



**UNIVERSIDAD EAN
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
SEMINARIO DE INVESTIFACIÓN**

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020-202
INFORME TÉCNICO DE RESULTADOS

TUTORA:
LINA MARÍA CHACÓN RIVERA

JULIÁN ESTEBAN PERILLA RODRÍGUEZ
LUIS JACOBO VARGAS DÁVILA
WILLIAM ORLANDO LUZARDO TRIANA

BOGOTÁ D.C.
9 DE JUNIO DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN.....	7
2	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	7
3	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	10
4	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	12
5	OBJETIVOS.....	12
5.1	Objetivo general.....	12
5.2	Objetivos específicos.....	12
6	CONVENIENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
7	MARCO TEÓRICO.....	14
7.1	ÁGIL.....	15
7.2	SCRUM.....	17
7.3	KANBAN.....	18
7.4	SCRUMBAN.....	19
7.5	SIX SIGMA.....	23
7.6	PRINCE2.....	24
7.7	PMBOK.....	26
7.8	EL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA.....	27
7.9	METODOLOGÍA BIM (Building Information Modeling).....	29
7.10	Equipo de trabajo usando la metodología BIM:.....	32
7.11	Integración y trabajo colaborativo:.....	33
7.12	Interoperabilidad:.....	36

7.13	Dimensiones de BIM:	37
7.14	ESTUDIO Y/O APLICACIÓN DEL BIM EN EL MUNDO:	39
7.15	APLICACIÓN DEL BIM EN COLOMBIA	44
7.16	ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020 - 2026	45
8	METODOLOGÍA	49
8.1	ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	49
8.2	DEFINICIÓN DE VARIABLES	50
8.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	50
8.4	SELECCIÓN DE INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 52	
9	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	57
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
10.1	Evaluación cualitativa de los resultados	60
10.2	Evaluación cuantitativa de los resultados	63
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
12	ANEXO	74
13	REFERENCIAS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de la investigación	48
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Cambios en el plan de trabajo en Kanban. Fuente: (Fuentes del Burgo, Joaquín Sebastián)	22
Ilustración 2 Ciclo de vida del inmueble.Fuente: (González, Carlos, 2015).....	31
Ilustración 3Curva del esfuerzo constructivo. Fuente: (González, Carlos, 2015).....	32
Ilustración 4. Ciclo de vida de la edificación. Fuente: https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/	34
Ilustración 5Ejemplo de un trabajo colaborativo con la metodología BIM. Fuente: (González, Carlos, 2015)	36
Ilustración 6 Interoperabilidad de la información. Fuente: (González, Carlos, 2015).....	37
Ilustración 7 Dimensiones de la metodología BIM. Fuente: https://www.buildingsmart.es/bim/	38
Ilustración 8 Dimensiones de BIM. Fuente: Adaptado de Píldoras de Revit. https://cutt.ly/NGfsaFP	39
Ilustración 9 Crecimiento de BIM en el Mundo Fuente: Crecimiento BIM en el mundo, año 2016. Asidek.[en línea] Abril de 2020. https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/	44
Ilustración 10 Pilares Básicos Fuente: Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 – Departamento Nacional de Planeación 2020.	46
Ilustración 11 Mandato BIM Fuente: Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 – Departamento Nacional de Planeación 2020.	48
Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 1	53
Ilustración 13 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 2	54
Ilustración 14 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 3	54

Ilustración 15 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 4	55
Ilustración 16 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 5	56
Ilustración 17 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 6	61
Ilustración 18 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 7	61
Ilustración 19 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 8	62
Ilustración 20 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 9	63
Ilustración 21 Instrumento de recolección de información-Parte 10	67

1 RESUMEN

En la última década, se ha venido desarrollando en el país la implementación de la metodología BIM para el seguimiento y control de proyectos de construcción, con el propósito de realizar un control integral desde las etapas tempranas de maduración de los proyectos hasta la ejecución y cierre de los mismos. Con base en la política planteada en 2019 por el Gobierno Nacional, a través del documento CONPES 3975, El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo de la embajada británica en Colombia, de la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL y de BIM FORUM Colombia entre otros, a finales del 2020 plantean la Estrategia Nacional BIM 2020- 2026 (DNP - MINTIC - DAPRE, 2019). Teniendo en cuenta que a la fecha han transcurrido más de dos años desde la formulación de esta estrategia, resulta procedente adelantar una evaluación y seguimiento que permita establecer si para el 2026 el país contará con las herramientas suficientes para hacer obligatoria la implementación de la Metodología BIM a nivel nacional.

Palabras claves: Metodología BIM, control de proyectos de construcción y Estrategia Nacional BIM 2020-2026.

2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En las últimas décadas se han experimentado cambios a nivel mundial relacionados con la forma de explotación de productos naturales y de producción de insumos, bienes y servicios, considerando que la tendencia global es adelantar proyectos cada vez más sostenibles. Lo anterior

implica que se requiere la implementación de modelos de gestión de proyectos que garanticen que los retos que se plantean se desarrollen de manera mucho más eficiente. La industria de la construcción no es ajena a esta tendencia.

En el año 2019 el Gobierno Nacional expide el Documento CONPES 3975, con el cual se formula la política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial, cuyo objetivo es potenciar los diferentes sectores económicos y sociales del país a través del uso estratégico de las tecnologías digitales.

En tal sentido, se identifica la necesidad de disminuir las barreras que impiden la incorporación de estas tecnologías, tanto en entidades gubernamentales como como en el sector empresarial y la necesidad de crear las condiciones que habiliten la innovación digital pública y privada para aumentar la generación de valor económico y social. (DNP - MINTIC - DAPRE, 2019).

La sigla Metodología BIM, cuya sigla hace referencia a BUILDING INFORMATION MODELING, se relaciona con la creación y uso de información virtual de manera coordinada (gemelos digitales), con el propósito de facilitar la planificación, el diseño, la ejecución y el control de proyectos de infraestructura. Es decir, la metodología BIM puede entenderse como una representación digital de las características físicas y funcionales de una obra de construcción, a través de las diferentes etapas de maduración del proyecto. La Metodología BIM hace parte de la tecnología digital y de inteligencia artificial, específicamente para el sector de la construcción de infraestructura, por lo que su implementación está plenamente alineada con los objetivos que pretende con el CONPES 3975 del gobierno Nacional.

Por tal razón, en el año 2020 el Departamento Nacional de Planeación, considerando que la modernización del sector de la construcción es una de las rutas económicas clave para el desarrollo del país, plantea la estrategia nacional BIM 2020 – 2026. El propósito principal que se busca con la implementación de esta metodología para la gestión de proyectos de construcción e infraestructura es lograr la reducción de la variabilidad de los costos y tiempos de los proyectos que se adelantan en el país. Esta reducción de costos permitirá la gestión de un mayor número de proyectos (Optimización de recursos), lo cual indiscutiblemente genera un mayor crecimiento económico del país. (DNP, 2020).

La estrategia nacional BIM busca que en el 2026 estén dadas todas las condiciones para hacer mandatorio el uso de la metodología BIM tanto en las entidades del sector gubernamental como en las entidades del sector empresarial.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Históricamente, en la gestión de proyectos de construcción ha existido un problema relacionado con no alcanzar a ejecutar el alcance de las obras en los plazos inicialmente previstos ni con el presupuesto inicialmente planeado (Mas tiempo, mayor uso de recursos, menos eficiencia y eficacia). Lo anterior representa prorrogas y adiciones que generan sobrecostos.

La causa probable de esta problemática está relacionada con falta de planeación o incoherencias en la etapa de diseño por la no identificación de todas las posibles variables o interferencias que pueden impactar el desarrollo de los proyectos.

La gestión de proyectos de construcción se ha venido desarrollando con el pasar de los años siguiendo métodos tradicionales, es decir, la realización de presupuestos por medio de EXCEL, la elaboración de cronogramas a través de un diagrama de Gantt, la representación por medio de AutoCAD, etc. Además, la industria de la construcción no se ha interesado en mejorar y actualizar sus procesos constructivos por medio de la implementación de la tecnología. Por esta razón, las constructoras deberían pensar en la optimización de sus procesos según lo citado por (Bartolón, Jonathan, 2020, p.10):

“las empresas se han dado cuenta de que es imprescindible mejorar los procesos internos de gestión y control de proyectos, ya que sin estos sistemas de dirección se pierden de vista los principales indicadores como: el tiempo, el costo, desempeños, el retorno de la inversión, etc.”.

Otro aspecto por resaltar es la falta de coordinación que existe en equipo, es decir, no se

respetan los lineamientos a seguir o lo establecido en el cronograma inicial. Para esto, es fundamental cambiar la metodología tradicional, así como lo cita (Sierra, Lina, 2016, p.3):

“para evitar la falta de coordinación y sus posibles consecuencias nace el concepto de BIM (Building Information Modeling), una nueva metodología de trabajo que centra en una única base de datos toda la información de un proyecto involucrando a todas las disciplinas que se ven de manera directa afectadas en el desarrollo de proyectos de construcción”.

En tal sentido, el gobierno nacional ha venido impulsando estrategias para que las diferentes entidades gubernamentales y privadas trabajen en sus proyectos, implementando procesos, metodologías y herramientas que les permita un mejor control de las diferentes etapas de maduración, para subsanar este problema, facilitando la optimización de los recursos y permitiendo la gestión de un mayor número de proyectos en beneficio de la economía del país.

Una de estas estrategias es la planteada por el Departamento Nacional de Planeación – DNP, denominada estrategia nacional BIM 2020 – 2026, la cual se formula considerando que para ese año el sector de la construcción representaba el 54% del aparato productivo del país, el 5.17% del producto interno bruto (PIB) y que generaba el 6.8% del empleo de todo el país (1.5 millones de personas). (DNP, 2020).

Esta estrategia busca que para que a través de una implementación gradual el año 2026 estén dadas las condiciones para hacer mandatorio el uso de la metodología BIM en todas las entidades públicas y del sector privado empresarial que adelantan proyectos de construcción e infraestructura en el país. Por esta razón surge la necesidad de adelantar este proyecto de seminario de, una

investigación titulada: “Evaluación y seguimiento de la estrategia nacional BIM 2020- 2026”, con el propósito de establecer como van las diferentes organizaciones con esta implementación, que impacto se ha tenido en los proyectos en los que ya se ha utilizado, que dificultades de han identificado y que se debe hacer para que en el 2026 estén dadas las condiciones para hacer obligatorio el uso de la metodología.

4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

La pregunta de investigación que se pretende responder con el desarrollo de este documento es ¿Cómo van las organizaciones gubernamentales y del sector empresarial del país con la implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 para lograr que en este período se den las condiciones que permitan la obligatoriedad de la utilización de la metodología BIM en la totalidad de proyectos de construcción e infraestructura?

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Desarrollar un análisis descriptivo que permita hacer seguimiento y evaluar la implementación de la estrategia BIM 2020 – 2026 en las entidades gubernamentales y en el sector empresarial para el uso obligatorio de la metodología BIM en la totalidad de proyectos de construcción e infraestructura que se adelanten en el país.

5.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica de las metodologías tradicionales para gestión y

seguimiento de proyectos de construcción e infraestructura.

- Realizar una revisión bibliográfica de la metodología BIM y cómo ha sido su implementación en otros países.
- Entender el propósito del gobierno con el planteamiento de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026.
- Evaluar el estado de avance de entidades gubernamentales en la implementación gradual de la estrategia BIM 2020 – 2026 para establecer al final de este período la obligatoriedad del uso de la metodología BIM en la totalidad de proyectos de construcción e infraestructura que se adelanten en el país.
- Identificar las dificultades y fortalezas que han tenido las organizaciones en la implementación de la estrategia.
- Con base en los resultados obtenidos plantear recomendaciones para lograr el objetivo propuesto con la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 en el período propuesto.

6 CONVENIENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Los beneficios que se esperan con la implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción e infraestructura están claramente identificados en la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 y se resumen a continuación:

En primera medida el beneficio económico. La adopción de la metodología BIM representa una mejora en los procesos de entrega de las diferentes etapas de maduración de los proyectos (Planeación, diseño, construcción y operación). A nivel mundial varios países han reportado mejoras económicas representadas en ahorros en costos de hasta el 20% en las fases de entrega.

(DNP, 2020).

Es segunda instancia beneficios ambientales. La implementación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura y construcción facilita la gestión y entendimiento de los impactos ambientales generado. Con las herramientas de la metodología se pueden optimizar y controlar los procesos constructivos, lo cual disminuye impactos relacionados con la huella de carbono o la contaminación acústica. (DNP, 2020).

Por último, el beneficio social. Las herramientas de visualización de BIM, tanto en la etapa de planeación y diseño como en la construcción facilita el relacionamiento con la comunidad y el entendimiento y apropiación de los proyectos por parte de grupos estratégicos. (DNP, 2020).

Como puede observarse los beneficios de la metodología están ampliamente estudiados en el mundo. De ahí la importancia la estrategia propuesta por el DNP y la necesidad de evaluar su implementación para lograr que en el año 2026 se haga obligatorio el uso de esta tecnología de modelos digitales en todos los proyectos de construcción.

7 MARCO TEÓRICO

METODOS TRADICIONALES DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Según la propia definición del PMI, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para “crear un producto, servicio o resultado único” (PMBOK, p. 4). Por tanto, la conclusión que se puede extraer es que cada proyecto es único.

En el campo de la gestión de proyectos, existen una serie de métodos y técnicas que se utilizan para lograr el éxito en la prestación de un producto, servicio o resultado final que mejor satisfaga las necesidades y expectativas del cliente. Estos métodos y métodos son variados y están diseñados para garantizar una entrega eficiente y satisfactoria del proyecto a todas las partes interesadas. (Ramírez, s.f.).

El carácter general de las normas y estándares de gestión de proyectos permite el uso de metodologías como fuente de conocimiento en el campo de la gestión de proyectos. En particular, estas metodologías permiten la implementación de un sistema de ejecución de proyectos que se adapta mejor a las necesidades específicas de cada intervención. En general, las prácticas de gestión de proyectos a menudo se definen por un conjunto de conocimientos o estándares, la implementación de una metodología y el uso de métodos y herramientas (Shenhar y Dvir, 2007, p. 93-97).

De manera similar, según PMI (2013), la gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y métodos a las actividades del proyecto para cumplir con sus requisitos. Esto se logra mediante la aplicación e integración precisas de 47 procesos de gestión de proyectos que se agrupan lógicamente y se dividen en cinco grupos de procesos (Nossa, 2021, p. 27).

Es así como, en este trabajo lo concerniente a las metodologías tradicionales para la gestión de proyectos tales como ágil, Scrum, Kanban, Scrumban, Six sigma, Método de ruta crítica, Prince2, Lean, PMBOK y Programación externa.

7.1 ÁGIL

Los equipos de desarrollo de software han estado utilizando metodologías ágiles, que se originaron en la década de 1940 a partir del modelo de fabricación ajustada de Toyota, para aliviar la carga de trabajo y aumentar la transparencia, al mismo tiempo que respondían a las necesidades cambiantes de los clientes. La metodología ágil representa un cambio significativo con respecto al enfoque tradicional de gestión de proyectos, que se centra en lanzamientos a gran escala, fomentando una mejor colaboración y una innovación más rápida entre los equipos de software. (Drumond, s.f.)

El enfoque tradicional de gestión de proyectos que utiliza la metodología ágil se puede dividir en dos marcos: Scrum y Kanban. Scrum se basa en iteraciones de proyectos de duración fija, mientras que Kanban se centra en un sistema de entrega continua. Una vez que se completa una tarea, el equipo pasa inmediatamente a la siguiente (Drumond, s.f.).

Los cuatro valores principales del manifiesto Agile se expresan como:

- Dar prioridad a las personas y las interacciones sobre las herramientas y los procesos.
- Favorecer el software funcional sobre la documentación completa.
- Enfatizar la colaboración con el cliente sobre las negociaciones contractuales.
- Centrarse en responder al cambio en lugar de seguir un plan.

En general, la entrega de un proyecto Ágil se presenta en las siguientes fases (Kanbanize, s.f.):

- Visualizar: Desarrollar una visión de alto nivel del producto o servicio para el cliente y determinar quién participará en el proyecto.
- Especular: esta es una extensión de la fase de visualización en la que los equipos reúnen los requisitos generales iniciales para un producto o servicio y desarrollan una iteración basada en la visión.
- Explorar: El objetivo es recibir feedback del cliente lo antes posible.
- Adaptar: inspeccionar los resultados entregados y adaptarlos según sea necesario a las condiciones actuales.
- Cierre: Conclusiones del proyecto.

7.2 SCRUM

Scrum es una de las metodologías ágiles más utilizada hoy en día y está diseñada para proyectos de software (desarrollo y mantenimiento). El proceso utilizado es iterativo desagregando un producto en ciclos de tiempo más cortos (sprints). En cada uno de estos ciclos, el equipo trabaja en una lista de requisitos priorizada, lo que conduce al final del ciclo a un producto entregable. Este enfoque mejora la predictibilidad y el control de riesgos (Nossa, 2021).

De acuerdo con Nossa (2021) los principales beneficios de Scrum son: la entrega oportuna de

resultados priorizados y completados; la gestión regular y basada en resultados tangibles de las expectativas del cliente; tiempo de llegada temprana al mercado; y la capacidad de adaptarse a las cambiantes necesidades y al mercado del cliente.

Las fases mencionadas proporcionan explicaciones detalladas de entradas, salidas y herramientas disponibles para cada proceso. Algunas de estas entradas, herramientas y salidas son obligatorias y se especifican específicamente como tales, mientras que otras son opcionales según los requisitos particulares del proyecto, las demandas organizacionales y/o las pautas del Comité Asesor Scrum de la empresa (Reina y Puerto, 2017, p.37).

- Iniciar
- Planear y estimar
- Implementar
- Revisión y retrospectiva
- Lanzamiento

7.3 KANBAN

El término japonés Kanban fue utilizado por primera vez por Taichi Ohno (Toyota) para referirse a un sistema de visualización utilizado en los procesos de producción que coordina la entrega oportuna de cada parte en una línea de ensamblaje, evitando así la sobreproducción y el almacenamiento innecesario de productos. Se puede traducir como tablero o tarjeta de señalización, y su origen se remonta a finales de la década de 1940 o principios de la de 1950. Cuando se aplica al contexto de gestión ágil de proyectos, el término Kanban se refiere a técnicas de representación visual para mejorar la eficiencia de ejecución de tareas en un proyecto (Nossa, 2021).

La implementación de Kanban tiene como objetivo optimizar los flujos de trabajo, aumentar productividad sin dejar a un lado la calidad de un producto. Kanban forma parte de la "metodología ágil", que otorga una gran flexibilidad a los procesos de trabajo. Las tareas se dividen en pequeñas fases que se ejecutan consecutivamente según el siguiente lema: "Deja de empezar, empieza a terminar". En lugar de comenzar nuevas tareas y ejecutarlas todas simultáneamente, cada fase se completa antes de pasar a la siguiente. El elemento principal del método es el tablero Kanban, que visualiza el flujo de trabajo. Las tareas son visibles para todos los miembros del equipo en un tablero abierto, que puede ser una pizarra blanca o un tablero de corcho. Además, un tablero Kanban digital está disponible a través de una aplicación de gestión de proyectos (Nossa, 2021).

7.4 SCRUMBAN

Muchas organizaciones definen actualmente Scrumban como un enfoque avanzado y orientado a procesos para el desarrollo de software que permite a los equipos pasar de Scrum a un modelo de

desarrollo más desarrollado mediante un método de transición. Scrumban se basa tanto en Scrum como en Kanban, y se centra en la aplicación de los sistemas Kanban dentro del contexto de Scrum, ampliando sus capacidades y brindando nuevas perspectivas y capacidades a los equipos de desarrollo de software (Burgo & Pérez, Julio 2022).

Actualmente, muchas organizaciones consideran Scrumban como un enfoque avanzado y orientado a procesos para el desarrollo de software que permite el uso de una combinación de reglas no disponibles en cada metodología por separado. Existen dos enfoques diferentes de Scrumban como metodología híbrida. El primer enfoque hace hincapié en los elementos de Scrum que se aplican directamente al enfoque Kanban, en el que el proceso se inclina principalmente hacia Kanban. El segundo enfoque se adhiere a la aplicación de componentes Kanban al enfoque Scrum, en el que el proceso está fuertemente orientado hacia la metodología Scrum (Salvay, p. 98)

Según Salvay (p.99), las características de Scrumban definen las principales actividades realizadas en Scrumban.

- Crear una representación visual del flujo de trabajo.
- Establecer una cola de trabajo.
- Limite la cantidad de trabajo en curso.
- Tenga reglas explícitas en su lugar.

En Scrumban, el tablero de flujo de trabajo utilizado tiene columnas que representan las etapas de trabajo que atraviesa cada tarea hasta su finalización. La columna "Terminado" se usa como un indicador para las solicitudes de extracción que informa al equipo que la tarjeta de trabajo cumple con la especificación completa del trabajo en esa etapa. Este aspecto de Scrumban recuerda a Kanban en la extracción de trabajo según los requisitos (Burgo & Pérez, Julio 2022, p. 1667).

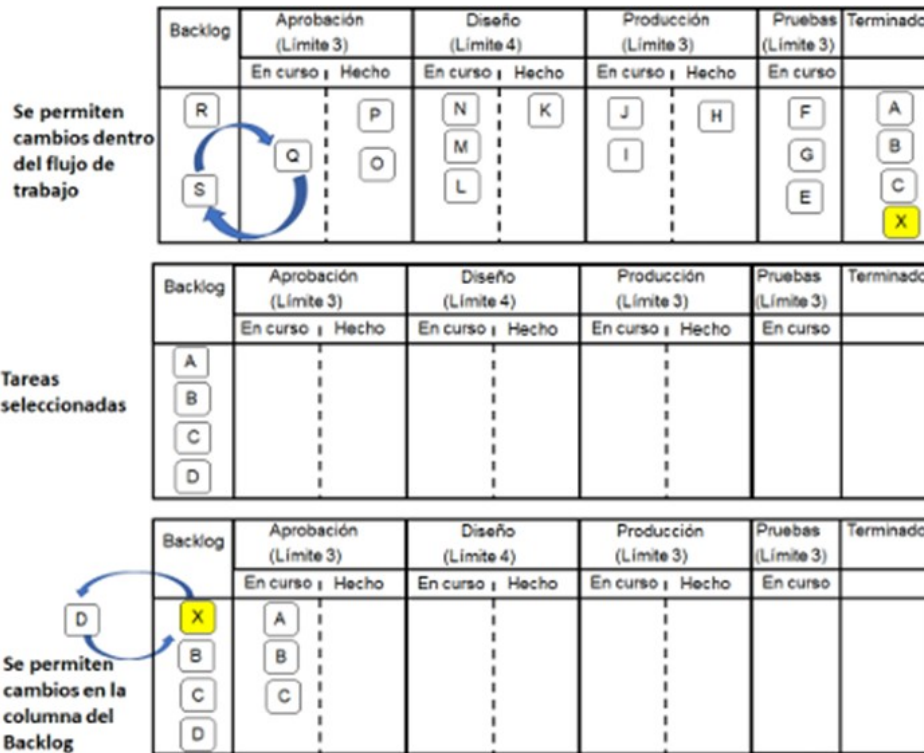


Ilustración 1 Cambios en el plan de trabajo en Kanban. Fuente: (Fuentes del Burgo, Joaquín Sebastián)

Scrumban utiliza un tablero para su flujo de trabajo que mantiene los límites de trabajo en curso (WIP) en cada columna, similar a Kanban, para evitar cuellos de botella en todas las etapas. Cuando se alcanza el límite, indica que hay un obstáculo en el escenario que bloquea todo el proceso. Para mejorar el proceso y reducir el tiempo dedicado a la estimación de tareas en las reuniones de planificación, se recomienda incluir el límite WIP para la iteración en la columna Backlog, que

representa la cantidad promedio de tareas que se pueden lanzar por iteración (Burgo & Pérez, Julio 2022, p. 1667).

7.5 SIX SIGMA

En esta metodología de gestión de proyectos se establecen cinco fases: 1. definir, 2. medir, 3. analizar, 4. mejorar y 5. Controlar. El propósito de la metodología es mejorar la capacidad de cada uno de los procesos para generar el mínimo número de defectos por millón de unidades producidas, buscando que dichos defectos sean imperceptibles para el cliente final. Actualmente, muchas organizaciones adoptan Six Sigma como estrategia de negocios para aumentar su rentabilidad y mejorar la calidad de sus productos y servicios (Albert, Soler, & Molina, 2017).

Six Sigma es una metodología basada en cinco principios:

- Enfoque centrado en el cliente.
- Centrado en el proceso.
- Metodología para la ejecución de proyectos.
- Estructura organizativa.
- Combatir la variación.

El método Seis Sigma conocido también como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se estructura en cinco fases (Cevallos y Vargas, 2021, p. 15):

- Fase de definición: Identificar proyectos Six Sigma que necesitan ser evaluados por la gerencia para evitar la subutilización de recursos y priorizar cada proyecto en consecuencia.
- Fase de medición: caracterizar el proceso mediante la identificación de los requisitos clave del cliente, las características clave del producto y los parámetros que afectan el rendimiento del proceso y las características clave. Definir el sistema de medición y medir la capacidad del proceso.
- Fase de análisis: Analizar datos actuales e históricos. Desarrollar hipótesis sobre posibles relaciones de causa y efecto utilizando herramientas estadísticas.
- Fase de mejora: Determinar la relación causa-efecto para predecir, mejorar y optimizar el desempeño del proceso.
- Fase de control: Diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que el sistema implantado se mantenga en el tiempo.

7.6 PRINCE2

Es una metodología basada en componentes, técnicas y procesos que resalta siete aspectos específicos y ayuda a reducir el riesgo en todo tipo de proyectos si se comprende y se aborda de manera efectiva.

Es el estándar preferido para proyectos en Reino Unido por exigencia del gobierno, y el acrónimo se

refiere a " Proyectos en entornos controlados ". El Gobierno británico, en todos los proyectos bajo su tutela, exige PRINCE2. Fue comisionado por mejores prácticas de gestión de la oficina del gobierno de comercio y es actualmente administrado por la oficina del gabinete, ambos pertenecientes al gobierno del Reino Unido. El enfoque se basa en procesos preestablecidos regidos por los siguientes 7 principios (Zapata & Henao, Julio-Diciembre de 2018, p. 69):

- Justificación de la viabilidad comercial.
- Aprender de la experiencia.
- Funciones y responsabilidades definidas.
- Gestión por fases.
- Gestión basada en excepciones.
- Orientación enfocada al producto.
- Adaptabilidad.

PRINCE2 enfatiza el seguimiento continuo del caso de negocio como una guía para la toma de decisiones dentro del proyecto, y ofrece dos niveles de certificación: PRINCE2 Fundación y PRINCE2 Practicante. La certificación es gestionada por el Instituto de Gestión de Proyectos y, aunque la mayoría de los profesionales certificados están en el Reino Unido, la popularidad de la

certificación está creciendo en Colombia (Zapata & Henao, Julio-Diciembre de 2018, p. 69-70).

7.7 PMBOK

El PMI (Project Management Institute) es una organización en Estados Unidos, que fue fundada en el Instituto de Tecnología de Georgia en Atlanta en octubre de 1969. Esta institución cuenta con diversos capítulos regionales y en Colombia existen tres: el capítulo Bogotá desde 1998, el capítulo Antioquia desde 2016 y el capítulo Pacífico desde 2017, que se enfoca en los departamentos de Valle, Cauca y Nariño, respectivamente. Además, PMI considera al Caribe como un posible capítulo en las áreas de influencia de las ciudades de Cartagena y Barranquilla. En una de sus publicaciones, PMI dedicó un artículo a Colombia en 2015 en una de sus revistas, PMNetwork (Zapata & Henao, Julio-Diciembre de 2018, p. 70).

La norma PMI, conocida como Project Management Body of Knowledge (PMBOK), se publicó en 1996 con 9 áreas de conocimiento y 37 procesos, pero la sexta edición vigente desde 2017 incluye 10 áreas de conocimiento, 49 procesos, consejos sobre metodologías ágiles, nuevas tendencias en prácticas, énfasis en el conocimiento estratégico del negocio y una sección dedicada al rol del gerente de proyecto. A pesar de que no es una norma, sino una compilación de mejoras prácticas, el PMBOK sigue siendo el mayor referente utilizado para la selección de técnicas y herramientas que se adaptan a cada proyecto específico. Las fases del ciclo de maduración del proyecto del PMBOK son cinco: 1. inicio, 2. planificación, 3. ejecución, 4. seguimiento y 5. cierre. Adicionalmente se identifica las siguientes áreas de gestión de conocimiento: 1. integración, 2. alcance, 3. tiempo, 4. costos, 5. calidad, 6. recursos humanos, 7. comunicación, 8. riesgos, 9. adquisiciones y 10. Stakeholders. (Zapata &

Henao, Julio-Diciembre de 2018, p. 70).

Gracias a la popularidad de la certificación PMP se ha creado una industria que ofrece diversos cursos y materiales de preparación, entre ellos, los libros de Pablo Lledó y Rita Mulcahy son muy reconocidos en el campo. La certificación de PMP tiene gran valor como credencial de trabajo ya que liderar múltiples etapas de un proyecto requiere un número mínimo de horas (Zapata & Henao, Julio-Diciembre de 2018, p. 70).

7.8 EL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

El Método de la Ruta Crítica (también conocido como CPM por sus siglas en inglés) es un algoritmo matemático que permite programar las actividades de un proyecto de forma efectiva. Sin embargo, para utilizar este método es necesario construir un modelo detallado del proyecto que contenga una lista con todas las actividades necesarias para finalizar el proyecto, incluyendo las dependencias entre ellas y la duración estimada en tiempo de cada actividad (Wrike, s.f.).

El análisis de la Ruta Crítica del Método de la Ruta Crítica (CPM) es una valiosa y efectiva herramienta para la planificación y gestión de proyectos. Este proceso consta de seis pasos (Stsepanets, 2002):

- Identificar y especificar las actividades necesarias para el proyecto.
- Establecer las dependencias entre las actividades.
- Visualizar y determinar la ruta crítica en el proyecto.
- Estimar el tiempo necesario para finalizar cada actividad.
- Identificar de forma clara la ruta crítica, es decir, las actividades críticas en términos de tiempo y recursos.
- Actualizar y revisar de forma regular el programa del proyecto para evaluar su progreso y realizar ajustes si es necesario.

Las ventajas fundamentales que ofrece el Método de la Ruta Crítica (CPM) son las siguientes (Stsepanets, 2002):

- Ofrece una vista gráfica completa de cualquier proyecto.
- Ayuda a identificar y priorizar las tareas de mayor importancia que necesitan ser gestionadas.
- Permite ahorrar tiempo y reducir los plazos al optimizar los recursos disponibles.
- Ayuda a comparar lo planificado con el progreso real del proyecto.
- Permite visualizar claramente las dependencias entre las tareas.
- Facilita la planificación, programación y control de proyectos de forma efectiva.
- Ayuda a identificar las actividades críticas que requieren atención especial y priorización en la gestión del proyecto.

7.9 METODOLOGÍA BIM (Building Information Modeling)

Antes de explicar todo el proceso asociado con esta metodología, es necesario, entender su definición. Así pues, BIM significa Building Information Modeling (por sus siglas en inglés) y ayuda a mejorar todo el proceso de estudio, diseño, construcción y gestión de edificaciones. Y en este sentido, se podría afirmar que BIM es como la revolución industrial del sector de la construcción.

En este mismo sentido, es fundamental reconocer que las prácticas tradicionales han contribuido, a lo largo de los años, en pérdidas innecesarias y errores de gestión. Esta ineficiencia se puede entender más en la ilustración 1: “ciclo de vida del inmueble”. (González, Carlos, 2015).

La adopción de BIM y el uso de gemelos digitales integrados en las fases de maduración de un proyecto son un avance en la buena gestión para la eliminación de costos de una incorrecta interoperabilidad. Aunque un modelo digital no ayuda en totalidad si no se tienen en cuenta otros factores, es decir, se deben incorporar nuevos procesos y adaptar los ya existentes. Por ello, se relaciona la metodología BIM como la revolución en la industria de la construcción, es decir, refleja un cambio ingenieril, cultural y comunicativo en la manera de entender el ciclo de vida del proceso constructivo. Así pues, se está hablando de nuevos procesos de trabajo o necesidad de adaptación de los existentes (metodologías tradicionales). Y resumiendo lo anterior, se puede entender con la siguiente afirmación: “BIM es 10% tecnología y 90% sociología” (González, Carlos, 2015).

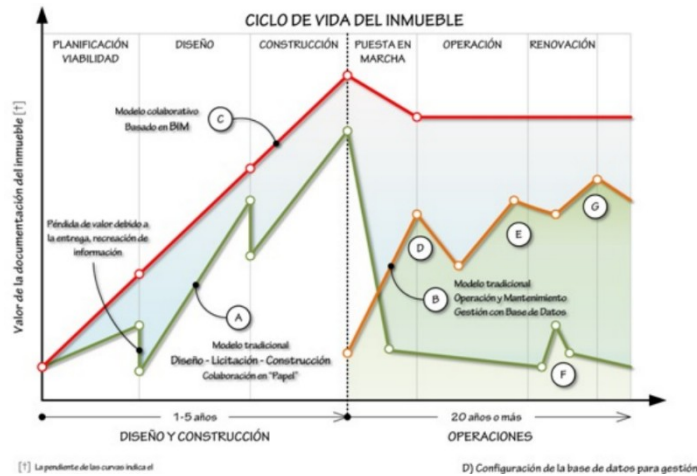


Ilustración 2 Ciclo de vida del inmueble. Fuente: (González, Carlos, 2015)

Otro aspecto por considerar es el objetivo final de la metodología BIM, la cual es evitar la pérdida de valor de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto comparado con los métodos tradicionales, y esto obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las distintas fases del proyecto. Esto se puede entender con mayor detalle en la ilustración 2: “curva de esfuerzo del proceso constructivo”, no obstante, se explicará lo que quiere dar a entender esta imagen: con la metodología BIM implica un proceso lineal constante de crecimiento del valor de la información comparado con el riesgo de pérdida de información de metodologías tradicionales. (González, Carlos, 2015).

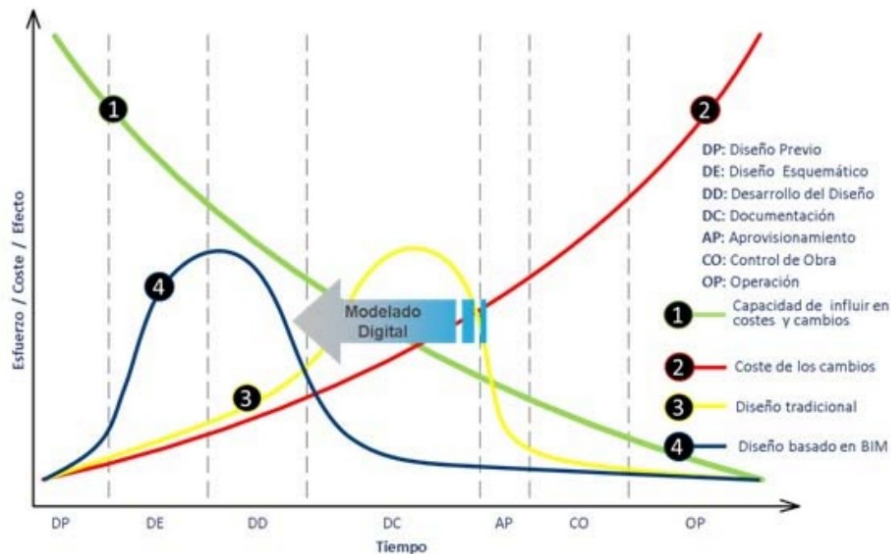


Ilustración 3 Curva del esfuerzo constructivo. Fuente: (González, Carlos, 2015)

Y es así como en este punto se puede hacer una comparación entre la metodología tradicional y BIM. Por lo tanto, las metodologías tradicionales que generalmente se utilizan para la gestión de proyectos de infraestructura pueden evolucionar con la utilización de la metodología BIM, ya que generalmente presentan deficiencias en las etapas preliminares (factibilidad y diseño), lo cual tiene implicaciones durante la etapa de construcción. (González, Carlos, 2015).

7.10 Equipo de trabajo usando la metodología BIM:

Ahora bien, la comunicación es un factor importante cuando se quiere gestionar de una excelente manera un proyecto. Una mala comunicación entre las diferentes disciplinas que se requiere para desarrollar un proyecto conduce a errores que se pueden ser evitados. Esta falta de comunicación en el sector de la construcción se hace más evidente porque es un sector muy fragmentado. (González, Carlos, 2015, p. 9).

Es importante tener en cuenta que la disponibilidad de tiempo para el desarrollo de metas de trabajo en las que se detallan todos los aspectos que se deben controlar es limitada. De igual forma, el primer día es cuando más se producen errores o un mal entendimiento del proyecto por lo que la asertividad en la comunicación debe darse desde el inicio. La metodología BIM aborda estos problemas mediante diferentes procesos y herramientas. Desarrollar una cultura organizacional en la que todos los involucrados estableciendo trabajan de manera más colaborativa. Lo anterior se consigue con herramientas que posibilitan el acceso inmediato a la información y que posibilitan la comunicación y la disminución de errores. (González, Carlos, 2015, p. 10).

7.11 Integración y trabajo colaborativo:

Este concepto se relaciona con lo ya explicado anteriormente, así pues, una buena comunicación son el punto central para que tener una excelente organización con el equipo de trabajo pues la metodología BIM es promotora de la centralización de toda la documentación, evitando así pérdida de información. Por lo tanto, las disciplinas que participan en el proyecto se integran en un único modelo, de manera física e interactiva. (Bravo, Romero, 2018, pág. 27)

Por consiguiente, la integración se consigue bien mediante la creación de subproyectos. Lo anterior quiere decir que se comienza con un modelo general (puede ser arquitectónico o estructural) gestionado por un project manager y se crean proyectos paralelos basados en las áreas funcionales que lo integran. De este modo, los subproyectos son actualizados periódicamente y todos los integrantes son conscientes de los cambios efectuados por los demás. Y así se logra una metodología de trabajo la integración de todos los agentes y se evitan errores. (González, Carlos, 2015).

Por otra parte, existen diferentes herramientas complementarias para cada función, las cuales puedes ser integradas al software BIM o externas. Con base a la interoperabilidad, se realizan todos los estudios dentro del modelo compartido. Todo esto es de gran utilidad durante todas las fases del proyecto, no solamente la fase de estudio y diseño, sino toda su vida útil, llegando a la operación y mantenimiento. (Mendivil, Sebastián, 2019, pág. 28).

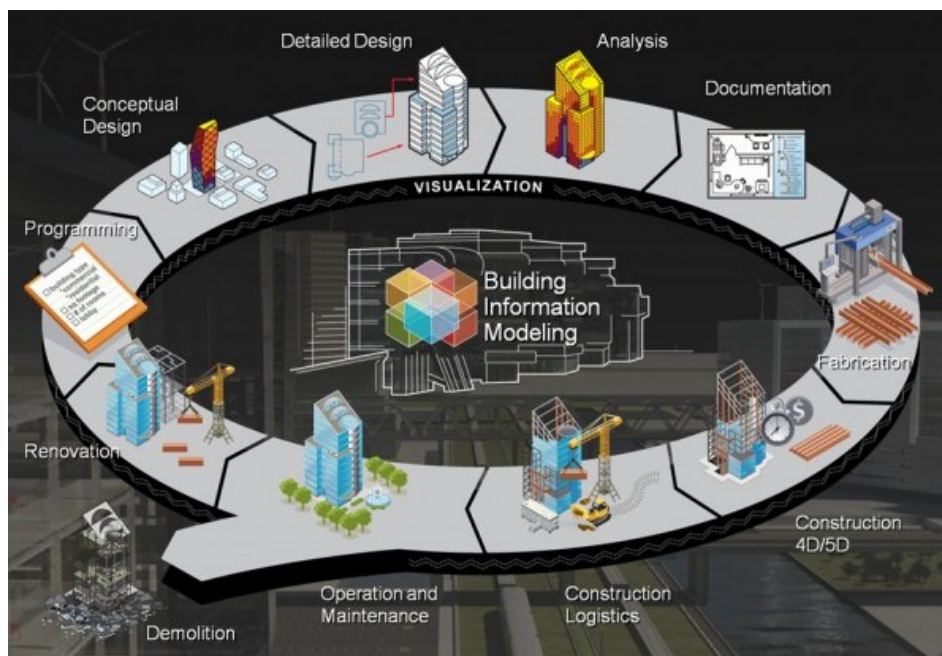


Ilustración 4. Ciclo de vida de la edificación. Fuente: <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>

En la ilustración 4 se logra comprender más las etapas del ciclo de vida de un proyecto. Las fases de maduración se organizan de forma circular siendo concurrente con el modelo central. Dentro de los principales procesos se destaca diseño conceptual, diseño de detalles, análisis térmicos, documentación, fabricación de materiales, tiempos, costos, programación, operación y mantenimiento. (González, Carlos, 2015, p. 13).

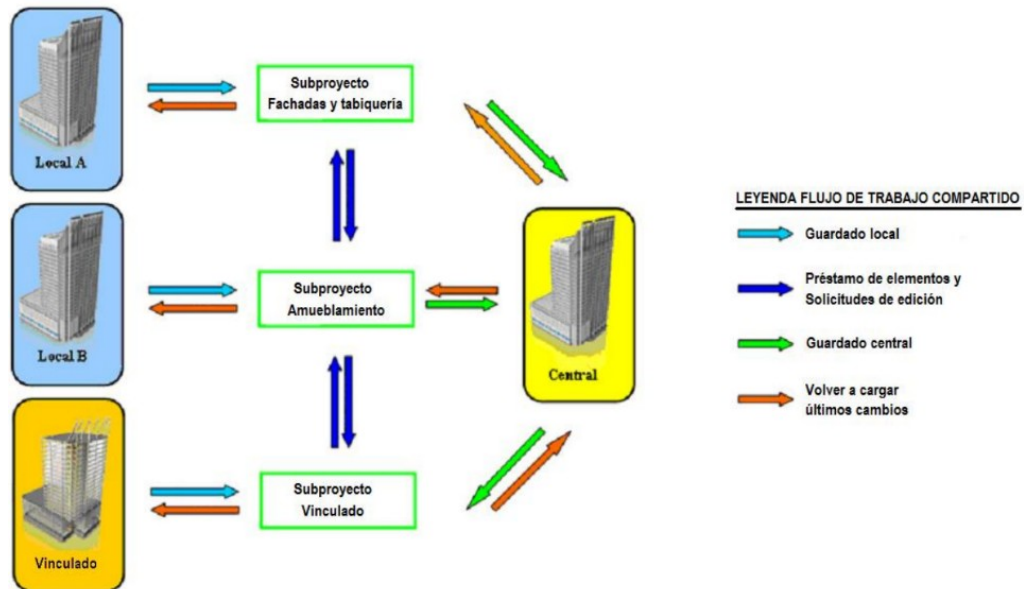


Ilustración 5 Ejemplo de un trabajo colaborativo con la metodología BIM. Fuente: (González, Carlos, 2015)

7.12 Interoperabilidad:

La interoperabilidad que ofrece esta metodología es por medio de un formato llamado IFC (Industry Foundation Classes) que ayuda tener una mejor comunicación entre el equipo de trabajo. A través del soporte en los protocolos de comunicación y de la interacción entre los diferentes actores que los datos constructivos son definidos una sola vez, lo que permite una reducción de costos y una mayor certeza y coherencia de los datos entre los softwares. (González, Carlos, 2015, p. 20).

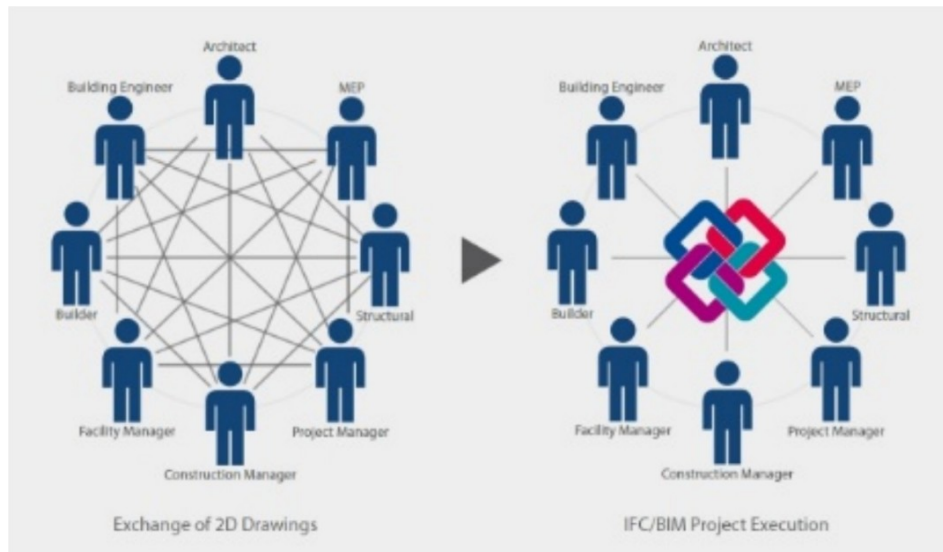


Ilustración 6 Interoperabilidad de la información. Fuente: (González, Carlos, 2015)

7.13 Dimensiones de BIM:

La metodología BIM cuenta con diferentes dimensiones para mejorar el diseño y la gestión de proyectos. Por tal motivo, se explicará a continuación cada uno de estos: de tiempos (4D), configuración geométrica (3D), ambiental (6D), de costos (5D) y de mantenimiento (7D).
 (Martínez, Yesica, 2023, pág. 24)

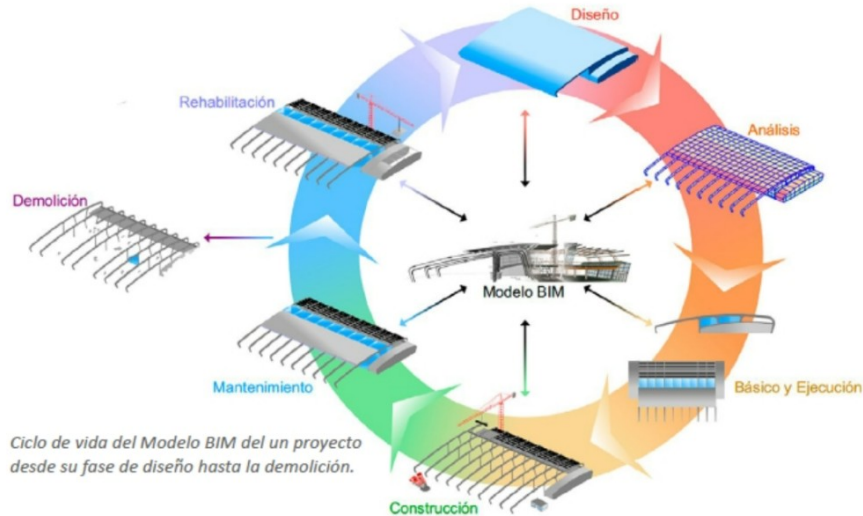


Ilustración 7 Dimensiones de la metodología BIM. Fuente: <https://www.buildingsmart.es/bim/>

-BIM 3D (representación geométrica): es un gemelo digital en 3D de objetos paramétricos para todas las especialidades del proyecto (estructuras, arquitectura o urbanismo, infraestructura, redes sanitarias, redes eléctricas, etc.) que se visualiza a partir del desarrollo de un plano en los diferentes softwares que permite incorporar información adicional al modelo tales como las propiedades físicas de los materiales, entre otras. (Arévalo, A; Soto, J, 2022, p. 27).

-BIM 4D (control de planificación): Se simula visualmente los procesos constructivos con el propósito de adelantar una planificación de las actividades de trabajo que debe estar asociada al modelo digital 3D. (Arévalo, A; Soto, J, 2022, p. 27).

-BIM 5D (Control de costos): hace relación a los costos del proyecto con base en la planificación realizada en la etapa anterior, permitiendo estimar de costos y cantidades de materiales. (Arévalo, A; Soto, J, 2022, p. 27).

-BIM 6D (Sostenibilidad): esta dimensión es posterior a la etapa de construcción y en ella se evalúan temas relacionados con los estudios de sostenibilidad, la implementación de energía, y la estimación del consumo de energético de la construcción. (Arévalo, A; Soto, J, 2022, p. 27).

-BIM 7D (Gestión de operaciones): esta dimensión hace referencia a la etapa de operación del proyecto (gestión y mantenimiento) Adicionalmente, se adelanta un control de la información del estado del proyecto, un control logístico y un control del mantenimiento. Sin embargo, en un futuro no muy lejano, se agregarán otras dos dimensiones y así BIM tendría 10 dimensiones como se puede observar (Arévalo, A; Soto, J, 2022, p. 28):.

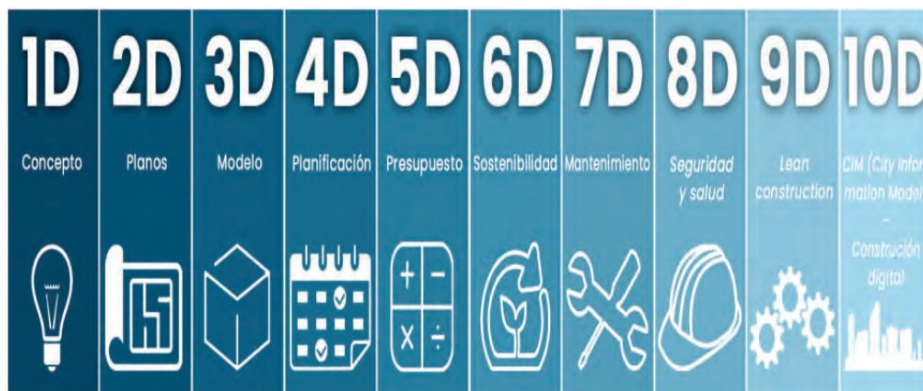


Ilustración 8 Dimensiones de BIM. Fuente: Adaptado de Píldoras de Revit. <https://cutt.ly/NGfsaFP>

7.14 ESTUDIO Y/O APLICACIÓN DEL BIM EN EL MUNDO:

En este apartado es fundamental reconocer algunas aplicaciones que ha tenido la metodología BIM en el mundo ya que el avance de la tecnología y el internet de las cosas, optimizan la economía (ahorro de recursos) y hace más competitivo el desarrollo de la infraestructura y la construcción de cada país. Así pues, muchos países han iniciado procesos de digitalización en el sector AECO (Architecture, Engineering, Construction and Operations).

Después de esto, se analizarán diferentes países de los 5 continentes en donde se ha implementado los procesos de digitalización de BIM en el sector AECO (Architecture, Engineering, Construction and Operations):

- BIM en América del Norte (Estados Unidos y Canadá):

Se puede comenzar afirmando que el BIM nació en Estados Unidos a principios de los años 70, sin embargo, este país no es el que más avances tiene a la adopción de esta metodología y su aplicación en el sector de la construcción. (Cappuyns, María, 2020).

A pesar de lo anterior, varios países han tomado como base la experiencia Norteamericana en el uso de metodologías y tecnologías, mejorándolas y modificándolas a su contexto, para evitar posibles errores de lecciones aprendidas. (Cappuyns, María, 2020).

Poco a poco, el diseño digital de construcción en Estados Unidos ha ganado reconocimiento gracias a dos aspectos fundamentales: la estandarización y la colaboración. Adicionalmente en Canadá los esfuerzos realizados en los últimos años se han enfocado no solo en promover la adopción del BIM en el sector AECO, sino en la adopción de políticas nacionales específicas para la implementación. Por último, las empresas y los técnicos canadienses se están reorganizando, permitiendo la difusión de proyectos piloto innovadores y destacados. (Cappuyns, María, 2020, p. 20).

- BIM en Sudamérica (Argentina, Brasil, y Perú):

Aquí se puede resaltar que en Latinoamérica, los procesos de digitalización en el sector AECO se implementaron tarde si se hace una comparación con Europa o Norteamérica. Un ejemplo de lo anterior puede ser lo sucedido en septiembre de 2019, cuando en Perú adoptó por decreto las disposiciones necesarias para que los proyectos públicos se integran con BIM. (Cappuyns, María, 2020, p. 21).

Otro aspecto para resaltar puede ser lo sucedido en Argentina, que adoptó en 2019 la metodología para que todas las obras públicas implementen la metodología BIM. Por esta razón, el objetivo es desarrollar un conjunto de procedimientos que regulen una metodología de trabajo para el sector de construcción de infraestructura. (Cappuyns, María, 2020, p. 21).

- BIM en Australia:

Gracias a la implementación de la metodología BIM en este país, se evidenció que el éxito de cualquier proyecto BIM es el resultado de una colaboración efectiva entre profesionales de la construcción, alineado con las políticas nacionales australianas. (Cappuyns, María, 2020, p. 21).

- BIM en Asia (China y Rusia):

Tal como ocurre con otras tecnologías, China es el país que está más familiarizado con el BIM. Lo cual se evidencia con la tasa mayor de crecimiento y difusión de la metodología. Incluso, China tiene un avance exponencial en el grado de uso del BIM por arquitectos e ingenieros. El número de profesionales del sector de la construcción que utilizan el BIM para realizar una parte de sus proyectos se ha incrementado en el 89% e incluso en un 108% entre las empresas. En definitiva, un nivel de crecimiento que demuestra el gran valor agregado atribuido por esta herramienta. (Cappuyns, María, 2020, p. 22).

En resumen, se espera que la demanda de servicios BIM en Asia y países vecinos, crecerá rápidamente, gracias a la constante expansión del sector de la construcción. (Cappuyns, María, 2020, p. 22).

- BIM en Europa (Reino Unido, Francia, Italia y Alemania):

La región con mejores y mayores prácticas en BIM es Europa. Lo anterior gracias a que existe una gran apertura a las políticas de renovación del sector de la construcción. Se debe destacar que el liderazgo lo tiene el Reino Unido debido al progreso de la revolución digital inglesa que obliga a implementar la metodología BIM para cualquier proyecto público. (Cappuyns, María, 2020, p. 22).

Para el 2022, Francia tiene el propósito de implementar la estrategia BIM en el diseño y gestión de grandes infraestructuras. Siguiendo el ejemplo de Reino Unido, Alemania adoptó las políticas estatales con las que se da los lineamientos para la ejecución de un plan de construcción digital basada en la planificación y digitalización de los procesos. El uso de BIM es obligatorio en Alemania desde finales de 2020 para todos los proyectos de transporte de infraestructura

(Cappuyns, María, 2020).

En Italia, el gobierno a través de la creación de una base de datos que contenga toda la información del ciclo de vida de la construcción, pretende fomentar la innovación y el desarrollo del sector de infraestructura. (Cappuyns, María, 2020, p. 23).

- BIM en los países escandinavos (Noruega, Dinamarca, Finlandia y Suecia):

En estos países, al no contar con un gran número de habitantes, la difusión del BIM se hace más efectiva comparada con sus vecinos europeos. El tamaño de los países de esta región facilita el uso de plataformas comunes y actividades mutuas de coordinación. Un ejemplo de esto es BuildingSMART Nordic, organización sin ánimo de lucro común a varios países, miembro de buildingSMART International, compuesta por representantes de Suecia, Dinamarca, Finlandia y Noruega. (Cappuyns, María, 2020, p. 23).



Ilustración 9 Crecimiento de BIM en el Mundo Fuente: Crecimiento BIM en el mundo, año 2016. Asidek.[en línea] Abril de 2020. <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/>

7.15 APLICACIÓN DEL BIM EN COLOMBIA

Después de hacer un estudio y análisis de la aplicación de BIM en el mundo, es momento de hablar de Colombia. El liderazgo para la implementación de BIM en el sector de la construcción, lo adelanta el Departamento Nacional de Planeación (DNP) a través de la promoción de la Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026. Con esto se pretende lograr la extensión del uso de BIM a todo el sector de la construcción para incrementar su productividad. Lo anterior se puede fundamentar según lo dicho por el DNP:

“La adopción de la metodología BIM pretende impulsar la transformación digital, y el documento de estrategia establece como visión nacional la

‘Transformación digital del sector de la construcción para un mejor uso de los recursos disponibles y una mayor productividad’. (Arenas, Alejandra et al., 2022, p. 24).

La Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) como agremiación líder del sector de infraestructura en el país, a través de BIM Fórum Colombia, fomenta la implementación de BIM por parte de sus afiliados, con el propósito de mejorar la productividad y competitividad a través de la reducción de costos y el aumento de la calidad de los procesos constructivos, tanto de infraestructura como de edificaciones. (Arenas, Alejandra et al., 2022, p. 24).

7.16 ESTRATEGIA NACIONAL BIM 2020 - 2026

Con el propósito de adelantar el análisis requerido para establecer el estado del arte de la implementación de la estrategia Nacional BIM 2020 – 2026, es necesario contextualizar como marco de referencia lo que el DNP pretende a través de la implementación de esta estrategia.

Tal como se planteó en los antecedentes de esta investigación, la base para el planteamiento de la estrategia BIM Colombia es el documento CONPES 3975 del 2019, adoptado por el gobierno Nacional con el propósito de cerrar la brecha de los diferentes sectores del país el aprovechamiento de la transformación digital y la inteligencia artificial en la ejecución de los proyectos. La metodología BIM claramente es identificada en el mundo como la herramienta tecnológica digital que permite mejorar los procesos de planeación, diseño, seguimiento y control para los proyectos de construcción e infraestructura.

La adopción de la metodología BIM pretende impulsar la transformación digital del sector de la construcción, y la estrategia BIM Nacional tiene como visión la *“Transformación digital del*

sector de la construcción para un mejor uso de los recursos disponibles y una mayor productividad”. (DNP, 2020).

De acuerdo con el documento del DNP, la estrategia tiene 3 objetivos específicos:

- Consistencia. Establecer un marco de BIM colaborativo.
- Eficiencia. Lograr un ahorro mínimo del 10% del costo de los proyectos gestionados por el sector público.
- Eficacia. Lograr el manejo de la información a través de un entorno común de datos.

Con el propósito de adelantar la estrategia propuesta se plantean cuatro pilares básicos para su desarrollo, los cuales se presentan en el siguiente diagrama:



Ilustración 10 Pilares Básicos Fuente: Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 – Departamento Nacional de Planeación 2020.

Con el propósito de adelantar la estrategia propuesta se plantean cuatro pilares básicos para su desarrollo, los cuales se presentan en el siguiente diagrama:

El horizonte de tiempo para la ejecución de la estrategia es de 7 años. A finales del 2026 se

pretende que estén dadas las condiciones necesarias para que la metodología BIM sea de uso obligatorio en los proyectos de construcción e infraestructura que se adelantes tanto por las entidades gubernamentales como por el sector empresarial privado.

La gradualidad y los principales hitos para el cumplimiento de la estrategia se presentan a continuación:

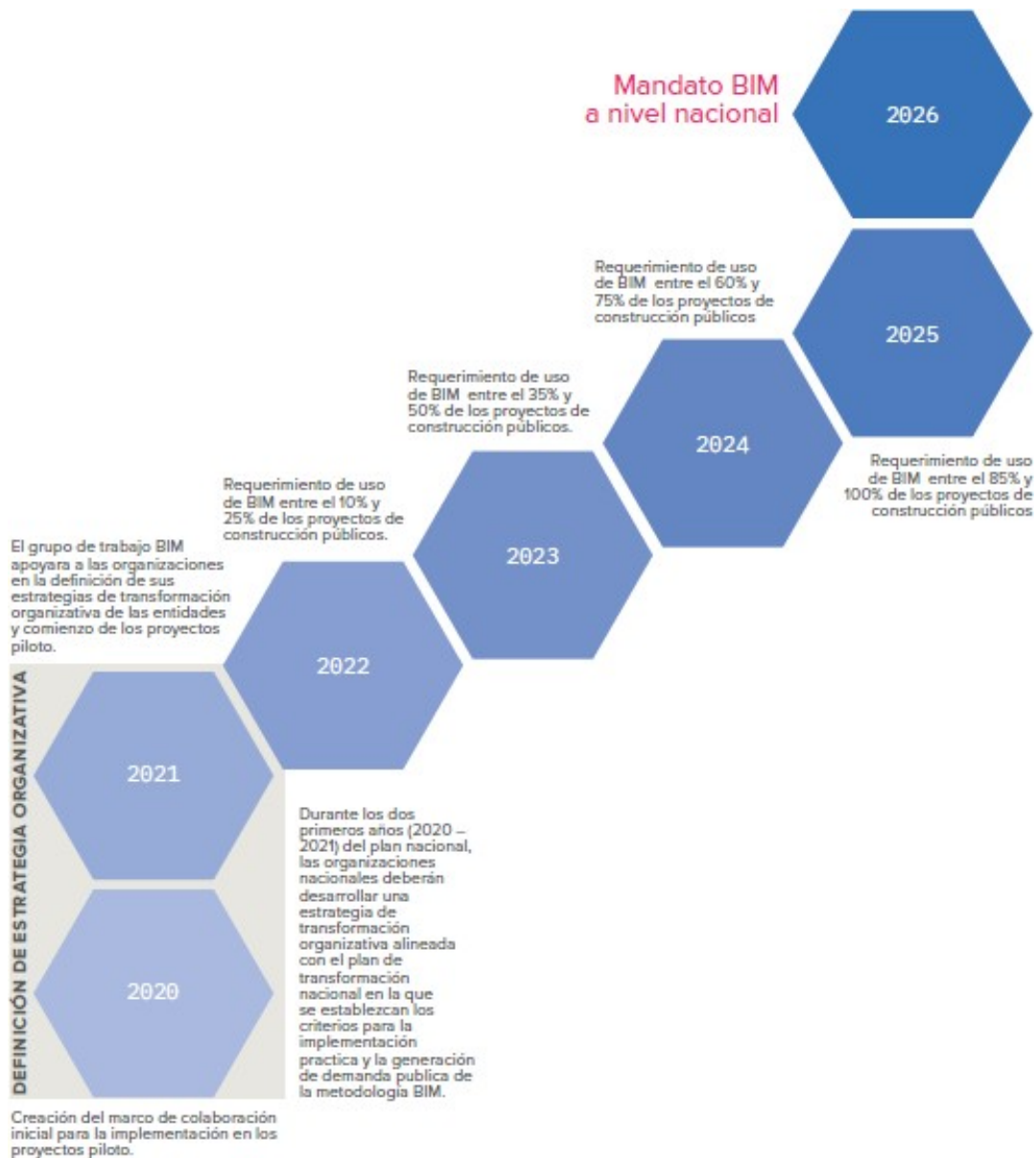


Ilustración 11 Mandato BIM Fuente: Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026 – Departamento Nacional de Planeación 2020.

Durante el desarrollo de la presente investigación se evaluará el cumplimiento de estos hitos propuestos para diferentes organizaciones como el IDU, ANI, INVIAS Y EPM con el resultado obtenido, formular recomendaciones que permitan que con el cumplimiento de la estrategia de establezca el **MANDATO BIM A NIVEL NACIONAL**.

8 METODOLOGÍA

8.1 ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación tiene como propósito establecer de forma concreta la manera en la que se debe dar respuesta a la pregunta de investigación y dar cumplimiento a los objetivos planteados con el estudio. (Hernández, 2014).

Para dar respuesta a la pregunta planteada, ¿Cómo van las organizaciones gubernamentales y del sector empresarial del país con la implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 para lograr que en este período se den las condiciones que permitan la obligatoriedad de la utilización de la metodología BIM en la totalidad de proyectos de construcción e infraestructura?, es claro que el enfoque debe alinearse hacia una investigación no experimental mixta (Cualitativa y cuantitativa), ya que lo que se pretende evaluar es una situación ya existente y que no es provocada con el desarrollo de la investigación.

La investigación No experimental se clasifica en dos tipos: Tras seccional (Transversal) y Longitudinal (Evolutiva). Esta clasificación está relacionada con el período o momento en el que se toman los datos. Para este caso de estudio, considerando que los datos se recolectarán por una única vez (lo que se pretende medir es el estado actual de la implementación de la estrategia BIM en Colombia), se adelantará una investigación No experimental mixta, transversal.

De otra parte, dentro de los estudios No experimentales transversales se pueden identificar 3 tipos: Exploratorios, descriptivos y Correlacionales causales. Para este caso la investigación de

enmarca dentro del tipo descriptivo, teniendo en cuenta que lo que se pretende medir es la incidencia de la implementación de la estrategia BIM en las organizaciones más representativas que contratan obras de infraestructura en el país y cómo van estas organizaciones con el cumplimiento de esta estrategia.

8.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Con el propósito de establecer los diferentes atributos que se pretenden evaluar con la investigación para determinar el avance en que se encuentran las organizaciones para el cumplimiento de la implementación de la estrategia BIM Colombia 2020 - 2026, se toma como base la hoja de ruta para la implementación BIM en organizaciones propuesta por BIM FORUM COLOMBIA (BMC).

BMC es una plataforma liderada por la Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, en la que se articulan diferentes actores del sector de la construcción y se gestiona conocimiento en torno a la digitalización del sector en el país, con el propósito de incrementar la productividad y la competitividad de las empresas que lo conforman. (CAMACOL, s.f.).

Esta hoja de ruta es una herramienta de implementación de la metodología BIM, creada por los miembros del BFC a través de su experiencia y representa las actividades recomendadas para esta implementación. (BIM FORUM COLOMBIA, 2020).

En esta hoja de ruta se establecen 5 etapas para la implementación de la metodología: Inicio, Planeación, Ejecución, Medición y seguimiento y Retroalimentación.

Las variables definidas tienen como propósito establecer en cuál de estas etapas se encuentran las organizaciones y en aquellas en las que la metodología ya esté implementada medir el porcentaje de proyectos en las que ya se esté utilizando.

Se establece la siguiente tabla de variables, en la cual se incluye la definición conceptual y operacional de las mismas:

Tabla 1. Variables de la investigación

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Liderazgo	Establece si existen los roles de promotor y patrocinador estratégico para la implementación de la metodología BIM dentro de la organización, que son los encargados de liderar el diseño y la ejecución del plan de trabajo.	La medición de esta variable se adelanta mediante la dos calificaciones: Cero (0) si la organización no cuenta con roles definidos para liderar la implementación de la metodología y Diez (10) si estos roles están claramente establecidos.
Estrategía Organizacional	Determina si la implementación de la metodología BIM hace parte de los objetivos estratégicos de la organización y se articula con los procesos existentes.	La medición de esta variable se adelanta mediante la dos calificaciones: Cero (0) si la implementación de la metodología no está alineada dentro de los objetivos estratégicos de la organización (10) si la implementación hace parte de estos objetivos
Capacidad del talento humano	Evalúa las capacidades actuales del equipo de trabajo y si se han desarrollado capacitaciones para incrementar las habilidades duras y las habilidades blandas del personal de la organización para la implementación de la metodología.	La medición de esta variable se adelanta utilizando las siguientes calificaciones: Cero (0) : Poco o ningún conocimiento del personal acerca de la metodología. Dos punto cinco (2,5) : Requisitos de formación y conocimiento establecidos. Cinco (5,0): Gestión de los requisitos de formación a través de capacitaciones. Siete punto cinco (7,5): Integración de la formación del personal con objetivos y funciones
Infraestructura Tecnológica software	Evalúa el estado actual de la organización en cuanto a software, si este es adecuado para la metodología o si se cuenta con un plan de transformación tecnológica que permita la implementación de la misma.	La medición de esta variable se adelanta utilizando las siguientes calificaciones: Cero (0) : Uso de software no monitorizado ni regulado, Modelación 2D Dos punto cinco (2,5) : Uso de software unificado y licenciado. Modelación 2D y 3D Cinco (5,0): Software seleccionado de acuerdo con entregables }. Uso e intercambio de datos controlado y monitorizado.
Infraestructura Tecnológica hardware	Evalúa el estado actual de la organización en cuanto a hardware, si este es adecuado para la metodología o si se cuenta con un plan de transformación tecnológica que permita la implementación de la misma.	La medición de esta variable se adelanta utilizando las siguientes calificaciones: Cero (0) : Equipos con especificaciones demasiado bajas. Dos punto cinco (2,5) : Equipos requeridos definidos y presupuestados Cinco (5,0): Se cuenta con una estrategia de gestión y mantenimiento de equipos. Siete punto cinco (7,5): Inversión en equipos alineada con planes financieros de la
Infraestructura Tecnológica red	Evalúa el estado actual de la organización en cuanto a red, si este es adecuado para la metodología o si se cuenta con un plan de transformación tecnológica que permita la implementación de la misma.	La medición de esta variable se adelanta utilizando las siguientes calificaciones: Cero (0) : Infraestructura de red inexistente. Dos punto cinco (2,5) : Se identifican solicitudes de red para compartir información y controlar acceso. Cinco (5,0): Plataformas comunes entre organizaciones para recopilar, almacenar y compartir información. Siete punto cinco (7,5): Soluciones de red que permiten integrar actividades BIM en tiempo real. Diez (10): Soluciones de red en permanente evaluación y actualización.
Política Institucional	Evalúa si dentro de la organización se cuenta con políticas, estándares, protocolos o procedimientos necesarios para la gestión del flujo de información en las diferentes etapas de maduración de los proyectos, tema clave la implementación de la metodología.	La medición de esta variable se adelanta mediante la dos calificaciones: Cero (0) si la organización no cuenta con documentos de políticas, protocolos o procedimientos de la metodología y Diez (10) si se cuenta con estos documentos
Proyectos en ejecución	Establece el porcentaje de proyectos de la organización en los cuales se está utilizando la metodología con el propósito de compararlos con las metas propuestas en la estrategia BIM Colombia 2020 - 2026	Se establece un indicador porcentual: Proyectos con metodología BIM/Proyectos en ejecución

Nota: Elaboración propia con base en (BIM FORUM COLOMBIA, 2020)

8.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Aunque la pregunta de investigación es: ¿Cómo van las organizaciones gubernamentales y del sector empresarial del país con la implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 para lograr que en este período se den las condiciones que permitan la obligatoriedad de la utilización de la metodología BIM en la totalidad de proyectos de construcción e infraestructura?, es menester delimitar la población de estudio dado a que sería una ardua investigación si se llegase a considerar todas las organizaciones gubernamentales y del sector empresarial de Colombia. Por este motivo, se ha seleccionado por mutuo acuerdo, cuatro empresas importantes que pueden aportar información de valor a lo hora de realizar un estudio asociado al porcentaje de avance de la implementación BIM. Así pues, las empresas seleccionadas son: Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y Empresas Públicas de Medellín (EPM). Además de que estas organizaciones tienen a su cargo el estudio, diseño, construcción, mantenimiento y operación de importantes proyectos de construcción e infraestructura en todo el territorio nacional.

Ahora bien, la investigación se regirá por un tipo de muestreo probabilístico, específicamente por muestreo estratificado porque ayuda a que se pueda dividir la población de estudio (en este caso empresas gubernamentales) en diferentes subgrupos. Lo anterior permitirá hacer una clasificación de cuál empresa: IDU, INVIAS, ANI o EPM, ha avanzado más en temas de la implementación BIM en sus procesos de construcción e infraestructura.

De igual manera, esta investigación contará con tipos de variables mixtas, es decir, tendrá una variable cualitativa de tipo politómica (permite que existan múltiples valores) y una variable cuantitativa continua (pues se medirá el porcentaje de avance de la implementación de la

metodología BIM, por lo tanto, se pueden presentar datos porcentuales con decimales). Además, otro aspecto importante en este punto es el tamaño de la muestra, la cual estará enfocada en organizaciones gubernamentales de Bogotá y Medellín. Y con esto ya se puede tener una mejor claridad del porcentaje de avance de la implementación BIM como algo obligatorio para la ejecución de proyectos. Por este motivo, se establecieron las siguientes variables preliminares en esta investigación:

Variable 1-Liderazgo:

Con esta variable se pretende establecer los roles de promotores y patrocinadores estratégico para la implementación BIM en las organizaciones gubernamentales seleccionadas previamente.

Variable 2-Estrategia organizacional:

Esta permitirá evaluar la implementación de la metodología BIM y saber si se alinea con los objetivos estratégicos de la organización (IDU, INVIAS, ANI y EPM).

Variable 3-Capacidad del talento humano:

Con esta variable se reforzarán las habilidades blandas del equipo de trabajo y se trabajará en mejorar su confianza a la hora de ejecutar proyectos por medio de la metodología BIM y/o proyectos civiles y de construcción realizados con ayudas tecnológica.

Variable 4-Infraestructura tecnológica de software:

Esta es fundamental en esta investigación ya que brinda un panorama actual de la infraestructura y avance de las organizaciones y también ayuda a saber la adaptación con software que hagan parte de la metodología BIM

Variable 5-Proyectos en ejecución:

Esta variable será de gran utilidad a la hora de definir el porcentaje (%) de proyectos de la organización que utilizan o comenzarán a utilizar la metodología BIM en todos sus procesos.

8.4 SELECCIÓN DE INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El instrumento que permitirá recolectar información precisa y útil para saber el porcentaje de avance e implementación de la metodología BIM en las organizaciones gubernamentales y privadas seleccionadas por el equipo de trabajo es a través de encuestas diseñadas con la herramienta Google forms. De otra parte, es necesario recordar que esta investigación será mixta (cuantitativa-cualitativa) ya que se pretende establecer el porcentaje (dato cuantitativo) de avance de las organizaciones y en aquellas en las que la metodología ya esté implementada medir el porcentaje de proyectos en las que ya se esté utilizando. Así, saber la adaptación del grupo de trabajo a la hora de implementar procesos tecnológicos, como BIM, en la ejecución de sus proyectos de construcción e infraestructura (dato cualitativo).

Así pues, se diseñó el siguiente instrumento preliminar para la recolección de la información asociadas con las organizaciones gubernamentales:

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA ESTRATÉGIA NACIONAL BIM 2020 – 2026

Con el presente formulario se pretende determinar el porcentaje de avance de la implementación BIM en cuatro organizaciones gubernamentales (IDU, ANI, INVIAS y EPM) de mayor importancia en el país, saber la adaptabilidad que ha tenido el grupo de trabajo, y en últimas, poder hacer un seguimiento a la estratégica nacional BIM 2020-2026 en el territorio nacional.

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. ENTIDAD *

Tu respuesta

2. NOMBRE *

Tu respuesta

3. CARGO *

Tu respuesta

4. CORREO ELECTRÓNICO *

Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 1

5. ¿Qué tan informado está el equipo de trabajo respecto a la estrategia nacional BIM 2020-2026? *

No sabe nada

11. De ser afirmativa la respuesta anterior, que roles están identificados?

Tu respuesta

12. La organización cuenta con protocolos, estándares o procedimientos para la gestión del flujo de información en las diferentes etapas de maduración de los proyectos? *

SI

NO

13. En la actualidad cuantos proyectos de la organización se gestionan con la metodología BIM y que porcentaje del total de proyectos que se adelantan podría representar este numero? *

Tu respuesta

14. Enumere las dificultades que he enfrentado o podría enfrentar la organización para la implementación de la metodología BIM en la gestión de sus proyectos? *

Tu respuesta

15. ¿Cómo se ha integrado la implementación de la metodología BIM en la estrategia organizacional de su empresa? *

Es una parte integral de nuestra estrategia

Es una consideración secundaria en nuestra estrategia

No está integrado en nuestra estrategia

16. ¿Cree que la implementación de la metodología BIM puede mejorar la competitividad de su organización en la industria? *

- Sí, definitivamente
- Sí, en cierta medida
- No lo sé
- No, no creo que mejore la competitividad

17. ¿Cómo ha respondido el personal de su organización a la implementación de la metodología BIM? *

- Han respondido de manera positiva y están comprometidos con la implementación
- Han respondido de manera mixta, algunos están comprometidos mientras que otros tienen resistencia
- Han respondido negativamente y son reacios a la implementación
- No lo sé

18. ¿Cree que la capacidad del talento humano es un factor crítico para el éxito en la implementación de la metodología BIM? *

- Sí, es un factor crítico
- Sí, es importante pero no crítico
- No lo sé
- No, no creo que sea un factor crítico

Ilustración 15 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 4

19. ¿Cómo ha afectado la implementación de la metodología BIM a la infraestructura tecnológica de su organización? *

- Ha mejorado significativamente la infraestructura tecnológica
- Ha mejorado en cierta medida la infraestructura tecnológica
- No ha habido mejoras significativas en la infraestructura tecnológica
- No lo sé

20. ¿Considera que la infraestructura tecnológica de su organización es adecuada para soportar la implementación de la metodología BIM? *

- Sí, es adecuada
- Sí, en cierta medida es adecuada, pero podría mejorar
- No, no es adecuada
- No lo sé

21. ¿Ha considerado su organización invertir en herramientas de software adicionales para mejorar la implementación de la metodología BIM? *

- Sí, estamos considerando invertir en software adicional
- No, no estamos considerando invertir en software adicional

Enviar

Borrar formulario

Ilustración 16 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 5

9 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Con el fin de lograr un análisis sobre el avance en la implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 en entidades seleccionadas tanto gubernamentales y del sector empresarial de Colombia y, establecer el cumplimiento de los objetivos establecidos en la implementación progresiva durante 7 años, para la capacitación y digitalización del sector de la construcción, impulsada por el sector público.

La metodología a emplear para evaluar el avance en la implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 en entidades seleccionadas tanto gubernamentales como del sector privado en el país se presentará bajo el tipo de una investigación descriptiva y cuantitativa.

La presente será una investigación de corte mixto, pues siguiendo a Bernal (2010), se fundamenta en la medición de las características de los fenómenos analizados; por otra parte, “una de las funciones principales de la investigación descriptiva es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de ese objeto” Bernal (2010, pág. 113).

La presente investigación se basa en una investigación mixta (cuantitativa y cualitativa) para determinar el nivel de implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2023 en entidades seleccionadas tanto gubernamentales y del sector empresarial del país, no obstante, también se incluirá como ha sido el proceso de implementación de la metodología BIM en otros países partiendo de una intensa revisión bibliográfica donde describimos la implementación de la metodología BIM empleando buscadores en internet de portales públicos, bibliotecas, revistas científicas, fuentes gubernamentales permitiéndonos la recolección de la información de acuerdo

a las diferentes variables.

Se realizará encuestas donde las preguntas corresponden a la evaluación de madurez BIM del modelo de BIM Excellence Initiative al BIM Manager o Coordinador de la implementación de la metodología BIM de las entidades seleccionadas tanto gubernamentales y del sector empresarial del país, con el fin de obtener información de detalle sobre la implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2023 de esta forma poder identificar el nivel de madurez tanto descriptiva como numérica el cual será la guía para la organización poder establecer un indicador que le permita monitorear el proceso de la implementación de la metodología BIM y de esta manera lograr el objetivo de la implementación progresiva durante 7 años.

La evaluación de madurez BIM contiene los siguientes aspectos:

Personal: Analizar los roles del equipo de trabajo y su contribución en los proyectos que realiza la entidad.

Procesos: Evaluar el proceso que se utilizará al aplicar BIM al proyecto. Estos están definidos, documentados y la forma en que se integran con otros procesos de la empresa.

Tecnología: El software, el hardware y las herramientas de acceso a la información que se utilizan en las aplicaciones BIM se revisarán y evaluarán externamente, ya sea dentro del desarrollo del proyecto o al colaborar en proyectos desarrollados con BIM.

Estándares: Evaluar los modelos aplicados en el desarrollo del proyecto y la forma en que estos modelos se implementan y mantienen cuando se aplica BIM al proyecto.

Organización: Evaluar la alineación entre la visión y estrategia de la empresa y su visión y estrategia BIM.

En la actualidad existen diferentes modelos con los cuales podríamos establecer el grado de madurez BIM con el que cuenta cada una de las entidades seleccionadas tanto gubernamentales y privada del país a nivel organizacional, para tal fin vamos a emplear el modelo de BIM Excellence Initiative, el cual fue presentado por el Dr. Bilial Succar en el año 2009 como Índice de Madurez BIM. El cual está conformado por 5 niveles referenciados de la matriz de capacidades del Departamento de Defensa de los Estados Unidos:

Inicial: Básicamente la empresa no tiene procesos ni guía documentada de manera que este articulada adecuadamente.

Definido: La empresa cuenta con guías básicas, las cuales les sirven a las personas para ejecutar cualquier actividad relacionada con la metodología BIM.

Gestionado: La empresa posee las guías completamente documentadas y que son de dominio de todos los colaboradores a nivel de la empresa de tal manera que se rijan al momento de realizar cualquier actividad relacionada con BIM.

Integrado: La empresa fuera de tener una guías completamente definidas, especificadas y documentadas, además se integran con herramientas de gestión y comunicación.

Optimizado: Este nivel corresponde a la búsqueda constante de mejoras, actualizaciones y nuevas tecnologías.

El alcance de la investigación será de tipo descriptivo, la cual, de acuerdo con (Hernández S. R. M., 2018): “tiene como finalidad especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado”.

La recolección de datos se realizará por método de encuesta y evaluación de madurez BIM, lo que nos proporcionaría la información para identificar el nivel de implementación de la estrategia nacional BIM 2020 – 2026 en las entidades más representativas correspondiente al estado y del sector empresarial.

10 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante el instrumento diseñado para la captura de información de las entidades gubernamentales y privadas seleccionadas por el equipo para el estudio, se establecieron preguntas que permiten la obtención de información cuantitativa y cualitativa de la implementación de la metodología. Lo anterior teniendo en cuenta que se pretende medir tanto la precepción y el conocimiento de la metodología (Conocimiento general, beneficios identificados, dificultades en la implementación), como el avance tangible en la implementación con preguntas que permiten establecer de forma cuantitativa la definición operacional de las ocho variables que se propusieron para determinar el avance o madurez de cada organización en la implementación de la metodología.

10.1 Evaluación cualitativa de los resultados

Con base en los diagramas y gráficos que se obtienen de la herramienta de Google forms, a continuación, se presentan los resultados relacionados con el conocimiento de la metodología BIM en las organizaciones seleccionadas y que respondieron la encuesta diseñada para este fin.

En primer lugar, se presenta el resultado correspondiente al conocimiento de la propuesta planteada en la estrategia BIM Colombia 2020 -2026.



Ilustración 17 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 6

A pesar de que la iniciativa de la estrategia parte del gobierno Nacional, preocupa que en casi años de su lanzamiento cerca del 47% de las organizaciones seleccionadas desconozcan la iniciativa o no inicien aún con las actividades requeridas para comenzar a implementarla.

Sin embargo, a pesar de lo anterior, la totalidad de las organizaciones que participan de este estudio reconocen que la metodología BIM es muy importante para lograr los objetivos estratégicos de los nuevos proyectos de construcción de infraestructura que se adelanten en el país.

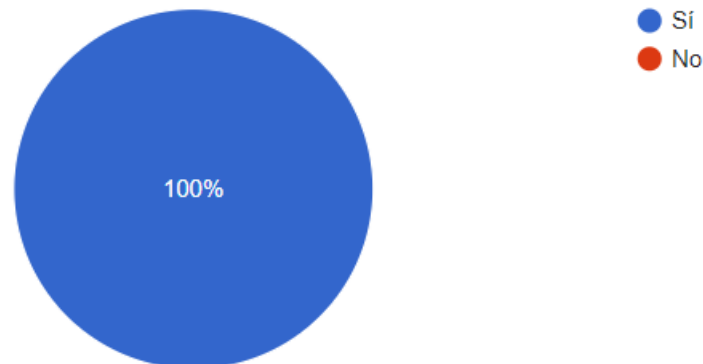


Ilustración 18 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 7

Adicionalmente el 100% de las organizaciones también consideran que con la implementación de la metodología se puede incrementar su competitividad dentro de la industria.

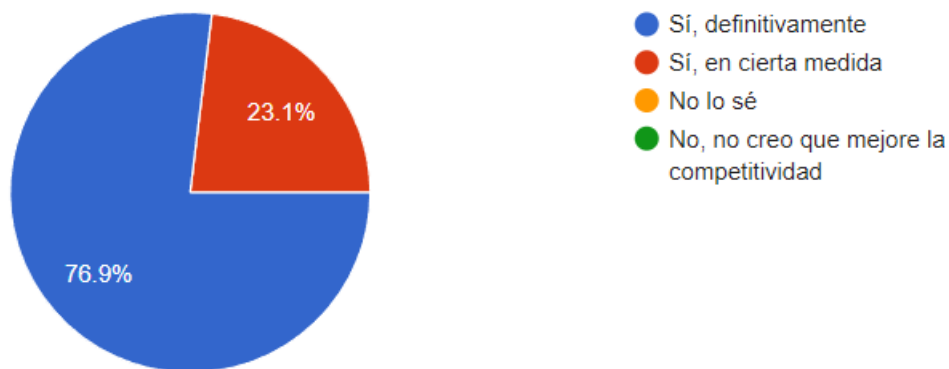


Ilustración 19 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 8

Otro tema importante es que todas las organizaciones identificaron los posibles beneficios de la implementación de la metodología en sus proyectos. Estos beneficios identificados se resumen a continuación:

- Integración de información.
- Ahorros en tiempos y costos.
- Mejor planificación. (orden, eficiencia, productividad)
- Identificación temprana de interferencias.
- Trabajo colaborativo.
- Control en las diferentes etapas de obra.
- Mejor gestión de información.

Finalmente, también se identificaron las principales dificultades que se identifican en cada Organización para la implementación, dentro de las cuales se presentan las siguientes:

- Resistencia al cambio. Esta dificultad se ratifica con los resultados de la siguiente gráfica en la que se mide la percepción de los líderes entrevistados con relación a la reacción de sus equipos de trabajo con la implementación de la metodología. Sorprende que solo algo más del 50% de los líderes identifican que sus equipos han respondido de manera positiva a la implementación.



Ilustración 20 Ilustración 12 Instrumento de recolección de información-Parte 9

- Falta de conocimiento de la metodología.
- Necesidades de capacitación-
- Nivel de madurez de las organizaciones
- Costos de la implementación
- No es prioritaria la implementación por el día a día de los proyectos.
- Progresividad requerida para la implementación. (No es inmediata)

10.2 Evaluación cuantitativa de los resultados

Los resultados obtenidos de las encuestas realizadas y la calificación de estos resultados de acuerdo con la definición operacional establecida para cada una de las variables establecidas se

presentan en la siguiente tabla:

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

GUÍA 3 IMFORME DE RESULTADOS

Tabla 2. Variables de la investigación

VARIABLE	IDU	ANI	METRO	ENEL	EAAB	EPM	EDU	LGR	UPIT	EDF	VANTI	PROMEDIO
Liderazgo	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0	10,0	10,0	0,0	10,0	0,0	10,0	7,27
Estrategía Organizacional	5,0	10,0	10,0	5,0	0,0	10,0	10,0	5,0	10,0	0,0	5,0	6,36
Capacidad del talento humano	7,5	5,0	7,5	7,5	0,0	5,0	7,5	7,5	5,0	0,0	2,5	5,00
Infraestructura Tecnológica software	5,0	5,0	7,5	5,0	0,0	5,0	7,5	7,5	0,0	0,0	0,0	3,86
Infraestructura Tecnológica hardware	5,0	5,0	7,5	5,0	0,0	5,0	7,5	7,5	0,0	0,0	0,0	3,86
Infraestructura Tecnológica red	5,0	5,0	7,5	5,0	0,0	5,0	7,5	7,5	0,0	0,0	0,0	3,86
Política Institucional	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0	10,0	10,0	9,09
Proyectos en ejecución	6,5	0,0	10,0	3,0	0,0	2,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,5	2,67

En análisis de resultados para cada una de las variables es el siguiente:

Liderazgo: Con esta variable se pretende establecer si existen los roles de promotor y patrocinador estratégico para la implementación de la metodología BIM dentro de la organización, que son los encargados de liderar el diseño y la ejecución del plan de trabajo. De acuerdo con las respuestas obtenidas, sólo 3 de las 11 organizaciones no cuentan con estos roles definidos, y con excepción de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, las otras dos por su tamaño aún no cuentan con infraestructura suficiente para definir este tipo de roles.

Estrategia organizacional: Con esta variable se determina si la implementación de la metodología BIM hace parte de los objetivos estratégicos de la organización y se articula con los procesos existentes. El resultado es similar a la variable de liderazgo. Sin embargo, es importante destacar que en las organizaciones más importantes y que lideran el tema de la metodología BIM en el país (IDU – EDU – EPM), a pesar de que la implementación hace parte de los objetivos estratégicos, aún se identifica como secundaria dentro de las mismas.

Capacidad del Talento Humano: Esta variable evalúa las capacidades actuales del equipo de trabajo y si se han desarrollado capacitaciones para incrementar las habilidades del personal de la organización para la implementación de la metodología. Esta variable de acuerdo con la definición operacional establecida se califica con cinco valores posibles (0,2.5,5.0,7.5, y 10). De acuerdo con los resultados se observa un valor promedio de 5.0, lo que representa que independiente del nivel de avance de la organización en la implementación de la metodología se identifican necesidades de capacitación y actualización permanente de los equipos de trabajo lo que quizás representa uno de los mayores costos para establecer la obligatoriedad del uso de la metodología en el país. (Ninguna organización calificó con 10 este componente).

Infraestructura tecnológica (Software – Hardware – red): Estas variables evalúan la capacidad tecnológica instalada de las organizaciones para hacer posible la implementación de la metodología BIM en sus proyectos. Con los resultados obtenidos se observa que ninguna de las organizaciones identifica que cuente con las herramientas suficientes para esta implementación.

Sin embargo, tal y como se observa en la siguiente gráfica, el 85% de las organizaciones está considerando realizar inversiones en este aspecto lo cual resulta de vital importancia para lograr la meta propuesta por la estrategia BIM Colombia 2020 – 2026.

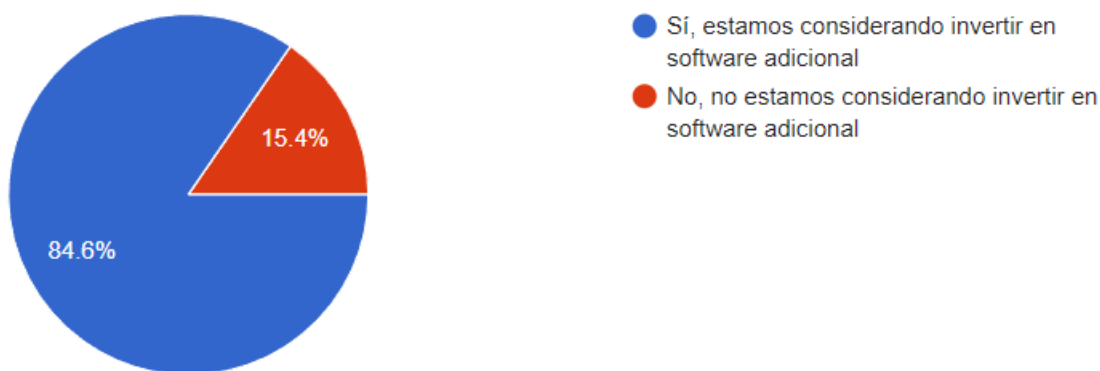


Ilustración 21 Instrumento de recolección de información-Parte 10

Política Institucional: Evalúa si dentro de la organización se cuenta con políticas, estándares, protocolos o procedimientos necesarios para la gestión del flujo de información en las diferentes etapas de maduración de los proyectos, tema clave la implementación de la metodología. El resultado obtenido indica que el 90% de las organizaciones involucradas en el estudio cuenta con protocolos claros para el flujo de información al interior de las mismas, tema muy importante para facilitar la custodia de los datos requeridos en los proyectos y la inter operatividad que implica la

metodología BIM. Este es el valor más positivo de los identificados con el análisis adelantado.

Proyectos en ejecución: De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que únicamente 5 de las organizaciones incluidas en el estudio está ejecutando proyectos utilizando la metodología, y que con excepción de la Empresa Metro de Bogotá (Que ejecuta su proyecto con la metodología), de la EDU de Medellín (74%) y el IDU de Bogotá (67%) la mayoría de las empresas no superan el 10% de proyectos usando la metodología.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el propósito de establecer el cumplimiento de los objetivos estratégicos propuestos en la investigación, a continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones, las cuales son el resultado del análisis cualitativo y cuantitativo de la revisión bibliográfica, de antecedentes y de las encuestas desarrolladas por el equipo de trabajo:

- En primera instancia y luego de haber realizado un estado de arte para el presente trabajo, se puede concluir que la metodología BIM es la que más ayuda a tener diferentes procesos de gestión (planeación, estudio, diseño, construcción, operación y mantenimiento) en comparación con las metodologías tradicionales de gestión (por ejemplo, en la estructuración de un edificio, todo se puede hacer con la metodología BIM, es decir, tener control en los procesos de diseño, costos, presupuestos, y personal del proyecto) porque los procesos eran más lentos y no existía un trabajo colaborativo en conjunto con el equipo de trabajo.
- Los grandes proyectos de infraestructura que se adelantan en el país son financiados con recursos públicos y contratados por entidades gubernamentales. Es evidente que las

necesidades de infraestructura en un país como el nuestro, superan por mucho los recursos disponibles, por lo que para el Gobierno Nacional debe ser prioritario establecer mecanismos que optimicen los recursos a través de herramientas y metodologías de gestión de proyectos tales como la Metodología BIM, la cual a nivel global ha demostrado ahorros en tiempo y en recursos en los países en los que se ha implementado. Cada peso ahorrado representa la posibilidad de que sea invertido en nuevos y mejores proyectos.

- De acuerdo con los resultados obtenidos con la encuesta aplicada tanto a entidades gubernamentales como privadas, se puede concluir que la madurez de las organizaciones del país para la implementación de la metodología BIM en el desarrollo de los proyectos de infraestructura se encuentran en una etapa entre inicial y definido, es decir que la gran mayoría están comenzando a plantear estrategias para de implementación y sólo algunas, tales como el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, la empresa de Desarrollo Urbano de Medellín o la Empresa Metro de Bogotá, ya cuentan con guías básicas, roles definidos y una estrategia organizacional que permite que ya estén ejecutando un porcentaje de sus proyectos a través de la herramienta.

Sin embargo, preocupa ver como a pesar de que en general se identifican los beneficios que la metodología BIM representa para la ejecución y el seguimiento de proyectos de construcción de infraestructura, aún no se vea un uso generalizado en las obras que se adelantan en el país. La Estrategia BIM Colombia está a solo tres años de cumplir su meta objetivo (año 2026) y de no presentar un plan de choque para la implementación de la metodología, será prácticamente imposible que para esa fecha, la metodología pueda ser de obligatorio cumplimiento para la construcción de infraestructura.

Lo anterior se evidencia con el resultado de las variables estudiadas en el cual no se logra un puntaje superior a 50 cuando se combina la totalidad de estas siendo el puntaje máximo de

madures 100. Adicionalmente la estrategia BIM plantea que a 2023 el 50% de los proyectos se adelanten usando la metodología y de acuerdo con la muestra estudiada este valor a la fecha no alcanza el 25% de los proyectos que se están adelantando.

A la luz de la estrategia nacional de BIM para 2020-2026, es importante que las empresas se centren en mejorar su implementación y madurez de BIM. La estrategia nacional tiene como objetivo fomentar la implementación de BIM en todos los sectores de la construcción en Colombia y mejorar la competitividad del país mediante el aumento de la eficiencia y la reducción de costos.

Al mejorar su implementación y madurez de BIM, las empresas pueden beneficiarse de una mayor productividad, una menor repetición del trabajo, una mejor colaboración entre las diferentes partes interesadas y mejores resultados del proyecto. Por lo tanto, es esencial que las empresas prioricen la adopción de BIM en línea con la estrategia nacional para seguir siendo competitivas y mejorar su desempeño general.

- La implementación de la metodología BIM en Europa ha sido un proceso gradual y en constante evolución. Países como Reino Unido, Países Bajos, Finlandia entre otros han liderado el camino en su adopción, promoviendo su uso en proyectos de construcción públicos y privados. Sin embargo, otros países como España, Italia y Grecia aún están en una etapa inicial de su implementación.

A pesar de que la metodología BIM ofrece numerosos beneficios tales como de eficiencia, colaboración y control de costos, su implementación ha sido desafiante debido a la necesidad de cambiar una cultura tradicional de la industria de la construcción y consolidar nuevas herramientas tecnológicas. Además, la capacitación y la educación son fundamentales para

garantizar que los profesionales de la construcción estén capacitados para la utilización de la metodología BIM.

En conclusión, la implementación de la metodología BIM en Europa sigue avanzando, pero aún falta mucho trabajo por hacer. Los diferentes países deben seguir trabajando juntos para establecer estándares y políticas comunes, y continuar invirtiendo en capacitación y educación para garantizar su correcta implementación y uso en la industria de la construcción.

- La implementación de la metodología BIM en los Estados Unidos sigue en aumento y ha sido adoptada por los principales actores de la industria de la construcción. El gobierno de los Estados Unidos ha estado liderando el camino en su implementación e incorporación en proyectos de construcción públicos y privados.

La implementación de la metodología BIM en los Estados Unidos ha sido impulsada por la necesidad de aumentar la eficiencia y la productividad en la industria de la construcción. Con los altos costos de construcción, los retrasos y los errores comunes en el proceso de construcción, la implementación de la metodología BIM ha sido vista como una solución para mejorar la colaboración entre los diferentes equipos involucrados en el proyecto y de esta manera reducir costos.

Sin embargo, a pesar de los numerosos beneficios que ofrece la metodología BIM, su implementación también ha enfrentado algunos desafíos. En particular, la necesidad de capacitación y educación para que los profesionales de la construcción adquieran habilidades para trabajar con la metodología BIM ha sido un obstáculo importante.

En conclusión, la implementación de la metodología BIM en EEUU sigue avanzando y numerosos proyectos de construcción están utilizando esta metodología en su diseño y construcción. Aunque todavía hay desafíos por resolver, la metodología BIM se considera un

avance importante en la industria de la construcción de Estados Unidos y se espera que su adopción siga creciendo.

- Con el propósito de que cada vez más compañías del sector de la construcción utilicen esta herramienta, se debe promover que en los procesos licitatorios que adelanten los organismos gubernamentales y del estado, establezcan dentro de los criterios de evaluación, puntajes adicionales para aquellas firmas de consultoría, de construcción o de interventoría que propongan el uso de la Metodología BIM para la gestión del proyecto.
- La principal fortaleza identificada en las organizaciones que participaron en este estudio descriptivo está relacionada con los protocolos con que cuenta cada una de ellas para el manejo y flujo de información, lo cual es de suma importancia para la implementación de la metodología BIM ya que en la medida en que se avance con su implementación se puede garantizar que el trabajo colaborativo y en red se adelante de manera segura, garantizando resultados.
- En cuanto a las dificultades evidenciadas para la implementación de la metodología en las organizaciones se identifican 3. Resistencia al cambio, la cual se relaciona con el desconocimiento de la metodología al interior de las entidades, limitaciones tecnológicas (Software, Hardware, red) y que los resultados que brinda la metodología no se ven de manera inmediata considerando que tanto su implementación como sus beneficios requieren de una gradualidad. Todas estas dificultades tienen un punto en común. Se requiere de inversión tanto en tecnología como en talento humano ante resultados poco tangibles en el corto plazo.
- Con el propósito de salvar las brechas identificadas para la implementación de la metodología en la ejecución y seguimiento de proyectos de infraestructura, se debe procurar que las entidades gubernamentales platen estrategias de capacitación integral y de inversión en

tecnología.

- Una de las principales bases para el uso de la metodología BIM está relacionada con la construcción de gemelos digitales, lo cual representa una identificación temprana de posibles interferencias con otro tipo de infraestructura en especial la relacionada con las redes de propiedad de empresas de servicios públicos y de telecomunicaciones. Para la construcción de gemelos digitales confiables, es necesario que los dueños de esta infraestructura inviertan en inventarios 3D, que permitan incorporar fácilmente y de forma confiable esta información para el desarrollo de los nuevos proyectos que se estructuren.
- Una vez se cuente con una base robusta de proyectos de construcción de infraestructura ejecutados con la implementación de la metodología BIM es importante adelantar estudios comparativos que permitan cuantificar con cifras de lo realmente ejecutado (tiempo y costo) los beneficios del uso de la herramienta en las condiciones de nuestro país.

12 ANEXO

A continuación, se puede observar y leer las respuestas que se obtuvieron de la encuesta hecha por medio del formulario de Google a diferentes personas que trabajan en el IDU, INVIAS, ANI, EPM, entre otras; y utiliza la metodología BIM en sus labores diarias.

[Anexo-Evaluación y seguimiento de la estrategia nacional BIM 2020-2026](#)

13 REFERENCIAS

- Arboleda, G. (2014). *PROYECTOS Identificación, formulación, evaluación y gerencia*. México: Alfaomega. Obtenido de <https://virtual.universidadean.edu.co/courses/4489/modules/items/104675>
- Arenas, Alejandra et al. . (2022). Mejora del proceso de diseño (metodología BIM) para la constructora Arango Arquitectos Constructores S.A.S. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Arévalo, A; Soto, J. (2022). Building Information Modeling (BIM) y su desarrollo en la industria de la construcción. Perú: Universidad de Piura.
- Bartolón, Jonathan. (2020). Filosofía Lean Construction y su implementación en el desarrollo de proyectos de edificación. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bravo, Romero. (2018). Objetos inteligentes desarrollados en software BIM, caso específico: mampostería basada en especificaciones técnicas del material para la ciudad de Loja. Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Cappuyns, María. (2020). Estudio de implementación de herramientas BIM en una ingeniería. Universidad Politécnica de Catalunya.
- CAMACOL, *Cámara Colombiana de la Construcción. BIM Fórum Colombia.*

<https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum>

D'Alessio, F. A. (2015). Etapa 1: Formulación y Planteamiento. En *El proceso Estratégico – Un enfoque de Gerencia* (págs. 10-18). Pearson.

DNP - MINTIC - DAPRE. (2019). *CONPES 3975*. Bogotá D.C.

DNP. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020- 2026*. Bogotá D.C.

González, Carlos. (2015). *Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas*.

Casos prácticos en gestión de proyectos. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.

Leal, R. M. (2022). *Análisis del sistema LEAN construction como herramienta para la mejora continua en la productividad de la empresa KUMAN para el proyecto torres de Altiva*. Bogotá

D.C: Fundación Universidad América.

Martínez, Yesica. (2023). *Manual para la administración de proyectos bajo la metodología del PMBOK con extensión en la construcción para la implementación en proyectos inmobiliarios en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Mendivil, Sebastián. (2019). *Propuesta de gestión de proyectos de obra civil a través de la metodología BIM para la optimización de recursos de la empresa constructora de Ing. Rodolfo Valdez Figueroa en Navojoa, Sonora*. Instituto Técnico de Sonora.

Mojica, Alfonso et al. (2012). En *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá* (págs. 13-14). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Morán et al. (2022). *Sistema de Gestión BIM-LEAN: Efectos de su aplicación en el desarrollo de proyectos de construcción civil*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.

Pérez et al. (2019). *Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de Coahuila.

Porras et al. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

- Sierra Lina et al. . (2016). Gestión de Proyectos de Construcción con Metodología BIM "Building Information Modeling". Bogotá, D.C.
- Sierra, Lina. (2016). Gestión de Proyectos de Construcción con Metodología BIM "Building Information Modeling". Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Thompson, A., Sutton, C., Strickland, A., Peteraf, M., Janes, A., & Gamble, J. (2017). Capítulo 3 : Evaluación del ambiente externo de una organización. En *Administración Estratégica - Teorías y Casos* (págs. 97-100). McGrawHill.
- Fernández, J. L. Introduciendo a PRINCE2®. http://www.liderdeproyecto.com/articulos/introduciendo_a_prince2.html. [1 Agosto, 2017].
- Siegelaub, J. M. *PMI global congress proceedings*, How PRINCE2 can complement PMBOK and your PMP, 2004.
- Project Management Institute. About us. 2017. <https://www.pmi.org/about>. (27 Julio, 2017).
- Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide). 6th Edition, Pennsylvania, 2017.
- Project Management Institute (2013). Guía del PMBOK. Fifth Edition. Ed. Project Management Institute.
- Lledo, P. Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento, Bloomington, Trafford Publishing, 2011.
- Scrum Manager. (sf). Scrummanager.net. Kanban: origen y definición: <https://www.scrummanager.net/bok/index.php?title=Kanban:origenydefinici%C3%B3n>
- Cadavid, A., Fernandez, J., y Morales, J. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. Revista científica Universidad Autónoma del Caribe. Vol. 11, (2), pp. 30-39.
- Turley, F. (2010). Docplayer.es El Modelo de Procesos PRINCE2 Una magnífica introducción a PRINCE2. <https://docplayer.es/21836312-El-modelo-de-procesos-prince2-una-magnifica-introduccion-a-prince2.html>.
- Shendar, A., y Dvir, D. (2007). Project Management Research: The challenge and opportunity. *Project Management Journal*, pp 93-99.
- Monte, G. (2016). *Implantar scrum con éxito*. Barcelona: Editorial uoc. Recuperado de:

<http://www.ebrary.com>

Salvay, Javier (2017). Kanban y Scrumban orientados a Proyectos de Tecnología de la Información. CRUC-IUA UNDEF. <https://rdu.iua.edu.ar/handle/123456789/880>

Pérez, M (2011). Guía comparativa de metodologías Ágiles. Tesis de Grado en Ingeniería Informática de servicios y aplicaciones no publicado. España: Universidad de Valladolid. Disponible: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1495/1/TFG-B.117.pdf> (Consulta: 2016, febrero 17).

Ladas (2008). Scrumban Essays on Kanban systems for Lean Software Development. Disponible:

<https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=SQFdAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=ScrumbanEssays+on+Kanban+Systems+for+Lean+Software+Develoment&ots=c89XRBXGNg&si>

[g=I59JUW5uUe2KDdWgcLuJnkQKd8#v=onepage&q=ScrumbanEssays%20on%20Kanban%20](https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=SQFdAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=ScrumbanEssays+on+Kanban+Systems+for+Lean+Software+Develoment&ots=c89XRBXGNg&si)

[0Systems%20for%20Lean%20Software%20Development&f=false](https://books.google.co.ve/books?hl=es&lr=&id=SQFdAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=ScrumbanEssays+on+Kanban+Systems+for+Lean+Software+Develoment&ots=c89XRBXGNg&si)

Reddy, A. (2015). The Scrumban revolution: getting the most out of Agile, Scrum, and lean Kanban. Crawfordsville, Indiana, United States: Addison-Wesley Professional. Pearson Education.

Brezočnik, L., & Majer, Č. (2016). Comparison of agile methods: Scrum, Kanban, and Scrumban. En Proc. 19th Int. Multiconference Inf. Soc. Vol. 100 (pp. 1-5).

Sienkiewicz, Ł. D. (2012). Scrumban – the Kanban as an addition to Scrum software development method in a network organization. Informatyka Ekonomiczna Business Informatics, 2 (24), 73-81.

Yepes Víctor E., “Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción”. UPV.

Fernández, José.(s.f.) Introduciendo a PRINCE2. Obtenido de: http://www.liderdeproyecto.com/articulos/introduciendo_a_prince2.html

Asana. (2021). Cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos. Obtenido de: <https://asana.com/es/resources/critical-path-method>

Stsepanets, Anastasia.Cómo ayuda el método de la ruta crítica en la administración de proyectos.

Obtenido de: [https://blog.ganttpro.com/es/metodo-de-la-ruta-critica-en-la-administracion-de-](https://blog.ganttpro.com/es/metodo-de-la-ruta-critica-en-la-administracion-de)

[proyectos/](#)

Moreno, Nelson et al. (2018). Introducción a la gerencia de proyectos conceptos y aplicación. Universidad EAN. Obtenido de: <https://editorial.universidadean.edu.co/media/accesoabierto/Introduccion-a-la-gerencia-de-proyectos-conceptos-y-aplicacion-ean.pdf>

Albert, E. N., Soler, V. G., & Molina, A. I. (2017). Metodología e Implementación de Six Sigma. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*. doi:<https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/metodologia-e-implementacion-six-sigma/>

Burgo, J. F., & Pérez, M. Á. (Julio 2022). Análisis Comparativo de la Herramienta Board en las Metodologías Ágiles Scrum, Kanban y Scrumban en Proyectos de Software. *Trabajo presentado en el 26 International Congress on project Management and Engineering Terrassa en la Universidad de Castilla-La Mancha*. Ciudad Real, España.

Cevallos, D., & Vargas, E. (2021). Como aplicar Six Sigma en microempresas de comida rápida. *Journal Of Engineering Science*, 3(8). doi:https://scholar.google.com.co/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=ART%3%8DCULOS+REVISTA+JOURNAL+OF+ENGINEERING+SCIENCES+Como+aplicar+Six+Sigma+en+microempresa+de+comida+r%3%A1pida&btnG=

Drumond, C. (s.f.). *Atlassian*. Obtenido de Gestión ágil de proyectos: qué es y como empezar: <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management>

Kanbanize. (s.f.). *Kanbanize*. Obtenido de Gestión Ágil de Proyectos: una Guía Completa: <https://kanbanize.com/es/agiles/metodologia-agile>

Nossa, N. D. (2021). *Estudio Comparativo de Metodologías Tradicionales y Ágiles Aplicadas en la Gestión de Proyectos*. [Tesis de Especialización]: Universidad Pontificia Bolivariana.

Ramírez, J. L. (s.f.). *Líder de Proyecto*. Obtenido de Introduciendo a PRINCE2:

http://liderdeproyecto.com/articulos/introduciendo_a_prince2.html

Reina, J. S., & Puerto, F. A. (2017). La Gestión de Proyectos Ágiles Mediante la Metodología Scrum. *Agustiniana Revista Académica*.

Salvay, J. E. (s.f.). *Kanban y Scrumban Orientados a Proyectos de Tecnología de la Información*. [Tesis de Grado]: Instituto Universitario Aeronautico.

Shenhar, A., & Dvir, D. (2007). Investigación en Gestión de Proyectos: El desafío y la oportunidad. *Revista de Gestión de Proyectos*, 93-97.

Stsepanets, A. (diciembre de 2002). *Ganttpro*. Obtenido de Cómo ayuda el método de la ruta crítica en la administración de proyectos: <https://blog.ganttpro.com/es/metodo-de-la-ruta-critica-en-la-administracion-de-proyectos/>

Wrike. (s.f.). *Wrike*. Obtenido de Metodologías: <https://www.wrike.com/es/project-management-guide/faq/que-es-la-metodologia-agile-en-gestion-de-proyectos/>

Zapata, J. S., & Henao, A. (Julio-Diciembre de 2018). Gestión de Proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24).