectos de construcción. Este tipo de construcciones, en su mayoría, se ven involucradas en investigaciones judiciales y críticas por parte de la población, debido a los tiempos, costos adicionales, y en ocasiones mala calidad de producto.

Un estudio de productividad y riesgos realizado por Camacol y McKinsey&Co arrojó que 6 de cada 10 de las mejores prácticas aplicadas a nivel mundial en el sector son adoptadas por empresas líderes en Colombia [4]. Con este resultado se estima que la mayor brecha existe en las prácticas relacionadas con la adopción de tecnología, donde el resultado dejó en evidencia que solo se adoptan 14% de las tecnologías disponibles en el mundo [4].

Hoy se puede relacionar los niveles de digitalización con la productividad de sectores económicos. McKinsey&Co en estudios globales muestra que en otras industrias como las telecomunicaciones sus niveles de digitalización son superiores al 90% y esto ayuda a un aumento de productividad anual hasta

de un 5%, pero mirando hacia el sector constructor se observa que solo alcanza un nivel de digitalización del 5%, generando una productividad anual de -1.5% promedio [4].

Camacol lanzó en 2018 el BIM Fórum Colombia, evento enfocado a impulsar la transformación digital del sector de la construcción. Una estrategia para articular diferentes actores de la cadena del sector constructor en torno a la digitalización, promover la adopción tecnológica y desarrollo productivo del sector. Es por lo que se tiene como objetivo generar estándares comunes para facilitar la implementación de BIM, de igual manera se pretende democratizar el conocimiento respecto a las buenas prácticas de adopción de la metodología BIM en Colombia.

BIM Fórum Colombia trazó como objetivo aumentar el acceso de BIM en la industria constructora aproximándose a un 50% de usuarios regulares para el año 2020. Se pretende aumentar del 16% a 30% las empresas que adoptan y usan BIM en más del 80% de sus proyectos, [4].

La adopción de prácticas BIM está acompañada de muchos requerimientos, los cuales, en ocasiones, por la tipología de empresas o condición de los profesionales se tornan dificultosas, la mayoría de las empresas y profesionales manifiestan que el mayor impedimento para la implementación de prácticas BIM está enmarcada en la necesidad de realizar grandes inversiones en tecnologías (Hardware y Software) y en capacitación de personal. Según el UKAS (United Kingdom Accreditation Service) la implementación de BIM podría incurrir en un mayor costo del proyecto, debido al alto costo de los softwares para comprar e implementar [6]. Comúnmente las pymes son adjudicatarias de pequeños proyectos, acorde a su tamaño organizacional y financiero, esto hace difícil la implementación BIM en los proyectos de pymes subcontratistas y proveedores [6].

Este trabajo de investigación lo que busca es responder ¿Cómo se pueden generar mejores prácticas por parte las pequeñas y medianas empresas constructoras, para optimizar sus proyectos de construcción mediante la utilización de la metodología BIM?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las pymes del sector constructor generan muchas pérdidas en sus proyectos debido a prácticas tradicionales que no les permiten desarrollar sus proyectos de una manera más eficaz, esto es generado por fallas y conflictos que no se identifican y solucionan desde las etapas iniciales de los proyectos. Es por ello que mediante este trabajo de investigación pretende proponer la metodología BIM como solución que conlleva a las pymes a adoptar e implementar buenas prácticas para el desarrollo de sus proyectos y de esta manera impactar de manera positiva en la productividad de las pymes. Este tema de investigación no solo beneficia a las pymes, también aporta a la ciencia datos sobre un tema poco abordado, paradójicamente las pymes son mayorías, no se encuentra mucha información sobre la implementación de BIM en las pymes.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1.GENERAL

Proponer mejores prácticas en proyectos de construcción, mediante la implementación de la metodología BUILDING INFORMATION MODELING (BIM), enfocada a las Pymes de arquitectura, ingeniería y construcción.

#### 3.2.ESPECÍFICOS

- Levantar el estado del arte relacionado con la implementación de la metodología BIM por parte de empresas de ingeniería, arquitectura y construcción en proyectos.
- Identificar las herramientas y prácticas de gestión en proyectos de construcción implementadas por Pymes del sector constructor.
- Conocer la percepción frente a la implementación de la metodología BIM que tienen los profesionales de ejecución y dirección de Pymes de construcción.
- Identificar prácticas de implementación de metodología BIM en Pymes constructoras a nivel internacional mediante la consulta de literatura.
- Plantear buenas prácticas en la gestión de proyectos de construcción en Pymes; a partir de la implementación de la metodología BIM.

## 4. MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

### 4.1. INTRODUCCION

Es importante la adopción de métodos y prácticas que estén dadas a evitar conflictos que generen problemas en el desarrollo de los proyectos. Los avances tecnológicos acompañados de la fuerte competencia dentro del sector de la construcción para brindar mejores servicios han incentivado a las compañías del sector AEC a usar metodologías innovadoras. La metodología BIM no es la única manera de mejorar los proyectos, pero si es la más innovadora, integrando recursos humanos, información y herramientas.

La metodología BIM en sus inicios estuvo orientada a ser una herramienta utilizada por diseñadores para generar integridad en sus diseños. Sin embargo, el desarrollo de las TIC a nivel mundial ha permitido que BIM desarrolle un rol como centro de información del ciclo de vida de los proyectos de construcción, ayudando a gestionar información previa a la construcción, durante y después de finalizar la etapa de construcción [7]. Cuando la información de un proyecto es gestionada y simulada implementando BIM se facilita la planificación de los proyectos, siendo más precisos en la evaluación costos y viabilidad de los proyectos, construcción y mantenimientos [8], además estas simulaciones son útiles para todas las partes interesadas de un proyecto, principalmente la del cliente que en ocasiones no entienden el significado de convenciones o dibujos basados planos 2D, en cambio los modelos y simulaciones les proporciona mayor información acerca del proyecto que se llevará a cabo. BIM permite a los constructores, diseñadores y consultores combinar un modelo 3D con el cronograma, al agregarle el factor tiempo se convierte en un modelo 4D y de esta manera es posible visualizar el estado y avance físico de la construcción en determinado momento, de esta manera es más eficiente la planificación y el proceso de construcción de un proyecto [9].

## 4.2. MÉTODOS TRADICIONALES EN INDUSTRIA AEC

Los proyectos basados en métodos tradicionales se han basado principalmente en contratos bilaterales y la oferta más baja. Esto afecta la cooperación, porque los interesados en el proyecto intentan optimizar sus propias operaciones y riesgos [7]. Los métodos tradicionales suelen ser cerrados, en el cual cada área en un proyecto tiene sus propias consideraciones a la hora de diseñar, el hecho de generar diseños aislados de las demás disciplinas que intervienen en un proyecto, generan conflictos en la etapa de construcción, lo que conlleva a buscar soluciones a estos conflictos, esto genera retrasos por pausa de actividades mientras se soluciona el problema. La diferencia entre lo diseñado y lo real genera pronósticos inexactos [8].

La industria AEC ha llevado a cabo sus proyectos mediante practicas tradicionales suelen generar desperdicios y errores, esto conlleva a una baja productividad del sector. En la actualidad la productividad y está relacionada con la digitalización, la digitalización es clave para la información, coordinación y predicción [6]. La productividad del sector constructor, medida desde 1995 se ha quedado atrás con respecto a la productividad de economía general, con respectos a otras economías su ritmo comenzó a bajar más a partir del año 2007 [10].

Gan parte de las empresas constructoras aplican métodos tradicionales en sus proyectos, debido a que no es un requisito obligatorio adoptar nuevas prácticas y metodologías, las rentabilidades que obtienen los satisfacen, además, está latente el miedo que genera invertir en algo nuevo, eso se traduce a riesgo [7]. La experiencia y la literatura han demostrado que los métodos tradicionales generan una baja productividad y calidad en los proyectos de construcción, todo esto se podría mejorar al adoptar y saber manejar las nuevas metodologías acompañadas de las nuevas tecnologías disponibles.

## 4.3. METODOLOGIA BIM

El concepto BIM comenzó a desarrollarse desde 1975 cuando el profesor Chuk Eastman comenzó a desarrollar el concepto de “modelado informático de edificios”. El éxito de adoptar el concepto y practicas BIM en la industria AEC se vio truncado debido la accesibilidad y costos de computadores potentes en la época, además, pocos años después el CAD tuvo una adopción masiva y exitosa.

Es común en el sector constructor estar relacionados con software que contienen las siglas CAD (Computer Aided Design), en español (Diseño asistido por computador). Cuando hablamos de CAD

todas las miradas se dirigen hacia AutoCAD de Autodesk. Cuando IBM lanzó la PC y se hizo accesible al público, un año después, en 1982 John Walker fundó Autodesk, en la cual 1 años más tarde se desarrolló la primera versión de AutoCAD para computadoras personales [11]. Las herramientas CAD han sido una ayuda para agilizar y mejorar los diseños de proyectos de edificaciones e infraestructuras. Gracias a la persistencia de los académicos y el desarrollo de software de construcción BIM comenzó a volverse práctico ante los ojos de los constructores, las bases del modelado paramétrico tridimensional se desarrolló en la época de los 90' y desde entonces el concepto y metodología BIM ha logrado darse a conocer más a nivel mundial [9].

Evidentemente, BIM existe hace más de dos décadas; solo en los últimos años la industria de la construcción se ha concientizado de sus bondades, permitiendo que el sector sea mucho más ágil y eficiente [12]. Las aplicaciones BIM han crecido enormemente, partiendo desde herramientas para diseños tridimensionales y el uso de componentes, hasta herramientas que se utilizan para analizar modelos, la detección de conflictos, selección de productos.

Building Information Modeling (BIM) se puede definir desde el ámbito metodológico y como tecnología; desde el ámbito metodológico tenemos que es una metodología de trabajo colaborativa empleada para la creación y gestión de proyectos de construcción [13]. BIM se enfoca en centralizar la información en un modelo creado y manipulado por todas las disciplinas que intervengan en este. BIM visto como tecnología permite la representación virtual en diferentes dimensiones de los elementos de un proyecto de construcción, toda esta información resulta ser útil durante todo el ciclo de vida del proyecto.

La aparición de BIM modificó la manera como se planifican y ejecutan los proyectos, cambió la manera de trabajar con datos geométricos, como líneas o arcos, que se pueden prestar para diferentes interpretaciones en un proyecto. Con BIM, pasamos a hacerlo con objetos como muros, ventana, puertas etc. De esta manera, cuando incorporamos estos elementos ya poseen características reales y finales del proyecto, como grosor, tipo, precio, tiempos etc. Esta manera de plantearlos es beneficiosa de cara a las mediciones y controles en la gestión de proyectos [14].

El ciclo de vida de un proyecto BIM va más allá de las fases de diseño, es una metodología que permite un acompañamiento del proyecto, en pro de la eficiencia en todas sus fases, extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del proyecto, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costos de operación [13].

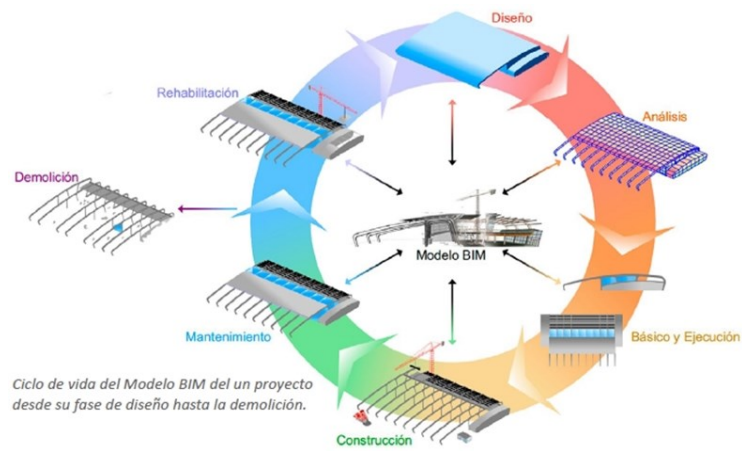


Fig 1. Ciclo de Vida de un Proyecto BIM

Fuente: BuildingSMART Spanish Chapter, *¿Qué es BIM?*. BuildingSMART Spanish Chapter, 2020

Actualmente existen gran variedad de herramientas para concebir proyectos bajo la premisa de BIM. búsqueda de optimizar la forma para el desarrollo del denominado “Nivel de madurez BIM” Entre los softwares más reconocidos según su uso se tienen:

Tabla 1. Clasificación de software conocidos según su uso

MODELADO ARQUITECTONICO	CALCULO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS	MODELADO Y DISEÑO DE INSTALACIONES	PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE COSTOS	COORDINACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE MODELOS BIM
✚ Archicad	✚ Cypcad	✚ Revit MEP	✚ Naviswork	✚ Solibri
✚ Revit	✚ Sap200	✚ Archicad MEP	✚ Vico	✚ BIM Collab
✚ Allplan	✚ ETABS	✚ modeler	✚ Gest Mideplan	✚ Tekla
✚ Sketchup	✚ TEKLA	✚ Cype MEP	✚ Synchro	✚ BIMsight
	✚ TRICALC	✚ DDS-CAD	✚ Ms Project	✚ A360

Fuente: elaboración propia

#### 4.4. ESTANDAR BIM

Muchos de los usuarios BIM se han aventurado implementarlo sin conocer su funcionamiento, desconociendo que el uso de BIM está dado según las particularidades de su organización y/o proyectos.

La ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales (1,2,3,4,5), creadas para optimizar y estandarizar la implementación BIM, estas normas son un soporte para la gestión integral de la información en el ciclo de vida de un activo construido, al momento de implementar BIM [15]. Esta norma está dirigida especialmente para las disciplinas involucradas en la etapa de diseño, construcción, operación y mantenimiento de activos construidos [16]. Las normas que componen la ISO 19650 son:

- 4.4.1. ISO 19650-1. Define conceptos y principios orientados a la gestión de la información; estableciendo el ciclo de entrega, activo, plan de desarrollo, equipo, plan de desarrollo y como se debe gestionar la producción colaborativa [17].
- 4.4.2. ISO 19650-2. En esta norma se establecen roles y procesos necesarios para gestionar la información durante la fase de desarrollo de un activo. En esta norma se describe el plan de ejecución BIM (BEP) [17].
- 4.4.3. ISO 19650-3. En esta norma se establecen procesos gestión de la información y como se debe usar, orientada al entorno común de datos (CDE) el BEP, las capacidades y aptitudes del equipo. Esto durante la fase de operación [17].
- 4.4.4. ISO 19650-4. Esta norma describe como debe ser el intercambio de información durante la fase de desarrollo y operación. Describe como se implementan los conceptos de la ISO 19650-1, en las fases de la ISO 19650-2 e ISO 19650-3 [17].
- 4.4.5. ISO 19650-5. Aquí describen requisitos para la seguridad de la información; permitiendo minimizar actividades ineficientes y la mejor predicción [17].

Las Normas pertenecientes a la serie ISO 19650 es aplicable en activos construidos y proyectos de cualquier tamaño y nivel de complejidad. Su uso debe ser de manera proporcional, especialmente por las pymes y proyectos o activos pequeños [16].

#### 4.5. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

La serie ISO 19650 invita a todas las partes interesadas a aplicar la gestión de la información, durante el ciclo de vida de un activo, es decir durante las fases de desarrollo y las fases de operación. La gestión de la información no debe desvincularse de la gestión del activo y el proyecto, ni de la gestión empresarial [16].

En la ISO 19650 se definen requisitos de información, que nos indica cuando debe producirse la información, que debe producirse y su método de producción y destinatario. Estos requisitos son definidos por el denominado “Adjudicador”, que es quien asigna actividades; permitiéndose ampliación de los requisitos por parte de los “Adjudicatarios” que es quien recibe y se encarga de responder ante lo asignado por el adjudicador [16].

Los requisitos de información se pueden clasificar como “Requisitos de Información de la Organización relativos a sus objetivos (OIR)”; “Requisitos de Información del Proyecto relativos a su desarrollo (PIR)”; “Requisitos de Información del Activo relativos a su operación (AIR)” y “Requisitos de Intercambio de Información entre dos partes relativos a una adjudicación (EIR)” [16].

Los requisitos de información descritos en la norma plantean que todos oferentes o posibles adjudicatarios deben presentar su plan de ejecución BIM antes de ser adjudicado el contrato, en el cual debe indicar quien, como y cuando se va a desarrollar la información requerida, estos requisitos de información tienen una estrecha relación con el “Nivel de Información necesaria” (LOIN) [16].

#### 4.6. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)

El plan de ejecución BIM es mediante el cual se establecen los lineamientos para desarrollar proyectos utilizando BIM. Es aquí donde se comunican y planifican los procesos, recursos, estrategias, técnicas herramientas y sistemas aplicados en procura del cumplimiento de los requisitos BIM solicitados por un cliente, para un proyecto y sus fases. En el plan de ejecución se definen objetivos y usos BIM que los soportan, además, se establecen mecanismos colaborativos, herramientas tecnológicas requeridas, flujo de trabajo en las diferentes etapas del proyecto [18]. El plan de ejecución BIM puede generarse de distintas maneras en cada una de las fases de un mismo proyecto, ya que en cada fase hay aspectos y

necesidades diferentes a desarrollar. El BEP debe ser desarrollado y acordado entre las partes antes de la etapa de desarrollo del proyecto, ya que su contenido tiene un efecto directo en el costo y tiempo del proyecto [16].

En base a la ISO 19650-2, el plan de ejecución BIM debe estar nutrido de lo siguiente [16]:

- Identificación y conocimiento del perfil profesional de las personas involucradas en la gestión de la información.
- Tener una estrategia para la entrega de información.
- Estrategia para generar el paquete de modelos de información
- Una matriz de responsabilidades que contenga la ejecución de tareas y provisión de entregables
- Norma de información del proyecto
- La Infraestructura tecnológica para adoptar (software y hardware).

#### 4.7. NIVEL DE INFORMACIÓN NECESARIO

El concepto sobre nivel de información necesaria, también denominado LOIN por sus siglas en el idioma inglés (Level of Information Need) se basa en determinar la cantidad mínima de información requerida para responder al cumplimiento de objetivos y requisitos [19]. En resumen, la idea principal del LOIN es no saturar el proyecto de información innecesaria, pero que tampoco tenga menos de la necesaria, el nivel de información depende de quien la solicita, la etapa del proyecto.

para determinar el nivel de información necesaria es esencial responder a lo siguiente [19]:

- ¿Por qué necesita la información? Dándole respuesta mediante la definición de los objetivos y usos BIM que requiere para desarrollar la inversión [19].

- ¿Cuándo se necesita la información? Se refiere al momento en el que se necesita la información que conlleve a la toma de decisiones en todas las fases de un proyecto [19].
- ¿Quién entrega y recibe la información? Se asignan responsabilidades en cuanto a la producción y entrega de la información previa para el desarrollo de actividades [19].
- ¿Qué información necesita? Se refiere al desglose considerado para el desarrollo de los contenidos de información que respondan a los requisitos del proyecto, incluyendo, por ejemplo: los sistemas MEP, elementos BIM, Sistemas de clasificación y la estrategia de federación [19].
- ¿Cómo definir la información? Después de analizar las 4 preguntas anteriores se puede responder esta pregunta, determinando la métrica a utilizar para establecer la información necesaria y contenida en el modelo de información para un uso y entrega [19].

Para la definición del LOIN se debe tener en cuenta la cantidad, calidad y granularidad de la información, mediante el nivel de detalle (LOD) que se refiere a la información gráfica y el nivel de información que se refiere a la información alfanumérica y documental.

#### 4.8. NIVEL DE DETALLE

El nivel de desarrollo en proyectos BIM lo que nos indica es la manera como se ha desarrollado el modelo, con respecto a la geometría e información relacionada con el elemento. Esto nos da una seguridad o garantía de la información que vamos a encontrar en los modelos. [20].

Tabla 2. LOD (Niveles de detalle)

<p><b>LOD 100:</b> En este nivel básico se denominan o enumeran elementos conceptuales del proyecto. No existe una definición geométrica de elementos.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>LOD 100</b></p>
<p><b>LOD 200:</b> En este nivel los elementos son generados gráficamente, en el cual los tamaños, forma y cantidades son aproximados. En los proyectos básicos de ingeniería y arquitectura es común este nivel.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>LOD 200</b></p>
<p><b>LOD 300:</b> En este nivel el tamaño, las cantidades, la forma y ubicación de los elementos se especifican de una manera más precisa.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>LOD 300</b></p>
<p><b>LOD 400:</b> Aquí la información de los elementos es más detallada, especificando su dimensión, forma, ubicación y orientación en un sistema constructivo, detallando uso y montaje. Detalla información no grafica de los elementos.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>LOD 400</b></p>
<p><b>LOD 500, LOD 600, LOD X00:</b> A partir de aquí ya son niveles de desarrollo que se relacionan con la verificación de campo, incluyendo información futura en cuanto a mantenimientos, renovaciones y modificaciones.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>LOD 500      LOD 600      LOD X00</b></p>

Fuente: Elaboración Propia, con base en J. A. Madrid, *BIM (Building Information Modelling): New LOD definitions. Level of Development for LOD000 to LOD600 and LOD X00*, Spanish journal of BIM, 2015.

Los Niveles de desarrollo presentan importancia durante todo el ciclo de vida del proyecto, entre mayor sea el nivel de desarrollo, mejor será la información y detalle del elemento, lo que facilita su planeación, programación y ejecución de manera correcta, en la etapa de operación del proyecto el nivel de desarrollo llega a ser determinante en el momento que se necesiten identificar fallas y realizar reparaciones puntuales.

#### 4.9. DIMENSIONES BIM

Cuando se habla de BIM, es común pensar en modelados tridimensionales, pero BIM va más allá, BIM permite agregar más dimensiones a un proyecto, que se traduce en información adicional, parametrizada que se le adiciona a una modelación tridimensional. Hoy en día está comprobada la eficacia de BIM hasta en 7 dimensiones (7D), aunque algunas publicaciones lo llevan hasta 3 dimensiones más, alcanzando 10D.

BIM propende un trabajo integral y colaborativo en un modelo 3D, el cual es nutrido por todas las disciplinas involucradas en el proceso de elaboración de un proyecto, se trata de información detallada y dinámica integrada en un mismo paquete. Es así como BIM nos ayuda no solo a modelar, sino que permite panear costos, tiempos, sostenibilidad, mantenimientos y realizar simulaciones. Las dimensiones que contribuyen al desarrollo integral de los proyectos de construcción son [21]:

- 4.9.1. Primera dimensión (1D). En esta dimensión se plantean objetivos y fundamento iniciales como estudios de mercado y estudios previos de factibilidades [21].
- 4.9.2. Segunda dimensión (2D). En esta se realizan los estudios y actividades que permiten dar el avanzar hacia los diseños y cálculos [21].
- 4.9.3. Tercera dimensión (3D). Esta dimensión está enfocada en el modelado de los elementos que componen el proyecto, representando la información de cálculos y diseños de cada una de las disciplinas integrada al proyecto [21].
- 4.9.4. Cuarta dimensión (4D). Esta dimensión le incluye el factor tiempo a un modelado 3D, lo que permite estimar con mayor exactitud la planificación de obra, permite hacer análisis de las actividades para el desarrollo del proyecto [21].

- 4.9.5. Quinta dimensión (5D). En esta dimensión se agrega el control de costos y gastos de un proyecto, haciendo más eficiente y exacta la determinación presupuestal y mejorando la rentabilidad del proyecto [21].
- 4.9.6. Sexta dimensión (6D). Aquí se simulan condiciones con sistemas energéticos, permitiendo seleccionar las mejores tecnologías y técnicas en pro de optimizar el consumo energético y mitigar impactos ambientales [21].
- 4.9.7. Séptima dimensión (7D). En esta dimensión se crea una especie de “libro” o guía para los mantenimiento y reparaciones durante la operación de los proyectos [21].

Sobre las nuevas dimensiones que se pretenden incorporar están la 8D, basada en agregar trabajo seguro, la 9D que pretende integrar lean construction y la 10D que pretende la industrialización de obras [21].

#### 4.10. NIVELES DE MADUREZ BIM

Los niveles BIM se refieren al grado de madurez de un proyecto BIM, la meta es alcanzar el 100% de trabajo colaborativo, los niveles BIM tienen distintas fases definidas por 4 niveles, que van desde el nivel 0 hasta el nivel 3 [22]. Entre mayor sea el nivel de madurez, mayor es el progreso tecnológico [23].

- 4.10.1. Nivel 0. Aquí no existe colaboración alguna, el trabajo está basado en la utilización de software CAD para crear planos y detalles constructivos en 2D en donde la información generada se distribuye en papel o documentos electrónicos [22].
- 4.10.2. Nivel 1. En este nivel llega a usarse el 3D para el diseño conceptual, se conserva el uso del 2D para generar documentos del proyecto, no existe el trabajo colaborativo entre diversas disciplinas, apenas aparece el termino CDE (Entorno de compartición de Datos) [22].
- 4.10.3. Nivel 2. Aquí ya llega el flujo de trabajo colaborativo, cada una de las partes posee su propio modelo 3D y comparten la información a través de archivos y formato común para que todos puedan importar a sus modelos precedente del resto de disciplinas involucradas [22].

4.10.4. Nivel 3. Es lo que se ha dado a conocer en los últimos tiempos como open BIM, trabajo en el modelo único en tiempo real, todos trabajan en ese modelo único y de esta manera se eliminan riesgos de conflictos en el modelo [22].

Con el remplazo de la PAS 1192, se realiza un cambio en la denominación del grado de madurez BIM, en esencia describen la misma idea, solo cambia el nombre, clasificándolo por etapas. El nivel L0 es eliminado, ya que no contiene ninguna característica ni aporte BIM.

<b>Grados de madurez BIM</b>	
<b>PAS 1192 -UK</b>	<b>ISO 19650</b>
Nivel 0	Suprimido
Nivel 1	Etapa 1
Nivel 2	Etapa 2
Nivel 3	Etapa 3

Fig 2. Nueva denominación de niveles de madurez

Fuente: Elaboración propia con base en Biblus, *Nivel 1 de madurez BIM*, Biblus, 2022

#### 4.11. USOS BIM

Los usos BIM son procesos específicos que se le aplican a un modelado de información, cada uno de estos puede ser útil en una o todas las fases del proyecto, estos se designan en procura de mejorar la coordinación y eficiencia de procesos y toma de decisiones durante todo el ciclo de vida del proyecto. Los equipos de trabajo no deben ceñirse a una lista fija de usos BIM, esos usos son una guía y se deben definir según particularidades y necesidades de cada proyecto u organización para cumplir las metas fijadas [24].

Gran parte de la literatura existente a cerca de los usos BIM, describen entre 25 a 28 usos. CAMACOL en su publicación denominada “GUÍA DE USOS BIM” muestra una lista refinada, en la cual se agrupan varios usos BIM específicos en una lista de 12 usos de modelos de información BIM generales, organizados por fase de proyectos en que puede ser útiles. Adicional, Camacol genera recomendaciones para las organizaciones que quieren sumergirse y adoptar BIM. A continuación, se presentan

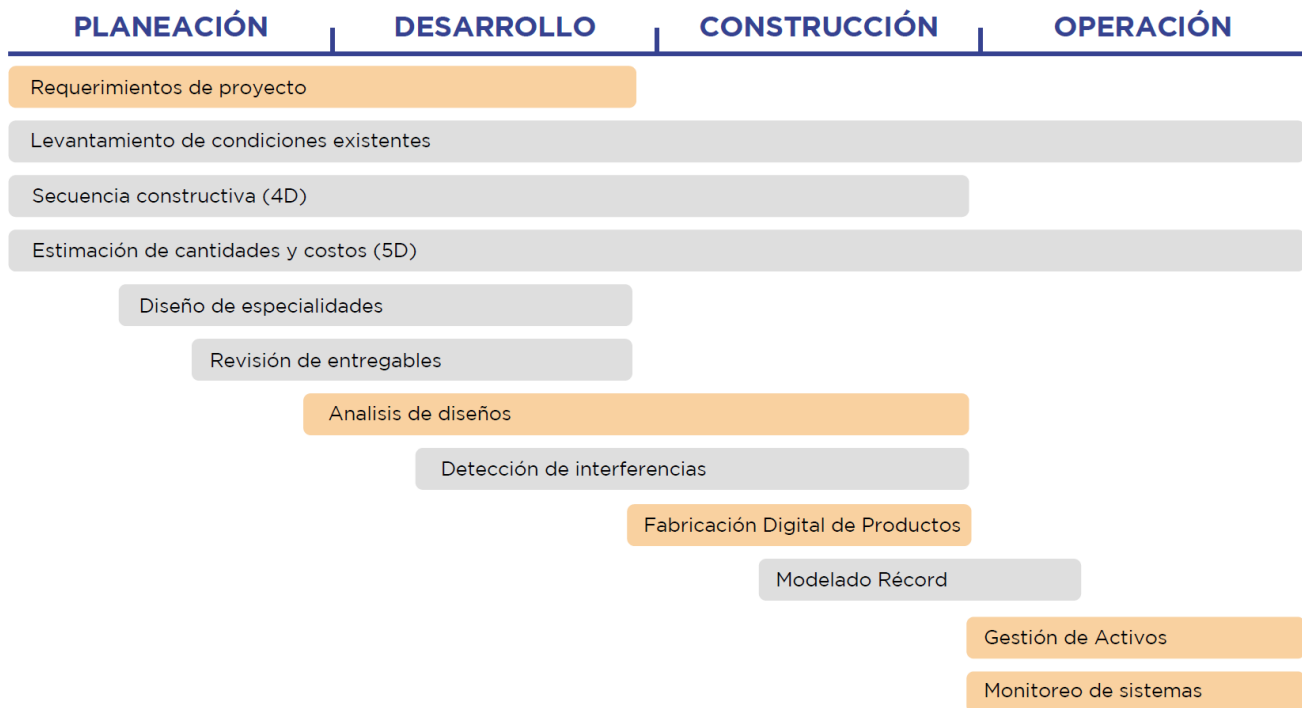


Fig 3. Esquema de usos BIM por fases

Fuente: BIM Forum Colombia, *Guía de usos BIM*: BIM Forum Colombia, 2024

Tabla 3. Descripción de Usos BIM

Uso BIM General	Descripción	Usos BIM específicos
<b>Requerimientos de proyecto</b>	Uso de modelos BIM para capturar y monitorear los aspectos claves y el alcance del proyecto, incluyendo área, espacio, funcionalidad, activos, entregables, normativa, usuarios finales, requerimientos organizacionales, entre otros. Esto es fundamental para asegurar e integrar necesidades del proyecto para que se gestionen eficazmente.	Análisis de sitio; Análisis de programa espacial; Control y aseguramiento de calidad del proyecto; Especificación de productos; Información de fabricante; Producción de entregables; Licitación y abastecimientos; Validación normativa.
<b>Levantamiento de condiciones existentes</b>	Proceso de creación de modelos BIM que representan las condiciones actuales de un sitio o instalaciones, utilizando métodos como el escaneo láser y la topografía convencional. Estos modelos facilitan el acceso a información para proyectos nuevos o modernización, asegurando una integración precisa con lo existente.	Captura de condiciones existentes; Levantamiento de información Geoespacial; Modelado de condiciones existentes.

<b>Secuencia constructiva (4D)</b>	Uso de modelos BIM para visualizar gráficamente el estado planificado o ejecutado, la secuencia de construcción, la localización y los requisitos de espacio en un sitio de construcción, facilitando la planificación, seguimiento y control de los elementos constructivos.	Aprobaciones de avance; Control de calidad en la construcción (QA/QC); Control y seguimiento de obra; Cortes de avance de obra, Planeación de logística de construcción; Planificación de utilización del sitio; Seguimiento de equipos y materiales
<b>Estimación de cantidades y costos (5D)</b>	Uso de modelos BIM para cuantificar elementos del modelo y extraer información sobre costos, facilitando la estructuración y gestión de presupuestos a lo largo del ciclo de vida del activo.	Análisis de costos, Cuantificación de elementos; Estimación de costos; Presupuestación.
<b>Diseño de especialidades</b>	Uso de software paramétrico y herramientas 3D para representar geoméricamente los elementos permanentes y temporales de los diseños de las diferentes especialidades, permitiendo la integración y extracción de información alfanumérica, geométrica y documental.	Autoría de diseño; Diseño de sistema constructivos temporales; Modelado de elementos.
<b>Revisión de entregables</b>	Uso de modelos BIM para validar la intención del diseño y los detalles constructivos, incluyendo componentes estéticos o funcionales del espacio en entornos virtuales. Esto implica revisar la calidad en términos de integridad, consistencia, exactitud y claridad del modelo, los datos y la documentación vinculada.	Revisión de calidad del modelo; Simulaciones; Visualizaciones; Realidad virtual y aumentada; Revisión de data; Revisión de diseños a través de modelos y/o planimetría.
<b>Análisis de diseños</b>	Proceso en el que el software de modelado avanzado utiliza modelos BIM para examinar y evaluar el diseño del activo, verificando su funcionalidad y el cumplimiento de diversos criterios y requisitos mediante métodos de ingeniería efectivos según las especificaciones de diseño.	Análisis acústico; Análisis hidráulico; Análisis de iluminación; Análisis eléctrico; Análisis energético; Análisis estructural, Análisis geotécnico; Análisis mecánico; Análisis de condiciones espaciales; Análisis de seguridad humana; Evaluación de sustentabilidad; Simulación de personas; vehículos y/o equipos; Simulaciones de sistemas; Validación de norma; Otros análisis de ingeniería.
<b>Detección de interferencias</b>	Uso de software de coordinación 3D y modelos BIM para identificar y resolver conflictos espaciales y de sistemas antes de la construcción. Esto incluye la detección y prevención de choques para asegurar el ajuste de los elementos y la constructibilidad del proyecto, así como la	Detección de colisiones; Coordinación 3D; Coordinación de modelos de diseño (3D).

	verificación del diseño y la disposición espacial en todas las fases del proyecto.	
<b>Fabricación Digital de Productos</b>	Uso de modelos BIM para la fabricación precisa de materiales, productos, elementos de construcción y ensamblajes. Incluye aplicaciones como la fabricación de metal y acero estructural, corte de tuberías y prototipado, optimizando la fase de manufactura para minimizar residuos y ensamblar eficientemente las piezas en la construcción final.	Fabricación asistida por computadora; Generación de código CNC; Procesos CAM.
<b>Modelado Récord</b>	Proceso utilizado para capturar y documentar información del proyecto y de los activos, comunicando el trabajo realizado, el progreso alcanzado y el cumplimiento de los requisitos al finalizar la construcción. Esto incluye información de condicionamiento, funcionamiento, mantenimiento y datos de activos, proporcionando un modelo conforme a obra que refleja las condiciones reales para el usuario o administrador de las instalaciones.	Documentación de información récord; Modelación as-built; Generación del modelo del activo.
<b>Gestión de Activos</b>	Proceso para gestionar diligentemente el mantenimiento y la operación de una instalación, sus sistemas y su entorno, asegurando el uso eficiente y facilitando la toma de decisiones operativas, así como la planificación para optimizar el servicio, ocupación, seguridad y funcionalidad del activo.	Administración de espacios; Gestión y planeación de emergencias; Gestión y planeación de mantenimiento; Gestión de sistemas de comunicación; Gestión y planeación de seguridad.
<b>Monitoreo de sistemas</b>	Proceso que utiliza modelos BIM para evaluar y monitorear el rendimiento de sistemas y entidades constructivas en relación con el diseño especificado, para garantizar que funcionen de manera eficiente, efectiva y con estándares de desempeño.	Análisis de sistemas de la edificación; Análisis de desempeño energético; Monitoreo del rendimiento de los sistemas; Gemelo digital.

Fuente: Elaboración propia con base en BIM Forum Colombia, *Guía de usos BIM*: BIM Forum Colombia, 2024.

Tabla 4. Tips para adoptar BIM

ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN	ASPECTOS	DESCRIPCIÓN DE ASPECTOS
<p><b>Etapa Exploratoria</b></p>	<p>Definición de los responsables de procesos</p>	<p>Es importante definir un <b>promotor</b>, este debe tener conocimiento y habilidades técnicas para establecer los estándares que adoptará la empresa; es necesario un <b>líder estratégico</b> que se encargue de la toma de decisiones organizacionales y la conexión directa para el apoyo de alta gerencia, sus acciones soportadas en las propuestas y soluciones infundadas por el promotor</p>
	<p>Diagnostico organizacional</p>	<p>Se debe realizar diagnósticos para identificar las necesidades y características de la organización, que sirvan más adelante de soporte para realizar cambios necesarios; en estos diagnósticos se pretende conocer la actividad principal o Core Business, el mapeo de procesos internos, realizar evaluación del talento humano y conocer la infraestructura tecnológica.</p>
	<p>Exploración de documentación técnica</p>	<p>Es necesario indagar respecto a la documentación que se a desarrollado a nivel nacional e internacional, de esta manera poder conocer y tener guías que permitan adaptar a la organización en estos temas.</p>
<p><b>Etapa de Planeación</b> (Basado en información recopilada en exploración)</p>	<p>Alineación organizacional con BIM</p>	<p>En términos generales se debe alinear, la política, misión y visión organizacional hacia la adopción de BIM y así definir las estrategias progresivas en cuanto a las fases de implementación de la metodología BIM, de forma tal que sean medibles.</p>
	<p>Establecer objetivos</p>	<p>Se establecen objetivos para implementar BIM a corto, mediano y largo plazo; estos objetivos enfocados en los procesos, las tecnologías y el recurso humano.</p>
	<p>Constituir Roles BIM</p>	<p>Se define el plan de capacitación según las necesidades identificadas para los perfiles ya existentes o para los que se deban desarrollar. Se recomienda establecer 4 roles principales denominados <b>BIM Manager</b>, <b>Coordinador BIM</b>, <b>Especialista BIM</b> y <b>Modelador BIM</b>; estos perfiles deben ser susceptibles de mediciones para evaluar su desempeño.</p>

	Definir plan de implementación BIM	Se diseña un plan de implementación BIM teniendo en cuenta las estrategias y objetivos establecidos, que se incluirán en un cronograma de actividades, igualmente se crea un plan para la transformación de la red tecnológica, el plan de capacitaciones y difusión, todo esto acompañado del presupuesto necesario para llevarlo a cabo cada actividad. Además, este plan de implementación debe estar alineado con el plan de gestión del cambio
Etapa de Ejecución	Desarrollo de estándares BIM en la organización	Se integra el equipo idóneo para la creación y ejecución de estándares de los procesos; se debe generar la gestión del cambio de la una manera eficiente, en procura de que el aprendizaje sea transitorio de forma tal que se mitigue la afectación a la producción por cambios bruscos.
	Analizar procesos	Este aspecto nos conlleva a estudiar los procesos existentes en la organización y así identificar afectaciones que puedan generarse por la estrategia BIM; priorizando los procesos a intervenir según la planeación, además se debe llevar a cabo observaciones detalladas, teniendo en cuenta todos los actores y procesos, de esta manera proponer cambios en busca de optimizar el flujo de actividades y estas mejoras, cambio y aprendizajes que va adquiriendo la organización son conocimientos que deben documentarse para garantizar la permanencia y estabilidad de las mejoras.
	Capacitaciones	A pesar de la demanda tecnológica genera implementar BIM, esta también fomenta la integración del recurso humano, por lo cual los equipos de trabajo deben capacitarse teniendo en cuenta 3 temas principales como la <b>Metodología, Políticas y Procesos, y la tecnología</b> . Estos temas deben desarrollarse a diferentes escalas según su necesidad, no todos los perfiles requieren las mismas capacitaciones
	Desarrolle transformación tecnológica en hardware y software	La idea es buscar tecnologías adecuadas y alineadas con la estrategia BIM planteada en su hoja de ruta, por lo que el software a implementar deberá poseer extensiones acordes y que estén alineados con el OPEN BIM (IFC, BCF); el hardware se debe verificar que cumpla con requisitos mínimos que permita correr los softwares y modelos; y muy importante reforzar su red de comunicación ya sea con implementación de grandes almacenamientos en nube, servidores y buena conexión a internet.

	Explorar proyecto piloto	El proyecto piloto es como el ratón de laboratorio, en el cual se va a implementar todo lo planeado y dicho anteriormente. Este proyecto piloto debe permitir la implementación de los usos BIM establecidos por la organización.
Etapa de Medición y Seguimiento	Realizar la medición de indicadores.	La medición de los indicadores de desempeño en la organización sirve de soporte para la determinación del éxito de las estrategias implementadas en la organización. Se recomienda evaluar el <b>Índice de madurez BIM (IMB)</b> , en una periodicidad semestral, que consiste en una comparación porcentual con respecto a una medición actual con una anterior; de la misma manera se debe evaluar el <b>Índice de Efectividad de la Gestión del Cambio (IEGC)</b> , y se debe evaluar el <b>índice de aumento de productividad (IAP)</b> entre datos de los proyectos y los equipos de trabajo en diferentes periodos.
	Incentivos de participación	Se debe motivar a los equipos para que participen, por esto se debe diseñar un plan de reconocimientos ya sean económicos, regalos, educación etc.
	Oportunidades de mejora	El seguimiento y medición es una herramienta que nos debe conducir a implementar oportunidades de mejora continua de los procesos de la organización y sus proyectos.
Etapa de Introspectiva Organizacional	Matriz de madurez BIM	La matriz de madurez BIM es una herramienta que permite evaluar el avance de implementación BIM en las organizaciones, basada en 3 componentes como la madurez BIM, la capacidad BIM y la escala organizacional.
	Oportunidades de mejora	Mediante el monitoreo de los procesos de la organización se permite identificar las oportunidades de mejora y de esta manera integrar prototipos a los sistemas de gestión de calidad para estandarizar procesos.
	Validar el alcance y entregables.	A partir de la validación de los entregables se permite identificar el alcance de la implementación BIM y de esta manera se puedan tomar decisiones desde alta gerencia.

Fuente: Elaboración propia con base en BIM Forum Colombia, *Guías para la Adopción BIM en las Organizaciones*: BIM Forum Colombia, 2020.

## 5. ESTADO DEL ARTE

Se elabora esta parte del documento con el fin de profundizar y descubrir el conocimiento adelantado respecto a la implementación de la metodología BIM por parte de las Pymes o SMES en inglés, centrando la mayor atención en su implementación en el sector de la construcción. Para lograrlo se realizaron búsquedas en bases de datos como Google scholar, Science Direct, scopus, descubridor eds (EAFIT) y Emerald Insight; en algunas revistas como McKinsey & Company, Camacol, Hindawi y BCG. Documentos de entidades como el DANE, ministerio del trabajo, Confecámaras, CAF; Además se obtuvo información proveniente de conferencias. En todos estos medios se buscaron documentos relacionados con el tema a tratar, mediante ecuaciones de búsqueda combinando de diferentes maneras los siguientes terminos “BIM Implementation, BIM SMES, BIM (Building information modeling), adoption, small and medium sized enterprises, Digital Technologies, Architectural design, Project Management, Building Construction, Construction industry.

Para plasmar el estado del arte se establecieron criterios de inclusión y exclusión de publicaciones. se tuvieron en cuenta términos de referencia como los títulos, resúmenes y palabras claves de los documentos; para los criterios de inclusión inicialmente se escogieron publicaciones que hablaban de “los beneficios de implementación de BIM en el sector AEC, retos para implementar BIM en algunos países, impacto de implementar BIM en compañías constructoras, barreras para llevar a cabo satisfactoriamente la implementación BIM, implementación BIM en Pymes, desafíos para su implementación en Pymes, las barreras que obstaculizan su implementación en Pymes”. La literatura revisada consta de documentos publicados en idioma inglés y español (con el fin de buscar investigaciones en Latinoamérica) en los últimos 15 años, entre 2010 y 2024 para tomar datos importantes desde que comenzó a fortalecerse y estudiar beneficios BIM. En estas dos últimas décadas los países líderes en la implementación BIM, han realizado estudios y tomado acciones relevantes con lo que respecta BIM; Países como singapur, Finlandia, Reino unido, China, Alemania, España, Estados unidos; países latinoamericanos como Brasil y chile etc. han incentivado y ayudado a expandir la implementación de BIM en los proyectos de construcción a nivel mundial.

Implementando ese método de búsqueda, se pudieron sustraer 244 publicaciones de las bases de datos electrónicas mencionadas, páginas web de entidades y páginas web de revistas. Se consideraron no relevantes 130 publicaciones, por su resumen y título, se eliminaron 11 duplicados. Finalmente resultaron 94 publicaciones para revisar, de las cuales se encontraron 22 publicaciones que se referían a la

implementación de BIM en Pymes, el resto hablaban de la implementación BIM en la industria de la construcción y como se llevaba a cabo en algunos países, resaltando beneficios, desafíos y barreras para su implementación a nivel gubernamental y privado. La información sobre la implementación de BIM en las pymes es escas, por lo cual en el estado del arte se aborda el tema de BIM y su implementación de una manera amplia dentro del sector de la ingeniería, arquitectura y construcción.

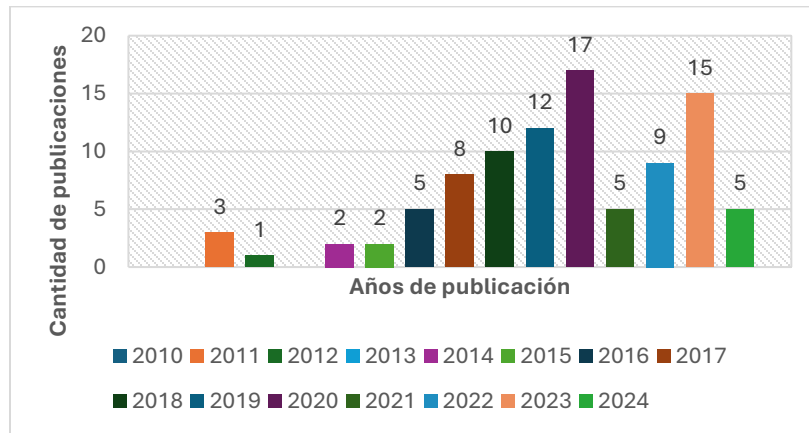


Fig 4. Publicaciones revisadas entre 2010 y 2025

Fuente: elaboración Propia

El sector constructor ha estado enmarcado por prácticas tradicionales para llevar a cabo sus proyectos, es común que en los proyectos de la industria se presenten infinidad de imprevistos, lo que genera aumento de presupuesto y tiempos, esto afecta la productividad. Bajo estos métodos tradicionales los proyectos de construcción suelen tomar 20% de tiempo adicional y hasta 80% adicional al presupuesto inicial y los retornos para contratistas suelen ser bajos [6]. La productividad en los proyectos de las organizaciones está estrechamente relacionada con la digitalización [3]. Así lo demuestran en un estudio de productividad y riesgo realizado por la revista McKinsey & Camacol. En el cual se evidencia que entre más bajo es el índice de digitalización, menor es la tasa anual de productividad, este estudio demuestra que la industria AEC es de las menos digitalizadas y por ende presenta menor tasa de productividad [3]. En la figura 4 se pueden ver y comparar los sectores económicos.



movilidad digital; Internet de las cosas y analítica avanzada; y Diseño y construcción preparados para el futuro [26].

La productividad en los proyectos es alcanzable cuando se logra disminuir el costo del proyecto, aumentar y la calidad y reducir el tiempo de entrega del proyecto [27]. Para lograr la productividad en la industria AEC, adoptar BIM es ideal, esta metodología garantiza reducción de costos y tiempos, sin dejar atrás la calidad y eficiencia en los proyectos de construcción, garantizando proyectos exitosos [28].

Los impactos positivos que genera BIM en los proyectos y organizaciones hoy en día son respaldado por infinidad de estudios que se han realizado, sobre todo en esta última década de evidencia un creciente interés por indagar el tema BIM, es notable en base de datos de literaturas y en la voz a voz entre profesionales. Por ejemplo en un estudio para conocer el punto de vista de empresarios y ejecutivos del sector constructor consideran que las herramientas digitales de diseño/Construcción tales como BIM son las que generaran mayor impacto positivo en su negocios en los próximos 5 a 10 años[10].

Hoy en día el lenguaje BIM se está volviendo común en el mundo, dado a los esfuerzos e incentivos generados por algunas entidades privadas y gubernamentales en muchos países que han puesto en marcha estrategias para difundir el conocimiento BIM y su implementación. La denominada “Ruta BIM” de Camacol y BIM fórum Colombia es una de las entidades banderas en Colombia, en el año 2023 mediante una encuesta nacional se evidenció que de las empresas que afirmaron implementar BIM, el 50% de estas comenzaron su implementación entre los años 2020 a 2022. Esto da indicios de que estas estrategias en pro de BIM que se han llevado a cabo están resultando positivas, de hecho, este resultado se puede relacionar con los resultados de búsqueda literaria en esta investigación, en la cual se nota un crecimiento de publicaciones con respecto a BIM en los últimos años, a partir del 2020 se presenta el mayor número de publicaciones. Gracias a la popularidad que está ganando BIM entre los profesionales del sector constructor, muchos están optando por querer conocer al respecto e implementar.

La iniciativa empresarial y los incentivos políticos o gubernamentales juegan un papel importante en la implementación BIM en las Pymes. Arman M. Kouch Sugiere unos factores claves para la implementación BIM al 100%; desde el campo empresarial plantea 4 factores claves que involucran la organización como primer y principal factor, representando un 32% en la distribución, este factor enmarca la acción de los altos directivos, que es mediante estos que se lidera los desafíos y riesgos comerciales (17%), también hacen parte los factores financiero e inversiones (15%). El recurso humano

es otro factor clave, representando el (25%) en la distribución, este factor involucra la formación del personal (17%) y la aceptación al cambio (8%); como tercer factor presenta los procesos, representando el 17%, se refiere a las estrategias de trabajo y la colaboración en equipo; La tecnología es el cuarto factor del campo empresarial, representando el 15%, refiriéndose a las herramientas tecnológicas que conllevan a la eficacia para implementar BIM [29]. Desde el campo político se aporta un 11% en la distribución de factores claves para la implementación BIM [29]. A pesar de que su valor porcentual no es el más alto en la distribución, se le debe dar una importancia significativa, ya que las acciones políticas son influyentes en el campo empresarial.

Hay países en Europa, Asia y América latina, en donde las entidades gubernamentales están jugando un papel importante, apostándole a ser grandes clientes BIM, enrutando al sector constructor hacia el camino de la implementación BIM.

Los estudios existentes respecto a implementación BIM demuestran que gran parte de su implementación se da en etapas de planificación y diseño por parte de las empresas y profesionales, para la etapa de construcción no ha sido muy utilizada, y muchísimo menos para las etapas de operación y mantenimiento. En 2020 BIM fórum latam realizó un estudio en el que se evidencia lo dicho anteriormente, el estudio fue realizado en países de América latina y el caribe, en empresas de todos los tamaños, dicho estudio demostró que alrededor del 90% de los encuestados indicó implementar BIM en las etapas de planificación y diseño, el 39% en la etapa de construcción y en la etapa de operación tan solo el 6% [30]. N. A. A. Ismail *et al.* en su estudio respecto a la adopción BIM en malasia se obtuvo que las etapas en las que las pymes tuvieron mayor implementación BIM fue en las etapas de planificación y diseño [31]. En Colombia se realizó un estudio muy reciente en el cual se obtuvieron resultados similares, siendo la etapa de planificación y diseño en las que más se implementa BIM [32].

Es lógico que las etapas de planificación y diseño sean las predominantes en la implementación BIM, ya que en un estudio realizado por Y. Hong *et al.* las pymes indicaron que principalmente utilizan o utilizarían BIM para visualizaciones 3D, gestión de costos, elaboración de memoria de cantidades y detección de conflictos [33]; estas actividades indicadas pertenecen a esas etapas iniciales de planificación y diseño en los proyectos de construcción.

Yang *et al.* en [34] muestran los resultados de estudios realizados en 13 proyectos de construcción al aplicar BIM en 3 fases, en la fase de diseño, construcción y operación, incluidos diez proyectos de

infraestructura. Los indicadores relevantes en el estudio arrojaron los siguientes resultados: 61.5% en la comprensión de diseños al ser colectivos, 38.5% de mejora en la calidad del proyecto, conflictos durante la construcción redujeron 38.5%, el control/ predicción o estimación de costos mejoró el 30.8% y las modificaciones durante la construcción redujeron el 23.1%. Al analizar estos datos se observa que gran parte de los beneficios al implementar BIM se presentaron en la fase de diseños. Entre los beneficios más comunes al implementar BIM tenemos la mejora de productividad, ahorro de tiempo de diseños y el intercambio de datos.

Las ventajas al implementar técnicas BIM, por ejemplo, en los procesos de planificación de tiempos y costos son muchas, los modelos 3D son más fáciles de modificar durante la fase de diseño si así se requiere y las cantidades se actualizarán automáticamente. Cuando se actualiza el modelo con los datos de entrada adecuados, los actores del proyecto pueden obtener información relevante de cada elemento, en cada momento para la ejecución del proyecto[35]. El modelo de construcción puede contener información como los tipos de elementos, cantidades geométricas, recursos necesarios para la implementación, tiempos de ejecución de la actividad, etc. la mayor ventaja de BIM es que la información se mantiene en un solo lugar y actualizada[35].

Los proyectos de infraestructura que implementan BIM tienen una mayor probabilidad de alcanzar sus objetivos. El uso de modelos simulados posee muchos beneficios, con este método los usuarios pueden visualizar información técnica y gráfica de todos los elementos del modelo, estos se permiten visualizar en cualquier momento y desde cualquier situación [36]. Entre los beneficios más importantes de BIM están la reducción de costos, reducción de pérdidas, satisfacción de empleadores, mejora en la comunicación y colaboración, identificación de conflictos y mejora el desempeño del proyecto [37]. Básicamente BIM se enfoca en la integración interdisciplinaria, esto posibilita un aumento en la calidad de los diseños, que es uno de los aspectos importantes para disminuir errores y duplicaciones [38].

Implementación de BIM en la operación y mantenimiento (O & M) proporciona una plataforma integral, que conecta a los profesionales y la información de la edificación. De esta manera, a través de un sistema asistido por BIM para la O & M se puede ahorrar tiempo y los trabajos repetitivos, incluida la organización de tareas, programación y la renovación se pueden simplificar y realizar de manera más eficiente. Generalmente los procesos BIM son establecidos para proyectos nuevos; a la mayoría de los edificios existentes aún no se les hace mantenimientos ni se deconstruyen mediante la implementación de BIM [39]. En la búsqueda de literatura existente respecto a BIM en edificios existentes es escasa, lo

que indica que es escasa su implementación en edificios existentes [39]. Las edificaciones existentes en su mayoría presentan dificultades para propias a actividades de mantenimiento, y gestión documental y de planos que facilite comprender su el funcionamiento de las edificaciones, sumado a esto, a veces no se cuenta con registros de modificaciones o intervenciones que haya requerido la edificación durante su vida operativa [40]. Las edificaciones que más presentan este tipo de dificultades de registro documental son los edificios más antiguos [40]. La implementación de herramientas BIM, específicamente BIM 7D permite ayudar en las tareas post-construcción , para garantizar la sana longevidad de las edificaciones, estas herramientas son de gran ayuda mediante visualizaciones que permiten recorrer toda la edificación, examinando elementos individuales de esta, como columnas, vigas, ductos y demás; además proporciona agilidad en la gestión de información de las edificaciones existentes [40].

BIM dentro de todos sus beneficios también nos permite llevar a cabo construcciones sostenibles y eficaces. Hay estudios que demuestran que BIM es una herramienta importante que ayuda a la toma de decisiones sostenibles para edificaciones, contribuyendo en reducción de energía y costos; se ha demostrado que la implementación BIM en prácticas amigables con el medio ambiente reducen hasta un 30% de consumo de energía y hasta el 21% de costo energético [41]. Así mismo, está demostrado que la elección de diseño y forma de las edificaciones simuladas en BIM reducen la energía y carbón incorporado en edificaciones, reduciendo hasta 15% comparado con edificios del mismo volumen [42]. En la actualidad la producción sostenible no se debe tomar como una moda, el calentamiento global y demás efectos ambientales nos demuestran que es una necesidad, por ello es importante aplicar métodos en pro de construcciones sostenibles y BIM es de gran ayuda para lograrlo.

Los beneficios generados al implementar BIM están demostrados y respaldados por los diferentes estudios existentes al día de hoy, pero para las pymes existen unas barreras y desafíos en su adopción. Cuando se habla de implementar y adoptar BIM para proyectos de construcción, se pretende que esta adopción sea durante todas las fases del proyecto, Por lo que en los proyectos pequeños y simples hay una baja probabilidad de implementar BIM [43]. Li, Zheng, Si y Xu, en su investigación [43] para estudiar la red subyacente que influyen las complicaciones de adoptar BIM por parte de las Pymes, los dividieron así: 1) las PYMES tienen pocos recursos, (2) desafíos de colaboración, (3) falta de conocimiento de BIM, (4) disputas legales e incertidumbres en las políticas, (5) dificultades para satisfacer las necesidades de las pymes y (6) preocupaciones sobre los datos y la información. Las complicaciones para la implementación BIM en pymes representa un desafío que se puede afrontar

mediante estrategias de fortalecimiento de entornos legales, incentivar y generar un amplio conocimiento, las IPD y el desarrollo de programas nativos [43].

## 5.1.PANORAMA DE LA ADOPCIÓN BIM A NIVEL MUNDIAL

En todos los países del mundo las pymes representan alrededor del 90% de las empresas, estas son grandes contribuyentes al PIB de los países [25]. Esto conlleva a que su crecimiento beneficia directamente al país en el que se sitúan, específicamente en los países en desarrollo las pyme tienen un gran potencial y son como la columna vertebral de la economía de cada país, es por ello que se hace necesario la adopción sostenible de BIM [44]. Sin embargo, las Pymes están quedándose atrás en innovaciones que le permitan crecer a una manera más acelerada y optima. Al parecer las Pymes aún no se han convencido de lo beneficioso que es adoptar BIM y siguen preocupados por los riesgos potenciales para su negocio [44].

A nivel internacional la implementación BIM ha logrado un significativo nivel en ciertos países desarrollados y en vía de desarrollo, por ejemplo, en Estados Unidos, reino unido y otros países europeos BIM es obligatorio. Singapur ha alcanzado una adopción del 50% y ya requiere que todos los proyectos se envíen a través de presentaciones electrónicas BIM. En formato nativo, BIM desde 2016 y el gobierno ha emitido diferentes guías y códigos para la implementación de BIM.

- 5.1.1. Reino Unido. La estrategia de construcción del gobierno del Reino Unido ha impulsado el programa de adopción de *BIM Nivel 2* pasó a ser obligatorio en proyectos de contratación pública a partir de abril de 2016, su implementación fue exitosa; esto animó al lanzamiento de *Digital Built Britain*, que es una mirada hacia BIM nivel 3, el gobierno del reino unido augura para el 2025 reducir costos en 33%, las entregas serán 50% más rápidas y las emisiones reducirán 50% [45]. El reino unido es de los países líderes en adopción BIM. En una encuesta realizada año tras años desde el año 2011 que fue cuando se comenzó con el programa *BIM Nivel 2*, hasta el 2020 se evidencio bastante alentador; arrojando que para el año 2011 solo el 13% afirmo haber adoptado BIM y el 43% de los encuestados no conocía a cerca de BIM, sin embargo, casi después de una década, en 2023 el 70% de los encuestados ya utilizan BIM,

La tecnología digital hace parte de lo que enmarca BIM. En un estudio realizado por la NBS y Glenigan, resultó en que el 64% de las empresas pequeñas (25 empleados o menos) consideraron que la tecnología digital está ayudando, mientras que el 83% de las compañías grandes (251 empleados en adelante) tiene la misma consideración, lo que lleva a los investigadores a concluir de que entre más pequeña es la compañía, menos probabilidades hay de que esté de acuerdo con que la tecnología digital es de gran ayuda [46].

5.1.2. Australia. La mitad de las Pymes pertenecientes al sector de la construcción en Australia todavía utilizan CAD [47]. Debido a que la adopción de BIM para una empresa se enmarca en la innovación tecnológica, esto hace que surjan desafíos técnicos y financieros. La falta de demandas de los clientes es del 75% y los gastos de software y hardware son del 50%, estas dos son las principales barreras para las empresas australianas dedicadas al sector constructor [33]. A pesar de esto, Australia ha logrado una fuerte adopción de BIM, alrededor del 42% de las pymes utilizan BIM en nivel 1 y en nivel 2 y alrededor del 5% utilizan nivel 3 [47].

5.1.3. China. En china la adopción BIM por parte de las Pymes se encuentra en una etapa incipiente. Por ello el gobierno se ha puesto al frente del tema, el gobierno central chino se ha convertido en una fuerza importante para promover la adopción de BIM; pretendiendo una adopción nacional del 90% para el año 2020 en las edificaciones de todo tipo [43]. Sus principales objetivos son mejorar la digitalización de edificios. Un informe realizado por la industria de la construcción de china (2017) demostraba que solo el 10.4% de las empresas chinas comenzaron a promover todo lo que abarca BIM a gran escala [43].

La adopción de BIM en china es un reto que compromete 6 desafíos por vencer. El número 1 es la poca disponibilidad de recurso por parte de las Pymes, el número 2 es la poca colaboración, el número 3 es la falta de conocimiento de BIM, el número 4 corresponden a situaciones legales y políticas, el número 5 es la dificultad para satisfacer las necesidades de las Pymes y finalmente el número 6 se basa en las preocupaciones sobre datos e información [43].

5.1.4. Nigeria. En Nigeria los profesionales del sector constructor tienen voluntad de adoptar BIM, pero aún hay mucho retraso en su implementación. La poca implementación BIM por parte está ligada al poco conocimiento respecto a la metodología BIM, escasez de expertos con

amplio conocimiento BIM y los altos costos de las herramientas (software y hardware) BIM y sus capacitaciones BIM.

- 5.1.5. Malasia. La industria de la construcción en Malasia ha dado pasos muy importantes para mejorar el desempeño de sus proyectos, a través de la introducción de la metodología BIM a partir del 2007; apuntando a que BIM debería implementarse en el 10% de los proyectos públicos, con valores superiores a los 50 millones de ringgit (RM moneda local) [31]. Además, a partir de 2018, BIM es un mandato para cualquier proyecto público con un presupuesto de 100 millones de ringgit [48].
- 5.1.6. Chile. Chile ha sido uno de los países latinoamericanos con mejor aceptación en cuanto a la metodología BIM desde 2018, pero las consultoras están utilizando software BIM sin métodos establecidos, utilizan software BIM pero implementando prácticas tradicionales y experimentales, con el objetivo de visualizar y renderizar los modelos [49]. El gobierno chileno ha lanzado un denominado “Plan BIM” para impulsar un cambio en la industria constructora chilena, introduciendo la implementación de BIM, además el objetivo de incorporar la metodología BIM en licitaciones públicas [50]. Se han logrado avances importantes en cuanto a capacitación y educación para el año 2021 el 83.5% de las universidades en Chile incluyan BIM en las enseñanzas para educación superior, se han otorgado miles de becas para capacitarse en BIM [51].
- 5.1.7. Colombia. En Colombia se han venido dando pasos importantes en la misión de promover la implementación BIM en el sector constructor, uno de los actores importantes es Camacol liderando desde 2017 el BIM forum Colombia. Esto acompañado de entidades estatales, grandes empresas privadas representantes del sector constructor, representantes de empresas de softwares, entre otros. El sector de la construcción en Colombia representa el 54% de aparato productivo [52]. Año tras año se han trazado metas y se crean planes para llevar a que el sector constructor adopte BIM como metodología de trabajo en sus proyectos. En 2020 el gobierno colombiano aliado con otras entidades públicas y privadas lanzó una estrategia para que la implementación BIM sea una realidad en el sector constructor. Como plan de implementación, parte desde el año 2020, creando el marco de colaboración inicial en proyectos pilotos; en el año 2021 se definen estrategias de para la transformación de entidades y comienzo de proyectos pilotos; para el año 2022 requerir entre 10% y 25% el uso de BIM

en proyectos de construcción públicos; en 2023 implementar BIM entre 35% y 50% en los proyectos de construcción públicos; en 2024 se planea usar BIM entre el 60% y 75% en proyectos de construcción públicos; para el año 2025 se pretende estar usando BIM entre 85% y 100% en proyectos de construcción públicos y finalmente en 2026 sea una realidad el mandato BIM a nivel nacional [52]. En 2023 BIM FORUM realizó un estudio en el que hubo 643 participantes, de las cuales el 49% afirmó implementar BIM, el 36 % dijo no implementarlo y el 15% no sabe [32]. El estudio demostró que el 84% de los encuestados afirmó que hace 4 años están enrutados hacia la implementación BIM [32]. dato positivo en cuanto a una masiva implementación BIM en el país. En Colombia ya hay proyectos pilotos que han arrojado datos interesantes en cuanto a los beneficios obtenidos al implementar BIM, por ejemplo en el proyecto *prescolar del colegio de la compañía de maría- la enseñanza* ahorraron 10% en costos y 44% en tiempo [53]. En el proyecto denominado *CANTABRIA* de amarillo se obtuvo 60% en ahorro de tiempos, 27% de ahorro en consumo de agua y 45% en ahorro de energía incorporada [54].

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO O METODOLOGÍA

Se pretende realizar una investigación cualitativa con el fin de conocer el estado actual de las Pymes, respecto a las prácticas y herramientas que implementan para llevar a cabo sus proyectos, posteriormente proponer mejores prácticas, mediante la implementación de la metodología BIM, con el fin de que les permita crecer en aspectos económicos, social y organizacional; así mismo realizar una investigación descriptiva, pretendiendo caracterizar a las pymes constructoras en su gestión de proyectos y la naturaleza de segmento demográfico.

Con el fin de cumplir con los objetivos específicos, para llevar a cabo la investigación se utilizarán herramientas metodológicas tales como:

Levantamiento del estado del arte a partir de la revisión de literatura publicada en las bases de datos más importantes a nivel mundial, Páginas webs de fuentes confiables y/o certificadas de organizaciones privadas y públicas y videoconferencias para entender el panorama de como ha venido desarrollándose el tema a investigar.

Realizar encuestas y entrevistas semiestructuradas, para mediante estas obtener información relevante que ayude identificar las prácticas de gestión de los proyectos de construcción en las pymes estudiadas.

Realizar encuestas y entrevistas semiestructuradas para obtener información importante que permitan conocer la percepción respecto a la implementación metodologías BIM en las pymes del sector constructor.

Para llevar a cabo las entrevistas se tendrá en cuenta una muestra igual a 9 pymes pertenecientes a la industria AEC como representación de poblacional, de la misma manera, se realizarán encuestas para una muestra de 16 profesionales inmersos en la industria AEC; tanto en las encuestas como en entrevistas se tomará un muestreo no probabilístico.

Realizaran análisis descriptivos y análisis factoriales a la información recopilada mediante entrevistas y encuestas, que permitan identificar la manera como se están llevando a cabo la gestión de proyectos por

parte de las Pymes de la industria AEC y la percepción de los profesionales de la industria con respecto a la metodología BIM.

Plantear la metodología BIM como herramienta para la gestión de proyectos en planeación y construcción en las Pymes, y así permita mejorar la productividad, calidad y rendimientos en sus proyectos.

## 7. RESULTADOS

En el proceso de investigación se optó por realizar entrevistas y encuestas a empresas y profesionales inmersos en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción. Las entrevistas estuvieron dirigidas a las pymes pertenecientes a la industria, las preguntas realizadas en la entrevista fueron abiertas, dando libertad en las respuestas resultantes, con el fin de obtener información importante y relevante sobre la gestión y herramientas implementadas en el desarrollo de sus proyectos. Es así como se logra identificar las herramientas y prácticas de gestión en proyectos de construcción implementadas por Pymes del sector constructor. Las encuestas realizadas en este estudio permitieron conocer la percepción frente a la implementación de la metodología BIM que tienen los profesionales de las Pymes de construcción.

Mediante consultas de la literatura existente se conocen las prácticas en la implementación de la metodología BIM en las Pymes Constructoras a nivel internacional, lo que permite tener un panorama más amplio al respecto.

En últimas, los resultados de las entrevistas, encuestas e investigación de literatura se presentan a continuación, estos responden a cada uno de los objetivos planteados para esta esta investigación.

### 7.1.RESULTADOS ENCUESTAS

El anexo 1 contiene las preguntas realizadas mediante una plataforma virtual. La encuesta consta de 19 preguntas, divididas en 5 secciones, el consecutivo de preguntas es dependiente a cada respuesta dada por los encuestados, se enviaron 90 encuestas, de las cuales ## fueron respondidas por los profesionales pertenecientes al sector AEC. Es válido acotar que las encuestas se enviaron en diferentes ocasiones, solicitando su diligenciamiento. A continuación, se plasman resultados obtenidos por secciones:

7.1.1. Caracterización de encuestados. La sección en cuestión pretende describir los profesionales encuestados; los resultados demuestran un diverso grupo de profesionales del sector AEC participó en la encuesta.

Principalmente los profesionales encuestados pertenecen al campo de la ingeniería, con una representación del 68% y el 24% pertenecen al campo profesional de la arquitectura. (Fig. 6).

Adicionalmente se evidencia que el 55% de los encuestados poseen menos de 5 años de experiencia en la industria y el 36% posee una experiencia entre 5 a 10 años, de lo cual se entiende que el 91% de los encuestados poseen hasta 10 años de experiencia en la industria. (Fig. 7).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

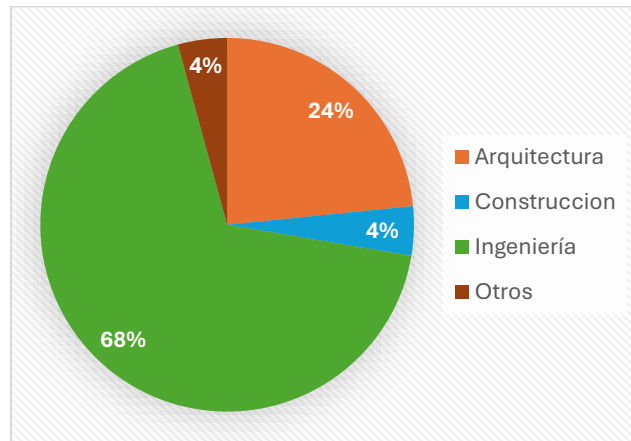


Fig 6. Campo profesional: Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

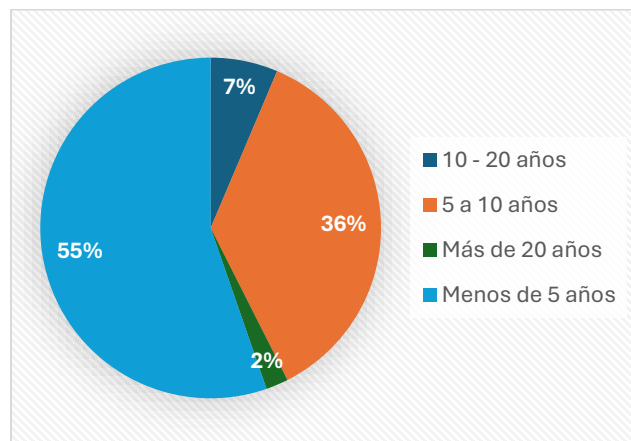


Fig 7. Experiencia profesional: Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Conocimiento sobre BIM. La sección en cuestión pretende determinar el conocimiento con respecto a BIM, que tienen los profesionales encuestados.

El 72% de los encuestados aseguró conocer o haber escuchado sobre la metodología y herramientas BIM y el 28% asegura lo contrario, lo cual es un dato alentador, debido a que una gran mayoría asegura conocerlo y esto permite que su implementación sea cada vez mayor; del 72% que aseguró conocer o haber escuchado sobre BIM (Fig. 8). El 82% tiene un nivel de conocimiento básico, el 18% posee un conocimiento intermedio (Fig. 9). El 62% de los encuestados considera que BIM es una metodología de trabajo y el 38% de los encuestados considera que es un software de modelación 3D, lo que evidencia una leve confusión aún en los profesionales del sector AEC. (Fig. 10).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

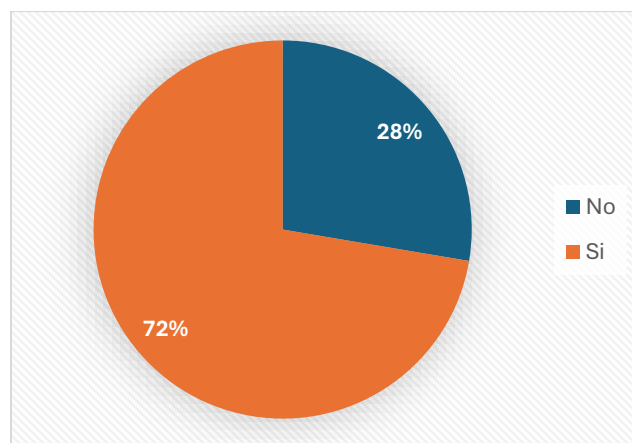


Fig 8. Conoce o ha escuchado sobre BIM: Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

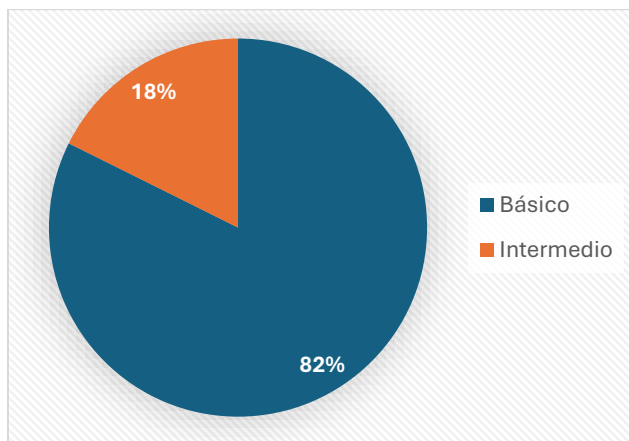


Fig 9. Nivel de conocimiento BIM: Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

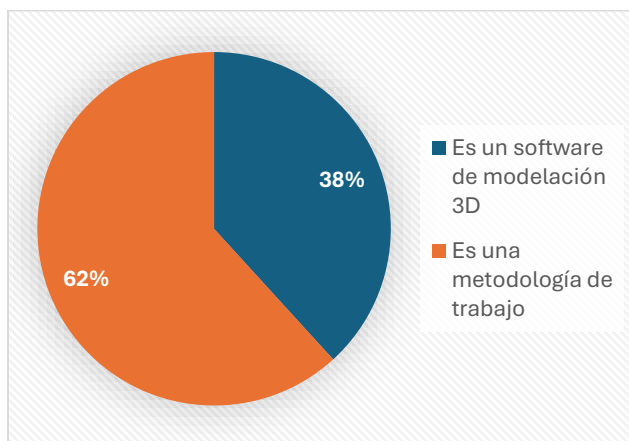


Fig 10. Frase que considera definir a BIM.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. Formación BIM. La sección en cuestión pretende saber si los profesionales encuestados están capacitados para implementar BIM o si planean capacitarse y certificarse.

Del 72% que asegura conocer o haber escuchado sobre BIM, el 47% de este posee competencias para implementar BIM en empresas de la industria AEC, el 53% dice no tener competencias para ello. De ese 47% que afirmó tener competencias, el 50% planea certificarse a mediano plazo (1 a 5 años) (Fig. 11).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

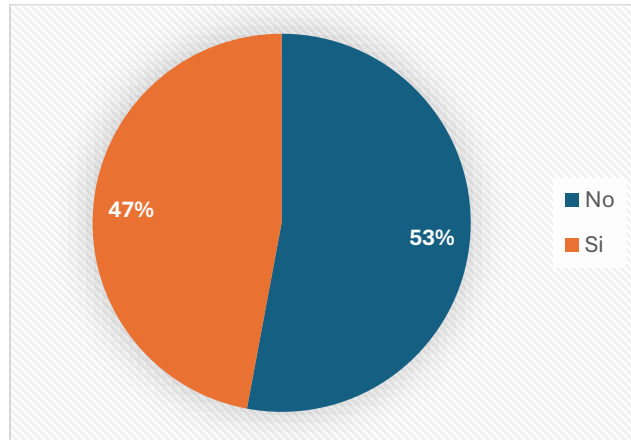


Fig 11. Profesional con competencias para implementar BIM: Selección única.  
Fuente: Elaboración propia.

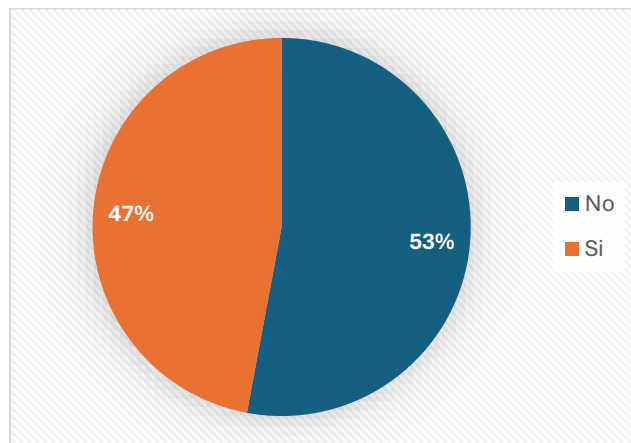


Fig 12. Tiene previsto capacitarse y plazo: Selección única.  
Fuente: Elaboración propia.

7.1.4. Gestión de proyectos. La sección en cuestión pretende dar a conocer la manera como los profesionales encuestados conceptualizan sus proyectos y la necesidad de implementar herramientas BIM.

A continuación, se plasma el resultado sobre la frecuencia y métodos utilizados para la representación conceptual en los proyectos de los encuestados; es válido resaltar que se les realizó la misma pregunta a quienes respondieron “Si” y quienes respondieron “no” en la pregunta que informa sobre los profesionales que conocen o han escuchado de BIM; es notable la diferencia en las frecuencias de usos. La figura 13 muestra que de los que respondieron “si”, el 50% nunca utilizan maquetas, el 35% alguna vez y un 9% utilizan siempre maquetas; por el lado de los que respondieron “no”, la figura 14 muestra también un 50% dijo que nunca utilizan maquetas, un 43% alguna vez, pero 0% utilizan siempre maquetas. El panorama para los que utilizan dibujos 2D (CAD) es similar tanto para los del “si”, como los del “no”. Para el uso de la Modelación 3D (CAD) se evidencia que un 29% de los del “si” utilizan siempre esta modalidad de representación conceptual de sus proyectos, mientras que los que respondieron “no” tan solo un 7% dijo usar siempre modelación 3D.

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

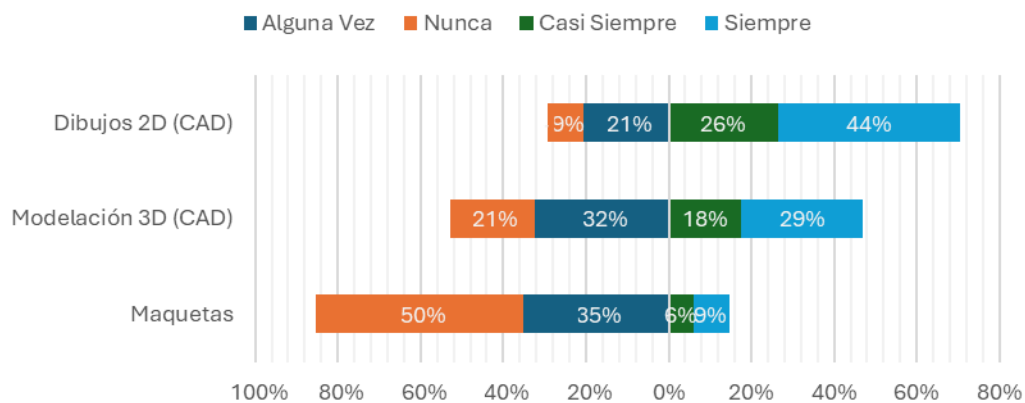


Fig 13. Representación conceptual de sus proyectos (si): Selección múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

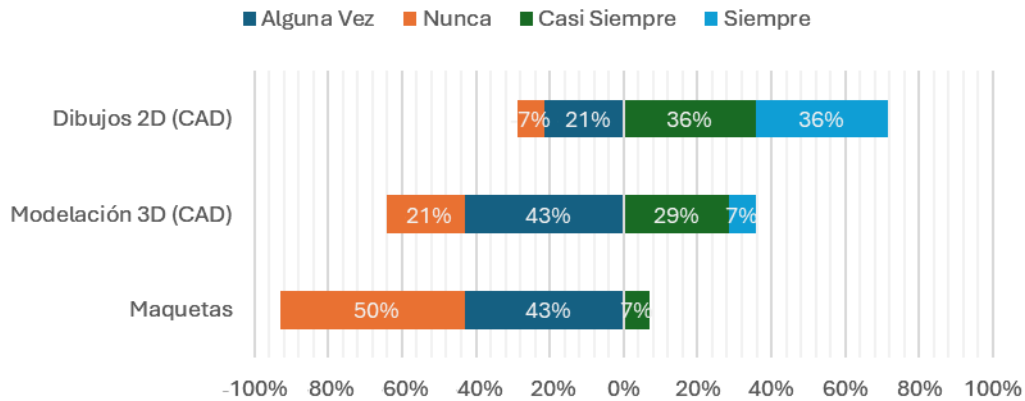


Fig 14. Representación conceptual de sus proyectos (no): Selección múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se realizó la misma pregunta a quienes respondieron “Si” y quienes respondieron “no” en la pregunta que informa sobre los profesionales que conocen o han escuchado de BIM; para saber si han sentido la necesidad de implementar BIM en su entorno laboral. La figura 15 plasma que de los que dijeron “si”, para el 24% no es necesario implementar BIM en su entorno laboral, el 29% considera que es una exigencia actual y el 47% lo considera parcialmente necesario. Por el lado de lo que respondieron “no” la figura 16 muestra que el 15% considera que no es necesario, el 16 % que es una exigencia actual y el 69% considera que parcialmente necesario en su ámbito laboral.

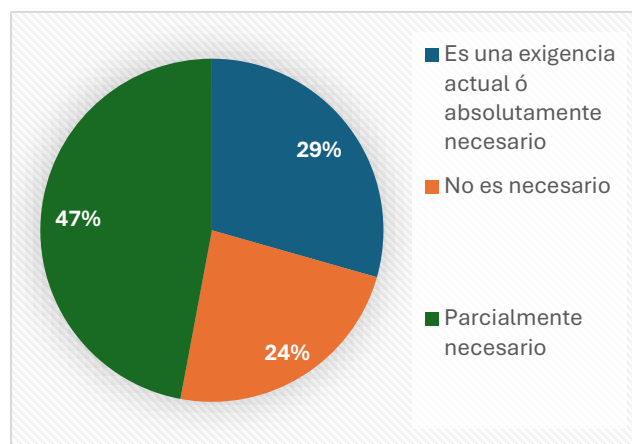


Fig 15. Necesidad de implementar BIM en su entorno laboral (si): Selección única

Fuente: Elaboración propia.

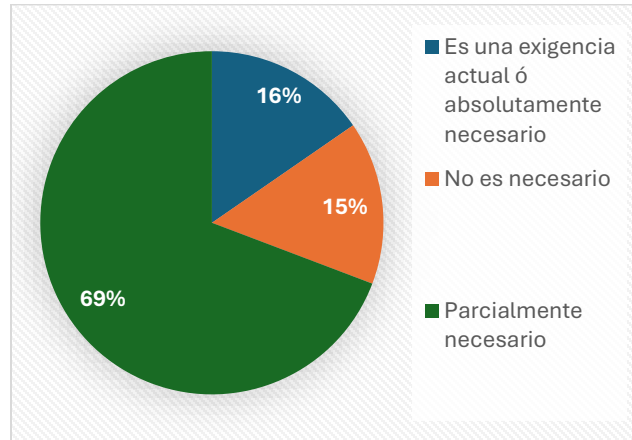


Fig 16.Necesidad de implementar BIM en su entorno laboral (no): Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.5. Implementación BIM. La sección en cuestión pretende mostrar los profesionales que implementan BIM, las dificultades, beneficios al implementar esta metodología. Es de aclarar que las respuestas los datos resultantes de esta sección incluyen exclusivamente a los profesionales que respondieron que si conocen o han escuchado sobre BIM.

A los profesionales que aseguran conocer o haber escuchado sobre BIM se les preguntó han implementado o implementan BIM en algún proyecto de construcción y el 65% respondió que no, y el 35% respondió que sí (Fig. 17).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

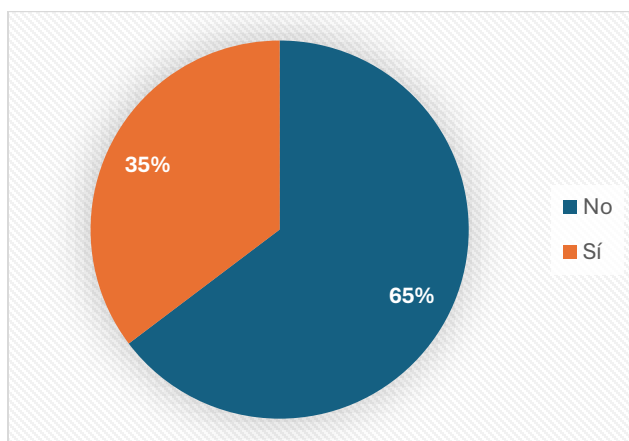


Fig 17. Implementa o ha implementado BIM en proyecto de construcción: Selección única

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran datos relevantes, sobre las etapas en que los profesionales implementan BIM, siendo la etapa de diseño con mayor porcentaje de implementación, siendo el 50% que ha implementado o implementa siempre en esta etapa y el 25% casi siempre. La etapa de operación es en la que menos se ha implementado o implementa, el 42% dice nunca haber implementado BIM en esta etapa. En la etapa de planificación la mayoría representada por el 50% responde haber implementado alguna vez. En la etapa de construcción se evidencia un 50/50 entre el total de frecuencias de implementación (Fig. 18).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

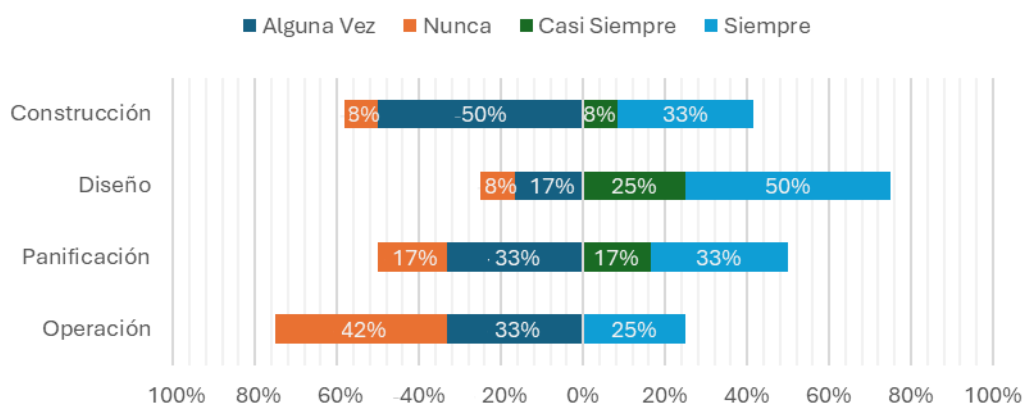


Fig 18. Etapas en que implementa o ha implementado BIM: Selección múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

A los profesionales que dijeron haber implementado BIM en algún proyecto de construcción se les consultó sobre los beneficios obtenidos al implementarlo y como principal beneficio, el 67% señala que la coordinación multidisciplinar de diseños, seguido del 50% que se ha beneficiado en la detección anticipada de conflictos e igualmente el 50% se ha beneficiado en la gestión de datos y documentación. La sostenibilidad y eficiencia energética denota el menor beneficio obtenido por estos (8%) (Fig. 19).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

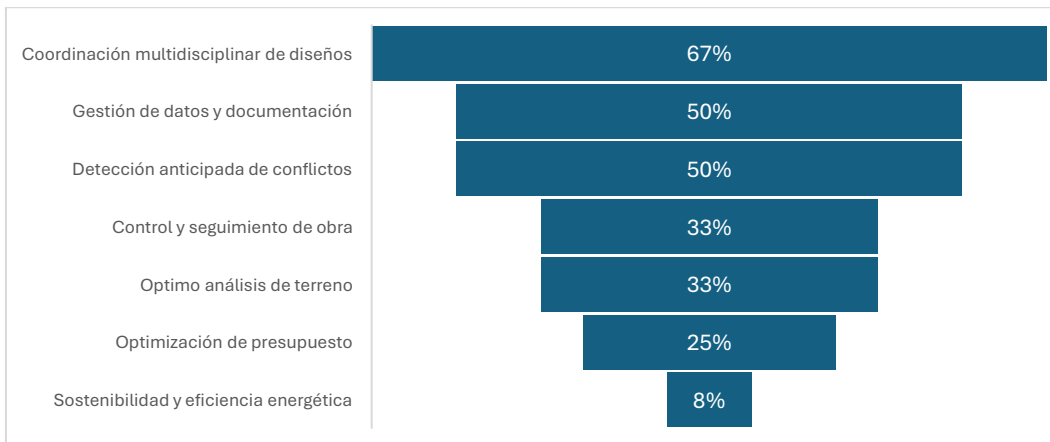


Fig 19. Beneficios obtenidos al implementar BIM: Selección Múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

También se les preguntó sobre las dificultades que han presentados los profesionales que dijeron haber implementado BIM en algún proyecto de construcción. De estos el 58% señaló la falta de integración de la cadena de suministros como la mayor dificultad, seguido de la falta de colaboración y resistencia al cambio de contratistas con el 33% (Fig. 20).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

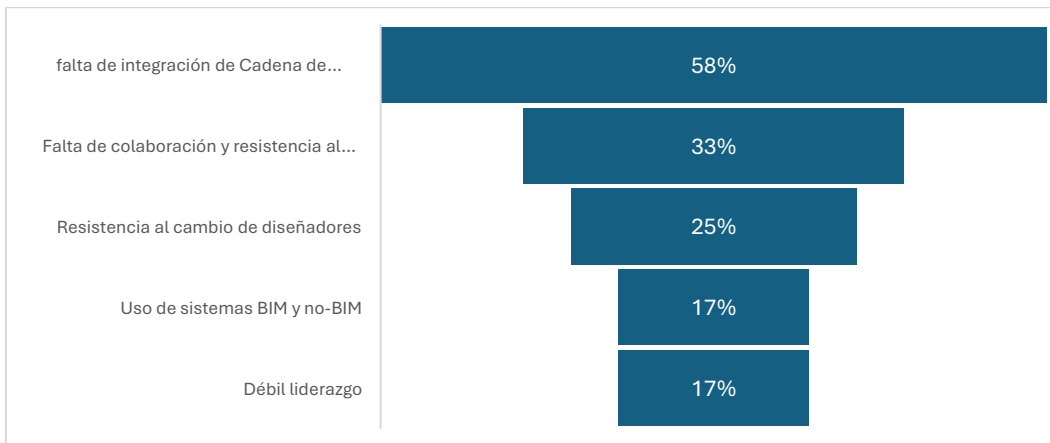


Fig 20. Dificultades presentadas al implementar BIM. Selección Múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

A los profesionales que implementan BIM se les consultó respecto a las barreras que han tenido para implementar BIM, a lo cual el 75% señaló que la falta de conocimiento del personal es la principal barrera, seguido de que no todos los actores de la cadena de suministro la implementan con un 58% (Fig. 21).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

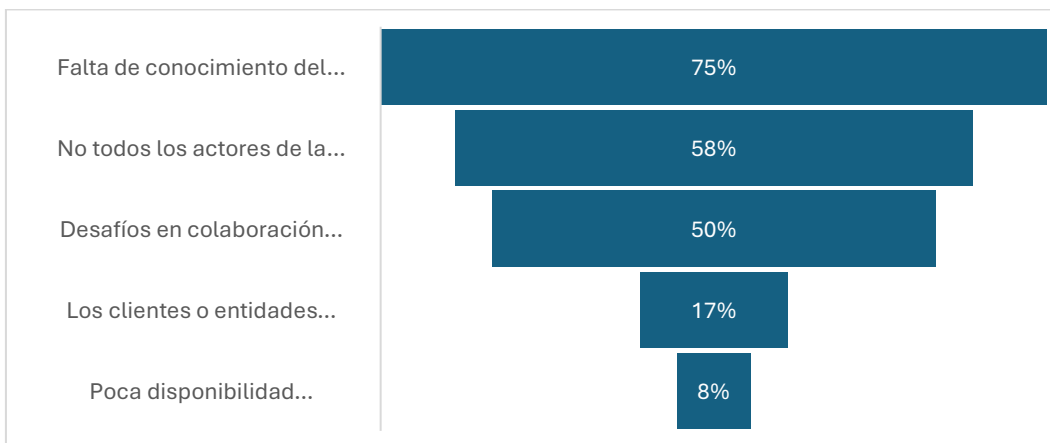


Fig 21. Barreras para implementar BIM: Selección Múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

A los profesionales que no implementan BIM se les preguntó sobre las razones por las cuales un usan BIM, a lo cual el 50% señaló porque no es requisito en mis labores, seguido del 41% que señala la falta de capacitación (Fig. 22).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

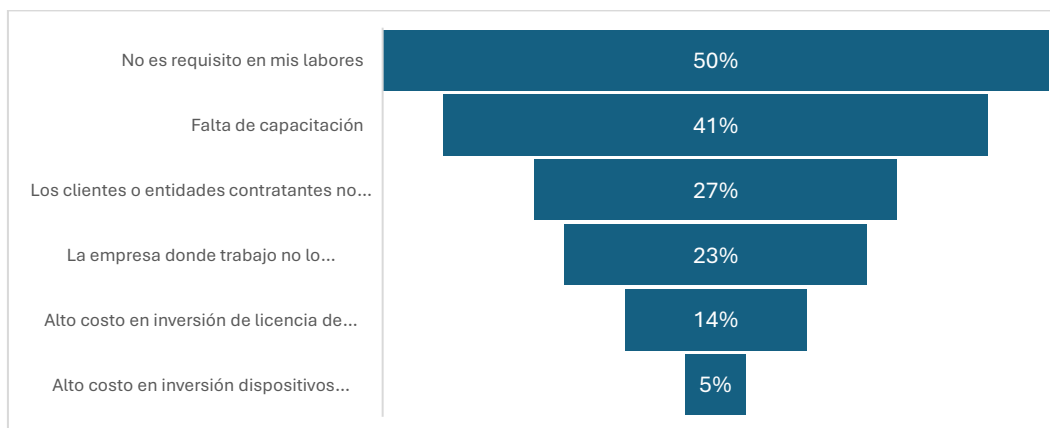


Fig 22. Razones de un usar BIM: Selección múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

A los profesionales no implementan BIM también se les indagó sobre si en un futuro consideran implementar BIM en sus proyectos a los que el 59% señaló estarlo evaluando, seguido del 36% que tienen la intención de implementarlo en una prueba piloto (Fig. 23).

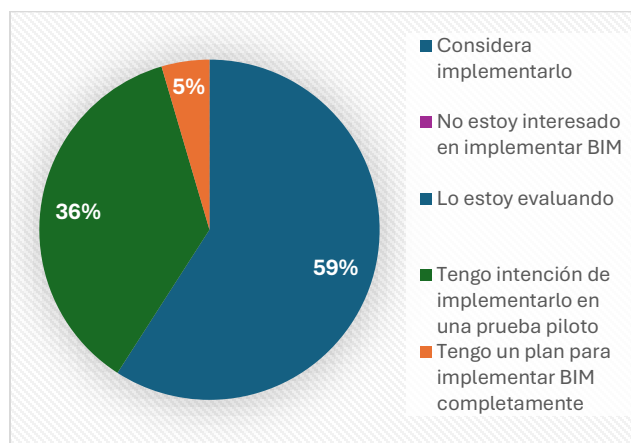


Fig 23. Considera implementar BIM: Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.6. Percepción sobre BIM. La sección en cuestión pretende dar a conocer la percepción de los profesionales con respecto a la implementación BIM, costos e inversión, el impacto y sobre el futuro de BIM. Es de aclarar que las respuestas los datos resultantes de esta sección incluyen exclusivamente a los profesionales que respondieron que si conocen o han escuchado sobre BIM.

El 79% de los encuestados está de acuerdo que el uso de BIM debería ser obligatorio en la construcción de proyectos privados y públicos (Fig. 24).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

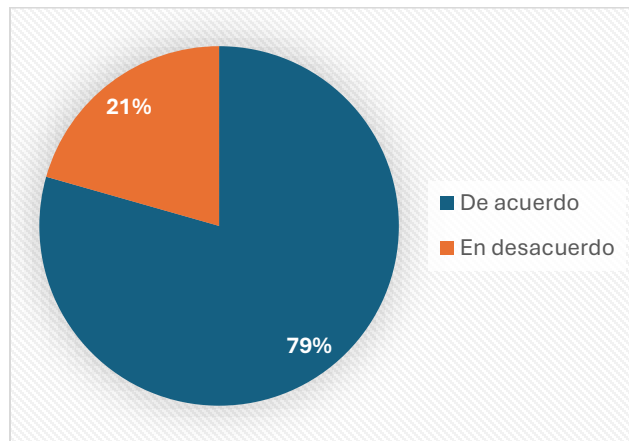


Fig 24. Considera BIM debería ser obligatorio: Selección única.

Fuente: Elaboración propia.

El 53% considera que el costo monetario para invertir en BIM es moderado, mientras que el 29% considera que el costo de inversión es alto (Fig. 25).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

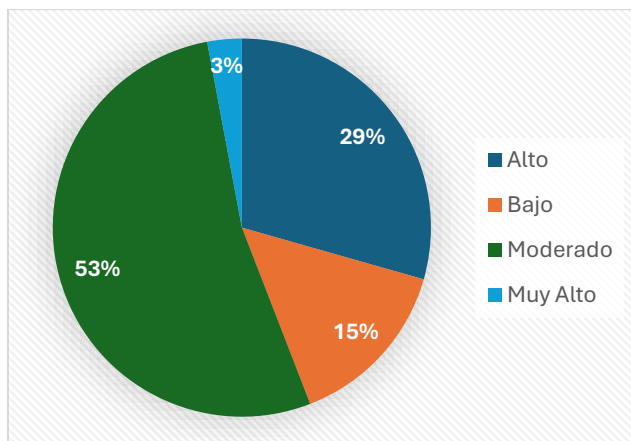


Fig 25. Nivel de costo monetario para implementar BIM: Selección única

Fuente: Elaboración propia

Sobre el impacto que genera invertir en BIM, el 97% indica que es una buena oportunidad de crecimiento (Fig. 26).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

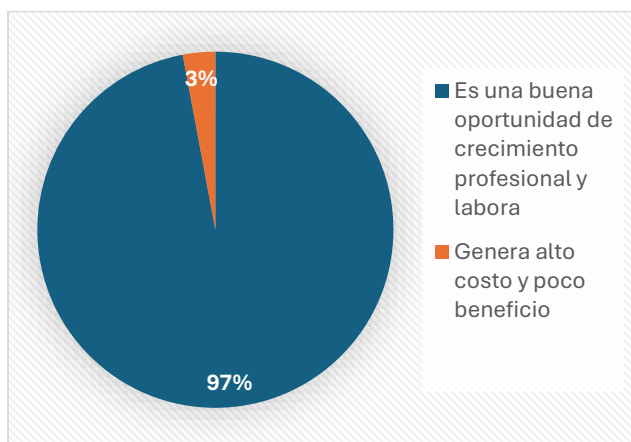


Fig 26. Impacto que genera invertir en BIM: Selección única

Fuente: elaboración propia

El 76% de los profesionales considera que todos se ven beneficiados con la implementación BIM (Fig. 27).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

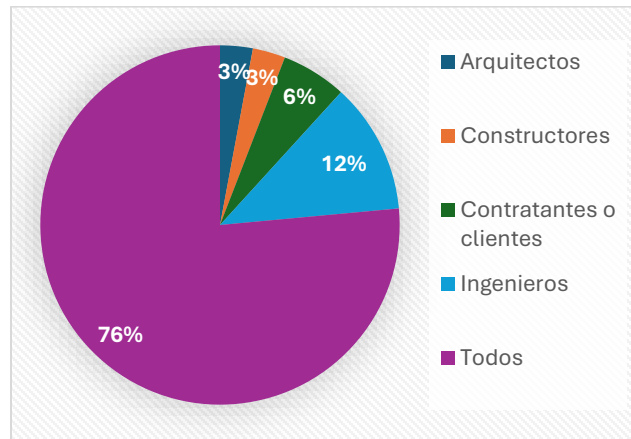


Fig 27. Beneficiados al implementar BIM: Selección única

Fuente: elaboración propia

## 7.2.RESULTADOS ENTREVISTAS

El anexo 2 contiene el cuestionario de entrevistas, mediante el cual se realizaron reuniones virtuales, las cuales fueron grabadas con previa autorización de los representantes de las pymes entrevistadas en representación de las pymes, esta entrevista contiene 34 preguntas, divididas en 7 secciones, el número de preguntas realizadas a las pymes fue entre 31 y 33 debido a que algunas preguntas eran realizadas o no, según la respuesta de la anterior. Se enviaron 15 solicitudes a pymes del sector constructor para la realización de entrevistas de las cuales 12 confirmaron la participación, pero al final solo con 9 pymes del sector AEC se pudo llevar. Es valido mencionar que con algunos se reprogramó más de 2 y hasta 3 veces la entrevista para llevarse a cabo, y definitivamente con otros no se logró concertar tiempos. A continuación, se plasman resultados obtenidos por secciones:

7.2.1. Caracterización de Pymes Entrevistadas. En esta sección se pretende describir las características importantes de las pymes entrevistadas; los resultados plasman el tiempo de antigüedad en la industria, tipo y clases de proyectos ejecutados principalmente grupo de profesionales del sector AEC participó en la encuesta.

Los representantes de las pymes encargado de atender las entrevistas son profesionales que presentan sustentan un rango de experiencia de entre 10 a 40 años y ostentan ser profesionales en economía, arquitectura y en su gran mayoría ingenieros civiles.

El 67% de las pymes entrevistadas tienen entre 11 a 30 años de antigüedad; las dos actividades principales que ejercen son las de diseño y construcción representado por un 33% y construcción de obras en general, también representado por un 33%.

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho (Fig. 27).

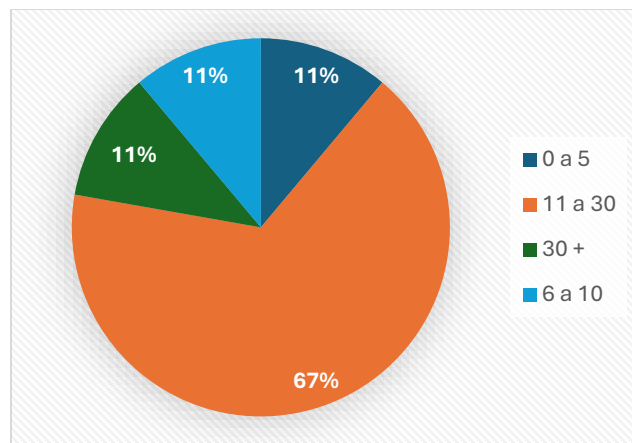


Fig 28. Rango de antigüedad en la industria: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

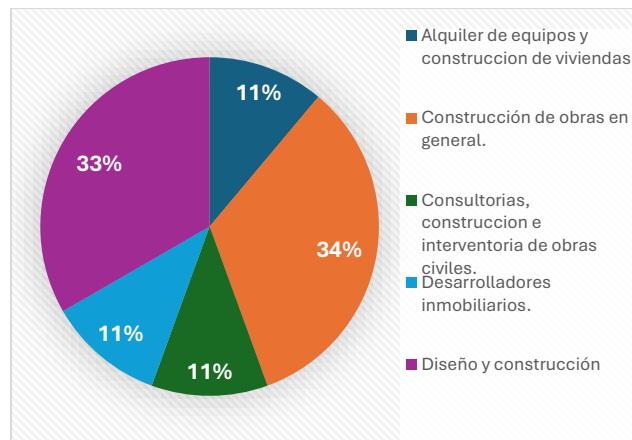


Fig 29. Actividad principal de Pymes: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

Para la pregunta que indaga sobre el tipo de proyectos principales que ejecutan las pymes se obtuvo un resultado sin inclinaciones pronunciadas hacia una de las opciones; 1/3 de las pymes ejecutan principalmente proyectos públicos, otro 1/3 señala ejecutar principalmente proyectos privados y el otro 1/3 restante asegura manejar una ejecución mixta. (Fig. 29)

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

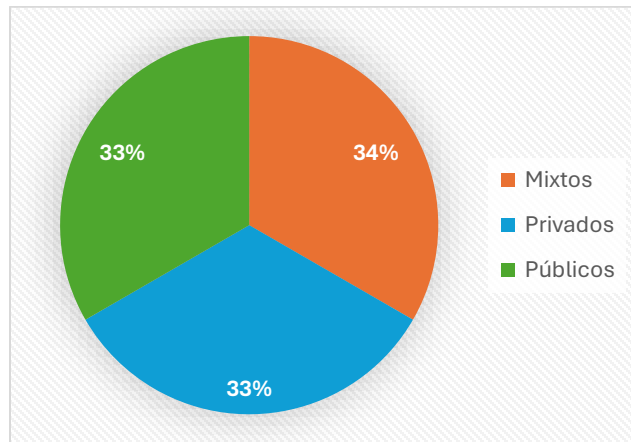


Fig 30. Tipo de proyectos principales: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

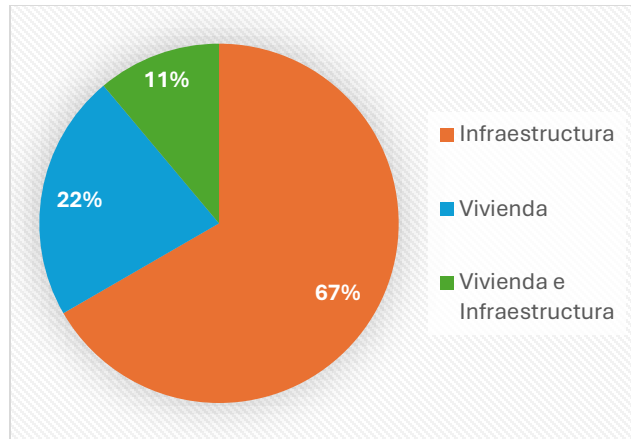


Fig 31. Clase de proyectos principales: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.2. Herramientas para estudios y diseños. En esta sección se pretende determinar las herramientas, tecnologías y métodos utilizados para realizar los estudios topográficos, representaciones gráficas y modelaciones paramétricas por parte de las pymes entrevistadas.

Para realizar estudios topográficos las pymes se apoyan principalmente de herramientas como estaciones totales utilizadas por el 56% de las pymes, seguidos por un 44% que de receptores RTK. (Fig. 31)

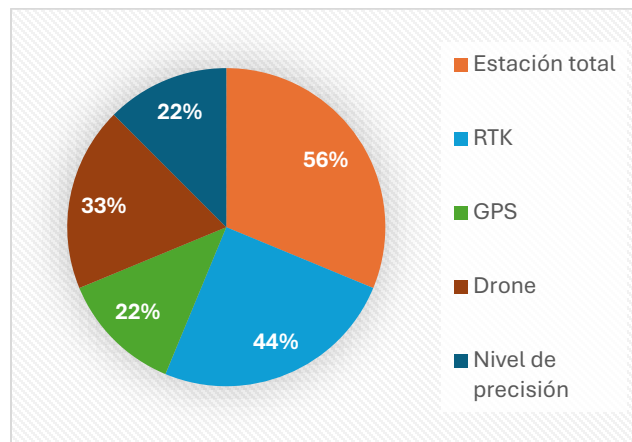


Fig 32. Herramientas topográficas utilizadas: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

Para la gestionar la representación gráfica de sus proyectos, el 89% afirma hacerlo mediante el uso de CAD, y el 11% afirma utilizar como método de representación CAD, luego BIM (Fig. 32).

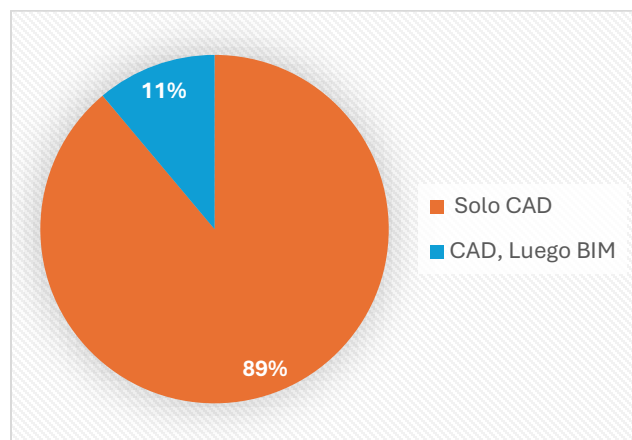


Fig 33. Método para representación gráfica de proyectos: Pregunta cerrada.

Fuente: Elaboración Propia.

El 44% de las pymes afirma utilizar herramientas de modelación paramétrica, en ese 44% todas indicaron los softwares utilizados para llevar a cabo sus modelos paramétricos, el 25% afirma utilizar el software SketchUp, otro 25% afirma utilizar el software Cypecad, otro 25% indica que utiliza el software Constructor eléctrico y el otro 25% afirma utilizar el software REVIT y BLOCK (Fig. 33) y (Fig. 34).

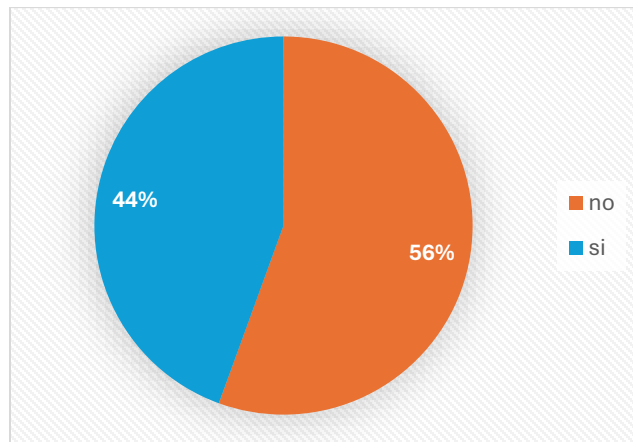


Fig 34. Utiliza herramienta de modelación paramétrica: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

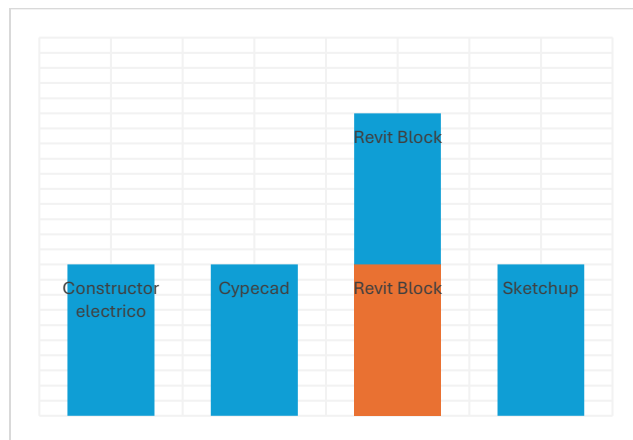


Fig 35. Herramienta o software utilizados para modelación paramétrica: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.3. Estructura y gestión organizacional de proyectos. En esta sección se pretende describir las practicas establecidas por las pymes para gestionar sus proyectos desde un ámbito organizacional, se describen sus planes de ejecución y gestión de planificación de sus proyectos. En cuanto a planificación de fases las pymes entrevistadas solo informaron sobre fases de planeación y construcción.

El 11% de las pymes entrevistadas realizan y documentan debidamente un plan de ejecución, de ese 11% el 100% considera como aspecto importante las solicitudes del cliente y cronogramas para elaborar el plan de ejecución general (Fig. 35)..

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

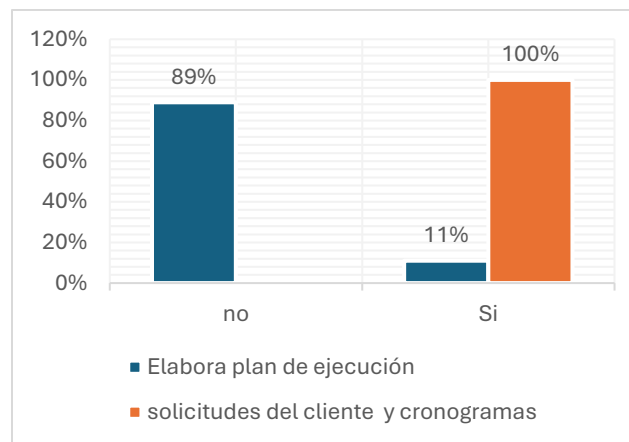


Fig 36.Pymes que elaboran plan general de ejecución/ Aspectos Importantes: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

El aspecto mayormente considerado en la planificación de la fase de planeación con un 22% es la consecución de documentos, otro dato relevante que se obtiene es que el 22% no planifican esta fase (Fig. 36).

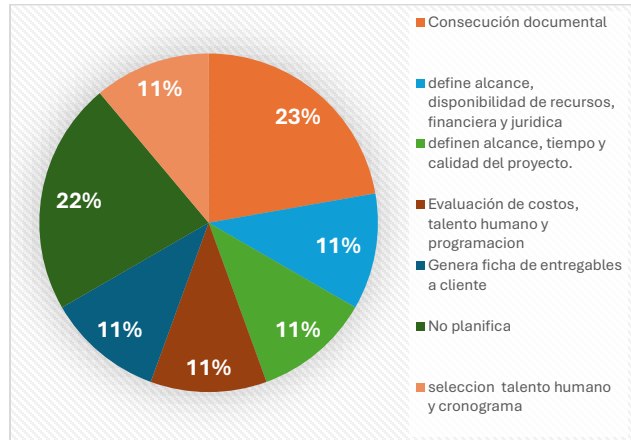


Fig 37. Aspectos considerados en planificación de fase de planeación: Pregunta abierta.  
 Fuente: Elaboración Propia.

En la fase de Construcción el 45% no lo planifica, se basan en lo experimental y toma de decisiones sobre la marcha, durante la ejecución (Fig. 37).

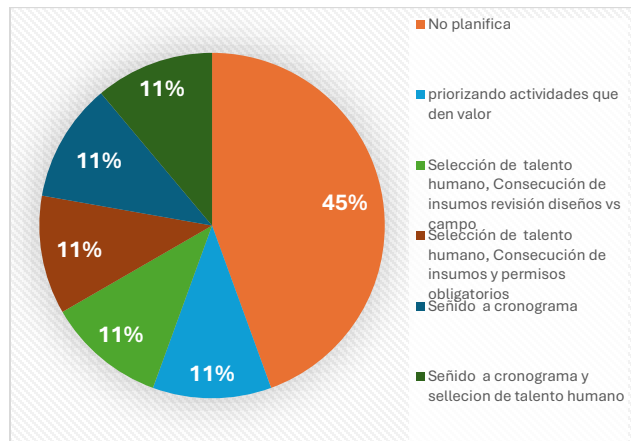


Fig 38. Aspectos considerados en planificación de fase de Construcción: Pregunta abierta.  
 Fuente: Elaboración Propia.

Para la elaboración de cronogramas las pymes no informaron técnica específica para llevarlo a cabo, informaron respecto a aspectos considerados para su elaboración. Para la elaboración de cronogramas el 67% de las pymes utilizan Excel y Project (Fig. 38).

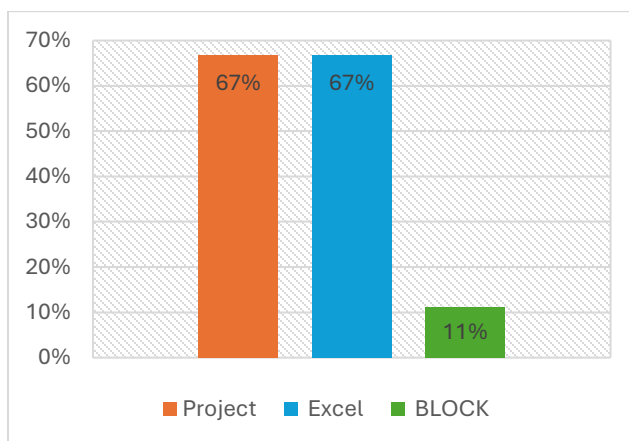


Fig 39. Herramientas utilizadas para plantear cronogramas: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.4. Seguimiento y Control. En esta sección se pretende determinar aspectos y herramientas para llevar a cabo seguimiento y control, identificación de retrasos y causas de estos.

Para llevar a cabo seguimientos en sus proyectos, el 50% de las pymes se basan en comparar lo “Ejecutado Vs programado”, siendo esta la acción principal para realizar dichos seguimientos. Para llevar a cabo esto se apoyan de herramientas, las principalmente usadas son Excel en un 50% y Project utilizada por el 37% (Fig. 39).

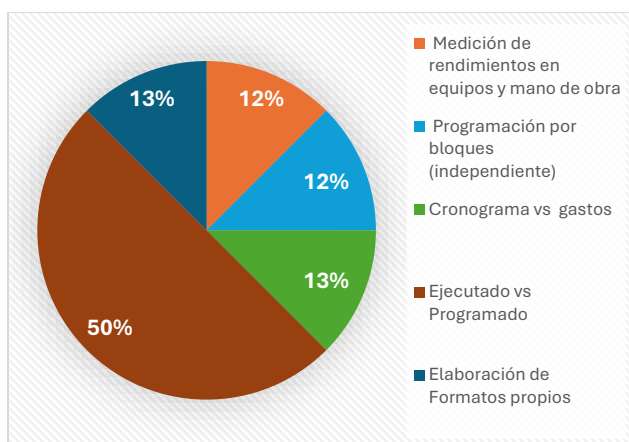


Fig 40. Acciones para realizar control y seguimiento de proyectos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

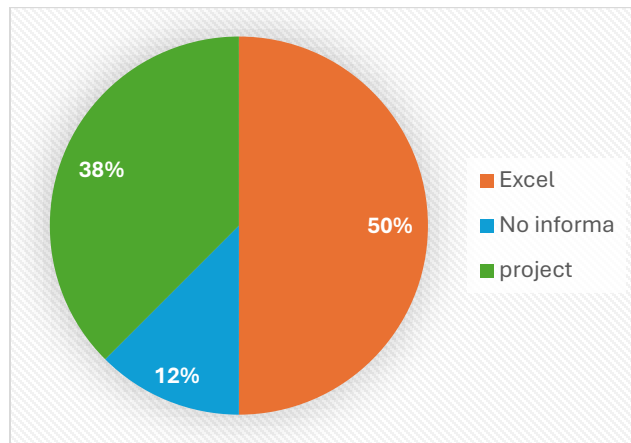


Fig 41. Herramientas para realizar Control y seguimiento: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

El 89% de las pymes afirma presentar retrasos siempre y el 11% dice presentar retrasos casi siempre, ninguna está libre de retrasos, entre las causas principales, el 44% señala el clima (Fig. 41).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

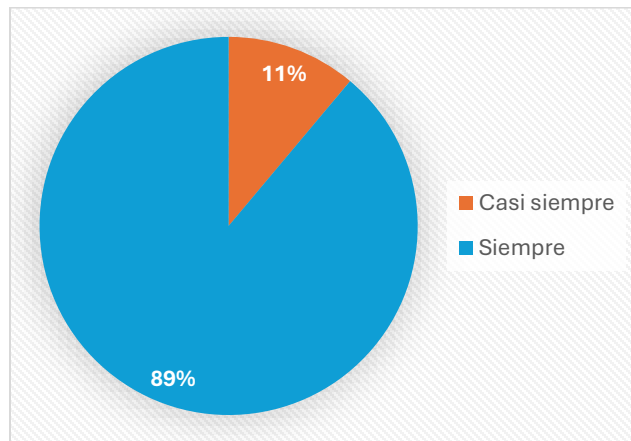


Fig 42. Frecuencia con que presentan retrasos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

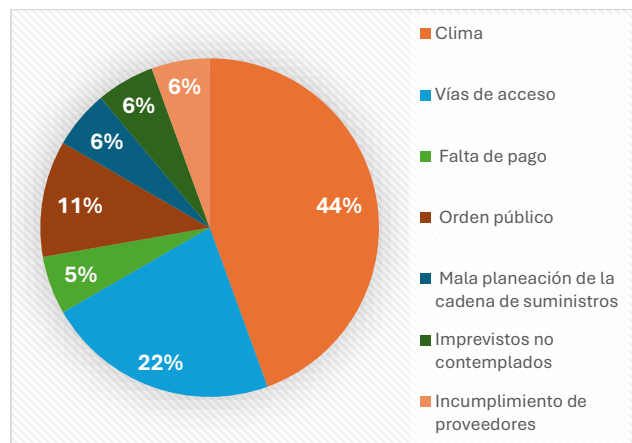


Fig 43. Factor generador de retrasos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.5. Prácticas y procesos en gestión de proyectos. En esta sección se pretende determinar las gestiones y prácticas que realizan las pymes para llevar a cabo la coordinación de diseños, costos y ejecución de sus proyectos.

Para la gestión de costos el 45% de las pymes utilizan como método principal la elaboración de base de datos de insumos y mano de obra, estas bases de datos son elaboradas y actualizadas por sí mismos, en diferentes periodicidades establecidas en la organización, el 11% de las pymes realizan su gestión de costos combinando bases de datos de elaboración propia y bases de datos de terceros, ya sean entidades privadas o públicas; el 33% de las pymes no tienen una definida para tal fin (Fig. 43).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

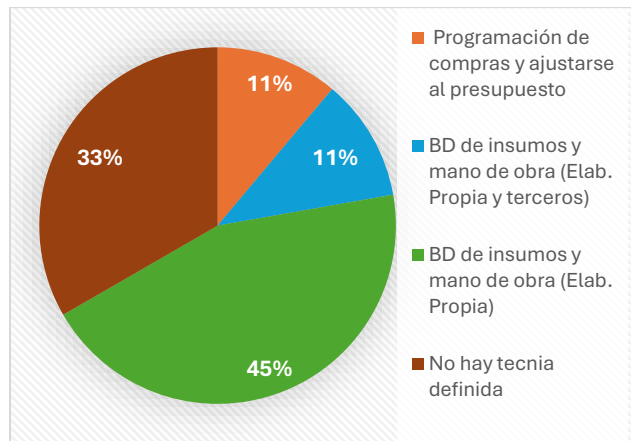


Fig 44. Técnicas o métodos para gestión de costos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo la gestión de costos el 56% de las pymes se apoyan de la herramienta Excel. El resto se apoyan de diferentes softwares contables, aplicaciones de entidades y softwares de diseños como CypeCAD que tienen un complemento que ayuda a realizar la gestión de costos (Fig. 44).

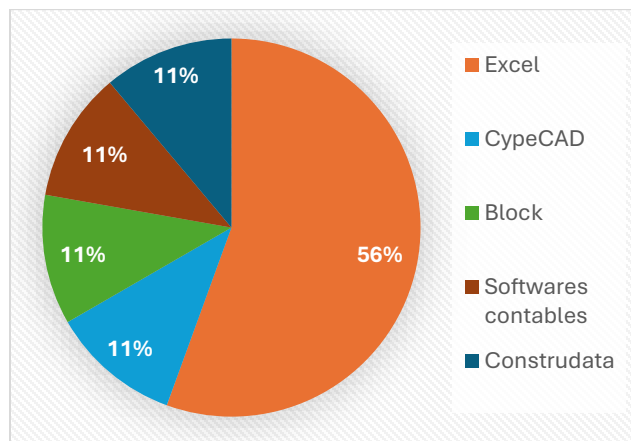


Fig 45. Herramientas para realizar gestión de costos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

La integración de la cadena de suministros, el 67% de las pymes la realizan con proveedores ya establecidos, con los que siempre han trabajado, teniendo en cuenta su disponibilidad; el 11% genera programación de proveedores teniendo en cuenta la calidad, cantidad y precios de los productos, además considerando tiempos de entrega (Fig. 45).

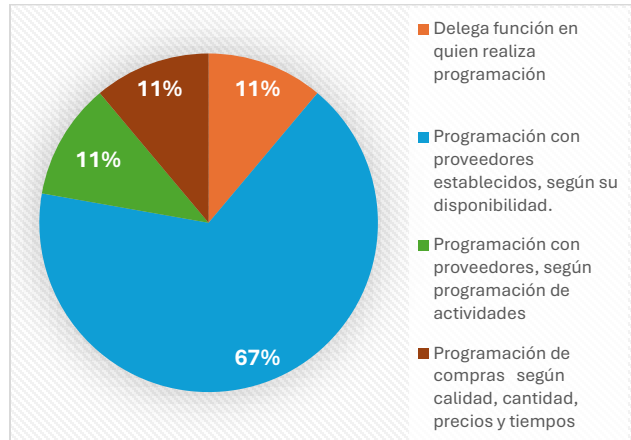


Fig 46. Integración de cadena de suministros: Pregunta abierta.  
 Fuente: Elaboración propia.

El 33% de las pymes asegura que, en los proyectos desarrollados, cada especialidad técnica realiza modelos paramétricos, el 67% indica no trabajar sus diseños de ese modo (Fig. 46).

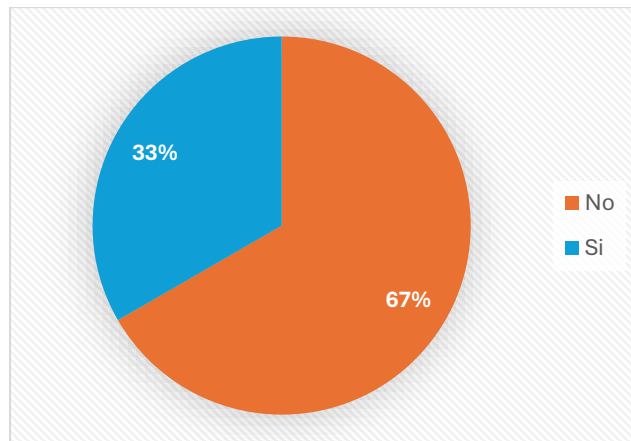


Fig 47. Realización de modelos paramétricos por cada especialidad: Pregunta abierta.  
 Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración o modelación de diseños entre diferentes especialidades, el 56% de las pymes lo hacen mediante un profesional que integra los diferentes diseños y genera un solo archivo con todos los dibujos plasmados en este archivo, el 22% Realizan diseños

paramétricos y para la coordinación tienen personal capacitado para coordinarlos; un 11% afirma no realizar diseños, debido a que solo se dedican a la construcción (Fig. 47). A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

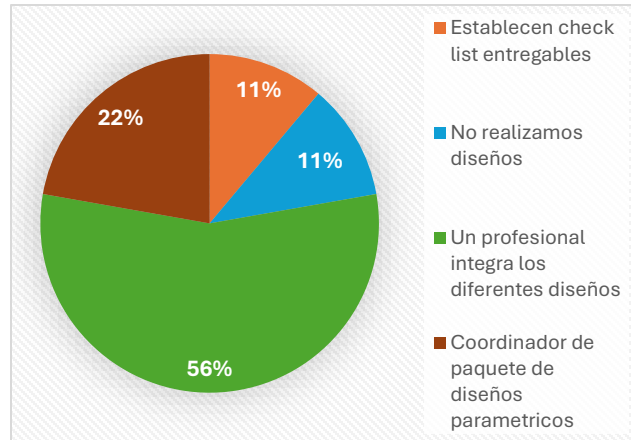


Fig 48. Coordinación de diseños: Pregunta abierta

Fuente: Elaboración propia

El principal método colaborativo que implementan las pymes para llevar a cabo los diseños es la recolección de diseños de manera individual y la agrupación de estos se da mediante el uso de correos electrónicos, reuniones y comités o plataformas que permiten el envío de información en ambas direcciones, el 67% de las pymes implementan dicho método y el 22% implementan software BIM como método colaborativo en sus diseños (Fig. 48).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

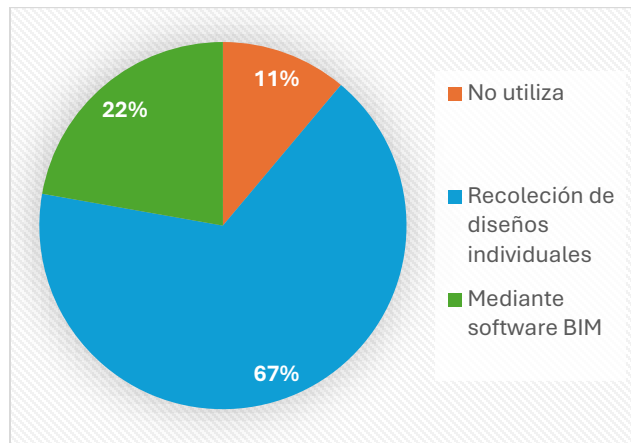


Fig 49. Implementación de método colaborativo. Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

Para la gestión ambiental y de seguridad y salud en el trabajo, las mayorías de pymes no gestionan acciones más allá que lo exigido por ley.

El 78% cuentan con profesionales que velan por el cumplimiento de la seguridad y salud en el trabajo, así como realización de capacitaciones y charlas, hay un 11% de las pymes que además de tener profesional SST, se apoya de la ARL para las capacitaciones y un el otro 11% no cuentan con profesionales SST, pero si designan en los profesionales de rangos altos a vigilar y exigir su cumplimiento de una manera superficial (Fig. 49).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

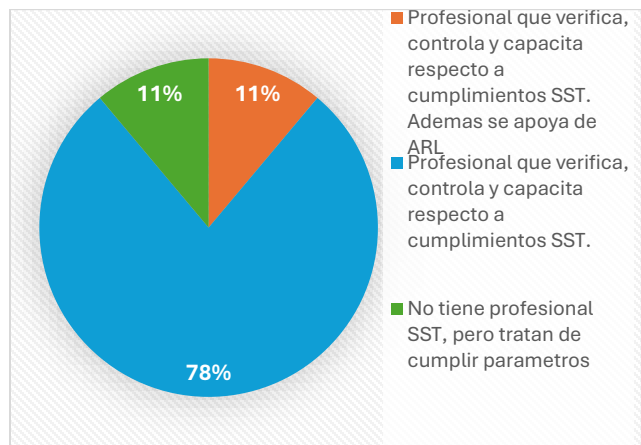


Fig 50. Gestión SST en proyectos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a lo ambiental, el 78% de las pymes cumplen con lo determinado por las corporaciones y autoridades ambientales, es decir lo cumplen por ser un requisito obligatorio. El 22% de las pymes además de cumplir con lo ambientalmente establecido por entidades ambientales, generan e implementan instrumentos ambientales para mitigar afectaciones en zona de influencia (Fig. 50).

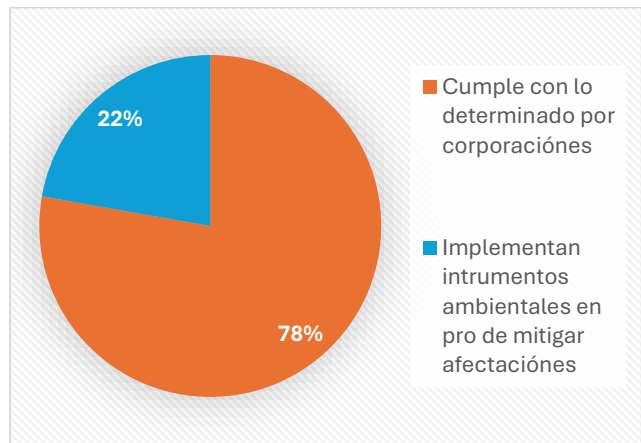


Fig 51. Gestión ambiental en proyectos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a sistemas constructivos a implementar el 56% evalúan la implementación de uno u otro según el tipo de proyectos, disponibilidad y precio de mano de obra y un balance de Costo-Beneficio. Hay un 22% de las pymes que prefieren implementar sistemas tradicionales a pesar de saber que existen otras posibilidades, indican que la razón de esta preferencia es el costo inicial que generan otros métodos (Fig. 51).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

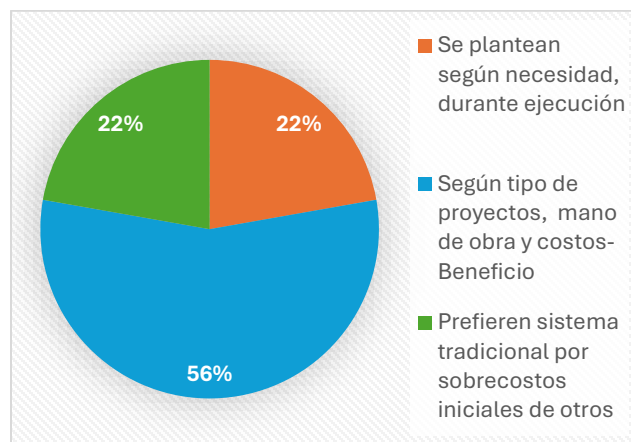


Fig 52. Evaluación de sistemas constructivos: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.6. Inversiones tecnológicas. En esta sección se pretende determinar las inversiones TIC que han realizados las pymes en los últimos 3 años y como se han visto beneficiadas con estas.

El 67% de las pymes afirman haber realizado alguna inversión TIC en los últimos 3 años. De ese 67% que realizó inversiones TIC, el 50% ha realizado inversiones principalmente en equipos de cómputo, seguido por el 33% que ha invertido en software (Fig. 52). Dato interesante es que el 17% de los que han realizado inversiones TIC han invertido en el nuevo internet satelital Starlink (Fig. 53).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

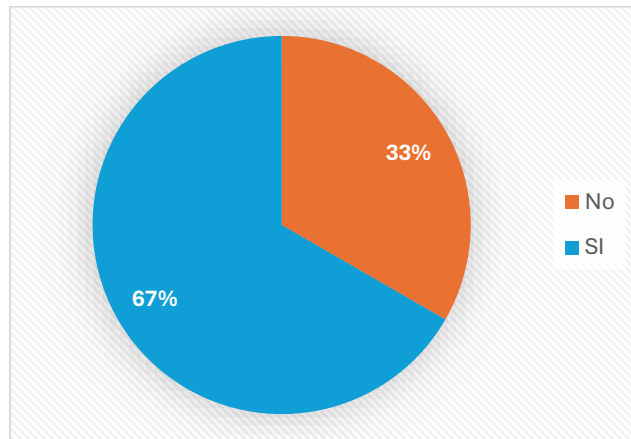


Fig 53. Ha realizado inversiones TIC: Pregunta abierta

Fuente: Elaboración propia.

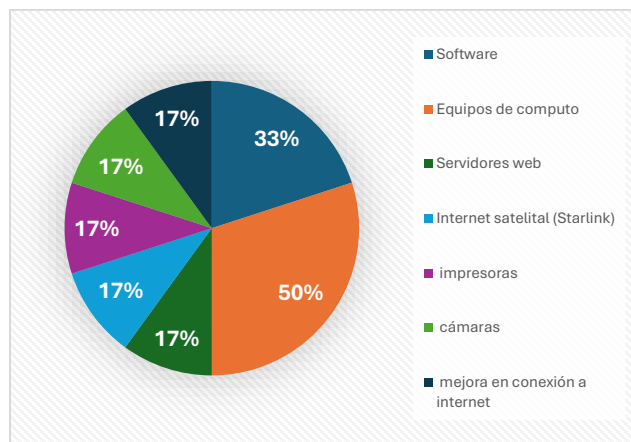


Fig 54. Inversiones TIC realizadas: Pregunta abierta

Fuente: Elaboración propia

El mayor beneficio que han obtenido las pymes con un 44% ha sido la facilidad y agilidad en tareas, seguido de la comunicación y conectividad con un 33% (Fig. 54).

A continuación, la figuras que demuestran lo anteriormente dicho.

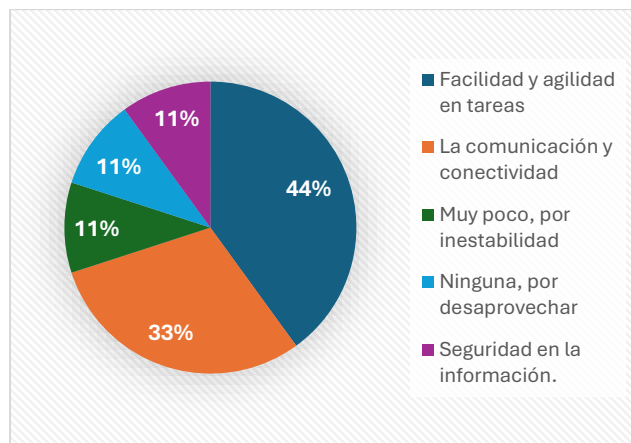


Fig 55. Beneficios obtenidos con las TIC: Pregunta abierta

Fuente: Elaboración propia

7.2.7. Acercamientos e implementación BIM. En esta sección se pretende dar a conocer los acercamientos que han tenido las pymes a la metodología BIM, si han implementado o no dicha metodología, ademar conocer logros obtenidos al implementar BIM.

Se les preguntó a los gerentes que respondieron la entrevista en representación de las pymes, el 67% indica tener poco conocimiento respecto a la metodología BIM, el 22% Informa que lo conoce e implementa y el 11% no tiene conocimiento de esta metodología (Fig. 55).

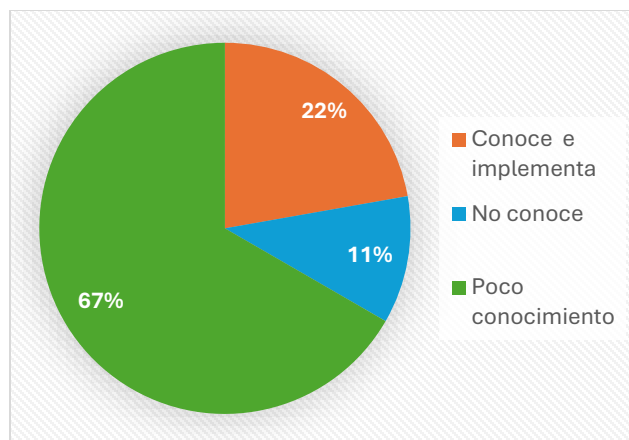


Fig 56. Conocimientos sobre la metodología BIM: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

El 22% de las pymes cuentan con personal capacitado para implementar BIM, lo cual es coincidente con el resultado inmediatamente anterior; el 78% no posee personal capacitado que sería la suma porcentual entre los que tienen poco conocimiento y los que no conocen la metodología (Fig. 56).

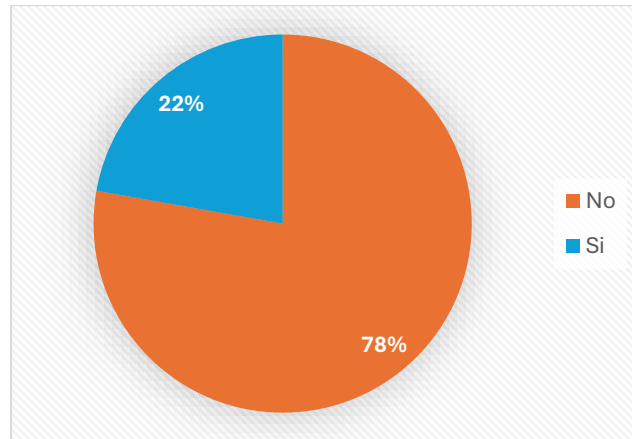


Fig 57. Cuentan con personal capacitado en BIM: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

Las pymes que han implementado BIM en sus proyectos corresponden al 11%, todos han indicado haber tenido experiencias enriquecedoras y les ha generado ganancias de tiempos para sus proyectos. Y han obtenido logros en cuanto a mayor economía y exactitud en la elaboración de inventarios y presupuestos de sus proyectos (Fig. 57 - 59).

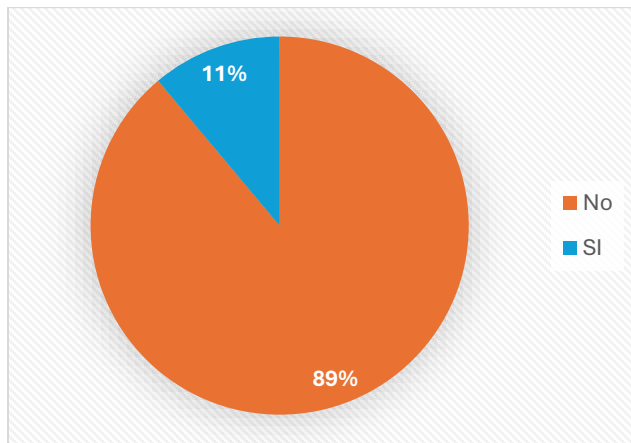


Fig 58. Desarrollo de proyectos implementando BIM: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración Propia.



Fig 59. Experiencias implementando BIM: Pregunta Abierta.

Fuente: Elaboración Propia.

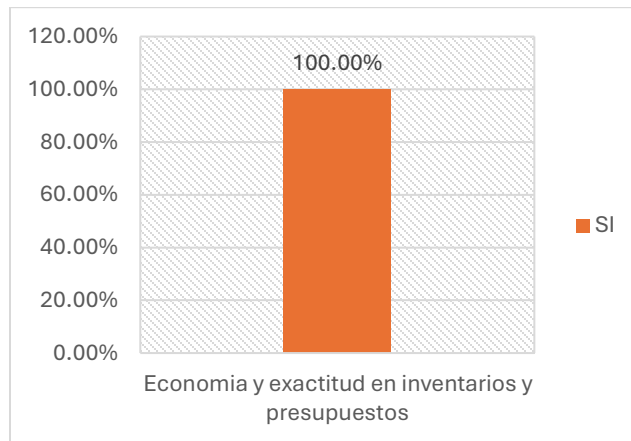


Fig 60. Logros obtenidos implementando BIM: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

Las pymes que no han implementado BIM en sus proyectos corresponden al 89%, los cuales han indicado muchas razones por las que no han implementado la metodología BIM, entre las razones principales el 50% indica el desconocimiento y el 38% resistencia a la gestión del cambio, es decir por costumbres y confort con métodos tradicionales.

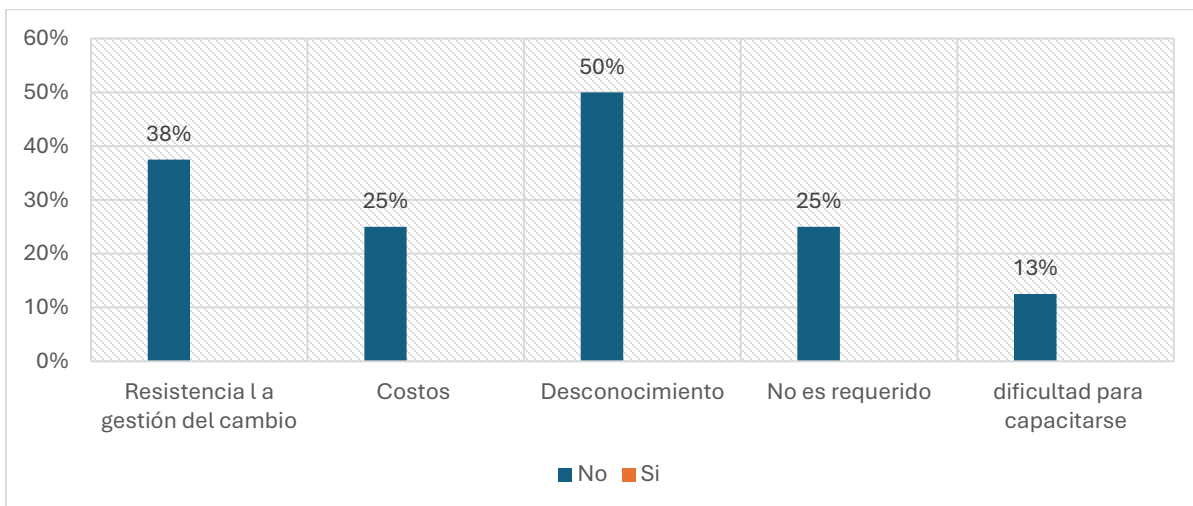


Fig 61. Razones por las que no implementa BIM: Pregunta abierta.

Fuente: Elaboración propia.

## 8. ANALISIS DE REULTADOS

Mediante el trabajo de campo ejecutado en esta investigación se obtuvo información relevante por parte de las pymes y los profesionales del sector AEC, dicha información es analizada, , relacionándolas con el marco teórico contenido en este documento y de esta manera entender el comportamiento en cuanto a la gestión de los profesionales y pymes; a partir de este análisis se evidencian brechas entre las pymes colombianas y la manera como estas están llevando a cabo la gestión de sus proyectos en el mundo, así mismo se identifican ilaciones con otras investigaciones similares. Basados en el análisis de la información contenida en capítulos anteriores se generan recomendaciones útiles para investigaciones posteriores y a su vez a los profesionales y pymes que tengan interés en el tema desarrollado.

### 8.1. PRACTICAS DE GESTION EN PYMES

En esta investigación se identifica el bajo conocimiento con respecto a la metodología BIM y sus herramientas por parte de las pymes; C. Vidalakis *et al.* en [55] sugiere estrategias que conduzcan a la formación, el fomento de intercambio de ideas y el trabajo mancomunado para desarrollas BIM en toda la cadena de suministro, y de esta manera en las pymes se pueda elevar el conocimiento sobre BIM y sus herramientas, que conlleve a la exploración masiva de esta metodología por parte de las pymes.

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los representantes de las pymes, se evidencia que para las pymes existen barreras y razones por las que no adoptan e implementan BIM en sus proyectos, siendo desconocimientos, la resistencia al cambio y los costos que acarrea; diversos estudios realizados durante décadas, en diferentes países, son concurrentes en listar que para las pymes las principales barreras para la implementación BIM son los costos de herramientas, resistencia al cambio y el desconocimiento o falta de capacitación; en concordancia a las investigaciones, estas barreras se han mantenido durante mucho tiempo, disminuyendo las posibilidades de mejorar la manera como las pymes gestionan sus proyectos de construcción y obteniendo todos los beneficios que ofrece BIM. Esto debe convertirse en un aliciente para los gobiernos que quieren impulsar y enrutarse hacia la implementación de la metodología BIM. A pesar de que en algunos países están queriendo incentivar la implementación de BIM mediante la obligatoriedad de implementación en sus contratos públicos, no es suficiente esto, ya que son unos pocos los que tienen acceso y musculo financiero para invertir y adoptar BIM, las

investigaciones les demuestran las barreras que deben ser superadas para lograr un buen nivel de implementación en sus países.

En 2015 la revista semana publicó un artículo en el que expresaban que “Las pymes escatiman en inversiones en tecnología y pierden competitividad”. Según la actual investigación, eso ha venido cambiando en los últimos 3 años, las pymes han realizado inversiones TIC, generándoles un impacto positivo acumulado del 44 – 89%. A pesar de esto, no es suficiente quedarse con las inversiones y la implementación básica de estas tecnologías, perdiéndose de mayores impactos positivos.

Como afirma M. C. Georgiadou, en la implementación de métodos tradicionales se generan conflictos a la hora de elaborar los diseños de un proyecto, debido a que cada profesional tiene sus criterios para diseñar de manera individual, lo que genera un pronóstico inexacto. La gran mayoría, aproximadamente las  $\frac{3}{4}$  partes de las pymes investigadas utilizan métodos tradicionales para realizar sus diseños, por lo que es apenas lógico que todas presenten retrasos en el desarrollo de sus proyectos, incluidas las que han utilizado software BIM, esto debido a que su nivel de madurez BIM no llega al nivel 2; cabe resaltar que estas pymes que utilizan software BIM, manifiestan presentar retrasos pero con menor frecuencia que las pymes que implementan métodos tradicionales para llevar a cabo los diseños de sus proyecto.

Los representantes de las pymes entrevistados enunciaron diferentes herramientas implementadas para realizar sus estudios topográficos según la necesidad, entre los que se destacan principalmente Estaciones totales, RTK y drones. Es un dato alentador saber que entre casi la mitad de las pymes están utilizando drones y RTK, lo que les permite realizar topografías más precisas. Es entendible que el uso de estas tecnologías está sujeto a la complejidad de los proyectos a desarrollar, porque la implementación de herramientas tecnológicas sofisticadas en proyectos pequeños o poco complejos puede generar gastos innecesarios; las herramientas tecnológicas de baja fidelidad pueden originar imprecisiones en proyectos complejos, que conllevan a reprocesos y retrasos. Esto indica que a pesar de que BIM propicia el uso de tecnologías sofisticadas para obtener mayores beneficios, hay que ser sensatos al querer implementar una u otra. Por ello es importante llevar a cabo el plan de implementación BIM para establecer el cómo, donde, cuando y que recursos son necesarios para la fase en que se propende implementar BIM.

Algunas pymes están obteniendo licencias de herramientas de modelación paramétrica, entre esas algunas conocidas como REVIT, Cypcad, Sketchup y otras no muy conocidas como BLOCK y Constructor electrónico, pero no están aprovechando al máximo estas herramientas, inclusive, en algunas

pymes están realizando tareas básicas, tales como renderizar y vender una idea más visual a sus clientes sin tener medidas reales o elementos parametrizados.

De hecho, en la mayoría de los casos las pymes solo utilizan CAD para la representación gráfica de sus proyectos, algunos comentaron que la razón por la que realizan sus representaciones en CAD es porque así lo solicitan los clientes y las entidades para realizar trámites, a pesar de tener herramientas de modelación paramétrica al final usan y entregan en CAD. Estos resultados denotan la importancia e influencia que poseen los clientes para que las pymes adopten BIM, la baja de demanda por parte de los clientes para elaborar proyectos bajo la metodología BIM reduce las posibilidades de que las pymes quieran invertir en adoptar BIM, y no es rentable para nadie invertir en algo que no se va a requerir, de hecho en esta investigación, los representantes de las pymes que no utilizan BIM indicaron como barreras y razones para implementar BIM el hecho de no “ser requerido”. Esto indica que los esfuerzos de divulgación e incentivos para implementar BIM no solo deben ser para las empresas y pymes constructoras, sino que se deben involucrar a los posibles clientes, ya que como indicaron los encuestados en esta investigación, BIM es una oportunidad de crecimiento laboral y profesional, y que a la final quienes se benefician al implementar BIM en proyectos de construcción son todas partes interesadas (profesionales AEC y los clientes). BIM no solo genera beneficios en proyectos nuevos, L. D. S. P. Inojosa *et al.* en [40] afirma que implementar BIM en proyectos existentes, mediante BIM 7D es posible examinar elementos de las estructuras, haciendo mantenimientos preventivos y gestionar ágilmente la información de estructuras, garantizando su longevidad en óptimas condiciones. Demostrando que se puede implementar BIM en todas las etapas de los proyectos de construcción.

En un estudio realizado por C. O. se demuestra la estrecha relación existente entre el nivel de planificación de los proyectos y el éxito de estos, y en esta investigación se obtuvo como resultado, de que las pymes siempre están teniendo retrasos en sus proyectos; y si se revisa el nivel de planificación, las prácticas y métodos para planear sus fases iniciales, se evidencian prácticas de planificación poco rigurosas o en ocasiones la planificación no existe, la toma de decisiones se realizan en la marcha de los proyectos, siendo estas prácticas causantes de retrasos

Las etapas iniciales en los proyectos de construcción son de suma importancia, ya que son proyectos susceptibles a infinidad de imprevistos o factores que pueden generar retrasos, en las etapas iniciales se logra determinar y enrutar como se llevarán a cabo estos proyectos; la elaboración de un plan de ejecución es de las tareas más importantes por realizar en los proyectos, pero en esta investigación se evidenció de

que en las pymes no se están generando el plan de ejecución que les ayudes a establecer lineamientos estratégicos, debido a esto se corre riesgo de que las partes interesadas de un proyecto interprete o actúe según su criterio al no tener una ruta marcada y establecida. A la final el mayor beneficiado al realizar un plan de ejecución es el cliente, ya que este se genera de acuerdo con sus requerimientos

Es claro que implementar BIM para los proyectos de la industria AEC genera muchos beneficios, en esta investigación se corrobora lo suscitado por todas las teorías existentes que hablan sobre BIM. Por ejemplo, investigadores como M. C. Georgiadou en [8], mencionan que las practicas que promueve BIM, permiten reducir costos en los proyectos y tiempo. Las pymes investigadas en este trabajo indicaron que al implementar BIM han logrado eliminar conflictos de diseños a tiempo, han obtenido mayor precisión en sus inventarios y elaboración de presupuestos y cronogramas.

En cuanto a la implementación BIM en pymes, esta investigación arroja datos que difieren de los resultados obtenidos en la encuesta nacional BIM 2023 que elabora Camacol. A pesar de que ambos estudios fueron realizados en años no tan distantes, entre 2023 y 2024, la diferencia en sus resultados frente a la implementación BIM en pymes es grande; por ello debe tener en cuenta que en el estudio de Camacol se enviaron encuestas a empresas registradas en la base de datos de Camacol y BIM fórum, el hecho de que sean empresas que ya estén registradas en esa base de datos, significa que en lo corrido de los años han estado adquiriendo información sobre BIM y esto genera una mayor probabilidad de su conocimiento, curiosidad por sumergirse en el mundo BIM y finalmente que ya estén implementando BIM.

## 8.2. PERCEPCIÓN DE PROFESIONALES

La información más reciente e importante sobre la implementación de BIM en Colombia es la última encuesta de BIM Forum Colombia 2023 de Camacol, que es la institución que ha tomado importantes acciones en cuanto a estrategias de divulgación para que la implementación BIM en Colombia aumente.

En la actualidad la metodología BIM está tomando fuerza a nivel Colombia, y se está cumpliendo la agenda estratégica de CAMACOL, en la cual se plantean permear de manera integral la industria AEC, ha valido la pena todos los eventos y acciones ejecutadas en pro de ello. La presente investigación demuestra que los profesionales encuestados conocen sobre la metodología y herramientas BIM, aunque el nivel de conocimiento predominante es básico, es alentador saber que los pocos que aseguran tener

conocimientos BIM, poseen formación y competencias para implementarlo. De hecho, la gran mayoría planea certificarse en temas relacionados con BIM hasta en los próximos 5 años como máximo

En la encuesta nacional realizada por Camacol en 2023 se da a conocer que BIM es utilizado especialmente en la etapa de planificación (Coordinación, diseño y presupuesto). El resultado de la encuesta realizada en esta investigación no está alejado de esta encuesta nacional, aunque la distribución de datos no fue igual a la de Camacol, al unir la etapa de planificación (coordinación y presupuesto) y la etapa de diseño se obtienen datos similares, siendo la elaboración de diseños la de mayor peso porcentual. De ambos estudios se deduce el poco uso o baja demanda de la implementación BIM para etapas posteriores a la de planificación, inclusive la implementación en la construcción es poca, lo cual puede ser contraproducente debido a posibles falencias en el seguimiento y control de las actividades previamente planificadas.

Al revisar los beneficios obtenidos por los profesionales encuestados al implementar BIM, se obtienen resultados similares a los de la encuesta nacional de Camacol, obteniendo como beneficios principales la coordinación multidisciplinar, seguido de detección de conflictos que permitan eliminar reprocesos, desperdicios y costos adicionales, finalmente la gestión de datos y documentación. En ambas encuestas los beneficios principales resultaron en el mismo orden.

En cuanto a las dificultades que han tenido los encuestados al implementar BIM, principalmente indican que la falta de integración de la cadena de suministros y la resistencia al cambio por parte de diseñadores y contratistas. A diferencia del estudio realizado por Camacol en su encuesta nacional, donde plantean como barreras principales los costos y la falta de formación, para los encuestados de la presente investigación no genera tanto problema el costo de inversión para implementar BIM. Para implementar BIM por parte de los encuestados en el presente estudio se encuentra como barrera principal la falta de conocimiento de personal, esto se traduce al bajo índice de capacitación BIM de los profesionales; otra barrera para implementar BIM el hecho de que la cadena de suministro no esté dispuesta a implementarlo y la aprobación por parte de los clientes, esto va ligado a que los costos iniciales se elevan y los clientes no están dispuestos a ello. Se nota coincidencia reiterada en que los encuestados indican la falta de formación o conocimiento tanto desde la parte organizacional como desde la individualidad de los profesionales.

Según los resultados en el presente estudio, el costo de inversión para implementar BIM ya no es un problema, los encuestados consideran en su gran mayoría que el costo es moderado. Esto puede estar

ligado a mayor facilidades y disponibilidad para la consecución de tecnologías actualmente. De hecho, a los profesionales que no implementan BIM se les indagó sobre las razones por lo que no lo hacen, a lo que indicaron como razón principal, el hecho de que no es requisito para laborar hoy en día, seguido de la falta de capacitación.

### 8.3. IMPLEMENTACIÓN BIM EN PYMES A NIVEL INTERNACIONAL

La literatura demuestra la fuerza que está tomando BIM a nivel en el mundo, en gran parte de los países de cada continente están llevándose a cabo acciones gubernamentales y privadas que incentivan la obligatoriedad del uso de BIM como metodología para desarrollar proyectos de construcción de carácter público. Cada país tiene sus particularidades por lo cual los resultados de cada país pueden variar mucho, esto debido a muchos factores, como lo cultural, ideologías, economía y aperturas comerciales para el acceso a tecnologías.

No solo en Colombia la baja demanda de clientes es una barrera para implementar BIM por parte de las pymes, como lo demuestra esta investigación; en un estudio realizado por Hong *et al.* en [33] arroja que en Australia las pymes señalan como su principal barrera para implementar BIM la baja demanda de los clientes para implementar BIM en proyectos de construcción. Por lo que los enfoques y esfuerzos para impulsar BIM en el mundo también deben estar enfocados hacia los clientes.

Finalmente, en el desarrollo de esta investigación se logra sintetizar las practicas mediante las cuales las pymes investigadas gestionan sus proyectos, enfrentadas a las practicas de gestión basada en la implementación BIM, pudiendo así evidenciar brechas entre estas. A continuación, se presenta tabla en la que se muestra una breve comparación entre los 2 escenarios mencionados y las brechas identificadas.

Tabla 5 Brechas entre practicas de gestión actual de pymes y prácticas BIM

Prácticas de gestión en pymes investigadas	Prácticas de gestión Implementando BIM	Brechas
Las pymes gestionan la representación gráfica de sus proyectos mediante CAD.	La representación grafica de proyectos gestionados por BIM se llevan a cabo mediante modelaciones paramétricas, permitiendo visualizar mejor las dimensiones, y demás características de los elementos pertenecientes al proyecto. Esto también beneficia a que los clientes puedan visualizar el producto final que se le va a entregar.	Las Pymes investigadas no realizan modelaciones paramétricas para los elementos que componen sus proyectos, se basan en la interpretación de líneas en dibujos 2D que generan dificultad en su interpretación y esto afecta directamente a los clientes que no en la mayoría de los casos no son profesionales del área
Las Pymes realizan "planeación de ejecución tentativa", sin oficializar consideraciones.	Cuando se realiza un proyecto bajo la implementación BIM se genera un documento conciliado entre el cliente y el contratista, en el que se establecen las estrategias, objetivos y demás aspectos que marcan la ruta del proyecto.	Las pymes no están generando documentos en los cuales se tracen los lineamientos en pro de cumplir los requerimientos de los clientes y la organización misma, están llevando a cabo sus proyectos sin un plan de ejecución acordado.
Las pymes consideran pocos aspectos al planificar cada una de las fases de sus proyectos, incluso a partir de la fase de construcción casi la mitad afirma no planificar.	En un proyecto BIM se propende planificar cada una de las fases del proyecto a ejecutar, esto con el fin de eliminar conflictos que generen retrasos y sobrecostos.	La planificación de las fases es lo que garantiza su éxito. Las pymes están realizando planificaciones que carecen de muchos detalles, por lo cual siempre están experimentando retrasos, esto se refleja en los costos del proyecto. Por ellos es importante planificar cada una de las fases apoyándose de el BEP y los modelos paramétricos.
La elaboración de cronogramas la realizan sin una técnica definida y lo elaboran implementando software basados en diagrama de Gantt.	Los cronogramas basados en la metodología BIM son gestionados mediante la interacción con un modelo tridimensional paramétricos, al cual se le parametriza el tiempo.	La elaboración de los cronogramas realizados por las pymes contiene un sin número de líneas que carecen de precisiones y en ocasiones son difíciles de interpretar, por ello es importante identificar conflictos mediante modelos tridimensionales, que además permiten simular avances.

Las pymes realizan seguimiento y control de sus proyectos implementando herramientas básicas como Excel y Project, comparando mediante estas lo ejecutado vs lo programado (en costos, tiempos y/o actividades).	Para el seguimiento y control de los proyectos bajo la metodología BIM se implementan softwares que previamente se les asigna unas descripciones geométricas y no geométricas a los elementos pertenecientes a un modelo y de esta manera es posible poder realizar visualizaciones fidedignas a la realidad y precisas.	Para el seguimiento y control de los proyectos, las pymes no consideran todos los aspectos que esto conlleva, debido a que los softwares implementados no les permiten tener la información necesaria para realizar seguimientos más precisos. Implementando softwares BIM esta tarea se facilita y permite ser más precisos.
Las pymes llevan a cabo la gestión de costos guiados por bases de datos de terceros o generan sus propias bases de datos por cotizaciones, implementando herramientas básicas como Excel.	Los proyectos basados en BIM llevan a cabo la gestión de costos de sus proyectos mediante la parametrización de características de cada elemento, amarrados a los costos, permitiendo que cualquier cambio generado al modelo, se refleje en el costo.	las pymes llevan a cabo una gestión de costos poco precisa y eficaz, ya que no realizan modelos paramétricos que contengan información necesaria para poder llevar a cabo una buena gestión de costos parametrizada, logrando generar cambios automáticos al realizar cualquier cambio en el modelo.
La coordinación de diseños es gestionada por un profesional intermediario entre todas las disciplinas intervinientes.	Para coordinar los diseños bajo la premisa de BIM hay un coordinador BIM que se apoya de un software que permiten la compartición de datos gráficos y no gráficos entre todas las disciplinas, generar restricciones o comunicaciones directas entre disciplinas que convergen generando diseños más acertados.	Las pymes no están utilizando softwares que faciliten la interoperabilidad entre los modelos generados por cada una de las disciplinas, impidiendo que se realicen diseños más aterrizados con detección de conflictos tempranos.
La gran mayoría de las pymes implementan correos, chats y reuniones como método colaborativo para llevar a cabo diseños.	La sinergia en la elaboración de proyectos implementando BIM se genera mediante el uso de paquetes de softwares BIM, que permiten la constante actualización de información en tiempo real.	Las pymes están coordinando sus proyectos de manera tradicional, causante de interpretaciones equivocadas, malas comunicaciones y demás. No están utilizando software BIM que les permite realizar compartición de información necesaria más detallada y en tiempo real.
Para la integración de la cadena de suministro las pymes se basan en conciliar programaciones con proveedores, según su disponibilidad.	Mediante la implementación de BIM se propende integrar la cadena de suministros parametrizando la coordinación de entregas estableciendo tiempos, ubicaciones y como se realizan las actividades.	La integración de la cadena de suministros en los proyectos desarrollados por las pymes es muy pobre y poco dinámica, esto les impide tener beneficios en las estimaciones de costos, coordinación de ejecuciones y conflictos.

<p>Casi la mitad de las pymes prefieren implementar sistemas constructivos tradicionales o plantear según necesidad generada durante la construcción.</p>	<p>En proyectos implementando BIM la elección de los sistemas constructivos se lleva a cabo mediante la modelación de diferentes sistemas, permitiendo evaluar beneficios o conflictos y así elegir la mejor alternativa.</p>	<p>Los proyectos ejecutados por las pymes presentan muchos retrasos, reprocesos y conflictos debido a que no se planean los sistemas constructivos mediante software que permiten realizar estas simulaciones de layout, uso de maquinaria y equipos para posteriormente generar alternativas y escoger la más optima.</p>
<p>En cuanto a los manejos ambientales las pymes consideran las exigencias y obtención de licencias de corporaciones ambientales.</p>	<p>La metodología BIM es una herramienta para mejorar los aspectos ambientales de un proyecto, permitiendo que las construcciones tengan una relación amigable con el ambiente, mitigando impactos ambientales; así mismo se pueden simular las condiciones reales del ambiente para generar ahorros en el proyecto.</p>	<p>Las pymes cumplen algunos aspectos exigidos por entidades ambientales, pero se pierden de otros impactos positivos sobre sus proyectos como lo es el ahorro energético mediante el aprovechamiento de las condiciones ambientales de la zona. Todo esto se puede simular en software BIM.</p>
<p>Las pymes han realizado inversiones TIC relevantes en los últimos 3 años.</p>	<p>Para la Implementación BIM en un proyecto se deben realizar las inversiones TIC necesarias que permitan el cumplimiento de las metas planteadas.</p>	<p>Si bien es cierto que gran parte de las pymes han realizado importantes adquisiciones de hardware y softwares, incluso software con funcionalidades BM, pero no han obtenido muchos beneficios, debido a que los han implementado en tareas básicas.</p>
<p>Entre las pymes, muy pocas poseen personal capacitado en desarrollar proyectos BIM.</p>	<p>Para implementar BIM en un proyecto se requiere contar con personal idóneo, con conocimientos BIM. Este personal puede ser combinado entre personal externo e interno.</p>	<p>Las pymes están teniendo poca inversión en las capacitaciones BIM para su personal, esto es debido al poco conocimiento sobre BIM que hay desde las gerencias de estas.</p>

Fuente: Elaboración propia

## 9. RECOMENDACIONES DE BUENAS PRACTICAS BIM

Las pymes deben implementar BIM en sus proyectos de construcción para estar a la vanguardia y poder optimizar sus proyectos con esta nueva metodología que genera múltiples beneficios, otra razón muy importante es que el gobierno colombiano tiene contemplado implementar BIM en casi todos sus proyectos de obras públicas. Por ello las pymes deben superar brechas entre la manera como han llevado a cabo la gestión de proyectos por métodos tradicionales, optando por adoptar la implementación de la metodología BIM, por lo que a continuación se presentan como soluciones prácticas de gestión mediante BIM.

Tabla 6 Buenas Prácticas BIM

<b>PRACTICAS DE GESTIÓN MEDIANTE BIM</b>	
<b>Prácticas de Gestión BIM</b>	<b>Descripciones</b>
<b>Modelación Paramétrica</b>	Los diseños de los elementos que componen el proyecto deben ser creados mediante modelos paramétricos mediante software BIM, procurando siempre obtener un nivel de detalle igual o superior a LOD 300; Este nivel de detalle garantiza que en los elementos diseñado se definan propiedades geométricas y atributos no geométricos como tipo de material, capas y entre otros. Es importante suministrarles la mayor cantidad de información necesaria a cada uno de los elementos del modelo permite, de esta manera permite integrar y ser útil para cada una de las disciplinas intervinientes, debido a que cierta información es de interés de 2 o más disciplinas.
<b>Elaborar Plan de Ejecución BIM</b>	Se debe elaborar un plan de ejecución BIM (BEP) en el que se consideren los requerimientos del cliente y los organizacionales, este BEP es un documento que marcará el norte del proyecto, en el cual se establecerán las estrategias y herramientas con los que se cumplirá la meta planteada, mediante la implementación de BIM. Es importante tener claro que el BEP no necesariamente debe ser el mismo para todos los proyectos o sus fases.

<p><b>Planificar Cada una de las fases a ejecutar</b></p>	<p>Es necesario realizar planificación de las fases a ejecutar en un proyecto, ya que permite identificar y eliminar conflictos, problemas e incluso excesos de recursos que generen gastos innecesarios. Las planificaciones deben realizarse en un orden secuencial que impida la improvisación. Es por ello que la fase de diseño debe planificarse bajo los lineamientos trazados en el BEP, de esta forma poder determinar los recursos humanos y tecnológicos a implementar, según el nivel de detalle que establecido. La fase de construcción de un proyecto se debe planificar en pro de materializar lo estipulado en las fases anteriores (planeación y diseño), gestionando los recursos necesarios de manera óptima, permitiendo la creación de los elementos que componen el proyecto, bajo los tiempos y costos estipulados, garantizando siempre la calidad. Cuando el proyecto está en la etapa operativa se deben planificar y estimar los periodos y recursos a implementar según información técnica de los fabricantes, NTC o experiencias propias cuando no exista un documento estándar para llevar a cabo cada una de las actividades de mantenimientos preventivos necesarios para la correcta operación longevidad de a estructura, adicional, las modelaciones generadas en las fases predecesoras. Es de aclarar que estas acciones deben estar validadas por un “supervisor BIM”.</p>
<p><b>Gestión de Cronogramas</b></p>	<p>Cuando se realiza la gestión de cronograma implementando BIM se le adiciona tiempos de elaboración e instalación de cada uno de los elementos de un modelo tridimensional creado previamente, esta adicción de información se debe hacer mediante softwares de modelación BIM 4D. Además, que permitan generar Layout, sistemas constructivos y así poder simular avances, de esta manera se podrán identificar conflictos o beneficios. Tomando la mejor alternativa de solución en el escritorio.</p>
<p><b>Seguimiento y control</b></p>	<p>El seguimiento y control de lo establecido en las fases de desarrollo de un proyecto se debe realizar mediante estos mismos softwares BIM 4D, ya que previamente se introdujo información de tiempos, elementos y costos al diseño, permitiendo la visualización de avances de manera remota y verificar lo construido con lo modelado.</p>
<p><b>Gestión de Costos</b></p>	<p>Esta gestión de costos debe hacerse en software BIM 5D, que permiten visualizar la afectación o beneficio que se genera en nuestro modelo al realizar cambios de materiales, ubicaciones, dimensiones y hasta el tiempo, es por ellos que se hace indispensable la introducción de toda la información necesaria en cada uno de los elementos que hacen parte del modelo 3D parametrizado, de esta manera se realiza una gestión del costo fidedigna.</p>
<p><b>Coordinación de diseños</b></p>	<p>La coordinación de diseños se lleva a cabo implementando softwares BIM que permitan sincronía instantánea y actualizada de informaciones requeridas entre las disciplinas intervinientes de un proyecto, cuya información alimenta el modelo en cuestión. No necesariamente deben trabajar sobre un mismo modelo, sino que todo debe estar contenido en un tipo de archivo común, como los IFC, BCF, IDS, RVT, NPL, TPL etc.</p>
<p><b>Método Colaborativo</b></p>	<p>BIM propende el trabajo colaborativo entre las disciplinas intervinientes del proyecto, por lo que se deben crear modelos de colaboración, mediante softwares, nubes, servidores y buena conexión a internet; que permitan que entre todas las partes interesadas se compartan información necesaria en tiempo real y de esta forma poder diseñar coordinadamente.</p>

<b>Integración cadena de suministros</b>	El entorno de un proyecto BIM es de suma importancia, vale recalcar que BIM busca integrar a todos los actores de un proyecto, por lo cual se debe procurar integrar la cadena de suministros a la implementación BIM para así obtener mayores beneficios y mayor precisión en las gestiones de diseño, tiempo y costos.
<b>Sistemas Constructivos</b>	Para llevar a la realidad las modelaciones generadas para un proyecto se deben contemplar sistemas constructivos óptimos. Mediante la simulación de diferentes alternativas gestionadas en software BIM se debe evaluar y escoger la más idónea que permita cumplir con lo diseñado y planeado.
<b>Manejo de aspectos ambientales</b>	Hoy en día los aspectos medioambientales son de suma importancia, por ende, los modelos también deben contener elementos medioambientales, sistemas energéticos y la información sobre como confluye el proyecto con la naturaleza. Todo esto nutrido de información que permitan una determinación de costos y tiempos más aproximado a la realidad. Esta información ambiental se debe integrar a un modelo tridimensional, parametrizando condiciones ambientales a mitigar.
<b>Inversiones TIC</b>	Basados en el BEP se deben contemplar la consecución de recursos tecnológicos necesarios para llevar a cabo un proyecto. BIM, teniendo en cuenta la necesidad de comprar y/o tomar en alquiler. De manera paralela, el recurso humano debe adaptar su trabajabilidad a estas herramientas tecnológicas, para que valga la pena la inversión.
<b>Adquisición de conocimientos BIM</b>	La adquisición de conocimientos BIM se debe llevar a cabo bajo la guía de asesores externos, con el fin de que no existan sesgos ni decisiones viciadas, sino objetivas, todo en pro de generar estrategias para enrutar y guiar equipos de trabajo en la organización, se debe implantar el pensamiento BIM en su organización y conocimientos BIM al personal idóneo, con potencial; teniendo en cuenta que no necesariamente todos deban adquirir el mismo conocimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

## 10. CONCLUSIONES

La aplicación de BIM se puede dar en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos, sin embargo, de acuerdo con la investigación realizada se evidencia que BIM es subutilizado entre las pymes, debido a que su implementación está muy concentrada en las fases iniciales de diseños, y apenas inician su implementación en la fase de construcción. La metodología BIM ofrece a las pymes múltiples beneficios si se aplica en todas las fases del ciclo de vida de sus proyectos. Igualmente pudo identificarse la poca utilización de herramientas BIM por parte de las pymes en muchos procesos de desarrollo de proyectos.

Diferentes estudios realizados , entre los que se puede destacar la Encuesta nacional BIM de Camacol se identifica que los altos costos de implementación, se convierte en una de las principales barreras para su implementación, entre las pymes, sin embargo, en el trabajo de campo realizado en esta investigación se logra evidenciar que ya algunas empresas están realizando inversiones tecnológicas importantes en sus organizaciones, por lo cual, el costo de inversión para implementar BIM ya no es de los principales impedimentos para las pymes.

A través del estado del arte y el trabajo de campo se logra evidenciar que los clientes no identifican los beneficios de BIM. Sumado a ello, muchos profesionales no conocen ni utilizan estas herramientas debido a que desde las empresas no se implementan; es por esto que se requiere de la participación del sector educativo y el gremio para generar una mayor difusión a la metodología BIM. Necesario igualmente que las empresas que implementen la metodología BIM, den a conocer los resultados tangibles de la implementación, de esta forma es posible despertar interés en toda la cadena de valor de los proyectos de construcción. Se hace necesario entonces propiciar e incentivar la capacitación para los profesionales y a su vez, se deben identificar los impactos positivos que agregan valor, para que los clientes conozcan los beneficios de BIM y sus resultados en los proyectos de construcción.

## REFERENCIAS

- [1] F. Barbosa *et al.*, “REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY”, MGI, Estados Unidos, 2017.
- [2] Confecámaras, “NUEVOS HALLAZGOS DE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS EMPRESAS EN COLOMBIA”, Confecámaras, Bogota, Colombia, 2018.
- [3] BIM Forum Colombia, “TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN”, CAMACOL, Bogota, Colombia, 2020.
- [4] CAMACOL, “Se lanza BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción”, Camacol - Cámara Colombiana de la Construcción. Accedido: 23 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://camacol.co/comunicados/se-lanza-bim-f%C3%B3rum-colombia-una-apuesta-por-la-digitalizaci%C3%B3n-y-la-productividad-del>
- [5] Publicaciones Semana S.A, “Las pymes escatiman en inversiones en tecnología y pierden competitividad”, Semana. Accedido: 23 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/las-pymes-escatiman-inversiones-tecnologia-pierden-competitividad/213404/>
- [6] R. Takim, M. Harris, y A. H. Nawawi, “Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Quality of Life Within Architectural, Engineering and Construction (AEC) Industry”, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 101, pp. 23–32, nov. 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.07.175.
- [7] H. Halttula, A. Aapaoja, y H. Haapasalo, “The Contemporaneous use of Building Information Modeling and Relational Project Delivery Arrangements”, *Procedia Econ. Finance*, vol. 21, pp. 532–539, 2015, doi: 10.1016/S2212-5671(15)00209-9.
- [8] M. C. Georgiadou, “An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects”, *Constr. Innov.*, vol. 19, n° 3, pp. 298–320, jul. 2019, doi: 10.1108/CI-04-2017-0030.
- [9] C. M. Eastman, Ed., *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.
- [10] M. Bereman, J. L. Blanco, B. Fitzgerald, I. Mattik, y E. Sjödin, “Building products players are looking to ‘get smart’”, *McKinsey Glob. Inst.*, jun. 2022.

- [11] N. B. Belluomini, “A evolução do CAD – Por Dentro da Autodesk Brasil”, AUTODESK. Accedido: 27 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.autodesk.com/por-dentro-da-autodesk-brasil/2017/01/02/a-evolucao-do-cad/>
- [12] Y. Arayici, C. Egbu, y P. Coates, “Building information modelling (BIM) implementation and remote construction projects: issues, challenges, and critiques”, *Electron. J. Inf. Technol. Constr.*, pp. 1–19, may 2012.
- [13] buildingSMART Spain, “¿Qué es BIM?”, BuildingSMART Spanish. Accedido: 23 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.buildingsmart.es/bim/>
- [14] Cadbim 3d, “Del CAD al BIM”, cadBIM3D. Accedido: 27 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cadbim3d.com/2017/11/del-cad-al-bim.html>
- [15] I. Martín-Fontecha, “Norma ISO 19650 BIM: claves de la ISO 19650 en sector AECO”, Editeca. Accedido: 10 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://editeca.com/norma-iso-19650-bim-arquitectura-construccion/>
- [16] buildingSMART Spain, “Introducción a la serie EN ISO 19650 Revisión Mayo 2021”, buildingSMART Spain, España, 2021.
- [17] “ISO 19650”, Catenda. Accedido: 10 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://catenda.com/es/glossary/iso-19650/>
- [18] BIM Forum Colombia, “BIM KIT 2. Guías para la adopción BIM en las organizaciones”, CAMACOL, Bogotá, Colombia, 2020.
- [19] PLAN BIM PERÚ, “Instructivo de la Matriz para la definición de Nivel de Información Necesaria.”, Ministerio de economía y finanzas, Perú.
- [20] A. Sánchez, “LOD o Nivel de Desarrollo BIM, ¿qué significa LOD?”, Espacio BIM. Accedido: 27 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.espaciobim.com/lod>
- [21] J. Pizarro, “Las 7 dimensiones BIM: ¿Cuáles son y para qué sirven?”, Editeca. Accedido: 11 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://editeca.com/7-dimensiones-bim-cuales-son-para-que-sirven/>
- [22] A. Sánchez, “Madurez en entorno BIM : Level 0/1/2/3”, Espacio BIM. Accedido: 27 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.espaciobim.com/madurez-bim-level-0-1-2-3>

- [23] alexandravendramin, “Nivel 1 de madurez BIM”, BibLus. Accedido: 14 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/nivel-1-de-madurez-bim/>
- [24] BIM Forum Colombia, “GUÍA DE USOS BIM”, CAMACOL, Bogotá, Colombia, 2024.
- [25] M. Naushad y S. M. M, “Prioritizing Technology Adoption Dynamics among SMEs”, *TEM J.*, pp. 983–991, ago. 2020, doi: 10.18421/TEM93-21.
- [26] R. Agarwal, S. Chandrasekaran, y M. Sridhar, “Imagining construction’s digital future”, MGI, Estados Unidos, 2016.
- [27] S. Azhar, “Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry”, *Leadersh. Manag. Eng.*, vol. 11, n° 3, pp. 241–252, jul. 2011, doi: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.
- [28] S. Seyis, “Pros and Cons of Using Building Information Modeling in the AEC Industry”, *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 145, n° 8, p. 04019046, ago. 2019, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001681.
- [29] A. M. Kouch, K. Illikainen, y S. Perälä, “Key Factors of an Initial BIM Implementation Framework for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)”, presentado en 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Taipei, Taiwan, jul. 2018. doi: 10.22260/ISARC2018/0126.
- [30] “Encuesta BIM Latam 2020 – BIM Forum Chile”. Accedido: 13 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bimforum.cl/encuesta-bim-latam-2020/>
- [31] Universiti Teknologi MARA, N. A. A. Ismail, M. N. Mohd Yousof, Universiti Teknologi MARA, H. Adnan, y Universiti Teknologi MARA, “BIM Adoption in Managing Construction Risks Amongst Malaysian Quantity Surveyors: Current Practice and Challenges”, *Int. J. Sustain. Constr. Eng. Technol.*, vol. 12, n° 3, oct. 2021, doi: 10.30880/ijscet.2021.12.03.017.
- [32] BIM Forum Colombia, “ENCUESTA NACIONAL BIM 2023”, PowerBI. Accedido: 29 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaMGRiMTY0ZjAtYWVlZy00OTUwLTgwZGZlZjQ4MDQ3MDUwNjc3IiwidCI6IjI1YTdhM2RiLWYyNTctNDg4Yi04MDAxLTQ0M2E2ZTU4ZDcxNCIsImMiOiR9>
- [33] Y. Hong, A. W. A. Hammad, S. Sepasgozar, y A. Akbarnezhad, “BIM adoption model for small and medium construction organisations in Australia”, *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 26, n° 2, pp. 154–183, mar. 2019, doi: 10.1108/ECAM-04-2017-0064.

- [34] J.-B. Yang y H.-Y. Chou, “Subjective benefit evaluation model for immature BIM-enabled stakeholders”, *Autom. Constr.*, vol. 106, p. 102908, oct. 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2019.102908.
- [35] Z. Pučko, N. Nataša, y U. Klanšek, “Building Information Modeling Based Time And Cost Planning In Construction Projects”, *Organ. Technol. Manag. Constr. Int. J.*, vol. 6, n° 1, 2014, doi: 10.5592/otmcj.2014.1.6.
- [36] P. Smith, “BIM Implementation – Global Strategies”, *Procedia Eng.*, vol. 85, pp. 482–492, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.575.
- [37] H. M. Hamada, A. Haron, Z. Zakiria, y A. M. Humada, “Benefits and Barriers of BIM Adoption in the Iraqi Construction Firms”, *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, vol. 3, n° 08, 2016, doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.3838005.V1.
- [38] R. samimmpay y E. Saghatforoush, “Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects”, *J. Eng. Proj. Prod. Manag.*, may 2020, doi: 10.2478/jeppm-2020-0015.
- [39] R. Volk, J. Stengel, y F. Schultmann, “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs”, *Autom. Constr.*, vol. 38, pp. 109–127, mar. 2014, doi: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
- [40] L. D. S. P. Inojosa y K. D. A. Vilanova, “BIM interoperability in the maintenance planning process for existing buildings”, *J. Build. Pathol. Rehabil.*, vol. 8, n° 1, p. 45, jun. 2023, doi: 10.1007/s41024-023-00292-4.
- [41] H. K. N. y S. P. S. Padala, “A BIM-integrated multi objective optimization model for sustainable building construction management”, *Constr. Innov.*, mar. 2024, doi: 10.1108/CI-09-2023-0223.
- [42] A. Kylili, P.-Z. Georgali, P. Christou, y P. Fokaidis, “An integrated building information modeling (BIM)-based lifecycle-oriented framework for sustainable building design”, *Constr. Innov.*, vol. 24, n° 2, pp. 492–514, feb. 2024, doi: 10.1108/CI-02-2021-0011.
- [43] P. Li, S. Zheng, H. Si, y K. Xu, “Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China”, *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2019, pp. 1–14, feb. 2019, doi: 10.1155/2019/9482350.
- [44] A. B. Saka, D. W. M. Chan, y F. M. F. Siu, “Drivers of Sustainable Adoption of Building Information Modelling (BIM) in the Nigerian Construction Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs)”, *Sustainability*, vol. 12, n° 9, p. 3710, may 2020, doi: 10.3390/su12093710.

- [45] The National Building Specification, “National BIM Report 2017”, NBC, Reino Unido, 2017.
- [46] The National Building Specification y Glenigan, “Digital Construction Report 2023”, NBC, Reino Unido, 2023.
- [47] M. R. Hosseini *et al.*, “BIM adoption within Australian Small and Medium-sized Enterprises (SMEs): an innovation diffusion model”, *Constr. Econ. Build.*, vol. 16, n° 3, pp. 71–86, sep. 2016, doi: 10.5130/AJCEB.v16i3.5159.
- [48] Universiti Sultan Zainal Abidin, K. Mat Yaman, Z. A. Abd Ghadas, y Universiti Sultan Zainal Abidin, “‘GREENING’ THE PROVISIONS OF CONSTRUCTION CONTRACTS: AN APPRAISAL OF THE PWD, PAM AND CIDB STANDARD FORMS”, *J. Sustain. Sci. Manag.*, vol. 17, n° 8, pp. 81–96, ago. 2022, doi: 10.46754/jssm.2022.08.005.
- [49] EDITECA, “El estado del BIM en Latinoamerica - Parte 1”, EDITECA. Accedido: 3 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://editeca.com/bim-latinoamerica-en-2020-parte-1/>
- [50] planbim, “Objetivos y Metas - Planbim”, planbim. Accedido: 3 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://planbim.cl/que-es-planbim/objetivos-y-metas/>
- [51] planbim, “Inicio - Planbim”, planbim. Accedido: 3 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://planbim.cl/>
- [52] Departamento Nacional de Planeación, “Estrategia Nacional BIM 2020-2026”, DNP, Bogota, Colombia, 2020.
- [53] Ministerio de vivienda, “PRESCOLAR DEL COLEGIO DE LA COMPAÑÍA DE MARÍA- LA ENSEÑANZA | BIM”. Accedido: 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bim.minvivienda.gov.co/node/49481>
- [54] Ministerio de vivienda, “CANTABRIA | BIM”, Ministerio de vivienda. Accedido: 2 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bim.minvivienda.gov.co/node/49479>
- [55] C. Vidalakis, F. H. Abanda, y A. H. Oti, “BIM adoption and implementation: focusing on SMEs”, *Constr. Innov.*, vol. 20, n° 1, pp. 128–147, ene. 2020, doi: 10.1108/CI-09-2018-0076.

## ANEXOS

### ANEXO 1: ENCUESTA

#### **ENCUESTA SOBRE LA PERCEPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN PYMES DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN.**

Buen día, mi nombre es Jhon Freyler Rengifo Rodríguez, estudiante de la maestría en ingeniería, con énfasis en gestión de la construcción de la universidad EAFIT; estoy realizando mi trabajo de grado, el cual consiste en la optimización de gestión de proyectos de construcción mediante el uso de la metodología BIM en Pymes, cuyo objetivo fundamental es proponer una metodología que genere mejores prácticas en proyectos de construcción, mediante la implementación de la metodología BIM, enfocada a las Pymes de arquitectura, ingeniería y construcción. Como parte del trabajo de campo para la investigación, se está realizando esta encuesta con profesionales del sector constructor para determinar la percepción que se tiene frente a la implementación de la metodología BIM en sector.

Le solicitamos diligencie esta encuesta con la mayor sinceridad, le tomará alrededor de 15 minutos. Muchas gracias por su participación, la información suministrada será utilizada con fines netamente académicos. Si desea conocer el resultado, se le hará llegar una vez terminado el trabajo.

**Campo profesional:** Arquitectura \_\_ Ingeniería \_\_ Construcción \_\_ Otro \_\_\_\_\_

Experiencia Profesional (Años) \_\_\_\_\_

Por favor responda las siguientes preguntas:

*Las siguientes son preguntas de selección múltiple con única respuesta, por favor marcar la correspondiente.*

1. ¿Conoce la metodología y herramientas BIM?

- Si
- No

2. ¿Cuál de los siguientes conceptos considera usted que define a BIM?

- Es un software de modelación 3D
- Es una metodología de trabajo
- Es la Implementación de una nube
- Es una teoría

3. ¿Qué Nivel de conocimiento tiene respecto a la metodología BIM?

- Básico
- Intermedio
- Avanzado

4. ¿Es usted profesional con formación y competencias para implementar BIM en las empresas?

- Si
- No

5. ¿Tiene previsto capacitarse en BIM?

- No
- Sí, a corto plazo (6 a 12 meses)
- Sí, a mediano plazo (1 a 5 años)

- Sí, a largo plazo (5 años o más)

*En la siguiente pregunta es de selección múltiple, con múltiple respuesta, por favor marque las que considere y simultáneamente su frecuencia*

6. Para la llevar a cabo la representación conceptual de sus proyectos, indique que método implementa y su frecuencia.

Frecuencia	Nunca	Alguna vez	Casi siempre	Siempre
Modelos				
Dibujo 2D (CAD)				
Modelación 3D (CAD)				
Maquetas				

*Las siguientes son preguntas de selección múltiple con única respuesta, por favor marcar la correspondiente.*

7. ¿En su entorno laboral ha sentido la necesidad de Utilizar softwares BIM?

- No lo necesito
- Parcialmente necesario
- Es una exigencia actual y absolutamente necesaria

8. ¿En la actualidad implementa o ha implementado BIM en algún proyecto de construcción?

- Si
- No

*Esta pregunta es de selección múltiple, con múltiple respuesta, por favor marque las que considere y simultáneamente su frecuencia*

9. En que etapas de sus proyectos implementa o ha implementado BIM

Frecuencia	Nunca	Alguna vez	Casi siempre	Siempre
Etapas				
Planificación				

Diseño				
Construcción				
Operación				

10. ¿Qué beneficios a obtenido al implementar BIM en sus proyectos de construcción?

- Coordinación multidisciplinar de diseños
- Control y seguimiento de obra
- Optimo análisis de terreno
- Optimización de presupuesto
- Optimización de tiempos de entrega
- Detección anticipada de conflictos
- Sostenibilidad y eficiencia energética
- Gestión de datos y documentación

*En la siguiente pregunta es de selección múltiple, con múltiple respuesta, por favor marque las que considere.*

11. ¿Cuáles son las razones por las cuales no usa BIM en sus proyectos?

- Alto costo en inversión de licencia de software
- Alto costo en inversión dispositivos adecuados
- No es requisito en mis labores
- La empresa donde trabajo no lo implementa
- Los clientes o entidades contratantes no lo exigen
- Falta de capacitación.

12. ¿Considera implementar BIM en el futuro en sus proyectos?

- No estoy interesado en implementar BIM
- Lo estoy evaluando
- Tengo intención de implementarlo en una prueba piloto
- Tengo un plan para implementar BIM completamente

*En la siguiente pregunta es de selección múltiple, con múltiple respuesta, por favor marque las que considere*

13. ¿Qué dificultades ha presentado al implementar BIM en sus proyectos?

- Falta de integración de Cadena de suministro
- Falta de colaboración y resistencia al cambio de contratistas
- Resistencia al cambio de diseñadores
- Uso de sistemas BIM y no-BIM
- Débil liderazgo

14. ¿Qué barreras a tenido para implementar BIM en sus proyectos?

- Los clientes o entidades contratantes no lo aprueban
- No todos los actores de la cadena de suministro lo implementan
- Poca disponibilidad presupuestal
- Falta de conocimiento del personal
- Desafíos en colaboración interdisciplinarios
- 

Las siguientes son preguntas de selección múltiple con única respuesta, por favor marcar con (x) dentro del cuadro correspondiente.

15. Considera que la implementación de BIM se justifica solamente en proyectos complejos

- Totalmente de acuerdo
- Bastante de acuerdo
- Poco de acuerdo
- Nada de acuerdo

16. Considera que más adelante el uso de BIM será requisito para proyectos de construcción públicos y privados.

- De acuerdo
- En desacuerdo

17. ¿Como considera el nivel de costo monetario para invertir en la implementación BIM?

- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto

18. Desde su perspectiva, indique el impacto que genera al invertir en la adopción y herramientas BIM.

- Alto riesgo
- Es una buena oportunidad para crecer
- Genera mucho gasto y poco beneficio

19. Según su percepción, finalmente, quien se beneficia con la implementación BIM.

- Arquitectos
- Ingenieros
- Constructores
- Dueños del proyecto
- Usuarios/ocupantes
- Todos

Link Encuesta: <https://forms.office.com/r/yMiFwaGcwC>

**CUESTIONARIO DE PREGUNTAS PARA IDENTIFICAR LAS CONDICIONES  
EXISTENTES RESPECTO A LAS HERRAMIENTAS Y PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE  
PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN IMPLEMENTADAS POR LAS PYMES DE  
CONSTRUCCIÓN**

Buen día, mi nombre es Jhon Freyler Rengifo Rodríguez, estudiante de la maestría en ingeniería, con énfasis en gestión de la construcción de la universidad EAFIT; estoy realizando mi trabajo de grado, el cual consiste en la optimización de gestión de proyectos de construcción mediante el uso de la metodología BIM en Pymes, cuyo objetivo fundamental es proponer una metodología que genere mejores prácticas en proyectos de construcción, mediante la implementación de la metodología BIM, enfocada a las Pymes de arquitectura, ingeniería y construcción. Como parte del trabajo de campo para la investigación, se está realizando esta entrevista para las pymes del sector constructor para determinar la percepción que se tiene frente a la implementación de la metodología BIM en sector e identificar las condiciones existentes respecto a las herramientas y prácticas de gestión de proyectos de construcción implementadas por las Pymes construcción en Colombia.

**SUJETO DE ESTUDIO:** Pymes Colombianas

**ACTIVIDAD:** Arquitectura, Ingeniería Y Construcción.

**FECHA Y HORA:**

**PREGUNTAS**

1. ¿Cuál es su profesión?
2. ¿Cuánto tiempo de experiencia tiene en el sector AIC?
3. ¿En qué cargo se desempeña actualmente en su empresa actual?
4. ¿Actualmente cuál es la actividad principal de la empresa?
5. ¿Qué antigüedad tiene la empresa en la industria?

6. ¿Qué tipo de proyectos ejecuta la empresa principalmente? (Público, privado o mixto)
7. ¿Qué clase de proyectos ejecuta principalmente la empresa? (Infraestructura, vivienda etc.)
8. ¿Qué certificaciones en normas técnicas posee la empresa (¿Social, ambiental, calidad etc.)?
9. ¿Qué tipo de tecnología, herramienta o método utiliza para realizar estudios topográficos que le permitan conocer y modelar la zona en la que va a realizar sus proyectos?
10. ¿Utilizan herramientas de modelación paramétrica para sus proyectos?
11. ¿Qué herramientas utilizan para la modelación paramétrica y en qué aspectos de sus proyectos utiliza cada herramienta?
12. ¿Indique cuál de los Métodos de trabajo que implementa para gestionar la representación gráfica de sus proyectos?
  - Solo CAD
  - CAD, luego BIM
  - Otros (Describalo por favor)
13. ¿Describa como es la estructura organizacional de los proyectos de la empresa?
14. ¿Qué aspectos considera para la realización del plan general de ejecución de sus proyectos?
15. ¿Cómo se lleva a cabo la planeación de cada una de las fases de sus proyectos?
16. ¿Qué técnicas de planificación y herramientas utiliza para plantear los cronogramas de trabajo?
17. ¿De qué acciones o métodos se apoya para identificar avances, llevar control o hacer seguimiento a sus proyectos?
18. ¿Con que frecuencia presenta retrasos y que los genera?
19. ¿Qué herramientas y técnicas implementa para realizar la gestión de costos en sus proyectos?

20. ¿En los proyectos desarrollados por la empresa, cada especialidad técnica realiza modelos paramétricos?
21. ¿De qué manera coordina la modelación de diseños entre las diferentes especialidades que intervienen en el proyecto?
22. ¿Implementa alguna herramienta o método colaborativo entre los diseñadores para llevar a cabo los diseños de los proyectos?
23. ¿Como planea e integra la cadena de suministros a la gestión de producción?
24. ¿Como evalúa los diferentes sistemas construcción para aplicar en sus proyectos?
25. ¿Qué manejo se les da a los aspectos medioambientales que influyen en los proyectos de la empresa?
26. ¿Cómo controla el cumplimiento de los estándares de seguridad y salud en el trabajo (SST) durante desarrollo de los proyectos de la empresa?
27. ¿Qué inversiones TIC ha realizado la empresa en los últimos 3 años?
28. ¿De qué manera se ha visto beneficiada la empresa al utilizar las TIC?
29. ¿Qué conocimiento tiene respecto a la metodología BIM?
30. ¿La empresa cuenta con personal capacitado para implementar BIM?
31. ¿Ha llevado a cabo proyectos mediante la implementación de BIM?
32. ¿Cómo ha sido la experiencia de implementar BIM en la empresa? *(En caso de implementarlo)*
33. ¿Por qué no ha implementado BIM *(En caso de NO implementarlo)*?
34. ¿Qué logros ha obtenido la empresa como fruto de la implementación de BIM?