



**Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños
bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM en el Instituto de
Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.**

Érika Lucía Guío Cortés

Andrés Giovanni Parra Gómez

Daniris Zola Monroy

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá D.C., Colombia

15/11/2022

**Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de
diseños bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM en el
Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.**

Érika Lucía Guío Cortés
Andrés Giovanni Parra Gómez
Daniris Zola Monroy

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Proyectos

Director:

Jorge Luis Segura Rodríguez

Modalidad:

Trabajo Dirigido

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá D.C., Colombia

15/11/2022

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, D.C., 15/11/2022

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado
especialmente a nuestras familias por su
apoyo incondicional para llevar con éxito
el desarrollo de esta tesis.

“La educación es el arma más poderosa
que puedes usar para cambiar el mundo.”

Nelson Mandela

Agradecimientos

A nuestro director Jorge Luis Segura Rodríguez por su apoyo incondicional aún en los momentos más difíciles, gracias a sus aportes y conocimientos logramos mejorar y plasmar nuestro trabajo en este documento.

Al Instituto de Desarrollo Urbano – IDU por permitirnos el acceso a la información y poder presentar una propuesta para la mejora de sus procesos; igualmente, al ingeniero José Javier Suárez Bernal, Subdirector Técnico de Seguimiento a Estudios y Diseños del IDU por brindarnos sus conocimientos y asesorías en el desarrollo de este trabajo.

Resumen

El presente documento contiene el estudio realizado para identificar una propuesta metodológica para la gestión de proyectos en el Instituto de Desarrollo Urbano – IDU, en su fase de diseños, utilizando la metodología Building Information Modeling - BIM. Al inicio de este trabajo se encontrarán los antecedentes y justificación del estudio; posteriormente, a través de una investigación de tipo descriptivo se realiza el diagnóstico de la gestión de proyectos para la fase de diseño, que permite identificar las debilidades y fortalezas del proceso de diseño que actualmente desarrolla la entidad para poder plantear un nuevo proceso que utilice la metodología BIM y sirva de base para el adecuado desarrollo de los proyectos a futuro.

Para realizar este diagnóstico se lleva a cabo un trabajo de campo centrado en los colaboradores que hacen parte de la fase de diseño en el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU y una investigación bibliográfica que permite presentar el análisis de la información recolectada, las conclusiones y recomendaciones, a partir de las cuales se propone una nueva metodología que tenga en cuenta buenas prácticas de gestión de proyectos.

Teniendo en cuenta la magnitud y complejidad de los proyectos de infraestructura que desarrolla el IDU, presenta gran importancia la elaboración de esta propuesta metodológica bajo el enfoque BIM, permitiendo a la organización optimizar su proceso de diseño, que directamente pueden afectar la fase de construcción y operación.

Palabras clave: Metodología BIM, Propuesta Metodológica, Gestión de Proyectos, Investigación exploratoria.

Abstract

This document contains a study to identify a methodological proposal for project management at the Urban Development Institute - IDU, in its design phase, using the Building Information Modeling - BIM methodology. At the beginning of this job, the background and justification of the study will be found; subsequently, through an descriptive research, the diagnosis of project management for the design phase is carried out, which allows identifying the weaknesses and strengths of current design process in order to propose a new process that uses methodology BIM and serve as a basis for the proper development of future projects.

The diagnosis is made with carried out focused on the collaborators who are part of the design phase in the Urban Development Institute - IDU and a bibliographical investigation that it allows presenting the analysis of the information collected, the conclusions and recommendations, from the which a new methodology is proposed that takes into account good project management practices.

Taking into account the magnitude and complexity of the infrastructure projects developed by the IDU, the elaboration of this methodological proposal under the BIM approach is of great importance, allowing the organization to optimize its design process that can directly affect the construction and operation phase.

Keywords: BIM Methodology, Methodological Proposal, Project Management, Exploratory Research.

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	10
Lista de Tablas	11
Introducción	12
Planteamiento del problema	13
Objetivos	15
<i>Objetivo general</i>	15
<i>Objetivos específicos</i>	15
Justificación	16
Marco Institucional	17
Marco de Referencia	25
<i>Metodología BIM</i>	25
<i>Ventajas BIM</i>	27
<i>Barreras en la implementación BIM</i>	29
<i>Implementación BIM en los proyectos públicos</i>	30
<i>Gestión de Proyectos</i>	32
<i>Propuesta metodológica</i>	35
<i>Gestión de proyectos de infraestructura en fase de diseños con BIM</i>	36
Diseño Metodológico	44
<i>Tipo de Investigación</i>	44
<i>Metodología</i>	44

<i>Población</i>	46
<i>Muestra</i>	46
<i>Variables</i>	46
<i>Encuesta</i>	47
<i>Entrevistas</i>	48
<i>Metodología del diagnóstico a la Gestión de Proyectos</i>	49
Diagnóstico Organizacional	51
<i>Madurez Organizacional en Gestión de Proyectos</i>	51
<i>Nivel de madurez organizacional en BIM</i>	52
<i>Diagnóstico implementación BIM en el IDU</i>	55
<i>Diagnóstico de la fase de diseño de proyectos</i>	57
<i>Procesamiento estadístico de datos</i>	57
<i>Entrevistas</i>	59
<i>Análisis de los resultados</i>	61
Plan de Intervención	62
<i>Formación del personal</i>	64
<i>Cambio cultura organizacional en gestión de proyectos</i>	65
<i>Apropiación de proyectos piloto de implementación BIM</i>	67
<i>Roles y responsabilidades BIM</i>	69
<i>Procesos y Documentos</i>	71
<i>Hoja de ruta de la implementación BIM en la fase de diseños del IDU</i>	72
<i>Costos del plan de implementación</i>	73
Conclusiones y Recomendaciones	77
<i>Conclusiones</i>	77

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA FASE DE DISEÑOS BAJO UN ENFOQUE BUILDING INFORMATION MODELING - BIM EN EL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO DE BOGOTÁ D.C.	10
--	----

<i>Recomendaciones</i>	79
Referencias	80
Anexos	90
<i>Anexo A. Organigrama General del IDU</i>	90
<i>Anexo B. Mapa conceptual Norma ISO 19650</i>	91
<i>Anexo C. Diagrama subactividades de la fase de desarrollo Norma ISO 19650-2:2018</i>	92
<i>Anexo D. Tópicos para un modelo integrado de gestión de proyectos BIM en el IDU</i> . 93	
<i>Anexo F. Ficha Técnica Encuesta</i>	95
<i>Anexo G. Ficha Técnica Entrevista</i>	97
<i>Anexo H. Resultados Encuesta</i>	99

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa de Procesos IDU.	18
Figura 2. Objetivos Estratégicos.....	19
Figura 3. Histórico presupuesto vigencia IDU.	20
Figura 4. Comparación presupuestos entidades en Colombia.....	21
Figura 5. Ciclo de vida proyectos IDU.	21
Figura 6. Organigrama DTP.	22
Figura 7. Procedimiento de diseño IDU.....	23
Figura 8. Ciclo de vida de proyecto con BIM.....	26
Figura 9. Actividades de la metodología de gestión de proyectos.	36
Figura 10. Flujo BIM en el diseño de infraestructura vial.	37
Figura 11. Roles en proyectos de infraestructura vial.	38
Figura 12. Usos BIM para infraestructura.....	39
Figura 13. Modelo de Madurez BIM británico.....	40
Figura 14. Relación entre fases e interesados del proyecto.	42
Figura 15. Fases de la metodología de investigación.	44
Figura 16. Madurez organizacional en gestión de proyectos.	51
Figura 17. Matriz madurez BIM 2020 Cont. IDU-1344-2020.	53
Figura 18. Matriz de madurez BIM 2022.	54

Figura 19. Hoja de ruta implementación BIM en el IDU.	55
Figura 20. Rol que desempeñan las personas encuestadas.	58
Figura 21. Respuesta sobre lecciones aprendidas.	59
Figura 22. Ciclo de vida de proyectos propuesto.	63
Figura 23. Propósitos del plan de intervención.	64
Figura 24. Proceso Implementación BIM IDU.	67
Figura 25. Plan Implementación BIM IDU con base en Estrategia Nacional BIM.	68
Figura 26. Hoja de ruta implementación BIM en la fase de diseños del IDU	73
Figura 27. Resumen costos implementación propuesta	75

Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.

11

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Principales modelos de madurez de gestión de proyectos.	34
Tabla 2. Variables de investigación.....	46

Introducción

Esta investigación está dentro del grupo de investigación de la Dirección & Gestión de proyectos y se enmarca en la línea de investigación de modelos, metodologías y sistemas de gestión para la Gerencia de Proyectos; hace parte del campo de la gestión en la gerencia de proyectos y de la transformación digital buscando fortalecer las competencias que integran y alinean los recursos para el desarrollo y consolidación de beneficios para los interesados en la gestión eficiente de proyectos de infraestructura en su fase de diseños.

El trabajo busca presentar una intervención empresarial para la gestión de proyectos en la fase de diseño para el Instituto de Desarrollo Urbano. Inicialmente, se presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación que llevan a desarrollar la investigación.

Posteriormente, se elabora un marco institucional en el que se presenta la entidad objeto de intervención y un marco de referencia, con base en una investigación bibliográfica, en el que se revisaron definiciones BIM, ventajas de esta metodología, barreras de su implementación en organizaciones y su desarrollo en proyectos públicos en Colombia.

Se presenta el diseño metodológico de la investigación para elaborar el diagnóstico organizacional con base en el cual se diseña un plan de intervención para la entidad y finaliza con las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

Planteamiento del problema

Los megaproyectos de infraestructura a nivel mundial, de acuerdo con investigaciones de (Sriram et al., 2015) tienen problemas para ser entregados a tiempo y dentro del presupuesto, se estima que el 98% de los megaproyectos sufren sobrecostos de más del 30 por ciento; el 77 por ciento tiene al menos un 40 por ciento de retraso.

En una visita de la Contraloría de Bogotá a 22 proyectos de infraestructura de la ciudad en el año 2021, se evidenció que solo 1 proyecto cumplía con el cronograma y el resto de los proyectos presentaban prórrogas, suspensiones, adiciones y abandonos por parte de los contratistas. (El Espectador, 2021).

Con la transformación digital en el sector de la construcción, se ha evidenciado la necesidad de utilizar herramientas tecnológicas en los proyectos de construcción; por lo cual, nace el Modelado de Información de Construcción (Building Information Modeling) o BIM para gestionar los proyectos de construcción a través de una metodología de trabajo en red basada en un modelo digital único e interoperable entre las diferentes disciplinas y stakeholders, en tiempo real, que conlleva a una gestión integral de los proyectos de construcción durante todo su ciclo de vida.

El auge del BIM a nivel mundial, ha impulsado la implementación de nuevas políticas para la transformación digital de las entidades, desde el gobierno colombiano se ha propuesto una Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026, que propone una “la modernización del sector de la construcción e infraestructura a través de procesos colaborativos usando información estandarizada en un entorno digital” (BIM Presidencia, 2020) y tiene como visión la implementación progresiva del BIM para proyectos cofinanciados por el Gobierno Nacional.

Esta modernización se soporta en que “actualmente en Colombia las entidades públicas que desarrollan proyectos de infraestructura reflejan una baja capacidad de eficiencia y eficacia en el cumplimiento de las metas establecidas frente a los compromisos de obra pública descritos en los instrumentos de planeación” (Blanco, et al., 2021).

El Instituto de Desarrollo Urbano – IDU, como entidad pública, desafortunadamente, no ha sido la excepción y viene presentando atrasos en los cronogramas y sobrecostos en sus proyectos; el director del IDU mencionó en mayo de 2022 que el 70% de las obras nuevas tienen problemas y la Contraloría de Bogotá indica que la ejecución presupuestal del IDU está entre las más bajas, teniendo ejecutado menos del 80% del presupuesto para el año 2021. (EL TIEMPO, 2022).

Es por esto, que el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU, como entidad encargada de ejecutar obras viales y de espacio público que contribuyen al desarrollo de Bogotá D.C., requiere una propuesta metodológica para la gestión de proyectos, bajo un enfoque BIM, teniendo en cuenta buenas prácticas estudiadas en la gerencia de proyectos con resultados comprobados y buscando una mayor eficiencia en los proyectos que ejecuta.

Teniendo en cuenta que las fases de los proyectos de infraestructura que desarrolla el IDU son largas y de gran complejidad, es necesario iniciar por la elaboración de una propuesta metodológica para la gestión de proyectos bajo un enfoque BIM en las etapas iniciales del proyecto, como es la etapa de diseño, lo cual permitirá dar las bases para un desarrollo adecuado en la gestión de los proyectos a futuro.

De acuerdo con lo anterior, para la presente investigación se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Puede el IDU mejorar la gestión de proyectos en la fase de diseño a partir de una propuesta metodológica bajo un enfoque BIM?

Objetivos

Objetivo general

Elaborar una propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseño bajo un enfoque Building Information Modeling - BIM para el Instituto de Desarrollo Urbano.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico actual de la gestión de proyectos para la fase de diseños en el Instituto de Desarrollo Urbano.
- Elaborar un marco documental sobre la gestión de proyectos bajo un enfoque BIM para proyectos de infraestructura en la fase de diseño.
- Elaborar un plan de implementación para la gestión de proyectos en la fase de diseño bajo un enfoque BIM para el IDU.

Justificación

El Instituto de Desarrollo Urbano está interesado en la implementación de la metodología Building Information Modeling - BIM en el desarrollo de sus proyectos; sin embargo, para que pueda ser implementada se requiere que la metodología sea revisada y adaptada al tipo de proyectos que realiza la entidad y se precisen los lineamientos específicos para cada una de las fases de los proyectos que desarrolla. Adicionalmente, es importante que la metodología que se proponga tenga una perspectiva de gestión de proyectos que incluya la aplicación de buenas prácticas gerenciales que garanticen los resultados deseados en el proceso, así como permitir su evaluación en el futuro.

Esta investigación se relaciona directamente con el programa de Maestría en Gerencia de Proyectos, con el grupo de investigación Dirección & Gestión de Proyectos y con la línea de investigación Modelos, Metodologías, y Sistemas de Gestión para la Gerencia de Proyectos, buscando fortalecer las competencias que integran y alinean los recursos para el desarrollo y consecución de beneficios para los interesados en la gestión eficiente de proyectos de infraestructura, en la fase de diseños.

La actualización de la industria de la construcción con la utilización de la metodología BIM en todas las fases de los proyectos, ha evidenciado mejoras en la productividad, reducción de costos y disminución de problemas en obra por una mejor comunicación y conocimiento del proyecto por todos los interesados (Díaz, 2016); por lo que se hace necesario que el Instituto de Desarrollo Urbano - IDU, como entidad encargada de ejecutar obras viales y de espacio público que contribuyen al desarrollo de la ciudad de Bogotá D.C., cuente con una propuesta metodológica para la gestión de proyectos, en la fase de diseño bajo un enfoque BIM.

Marco Institucional

El Instituto de Desarrollo Urbano - IDU es una entidad pública de la ciudad de Bogotá, Distrito Capital de Colombia, en la cual se estructuran y ejecutan los proyectos de infraestructura de la ciudad, que incluyen todas las vías y espacios públicos asociados a la malla vial arterial principal y malla vial arterial complementaria de la ciudad.

La empresa de estudio se encuentra dentro de la industria de la construcción y pertenece al sector público, siendo una de las principales entidades públicas de Colombia en este sector.

Misión: Estructurar y desarrollar proyectos de infraestructura vial y movilidad multimodal, de forma sostenible, incluyente, innovadora y eficiente, para contribuir al desarrollo urbano de Bogotá Región y mejorar la calidad de vida de su gente. (IDU, Página web, 2022)

Visión: Consolidarse en el 2030 como la entidad LIDER en estructuración, ejecución y conservación de proyectos integrales de infraestructura vial, transporte y movilidad multimodal para Bogotá región. (IDU, Página web, 2022)

Para lograr esta misión y visión la entidad cuenta con una estructura clara de procesos y niveles de jerarquía que se observan en su mapa de procesos y el organigrama de la entidad.

El Mapa de Procesos del IDU es la interpretación gráfica de la forma en la cual trabaja la entidad para el cumplimiento de su misión, el cual se encuentra en la Figura 1.

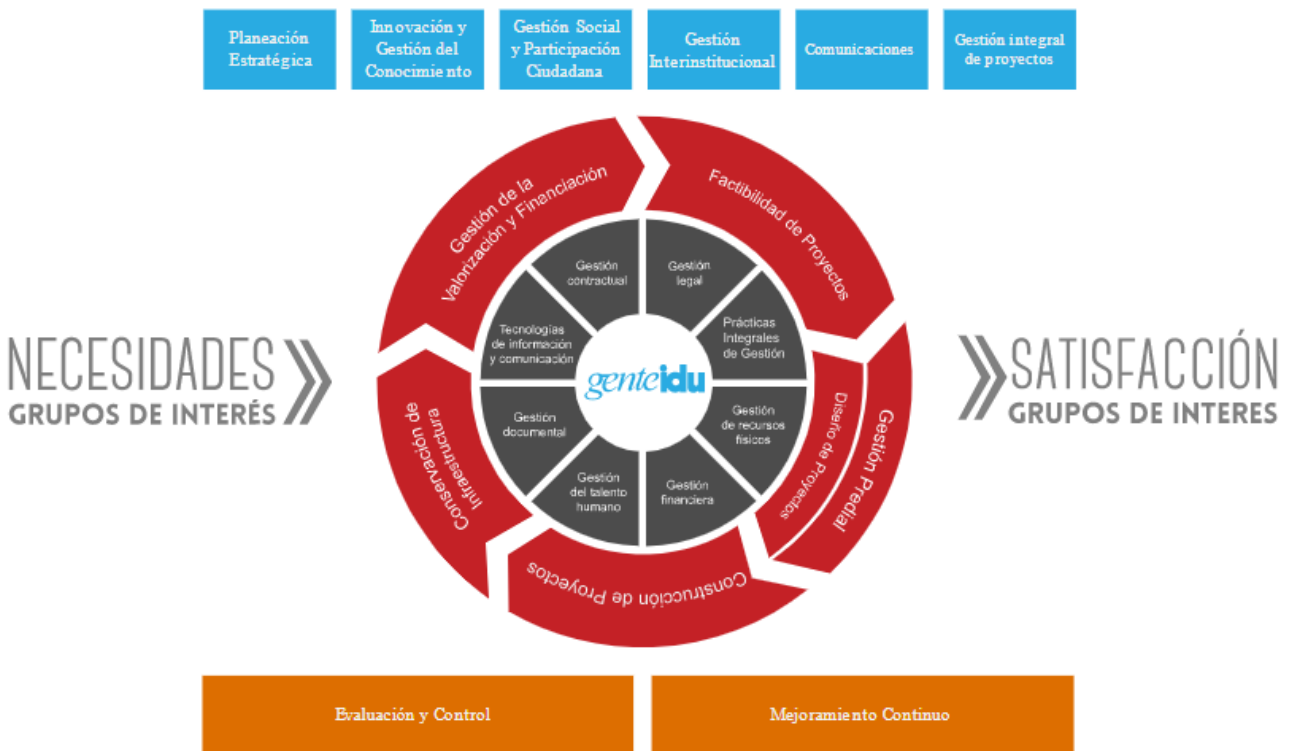


Figura 1. Mapa de Procesos IDU. Fuente: Página institucional IDU. Tomado de (IDU, *Página web*, 2022).

En total son 22 procesos agrupados en 4 tipos: 1) Misionales (en color rojo), 2) Estratégicos (en color azul), 3) Apoyo (en color gris), y 4) Evaluación y Mejora (color naranja).

El proceso de diseño, en el cual está enfocado el presente trabajo, se encuentra dentro de los procesos misionales de la entidad. Los procesos misionales – Ubicados en la parte exterior del círculo en color rojo, corresponden a los procesos que ejecutan las actividades de la misión principal de la entidad, esto es estructurar, construir y mantener la infraestructura vial y de espacio público de la ciudad, y están compuestos por los siguientes 6 procesos: a) Factibilidad de proyectos, b) Gestión de la Valorización y Financiación, c) Diseño de Proyectos, d) Gestión predial, e) Ejecución de obras y f) Conservación de infraestructura.

Los objetivos estratégicos definidos en el Informe de Gestión 2021, se presentan en la Figura 2.



Figura 2. Objetivos Estratégicos. Fuente: *(IDU Informe de Gestión, 2021)*

En cuanto a la estructura de la organización es de tipo piramidal y el organigrama general de la entidad se encuentra en el Anexo A.

Las grandes inversiones que se vienen realizando en infraestructura y en sistemas de movilidad (mejoramiento del subsistema vial y de transporte) de Bogotá a través del IDU, son de vital importancia para ayudar a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos debido a que permiten mejorar la productividad y competitividad en la ciudad.

Adicionalmente, es importante resaltar que el sector de la construcción, es una de las actividades más dinámicas de la economía colombiana e influye directamente en el comportamiento del mercado laboral, expansión del comercio, mejorar la oferta de bienes

y servicios de la ciudad, y a su vez permite incrementar la productividad en otros sectores económicos (IDU Estudio Económico, 2017).

El IDU maneja un presupuesto anual de alrededor 2 billones de pesos, en el año 2020, por las reducciones debidas a la pandemia de COVID-19, quedó en de \$1.629.394.504.438, logrando una ejecución del 64% (IDU Informe de Gestión, 2020). La apropiación final de la institución a 31 de diciembre de 2021 fue \$2.232.323.642.796 (IDU Informe de Gestión, 2021). El histórico de los compromisos de vigencia de la entidad es el mostrado en la Figura 3.



Figura 3. Histórico presupuesto vigencia IDU. Fuente: (IDU Informe de Gestión, 2020)

Al comparar el presupuesto del IDU con el de otras entidades públicas en Colombia del sector de construcción, se observa que está dentro de las más grandes del país (Figura 4).

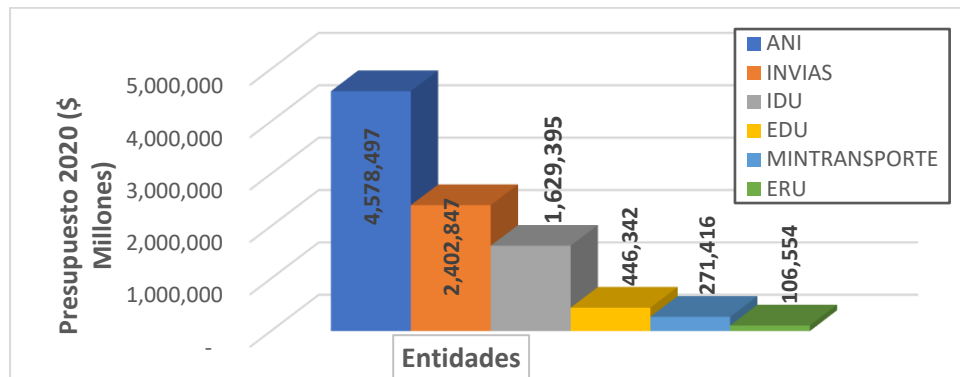


Figura 4. Comparación presupuestos entidades en Colombia. Fuente: Elaboración propia a partir de Informes de Gestión (*IDU Informe de Gestión, 2020*), (*Mintransporte Informe de Rendición de cuentas, 2021*), (*ERU Informe de Gestión y Resultados 2020, 2020*), (*EDU Informe de Gestión Sostenible 2021, 2021*).

Los proyectos desarrollados en el IDU se desarrollan a través de un ciclo de vida siguiendo el modelo de (Sapag, 2011) que se adapta con las fases de proyecto que se observan en la Figura 5.



Figura 5. Ciclo de vida proyectos IDU. Fuente: (IDU Maduración de proyectos, 2021)

De acuerdo con este ciclo de vida de los proyectos, la elaboración de los diseños para la construcción de las obras hace parte de la etapa 2. *Inversión* de los proyectos y se realiza en la fase denominada: *Diseños de Detalle o Fase III*.

En la entidad el desarrollo de los proyectos en esta fase del ciclo de vida se encuentra a cargo de la Dirección Técnica de Proyectos - DTP, que adicionalmente, está a cargo de las fases de preinversión de los proyectos. Para el cumplimiento de sus funciones la DTP cuenta con una estructura como la presentada en la Figura 6.

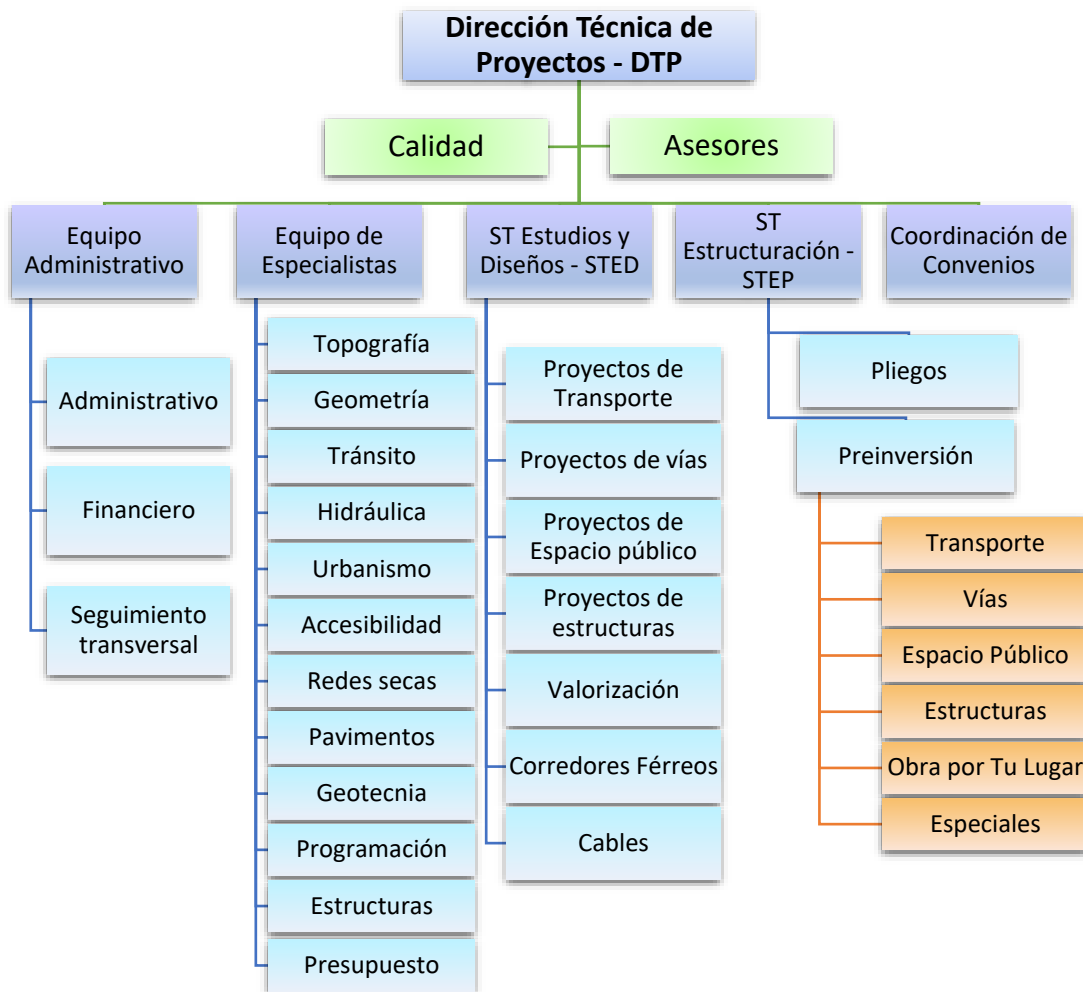


Figura 6. Organigrama DTP. Fuente: Elaboración propia a partir de información IDU

La DTP cuenta con 136 personas; sin embargo, del proceso de diseño no hacen parte las personas que se encuentran en la Subdirección Técnica de Estructuración de Proyectos – STEP, que ejecutan las fases de preinversión de los proyectos y la

estructuración de procesos de contratación. A julio de 2022, la DTP tenía a cargo 161 contratos de Estudios y Diseños que corresponden a aproximadamente 80 proyectos.

El flujo principal del procedimiento de Seguimiento, interventoría y supervisión de diseño de proyectos del IDU establecido en la entidad corresponde al presentado en la Figura 7.

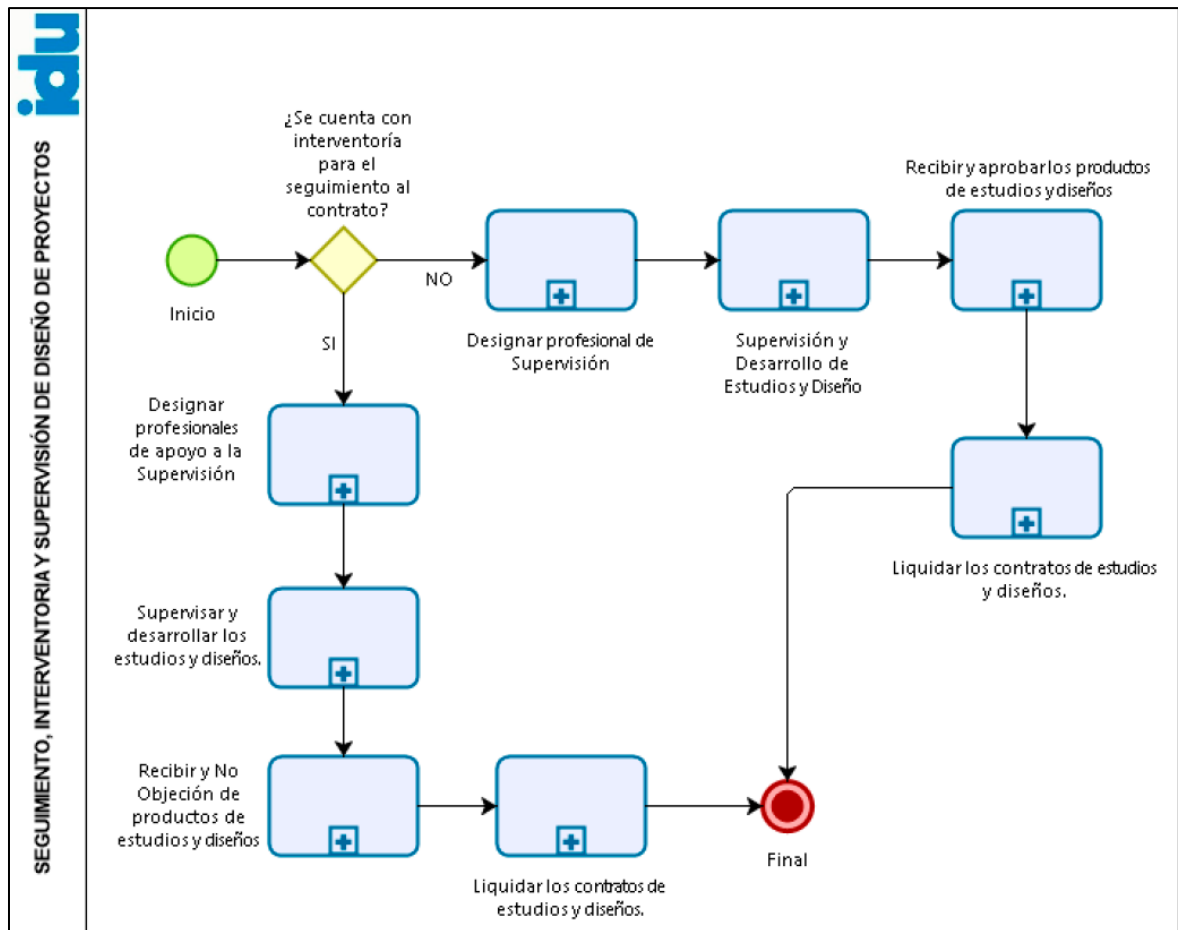


Figura 7. Procedimiento de diseño IDU. Fuente: (IDU Proceso de Diseño de Proyectos, 2019).

El procedimiento establecido para la fase de diseño de los proyectos es general y está enfocado al cumplimiento de normativas contractuales y legales.

El Instituto de Desarrollo Urbano ha iniciado su proceso de cambio para adaptar la metodología BIM en los proyectos que desarrolla y para esto suscribió el contrato

interadministrativo IDU-1344-2020, cuyo objeto correspondió a *“Realizar el diagnóstico y análisis de las condiciones actuales de los procesos de trabajo del IDU; la formulación de las estrategias y del modelo de implementación de las metodologías BIM (Building Information Modeling) y CIM (City Information Modeling) en los procesos de trabajo del IDU; y la definición y elaboración del soporte documental para hacer la transición a los procesos requeridos con las metodologías BIM y CIM en los procesos de trabajo del IDU”*, con la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín, líder en el sector público en implementación BIM, para realizar un diagnóstico de la entidad que permitiera la estructuración de la metodología BIM, a través de un plan de acción adaptado a las necesidades propias de la entidad. (IDU Boletín de prensa, 2020).

Desde entonces, se elaboró el Plan BIM IDU 2020/2023, se han elaborado protocolos para la implementación de la metodología y se seleccionaron tres proyectos en la entidad para iniciar una prueba piloto; sin embargo, no se ha actualizado el procedimiento de diseños, y no se ha implementado en la Dirección Técnica de Proyectos.

En el año 2021 se realizó el contrato interadministrativo IDU-1327-2021 cuyo objeto correspondió a *“Realizar la asesoría para la implementación y formulación de las estrategias de la metodología BIM en los proyectos estructurados en el Instituto de Desarrollo Urbano.”*, a través del cual, se continúan realizando asesorías en la implementación de 9 proyectos piloto, la propuesta de implementación BIM en el IDU y la actualización de la documentación del IDU a esta metodología. La adaptación de procesos y actualización de documentación continúa en desarrollo actualmente.

Marco de Referencia

Metodología BIM

La “Transformación digital es un cambio profundo que realiza una organización para adaptarse a los retos y aprovechar las oportunidades que genera la tecnología digital” (Gavilán, 2019), la cual, se ha acelerado a causa de la cuarta revolución industrial y con los cambios generados por la pandemia del COVID-19, que ha permitido que muchos trabajos se realicen de forma remota a través de herramientas digitales que día a día son más innovadoras.

En la industria de la construcción, la llegada de la cuarta revolución industrial genera grandes retos y oportunidades de transformación digital, como estandarizar procesos, disminuir costos, conservar la competitividad, ampliar el mercado, aumentar la productividad, garantizar la seguridad y entregar los proyectos a tiempo y dentro del presupuesto de los proyectos (Aconex - Limited, 2018).

Como herramienta de transformación digital y aprovechamiento de las nuevas tecnologías surge el BIM (Building Information Modeling), para el sector de la construcción, que “es un proceso colaborativo a través del cual se crea, comparte y usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción” (DNP, 2020); “es una red afiliada de políticas, procesos y tecnología, que desarrolla un método para la gestión esencial del diseño de edificios y la información del proyecto en forma digital durante el ciclo de vida del proyecto” (Samimpay y Saghatforoush, 2020); (Abanda et al. 2015) describen a BIM como una tecnología digital global con el potencial de revolucionar la industria de la construcción, que se promueve desde iniciativas gubernamentales para mejorar la eficiencia y calidad en la entrega de proyectos de construcción.

(Holzer, D., 2007) indica que BIM es una forma útil de aumentar la interoperabilidad e impulsar prácticas integradas en toda la industria de la arquitectura, ingeniería y la construcción. Se puede definir un modelo BIM como “una representación digital de la características físicas y funcionales de una edificación que sirve como una fuente compartida de información que genera una base confiable para la toma de decisiones durante el ciclo de vida de la edificación desde el principio en adelante.”, de acuerdo con (Vandezande et al., 2012).

Es por esto, que el BIM más allá del software es una metodología colaborativa, a través de un modelo digital único, en tiempo real, para la gestión de proyectos de construcción durante todo su ciclo de vida, que facilita la coordinación de interesados del proyecto y busca mejorar su eficiencia y calidad. Kaizen Arquitectura & ingeniería en la Figura 8 muestran al BIM en el centro del ciclo de los proyectos de construcción.

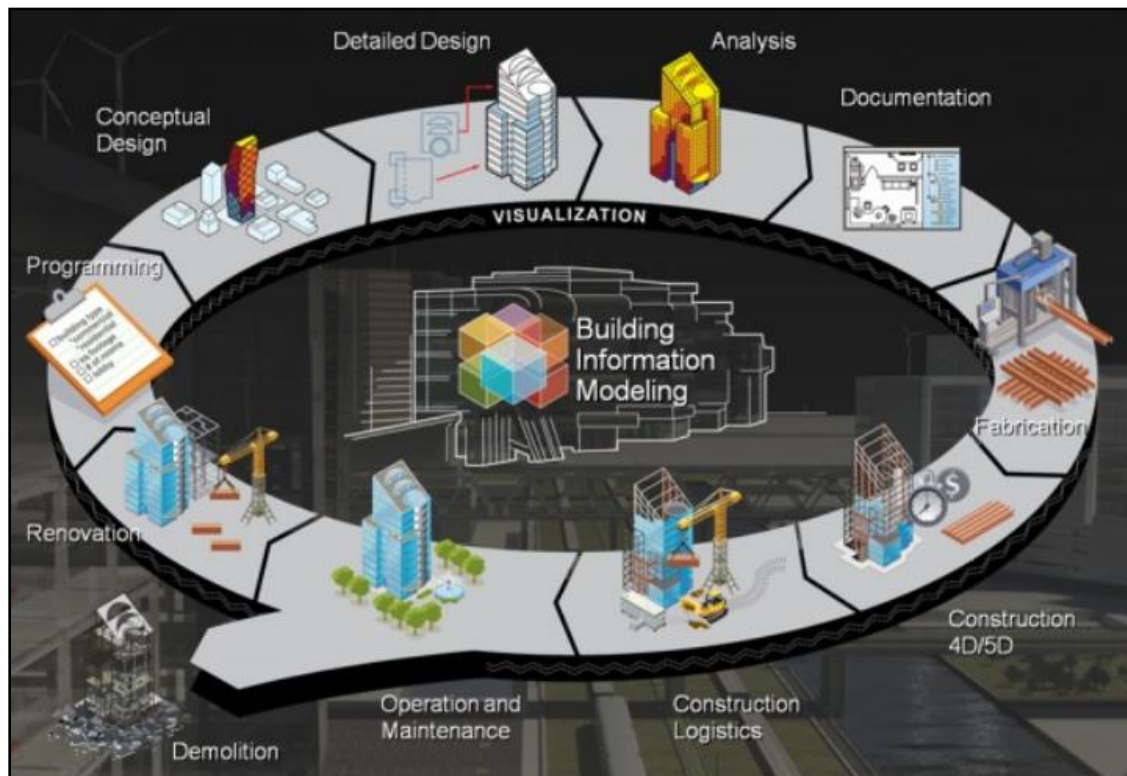


Figura 8. Ciclo de vida de proyecto con BIM. Fuente: (Kaizen-BIM, 2022).

Ventajas BIM

En los últimos años diversos estudios han mostrado las ventajas que puede tener la implementación BIM en el sector de la construcción.

La metodología BIM “es uno de los procesos más creativos que ayudan a la mejora continua en la industria de la construcción para lograr una mejor cooperación entre las diferentes secciones y garantizar la entrega exitosa del proyecto.” (Samimpay, R & Saghatforoush, E., 2020). “Se trata de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la manera en la que se ven los edificios, cómo estos funcionan y la manera en la que los mismos se construyen. Se podría pensar en la Revolución Industrial del siglo XXI en lo que a la industria de la construcción se refiere”. (Choclan, Soler, & Gonzalez, 2014)

Yin-Rui y otros, (Rui et al., 2021) indican que la metodología BIM es un catalizador para la productividad e innovación en la construcción, que ofrece soluciones para mejorar la gestión de proyectos de construcción, como la detección de conflictos a tiempo, la gestión de contratos de los diferentes interesados, la gestión de calidad, el control de costos y la gestión del cronograma de trabajo.

Dentro de las ventajas del BIM Doukari y otros (Doukari et al., 2022) concluyen que: “numerosos estudios muestran que 4D BIM ayuda a reducir los errores de planificación, promueve la colaboración entre las partes interesadas y ayuda a los equipos de proyectos a tomar decisiones efectivas”.

(Olawumi y Chan, 2019) mencionan en su estudio que la gestión de la información del proyecto con la implementación de la metodología BIM presenta ventajas relevantes como: (1) cumplimiento del cronograma de entrega del proyecto; (2) planificación y gestión de recursos; (3) facilitar la colaboración entre las partes interesadas clave; y (4) simulación y análisis en tiempo real del rendimiento del edificio, entre otros. Igualmente, indican que “el BIM al mejorar la gestión de la información con la representación gráfica,

dinámica y en tiempo real de los sistemas de construcción, se constituye en una metodología relevante en la industria de la construcción.”

Además de incorporar innovación y transformación digital, la metodología BIM busca aportar a la sostenibilidad en la construcción con un impacto positivo en el medio ambiente, pues esta industria genera 21 millones de toneladas de residuos, que gracias a BIM pueden reducirse (Cámara de Comercio de Medellín, 2020).

La comparación de las metodologías tradicionales con el BIM muestra que “la simulación 4D permite un 40% más de control en la programación y plazo de los proyectos y una efectividad 40% mayor en el proceso de actualización de datos que la planificación convencional.” (Garrido et al., 2018); adicionalmente, este estudio encuentra que en los proyectos de construcción tradicionales existe un alto porcentaje de problemas en la planeación de los proyectos generando pérdidas de tiempo e incremento de costos.

(Choclan, Soler, & Gonzalez, 2014) concluyen que: “es imprescindible la utilización de la metodología BIM en la fase más temprana del ciclo de vida, involucrando a todos los interesados, desde el cliente hasta el último subcontratista.”

(Fernández y Alarcon, 2020) al analizar un proyecto de edificación en Bogotá, indican que la utilización de BIM facilitó “integrar el trabajo de las empresas nacionales e internacionales que intervienen en el proyecto para garantizar una planeación eficiente durante todo el proceso constructivo”.

BIM como Modelado de Información para la Construcción inicia en la etapa de la planificación del proyecto de infraestructura, pasa por la fase de diseño, y posteriormente en la construcción, puesta en servicio y conservación. La gerencia de proyectos a lo largo del ciclo de vida genera una serie de esfuerzos y efectos mayores en las etapas iniciales,

pero a costos bajos, permitiendo la reducción de incertidumbres, realización de correcciones tempranas y la mejora de la gestión de los proyectos de infraestructura.

Por todo lo anterior, se puede concluir que la buena gestión de proyectos desde la gerencia BIM aumenta la productividad y mitiga los riesgos, considerando la gestión y control del cronograma, gestión y control de los costos y la gestión y control de los recursos.

Barreras en la implementación BIM

Si bien la metodología BIM incorpora muchos beneficios en los proyectos de infraestructura, teniendo en cuenta la inversión que debe realizarse para su implementación es necesario realizarla siguiendo una estrategia adecuada y una gestión de proyectos planeada que permita conseguir los logros esperados, de no ser así puede tener inconvenientes como lo indican (Alreshidi et al., 2017): “La industria de la construcción sufre problemas críticos con respecto a la adopción de BIM y la colaboración en equipo. El desarrollo de soluciones BIM colaborativas se han enfocado principalmente en las dimensiones técnicas, sin la debida consideración a los aspectos socio-organizativos, de proceso y legales.”

La principal barrera en la implementación BIM se encuentra en la resistencia al cambio y el miedo a iniciar los procesos de transformación digital, teniendo en cuenta, la larga trayectoria que tiene el desarrollo de proyectos en el sector de la construcción con metodologías tradicionales.

Para (Martin-Dorta, 2016) las principales 5 dificultades para la implementación BIM corresponden a las siguientes:

a) Inexistencia de normativa y estándares nacionales de aplicación. Teniendo en cuenta la necesidad de realizar proyectos interoperables se requieren lineamientos

normativos para toda la industria que faciliten la transmisión y reutilización de información. Si bien en Colombia, se ha iniciado este proceso hasta que no se realice la implementación en las entidades no se tendrán los lineamientos definidos.

b) Falta de personal calificado. A nivel local hasta ahora se está iniciando la preparación de los profesionales en este campo; la mayoría de las capacitaciones se encuentran en el exterior con altos costos.

c) Alto costo de las aplicaciones. La implementación BIM requiere una inversión considerable teniendo en cuenta la adquisición requerida en software, hardware, capacitación, almacenamiento y gestión de datos.

d) Compromiso de la alta dirección y organización. El cambio de metodología en el desarrollo de los proyectos necesita un fuerte apoyo por parte de los directivos, así como el conocimiento por parte de estos de la transformación que genera este cambio.

e) Temas legales. El trabajo en la nube requiere el adecuado manejo de la seguridad de la información que proteja las propiedades intelectuales de los diseñadores.

Las barreras de la implementación de la metodología BIM en Colombia, pueden ser similares a las encontradas en Malasia por (Memon et al., 2014), que consideran que corresponden a “la carencia de personal calificado para operar los softwares, el poco conocimiento de la tecnología y la falta de disponibilidad de bibliotecas paramétricas”.

Implementación BIM en los proyectos públicos

Teniendo en cuenta las ventajas demostradas en diferentes estudios del BIM y el auge de su implementación a través de mandatos a nivel mundial, desde el gobierno de Colombia se ha buscado crear políticas para la transformación digital de sus entidades con algunos CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social), como el 3975 - POLÍTICA NACIONAL PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL E INTELIGENCIA ARTIFICIAL, del Departamento Nacional de Planeación – DNP, de 2019, que tiene como

objetivo “potenciar la generación de valor social y económico en el país a través del uso estratégico de tecnologías digitales en el sector público y el sector privado, para impulsar la productividad y favorecer el bienestar de los ciudadanos...” (DNP CONPES 3975, 2019).

CAMACOL en el BIM FORUM COLOMBIA que “es la plataforma de articulación de actores y gestión del conocimiento, en torno a la digitalización del sector de la construcción, para el incremento de la productividad en las empresas y de la competitividad de la actividad edificadora en Colombia.” (BIM_FORUM_COLOMBIA, 2022) ha creado desde su plataforma una serie de guías con los lineamientos requeridos para la adopción de BIM en las organizaciones en Colombia. En el encuentro BIM COLOMBIA de noviembre del año 2020, el DNP indicó que la implementación será progresiva y para el 2026 se espera que el 100% de los proyectos de construcción públicos incorporen BIM y quede establecido el Mandato BIM a nivel nacional. (Bahamón, 2020).

En concordancia con las políticas nacionales el Instituto de Desarrollo Urbano ha iniciado su proceso de cambio para adaptar la metodología BIM en los proyectos que desarrolla y para esto suscribió los contratos interadministrativos IDU-1344-2020 e IDU1327-2021, con la Empresa de Desarrollo Urbano de Medellín, para iniciar este proceso.

Lograr la transformación digital en las entidades implica, la definición de lineamientos claros que permitan la implementación de la metodología BIM, bajo estándares de interoperabilidad, mediante el manejo de datos abiertos que estén enfocados a lograr Smart Cities. Actualmente, se denomina CIM – City Information Modeling al “modelo inteligente de la ciudad, similar al modelo desarrollado para edificación e infraestructuras, que contenga información detallada sobre las entidades en el modelo y las relaciones

entre ellas” (CAMACOL - BIM Forum Colombia, 2020), lo que requiere una coordinación entre entidades para lograr unos lineamientos comunes en las obras públicas que generen la interoperabilidad de la información requerida en BIM.

Es por esto por lo que, a nivel mundial se vienen estableciendo los mandatos BIM, que corresponden a “un conjunto de políticas gubernamentales aplicadas que dictan que BIM es una necesidad para los proyectos de contratación pública. La aplicación de un mandato BIM suele ser el último paso en la estrategia y el plan BIM de un país.” (Chase, S., 2021)

De acuerdo con (Porwal y Hewage, 2013) “se necesita un enfoque diferente para el desarrollo colaborativo de BIM en entornos de contratación pública donde el propietario está obligado a trabajar con marcos legales y de procedimiento. Las organizaciones deben encontrar formas de incorporar mejor los procesos y protocolos definidos existentes en las diferentes fases de sus proyectos”.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el Marco de la Transformación Digital para el Estado Colombiano concluye que: “la transformación digital implica un proceso de cambio institucional en las entidades públicas para adecuar su estrategia para asumir los retos de la cuarta revolución industrial, involucrando no solo posibles cambios tecnológicos, sino también, la adecuación de los procesos y su cultura, todo esto para facilitar, entre otros propósitos y objetivos, eficacia y eficiencia del Estado, facilitar la interacción con la ciudadanía, e incrementar el uso de tecnologías actuales y emergentes para la generación de valor público” (MINTIC, 2020).

Gestión de Proyectos

El PMBOK define la gestión de proyectos como la “aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades de los proyectos para cumplir con los

requisitos de este. La gestión de proyectos se refiere a orientar el trabajo del proyecto para entregar los resultados previstos.” (PMI, 2021).

Para la Norma ISO 21500, la gestión de proyectos es la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y competencias a un proyecto y se realiza a través de procesos que están alineados a una visión sistémica (ISO 21500, 2012).

Para el PM² “la Gestión de Proyectos puede ser descrita como el conjunto de actividades de planificación, organización, obtención, supervisión y gestión de los recursos y el trabajo necesarios para alcanzar las metas y objetivos específicos de los proyectos de manera eficaz y eficiente” (CoEPM², 2021).

Si bien, se mencionan las definiciones de gestión de proyectos desde algunos de los estándares reconocidos y que son implementados en diferentes entidades públicas a nivel mundial, en Colombia las entidades utilizan “métodos tradicionales, predictivos o en cascada, caracterizados por la programación como eje transversal a las fases de planificación, formulación, ejecución, seguimiento y evaluación, que integran el componente estratégico de Marco Lógico” definido por el DNP (Villegas, L. & Pérez, C. & Portilla, W., 2022).

Es el caso del Instituto de Desarrollo Urbano que, si bien cuenta con certificaciones de calidad en diferentes aspectos y el cumplimiento del modelo integrado de planeación y gestión del estado, no tiene definido e implementado un estándar de gestión de proyectos.

Para verificar la existencia de condiciones mínimas requeridas que una organización debe tener en la gestión de proyectos existen varios estándares que miden lo que se denomina la “madurez en la gestión de proyectos.”

“Los modelos de madurez en administración de proyectos pueden ser utilizados para dar soporte a las empresas que realizan planeamiento estratégico y que buscan

excelencia en su administración, los mismos permiten alcanzar madurez y excelencia en un período razonable de tiempo.” (Kerzner, 2019).

“Los modelos de madurez presentan posibilidades de orden conceptual extraordinarias, reflejadas en la idea de acercarse a un proceso de mejoramiento en la gestión de proyectos ordenado, referenciado, evaluable y controlable.” (Motoa y Solarte, 2005).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los modelos de madurez de gestión de proyectos más utilizados en el sector.

Tabla 1. Principales modelos de madurez de gestión de proyectos.

Acrónimo	Modelo	Características
OPM3®	Organizational Project Management Maturity Model - Project Management Institute (PMI)	Marco de referencia conceptual que define niveles de madurez en ciertas áreas de interés del PMBOK y mejores prácticas ampliamente aceptadas y probadas en la gestión de proyectos. Aplicable en tres niveles: <ol style="list-style-type: none"> 1. Proyectos 2. Programas 3. Portafolios Definido en 4 niveles: <ol style="list-style-type: none"> 1. Estandarizado 2. Medible 3. Control 4. Mejora continua
PMMM	Project Management Maturity Model – International Institute for learning (IIL). Harold Kerzner	Compuesto por cinco niveles que representan el grado de madurez en gestión de proyectos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Conocimiento básico. 2. Definición de procesos. 3. Control de procesos 4. Mejora de procesos. 5. Mejoramiento continuo.

Acrónimo	Modelo	Características
CMM	Capability Maturity Model - Modelo de Madurez de Capacidades – CMMI Institute	Permite identificar las mejores prácticas de la madurez de procesos. Mide capacidades y define 5 niveles: <ol style="list-style-type: none"> 1. Básico, inicial 2. Administración de proyectos estandarizada 3. Métodos y técnicas estándar 4. Desempeño estandarizado 5. Optimizado, mejora continua.
CP3M©	Modelo de Madurez Colombiano en Gestión de Proyectos – Universidad del Valle, Colombia	Valora la madurez de la organización en dos orientaciones: comprensión de la empresa y valoración de estándares. Define 5 niveles: <ol style="list-style-type: none"> 1. Inconsistencia 2. Planeación y control 3. Integración 4. Alineación estratégica 5. Innovación y optimización.

Fuente: Elaboración propia a partir de (PMI - Project Management Institute, 2017), (Kerzner, 2019), (Morales-Fernández et al., 2014), (Motoa y Solarte, 2005) y (Calderón y Caro, 2020).

Propuesta metodológica

“Una metodología es un conjunto de directrices o principios que se pueden adaptar y aplicar a una situación específica en un proyecto, estas pautas pueden ser una lista de cosas que hacer. Una metodología también podría ser un enfoque específico, plantillas, formularios e incluso listas de verificación utilizadas durante el ciclo de vida del proyecto.” (Charvat, 2003).

Teniendo en cuenta definiciones de diferentes estudios (Chin et al., 2012) definen la metodología de gestión de proyectos como la doctrina sobre la organización que incluye las actividades indicadas en la Figura 9.




Figura 9. Actividades de la metodología de gestión de proyectos. Fuente: Adaptación de (Chin et al., 2012).

Gestión de proyectos de infraestructura en fase de diseños con BIM

Teniendo en cuenta que el BIM tiene como origen la evolución de la tecnología y la conversión de la elaboración de planos en 2D a modelos en 3D para la construcción de obras, inicialmente, el mayor impulso para su utilización se dio por los fabricantes de software interesados en la venta de estos desarrollos y existe amplia información al respecto.

Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, BIM es mucho más que un software, ya que, la utilización de esta tecnología requiere una transformación en la gestión de proyectos tradicional utilizada en la industria de la construcción que permita transformar las organizaciones para el aprovechamiento de estas herramientas.

En Colombia, el mayor desarrollo de lineamientos se ha venido dando a través de CAMACOL y el BIM Forum Colombia, en la que se han agrupado empresas interesadas en el tema, generando documentos técnicos con lineamientos para la implementación

BIM. Dentro de los documentos desarrollados por BIM Forum Colombia se encuentra una propuesta metodológica para proyectos de infraestructura vial en Colombia basado en la ISO 19650-2:2018 a partir de las etapas de maduración de un proyecto. En la  se encuentra el origen de la referencia. se presenta el flujo recomendado para BIM en el Diseño de infraestructura vial.

1. Programación BIM	<ul style="list-style-type: none">•Planeación alcance y objetivos•Recopilación y análisis de la información•Planeación flujo de trabajo
2. Diseño Conceptual BIM	<ul style="list-style-type: none">•Alternativas a nivel conceptual•Evaluación técnica inicial
3. Diseño de detalle BIM	<ul style="list-style-type: none">•Estudios con información primaria recolectada en campo•Selección mejor alternativa•Diseño geometría y espacio público en software BIM
4. Diseño Conceptual BIM	<ul style="list-style-type: none">•Con el diseño definitivo realizar comprobaciones de:•normativa técnica, análisis gráfico y espacial de interferencias•Cantidades de obra•Diagramas de masas•Análisis hidráulico
5. Documentación BIM	<ul style="list-style-type: none">•Extracción de reportes de diseño geométrico•Planos planta y perfil•Reportes de cantidades de obra
6. Mediciones/Determinación de presupuestos	<ul style="list-style-type: none">•Estimación de cantidades para cada fase del proyecto•Gestionar y controlar el costo y cantidades en todas las fases del proyecto
7. Planificación y simulación 4D BIM	<ul style="list-style-type: none">•Elaboración cronograma ejecución del proyecto•Simulación cronológica de la construcción del proyecto
8. Gestión Obra BIM Vial	<ul style="list-style-type: none">•Seguimiento de obra
9. Flujo de trabajo para simulación del modelo BIM	<ul style="list-style-type: none">•Modelo espacial avanzado BIM

Figura 10. Flujo BIM en el diseño de infraestructura vial. Fuente: Adaptación (CAMACOL - BIM Forum Colombia, 2020).

“De acuerdo con la revisión de la literatura, para maximizar los beneficios de BIM, es importante usarlo al comienzo de la fase de diseño” (Samimpay y Saghatforoush, 2020); lo que implica una adecuada implementación para esta fase del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura.

Para la gobernanza de los proyectos se requiere la definición de perfiles o roles BIM del equipo de trabajo que tienen definidos las responsabilidades dentro de los procesos de revisión y auditoría de la metodología BIM, en la Figura 11, se presentan los roles BIM propuestos para el proceso de infraestructura.

Roles BIM	Proyectos Grandes	Proyectos Pequeños
BIM Manager		●
Director BIM	●	
Gestor BIM	●	
Coordinador BIM	●	●
Especialista BIM	●	
Revisor BIM	●	●
Analista BIM	●	○
Modelador BIM	●	●
Apoyo BIM	●	○
Auditor BIM	●	○

● Recomendado
 ○ Opcional

Figura 11. Roles en proyectos de infraestructura vial. Fuente: (CAMACOL - BIM Forum Colombia, 2020)

Igualmente, esta guía define los usos BIM, que corresponden a los “métodos de aplicación BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos” (CORFO, 2022), aplicables en los proyectos de infraestructura que se presentan en la Figura 12.

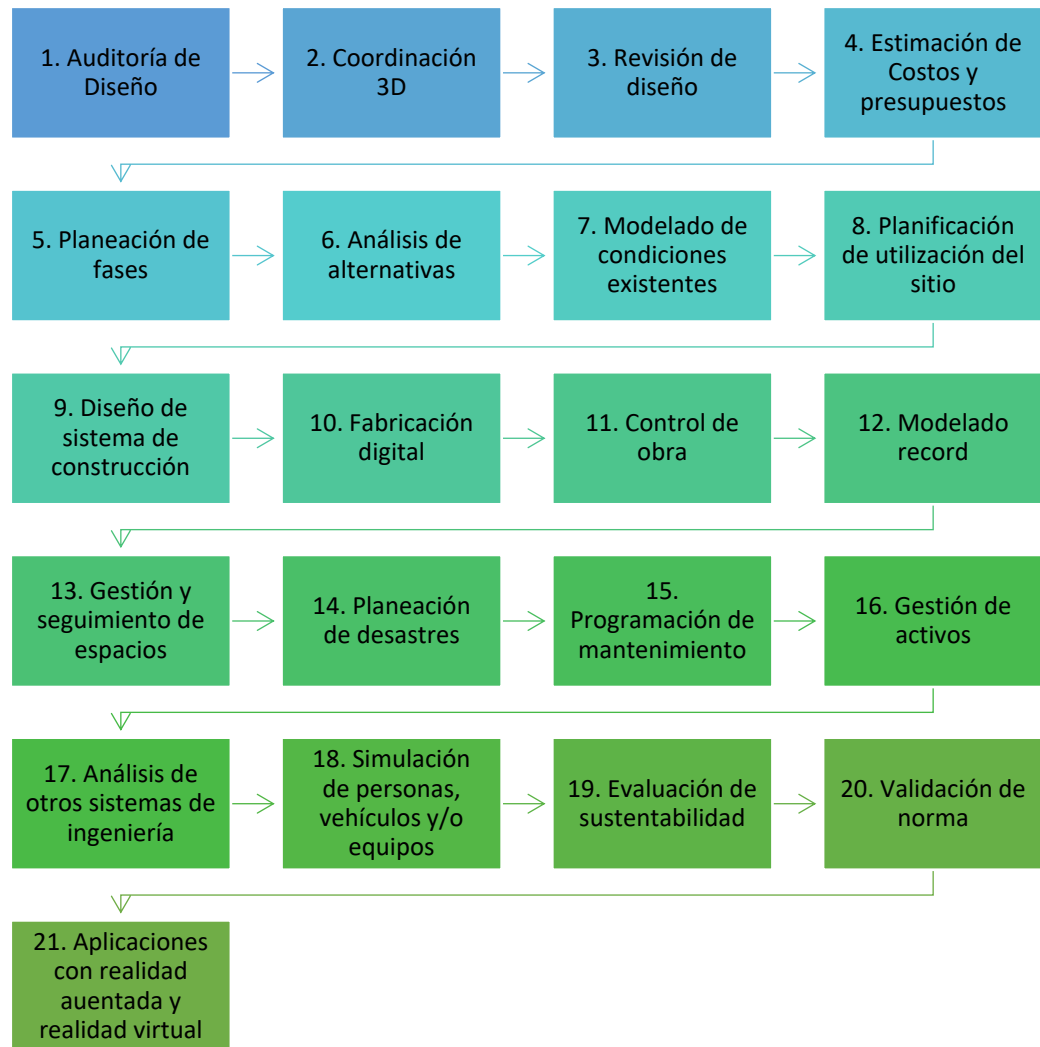


Figura 12. Usos BIM para infraestructura. Fuente: (CAMACOL - BIM Forum Colombia, 2020).

De los 17 usos BIM propuestos, del 1 al 7 son aplicables a la fase de diseño de proyectos, al igual que los usos de análisis correspondientes a los del 17 al 21; los otros son aplicables a las fases de construcción y operación.

“Con la mayor adopción de BIM, se han desarrollado numerosos modelos de madurez BIM (MM) para respaldar el diseño mejorado y medir las estrategias de transformación empresarial hacia una implementación BIM completamente madura” (Rashidian et al., 2022). En el estudio de (Alankarage et al., 2022) encuentran en la literatura 26 modelos de madurez BIM, siendo el más mencionado el National Interactive Capability Maturity Model (NBIMS), correspondiente al modelo estadounidense publicado por la National Institute of Building Science; seguido por los modelos BIM Quick Scan (IBMQS) y BIM Maturity Matrix.

De acuerdo con (Hoyos, 2019) los temas más comunes que los diferentes modelos de madurez abordan en su evaluación corresponden a: 1. Procesos, 2. Tecnología, 3. Organización/empresa 4. Personas y 5. Estándares. Uno de los modelos más conocidos corresponde al presentado por Mark Bew y Mervin Richards que tiene cuatro niveles de madurez y se basa en datos, estándares y procesos (Rodríguez, 2020), presentado en la Figura 13.

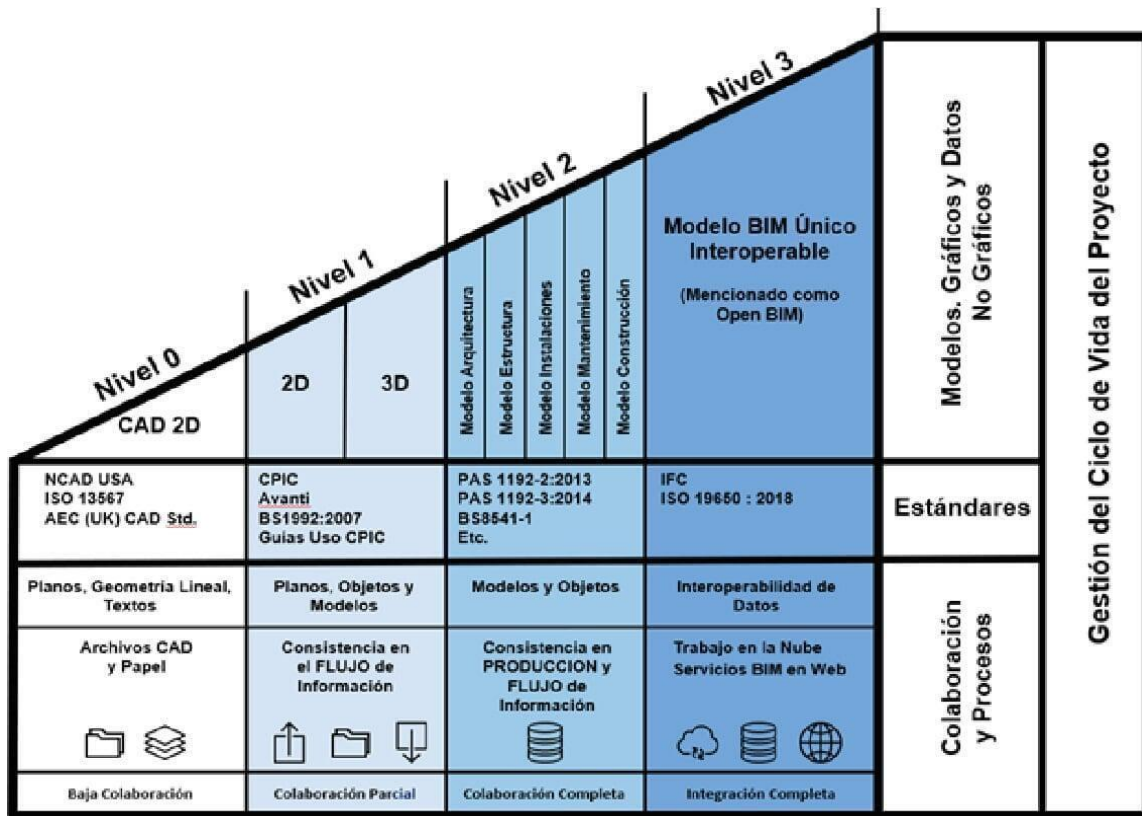


Figura 13. Modelo de Madurez BIM británico. Fuente: (Rodríguez, A., 2020)

Norma ISO 19650

Uno de los estándares más conocidos en la gestión de proyectos con BIM es la Norma ISO 19650, denominada: Organización y digitalización de información sobre construcción – Gestión de la información usando BIM, que “es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación (BIM o Building Information Modelling)” (BlmManagement, 2021). Esta norma “se desarrolló sobre la base de la probada norma británica BS 1192 y la especificación PAS 1192-2” (Manríquez, 2019).

Esta norma tiene actualmente seis partes:

- ISO 19650-1:2018 corresponde a los conceptos y principios
- ISO 19650-2:2018 Fase de desarrollo de los activos
- ISO 19650-3:2020 Fase operativa de los activos

- ISO 19650-4:2022 Intercambio de información
- ISO 19650-5:2020 Enfoque de la seguridad para la gestión de la información
- ISO 19650-6:2022 Salud y seguridad (En desarrollo) (ISO - International Organization for Standardization, 2022)

Esta norma es aplicable a todo tipo de proyectos de construcción de cualquier escala y complejidad y para todo el ciclo de vida del proyecto incluida la planificación estratégica, el prediseño inicial, la ingeniería de valor, el diseño de detalle, la documentación y la construcción, la operación diaria, el mantenimiento, la rehabilitación, la reparación y el final de la vida útil (ISO - International Organization for Standardization, 2022).

Las fases incluidas en la norma corresponden a la fase de desarrollo (PIM), en la cual se inicia el proyecto desde que nace la idea hasta que se construye y se entrega a su administrador, en esta fase estaría la etapa de diseño de los proyectos, y una segunda fase denominada fase de operación (AIM) en la cual se utiliza el activo (obra), se opera y se mantiene. Todos los stakeholders (interesados) del proyecto la norma los clasifica en tres: parte contratante – appointed (organización o dueño), parte contratada principal - appointing (contratista ejecutor del proyecto) y partes contratadas – appointment (subcontratistas del proyecto). En la Figura 14 se presenta la relación entre las partes y las fases.

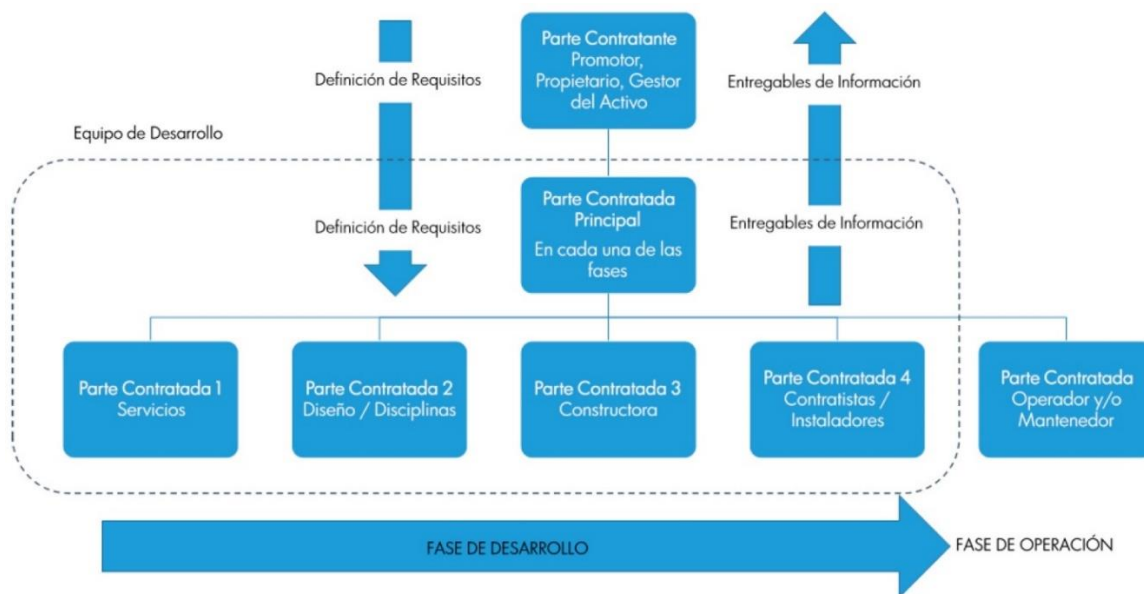


Figura 14. Relación entre fases e interesados del proyecto. Fuente: (BuildingSmart Spain, 2019).

La estructura de la norma se resume en el Anexo B, en el cual se identifican las principales características. Adicionalmente, en el Anexo C se presenta el diagrama de subactividades de la fase de desarrollo propuestas en la norma ISO 19650-2:2018, que son aplicables en la fase de diseño de proyectos de infraestructura.

Lecciones y reflexiones del capítulo

Así las cosas, y como reflexión al marco de referencia esta investigación se ha apoyado en material bibliográfico de libros estudiados durante las asignaturas de la maestría, tesis de grado, artículos publicados en bases de datos como Scopus y EBSCO e información de internet, para incluir definiciones BIM, ventajas de esta metodología, barreras en su desarrollo en organizaciones y los avances de la implementación en proyectos públicos en Colombia.

De acuerdo con la investigación, la metodología BIM se considera una nueva transformación digital en el sector de la construcción que puede ayudar a la reactivación de la economía del país, generada por la pandemia COVID-19, gracias a las ventajas

competitivas que genera en las organizaciones al mejorar la gestión de información, de comunicaciones, control de programación y presupuestos permitiendo el cumplimiento del alcance, costo y tiempo en los proyectos.

Esta metodología genera grandes retos para los líderes de los proyectos que deben romper los paradigmas de las metodologías tradicionales y lograr superar las barreras que impiden la implementación de la metodología BIM en el medio.

Adicionalmente, se revisaron conceptos generales de buenas prácticas en gestión de proyectos, en modelos de madurez de gestión de proyectos y de madurez BIM en las organizaciones que permiten realizar el diagnóstico de la entidad en estudio y plantear la propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo el enfoque BIM en el IDU.

Finalmente, se realiza una introducción a la gestión de proyectos con la metodología BIM para proyectos de infraestructura, a partir de los lineamientos dados en Colombia por CAMACOL a través BIM Forum Colombia y se revisa la norma ISO 19650 que estandariza a nivel mundial las actividades de gestión de información en proyectos desarrollados con BIM.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que se logra elaborar un marco conceptual sobre la gestión de proyectos bajo un enfoque BIM para proyectos de infraestructura en la fase de diseño.

Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

La investigación realizada tiene un enfoque cualitativo, en el cual utiliza la recolección y análisis de datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevos interrogantes en el proceso de interpretación (Hernández S. F. C., 2014); desarrollado

inicialmente a través de entrevistas semi estructuradas; posteriormente, se aplican encuestas a quienes hacen parte del proceso de diseños en el IDU, y aplicando estadística descriptiva se busca obtener el diagnóstico de la gestión de proyectos para la fase de diseños en el IDU. Finalmente, se realizan entrevistas a profundidad para corroborar el diagnóstico realizado y revelar nuevas interrogantes en el proceso de investigación.

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.”

Metodología

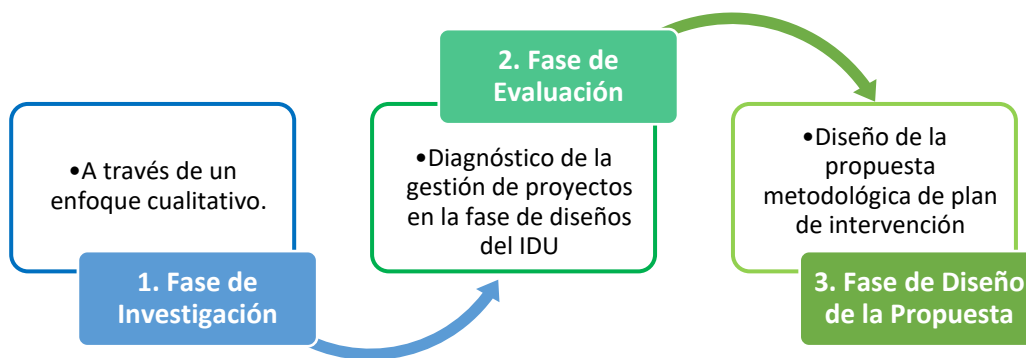


Figura 15. Fases de la metodología de investigación. Fuente: Elaboración propia a partir de (Kerzner, 2005).

De acuerdo con lo indicado en la metodología de investigación de Harold Kerzner (Kerzner, 2005) se pueden establecer las fases de trabajo que se presentan en la Figura 15.

a) Fase de investigación

En el marco de referencia se desarrolla la perspectiva teórica y conceptual a través de una revisión documental, inicialmente con metodología Desk Research, utilizando

buscadores de bibliotecas académicas, artículos científicos, fuentes gubernamentales, organizaciones y fuentes de portales públicos que nos permitan recolectar datos cualitativos sobre las diferentes variables.

b) Fase de Evaluación

Para el diagnóstico de la gestión de proyectos en la fase de diseños en el IDU, se realizan inicialmente entrevistas a diferentes colaboradores del proceso de diseño, que permitan entender la metodología de gestión de proyectos actual y afinar las preguntas de investigación para posteriormente utilizar un instrumento tipo encuesta dirigida a colaboradores, con un enfoque cualitativo de la investigación, que ayude a identificar cómo se viene desarrollando el proceso de diseño, la gestión de proyectos en el IDU y las debilidades y fortalezas existentes en la empresa.

Para la evaluación del estado de transformación digital en el IDU y la implementación de la metodología BIM se realiza la revisión de la información institucional y preguntas a los trabajadores que permita su validación a través de modelos de madurez de la gestión de proyectos.

c) Fase de Diseño de la Propuesta

A partir del diagnóstico se diseña la propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque BIM en el IDU.

Población

La población para el desarrollo de la investigación es de 136 personas que corresponden a los colaboradores de la Dirección Técnica de Proyectos y la Subdirección Técnica de Estudios y Diseños, que hacen parte del proceso de diseño de los proyectos del Instituto de Desarrollo Urbano.

Muestra

La muestra de la investigación para las encuestas calculada corresponde a 69 personas siguiendo la metodología para una población finita descrita en (Aguilar-Barojas, 2005):

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N - 1) + Z^2pq} = 69$$

Muestra calculada para un nivel de confianza (Z) del 95%, una precisión absoluta del 95 % (d), proporción aproximada del fenómeno de estudio de 0.9 (p), proporción de referencia que no representa el fenómeno en estudio de 0.1 (q), y un tamaño de la población de 136 (N).

Si bien se realizó este cálculo de muestra deseado para la investigación con enfoque cuantitativo, se consiguió que 78 personas del proceso de diseños respondieran la encuesta.

Variables

Las variables de estudio a las que se limita la investigación descriptiva se identifican a partir de los objetivos del proyecto y se relacionan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 2. Variables de investigación.

Variable	Preguntas a investigar	Fuente
Propuesta metodológica	¿Cómo realizar una propuesta metodológica para la gestión de proyectos?	Revisión documental
Gestión de Proyectos	¿Qué marcos de referencia de gestión de proyectos son aplicables a los proyectos que desarrolla el IDU? ¿Cómo se realiza la gestión de proyectos en el IDU?	Revisión documental Encuestas Entrevistas

Variable	Preguntas a investigar	Fuente
	<p>¿Qué fortalezas tiene la gestión de proyectos realizada en el IDU en la fase de diseños?</p> <p>¿Qué debilidades tiene la gestión de proyectos realizada en el IDU en la fase de diseños?</p>	
Fase de diseño de proyectos de infraestructura	¿Cómo se realiza la fase de diseños de proyectos en el IDU?	Revisión documental Encuestas Entrevistas
Metodología BIM	<p>¿Qué es la Metodología BIM?</p> <p>¿Qué se ha adelantado en el IDU para implementar la metodología BIM?</p> <p>¿Cuál es la hoja de ruta para implementación de la metodología BIM en la fase de diseño de proyectos del IDU?</p>	Revisión documental Encuestas Entrevistas

Fuente: Elaboración propia 2022.

Encuesta

De acuerdo con los requerimientos para esta propuesta metodológica se determinó utilizar una encuesta de tipo descriptiva cuya forma de investigación será cualitativa, que busca detallar la condición actual que tiene la organización ante el uso de la metodología BIM en la gestión de proyectos. La forma de aplicación y distribución será de tipo Online, que facilita el envío a mayor cantidad de personas y permite a los encuestados disponer del tiempo y espacio adecuado para responderla, son menos costosas y los datos pueden recogerse y analizarse rápidamente (QuestionPro, 2021).

Esta encuesta fue elaborada a través de la plataforma Google y se remitió a los encuestados por medio de correo electrónico para que se diligenciara online con

preguntas de tipo cerrado usando opciones de respuesta de escala Likert, definidas a continuación:

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

La ficha técnica de la encuesta se presenta en el Anexo F. Ficha Técnica Encuesta.

Entrevistas

Para el desarrollo de la investigación se realizaron entrevistas de profundidad al personal de trabajadores del proceso de diseño del IDU, para esta actividad se desarrolló un guion de entrevista con la lista de tópicos principales a tratar y las preguntas a formular.

De acuerdo con lo anterior, se determinó utilizar entrevistas semiestructuradas y abiertas para permitir conocer todos los puntos de vista de los entrevistados de acuerdo con el tiempo que cada uno podía atenderlos. En estas encuestas se buscó conocer a fondo los siguientes tópicos: Forma como se desarrolla el proceso de diseño en el IDU, la metodología de gestión de proyectos que se sigue, la planeación que se realiza, la ejecución del proceso, el seguimiento, interacción con interesados, manejo de la información y de las comunicaciones, control de cambios, sus expectativas con la implementación de la metodología BIM y sus apreciaciones de problemas existentes y recomendaciones de mejora.

Una vez determinado el guion y el instrumento (entrevistas virtuales por video conferencia) para realizar las encuestas, se definió la muestra representativa de la población a la que se aplicaría, los cuales estarían conformados por profesionales con los roles de: 1) apoyo principal a la supervisión, que realizan actividades de gerencia de proyectos; 2) especialista de apoyo a la supervisión, quienes realizan diseños y

seguimientos a los diseños ejecutados por terceros, y 3) directivo del proceso de diseños y líder de la implementación BIM en el IDU. En la selección de los entrevistados, también se optó por tener una persona que llevara más de 10 años en la entidad y alguien que llevara menos de dos años para tener diferentes puntos de vista.

Inicialmente, se realizan encuestas a 7 profesionales para determinar el diagnóstico organizacional y la gestión de proyectos en la fase de diseños de la Dirección Técnica de Proyectos del IDU. Posteriormente, cuando se contaba con el análisis de la información se realizó una entrevista de profundidad al coordinador general de implementación BIM en la entidad que permitiera validar y complementar el diagnóstico realizado.

La ficha técnica de las entrevistas realizadas se presenta en el Anexo G. Ficha Técnica Entrevista.

Metodología del diagnóstico a la Gestión de Proyectos

Para complementar la evaluación de la organización se evaluó el modelo de madurez de la gestión de proyectos y de la implementación BIM, a través de la revisión y análisis de la investigación bibliográfica de los documentos de la entidad y los estudios de implementación BIM realizados en el IDU desde el año 2020, cuyos resultados son complementados y comparados con la aplicación de la herramienta del Lic. Manuel Álvarez Cervantes MAP, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, denominado “Ejercicio Demostrativo de Diagnóstico de Madurez Organizacional en Gestión de Proyectos”, utilizado por (Montero et al., 2019), que evalúa el nivel de madurez organizacional en gestión de proyectos en 64 preguntas sobre Madurez, Metodología, Herramientas, Competencia, Portafolio, Programas y Multiproyectos y PMO.

Esta herramienta permite tener un diagnóstico general de la organización y su sencillez facilita la aplicación para conocer la madurez de la gestión de proyectos de la entidad.

Para determinar el nivel de madurez BIM en la organización se utiliza la herramienta presentada por Juan Manuel Hoyos, en su trabajo Medición de la Madurez BIM en Empresas, (Hoyos, 2019) de la empresa Ingeniería Asistida por Computador S.A.S, que permite evaluar fácilmente el nivel de madurez BIM en una organización a través de aspectos como: procesos, tecnología, organización, personas y estándares.

Para responder los cuestionarios de los modelos de madurez, tanto de gestión de proyectos, como de metodología BIM, se trabajó con las mismas personas que fueron entrevistadas.

Con los modelos de madurez se obtienen resultados a nivel de organización; sin embargo, para lograr la evaluación en la fase de diseño de proyectos, objeto del presente estudio, se realiza el diagnóstico del proceso que se viene desarrollando en la entidad para la fase de diseño de las obras, a partir de los resultados de las encuestas y entrevistas elaboradas.

Diagnóstico Organizacional

Madurez Organizacional en Gestión de Proyectos

Con la aplicación del modelo del licenciado Álvarez se obtiene un resultado medio alto en la evaluación de la gestión de proyectos en el IDU, en la Figura 16 se presenta el resultado del modelo madurez organizacional obtenido:

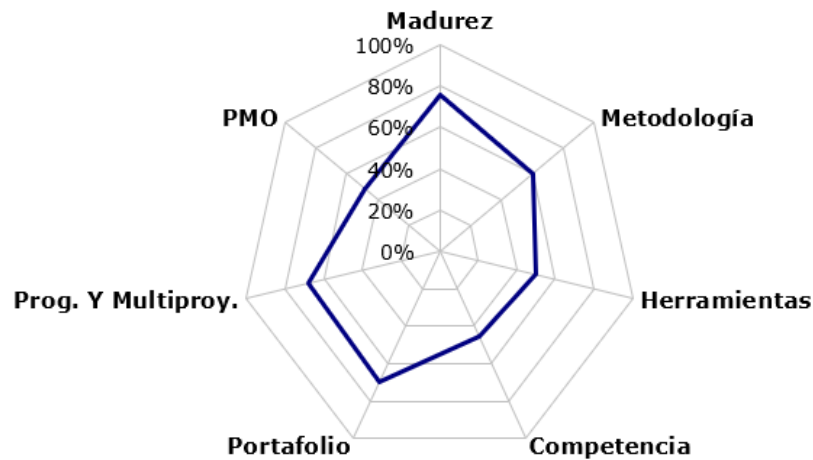


Figura 16. Madurez organizacional en gestión de proyectos. Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de Álvarez, Manuel (*Montero et al., 2019*).

El resultado del grado de **madurez** en gestión de proyectos se obtiene en un nivel alto, casi del 80%, dado que es una empresa consolidada en el sector que lleva tiempo desarrollando proyectos con metodologías tradicionales y cuenta con una estructura sólida, con procesos, procedimientos y estándares establecidos e implementados.

La **metodología** de dirección de proyectos puede mejorarse, ya que se obtuvo un nivel de madurez del 60%, teniendo en cuenta que no está estandarizada en todas las áreas y existen posibilidades de mejora en la planificación de proyecto, incorporación de indicadores de desempeño (KPIs) y con la implementación de un proceso para la recolección y registro de lecciones aprendidas. La **madurez** de herramientas en la dirección de proyectos tuvo un resultado del 50%, ya que, aunque existen herramientas

como el Excel, Word, Power Point, Project y herramientas en línea de Google, no hay herramientas para la gestión de programas y portafolios que ayuden en la gestión de dirección de proyectos. Adicionalmente, se adquirieron softwares para el uso de la metodología BIM, pero esta no se ha implementado en toda la organización, y el acceso aún es bastante limitado.

La **competencia** en dirección de proyectos es el resultado más bajo obtenido correspondiente al 45,7% debido a que no existe un proceso claro para el desarrollo de la gestión por **competencias** en el talento humano y únicamente se realizan actividades aisladas para los interesados (directivos y personal de planta). Para las capacitaciones la entidad tiene limitaciones presupuestales, ya que, solo puede ser realizada a los empleados públicos; sin embargo, la mayor parte del personal se encuentra contratado por prestación de servicios.

La madurez para la dirección de **portafolio**, programas y multiproyectos obtuvo un resultado de 70% y 68%, respectivamente. Puede mejorarse con la implementación de métricas de indicadores de desempeño, lecciones aprendidas y creación de modelos de priorización de proyectos que lleven a la gestión de portafolios, **programas y multiproyectos con éxito.**

El resultado de madurez de la Oficina de Dirección de Proyectos **PMO** es uno de los más bajos, correspondiente al 48%, porque no existe esta oficina; algunas de sus funciones se vienen desarrollando desde la Oficina de Planeación de la Entidad, pero requiere una actualización para cumplir con todas requerimientos que debe tener una PMO.

Nivel de madurez organizacional en BIM

En el IDU se iniciaron los diagnósticos y procesos para la implementación de la metodología BIM en el año 2020, originalmente se identificaron las necesidades de

requerimientos para esta implementación y hasta el presente año (2022) se iniciaron las compras de softwares; sin embargo, actualmente se continúa con la actualización de los procedimientos, documentos, guías y estandarización de requisitos que permitan una total implementación.

Los proyectos piloto que se han iniciado se están realizando a través de contratistas externos que ya cuentan con esta experiencia, sin que se haya realizado la transferencia de conocimientos a los trabajadores del área; actualmente en la fase de diseños solo hay dos proyectos piloto con la metodología BIM. La meta planteada es tener todos los proyectos bajo esta metodología en el 2023 (IDU Plan BIM IDU 2020-2023, 2021).

En la evaluación inicial realizada mediante el contrato IDU-1344-2020, en noviembre de 2020, se calculó un nivel de madurez BIM inicial del 17%, en la Figura 17 se presenta este resultado.

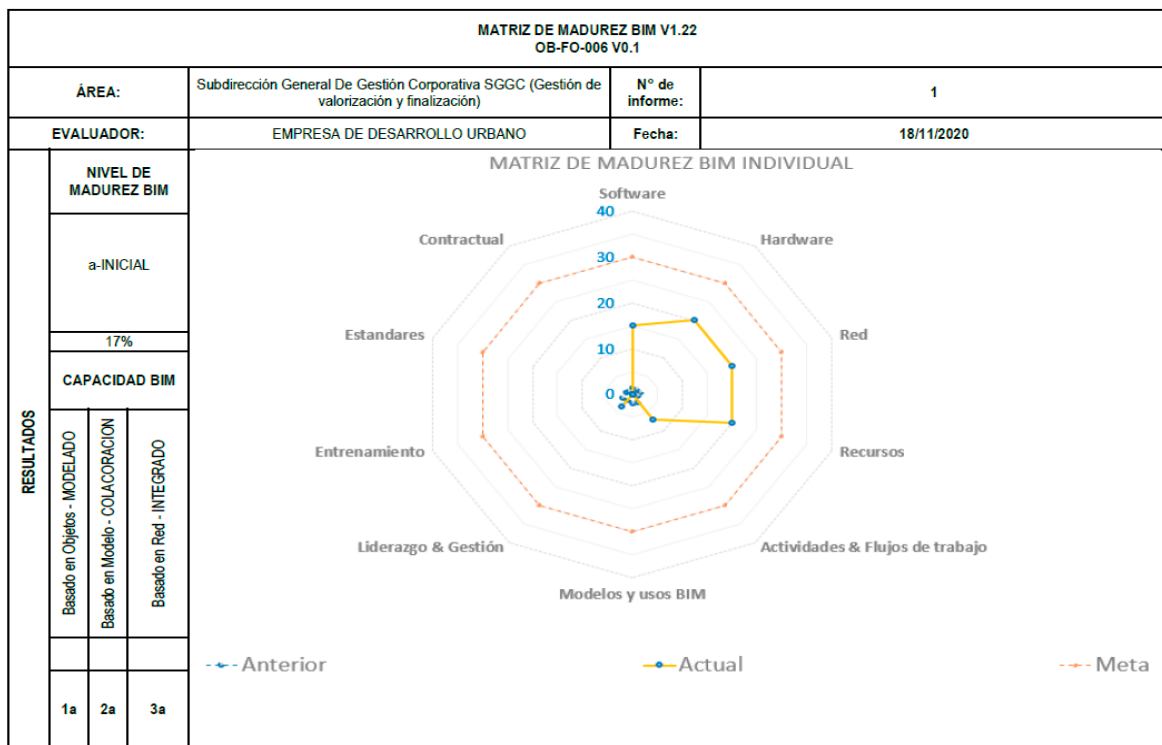


Figura 17. Matriz madurez BIM 2020 Cont. IDU-1344-2020. Fuente: (EDU-IDU, 2020)

Para revisar los avances que ha tenido la entidad en la implementación BIM se presenta en la Figura 18 la evaluación realizada con los encuestados en septiembre de 2022, el cual determinó un nivel de madurez del 41% correspondiente a Gestionado con relación al proceso BIM.



Figura 18. Matriz de madurez BIM 2022. Fuente: Elaboración propia a través del modelo de Ingeniería Asistida por Computador (Hoyos, 2019).

El resultado actual, refleja el compromiso que ha tenido la alta dirección en implementar la metodología BIM en la organización con la continuidad del proceso y la adquisición de tecnología; sin embargo, el resultado indica que el proceso se encuentra en una fase inicial, debido a que se continúa en la actualización de procedimientos y documentación de la entidad que permitan la transformación y cambio total de

metodología. Igualmente, se evidencia que a nivel del talento humano después de la capacitación inicial sobre la metodología BIM no se ha continuado involucrando a los equipos de trabajo con el proceso que se está realizando.

Diagnóstico implementación BIM en el IDU

Mediante el convenio interadministrativo IDU-1327 de 2021 se elaboró un plan de implementación de la metodología BIM en el IDU que fue presentada en septiembre de 2021, cuya hoja de ruta se presenta en la Figura 19.

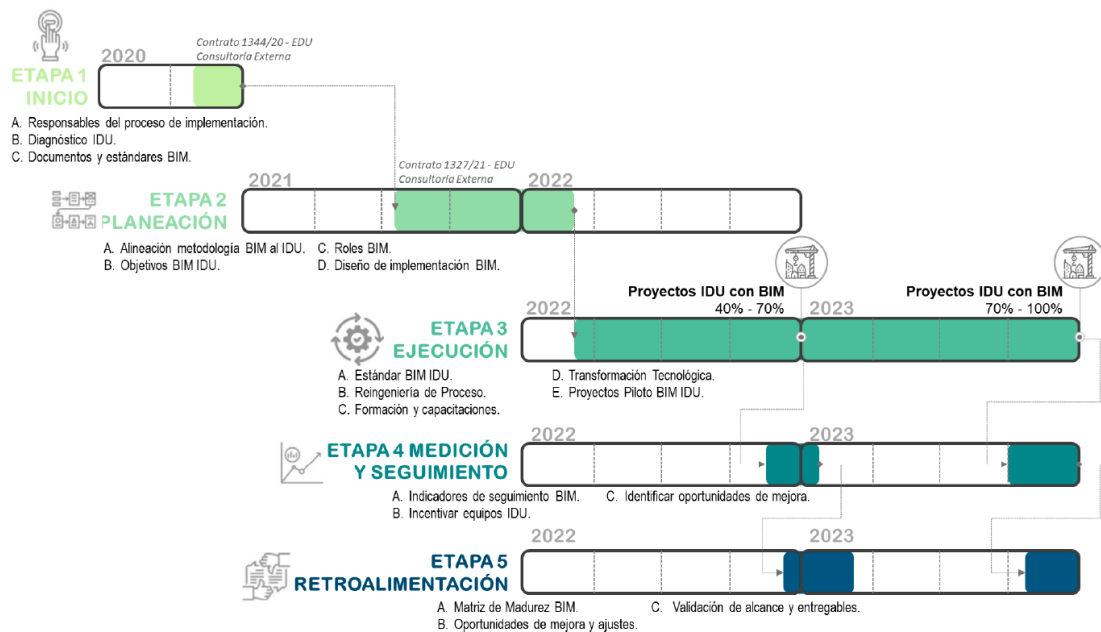


Figura 19. Hoja de ruta implementación BIM en el IDU. Fuente: (Contrato Interadministrativo IDU-1327-2021, 2021)

Como pilares de la implementación se definieron los elementos de procesos, organización, recursos y documentos. A continuación, se presenta el avance encontrado en cada uno de ellos, de acuerdo con la investigación documental y las entrevistas realizadas.

- **Procesos:** Se crearon los lineamientos generales para la implementación BIM en el IDU; sin embargo, de los procesos misionales de la entidad, que fueron los

priorizados para iniciar, únicamente se han actualizado los procedimientos de prefactibilidad y factibilidad, quedando pendiente los otros 4 procesos misionales, incluido el de diseño de detalle.

- Estructura organizacional: Si bien, se tienen los lineamientos para la definición de roles y responsabilidades BIM, no ha sido modificada la estructura organizacional de la entidad que permita su incorporación. La última reorganización de la entidad se realizó en octubre de 2021, pero no tuvo en cuenta la metodología BIM.
- Recursos: Se ha realizado una inversión inicial importante con la compra del software y la contratación de tres profesionales con experiencia en el tema BIM que han venido trabajando en los temas técnicos de los proyectos piloto que se vienen realizando. Teniendo en cuenta el interés mostrado por la alta dirección en el proceso se considera que es el tema que mayor avance a ha tenido, aun cuando la compra del software se dio hace poco.
- Documentos: Este es el pilar que mayores atrasos tienen por la cantidad de documentación existente en la entidad; si bien se tienen los lineamientos generales para realizar las actualizaciones de los documentos, el proceso para adoptarlos es demorado por los procesos de revisión y aprobación requeridos. Adicionalmente, no se han designado los profesionales necesarios para realizar esta tarea.

De acuerdo con lo anterior, se considera que existe un atraso de aproximadamente un año en el proceso de implementación BIM en la hoja de ruta que se tenía propuesta, principalmente por las demoras en la actualización de los procesos, la documentación y la compra tardía del software.

Diagnóstico de la fase de diseño de proyectos

Una vez finalizada la fase de investigación se inicia la fase de evaluación en la cual se realizan las entrevistas de reconocimiento y encuestas a personas directamente involucradas con el proceso de diseño del IDU, que permiten entender la metodología de gestión de proyectos actual de la organización y orienta la investigación desde el área de diseño, se realiza la identificación del proceso de diseño, el proceso de gestión de los proyectos, las deficiencias y los aspectos positivos existentes al interior de la organización. Se finaliza con una entrevista a profundidad al coordinador de la entidad del proceso de implementación BIM en el IDU para conocer los detalles del proceso, su estado y la validación de los modelos de madurez de la gestión de proyectos y maduración BIM realizados.

Procesamiento estadístico de datos

Se aplicaron 78 instrumentos tipo encuesta en 14 perfiles de profesionales involucrados en el proceso de diseño de proyectos del IDU, entre los cuales está coordinación de grupos, estructuración de proyectos, coordinación de proyectos de pre-inversión, apoyo a la supervisión y/o desarrollo de diseños, especialistas de áreas técnicas, apoyo jurídico, apoyo a costos, presupuestos y digitalización de planos, superando el tamaño muestral para la aplicación del instrumento.

Igualmente, se puede notar que la mayor representación está en los especialistas de apoyo a la supervisión y/o desarrollo de los diseños en el IDU y las mayores áreas involucradas dentro del proceso de diseño de la organización corresponden a la coordinación, apoyo a la supervisión de diseños y administración del departamento donde se está adelantando el diagnóstico BIM y son funcionarios de toma de decisiones, como se aprecia en la Figura 20.

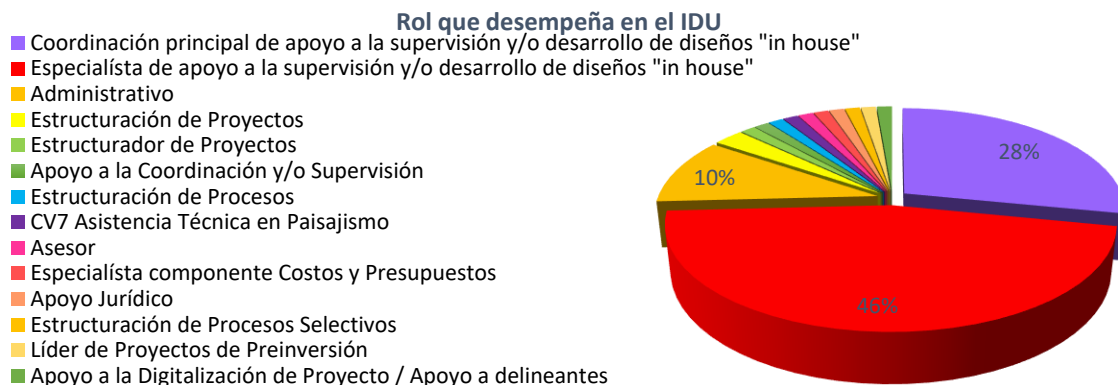


Figura 20. Rol que desempeñan las personas encuestadas. Fuente: Elaboración propia.

El 47% de los encuestados evidencia que en la institución no existe una adecuada planeación de los proyectos en la fase de diseño de proyectos que desarrolla el IDU, el 76% considera que es adecuada la definición de roles y responsabilidades en el desarrollo de la fase.

Aunque el 61% reconocen que las herramientas actuales que tiene el IDU permiten un adecuado control y seguimiento de los proyectos, el 86% considera que se pueden optimizar los costos y tiempos con la implementación de la metodología BIM; el 78% reconocen que no cuentan con los conocimientos necesarios para la aplicación de ésta metodología en la organización y consideran fiable la forma actual de almacenar la información de planos y archivos digitales en el proceso de diseño de los proyectos del IDU.

A su vez, el 94% de los encuestados están de acuerdo con que la implementación de la metodología BIM en el IDU podría traer ventajas para el desarrollo de sus actividades, lo que evidencia que los encuestados sienten confianza en la implementación de la metodología.

El 68% de los encuestados considera que los convenios con las empresas públicas no han optimizado las comunicaciones para facilitar la ejecución de los proyectos

gestionados por el IDU, generando que se dilate la toma de decisiones. Por otra parte, sólo el 44% considera que la comunicación entre las áreas de trabajo es adecuada y fluida, considerando un 76% que el IDU no respalda adecuadamente la información ante la rotación y movimiento de personal.

Hay que resaltar que, aunque el 72% de los encuestados considera que las lecciones aprendidas en el proceso de diseño no son documentadas adecuadamente ni fáciles de consultar, el 80% conoce el procedimiento de seguimiento, interventoría y supervisión del diseño de los proyectos y la caracterización de los diseños actuales en el IDU. Figura 21

Figura 21

12. Las lecciones aprendidas en el Proceso de Diseño son documentadas adecuadamente y fáciles de consultar.

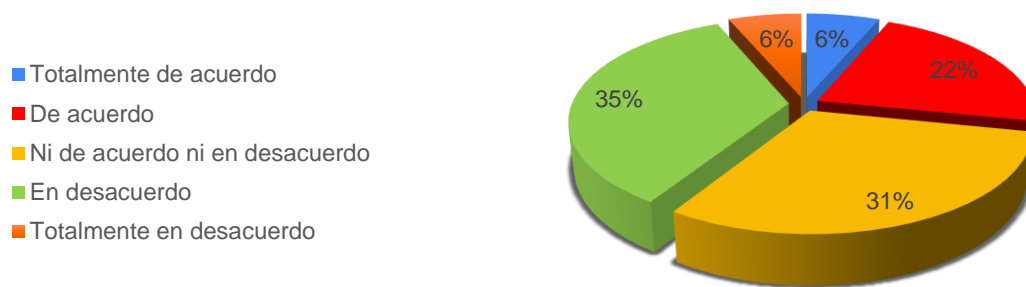


Figura 21. Respuesta sobre lecciones aprendidas. Fuente: Elaboración propia.

Sólo el 35% de los encuestados considera que existe una adecuada inducción para las personas que recién ingresan a la institución y una adecuada reinducción para los trabajadores, de forma tal que se facilite cada vez más el trabajo en la entidad.

Entrevistas

Con las entrevistas realizadas al grupo de profesionales seleccionados del proceso de diseño del IDU, se pudo confirmar que este proceso funciona de acuerdo a los procedimientos establecidos en la entidad y a nivel general sigue el diagrama de flujo presentado en la Figura 7. Procedimiento de diseño IDU. Fuente: Si bien la entidad no ha adoptado un estándar reconocido de gestión de proyectos tiene una estructura definida de actividades y responsables.

La planeación, ejecución y cierre de los proyectos en la fase de diseños se ciñen a los lineamientos contractuales establecidos en los pliegos de condiciones que dan origen a los contratos de diseño. Adicionalmente, existen guías que determinan los entregables de la fase de diseño con sus respectivas especificaciones.

El seguimiento de los proyectos se realiza semanalmente bajo programaciones realizadas en Project y se verifica principalmente los porcentajes ejecutados versus los programados.

Como entidad pública los cambios en los proyectos quedan registrados en documentos contractuales con varios procesos de revisión y aprobación.

Las comunicaciones con interesados se realizan mediante documentos registrados en el aplicativo de correspondencia con los procesos de revisión y aprobación, los cuales se consideran confiables; sin embargo, requieren tiempo.

Existe un repositorio de la información final de los diseños que es confiable y puede ser consultada libremente; sin embargo, en proyectos antiguos no existe información editable que pueda utilizarse para ajustar o actualizar diseños, haciendo que se deban volver a realizar. Toda la información existente a la fecha se encuentra en metodología CAD, sin la posibilidad de ser interoperable con nueva información.

Respecto al cumplimiento de los plazos y presupuestos de los proyectos se encuentra que la mayoría exceden el plazo programado inicialmente y están dentro del presupuesto estimado para la fase de diseños; sin embargo, en la fase de construcción se aumentan los presupuestos estimados en diseños.

En cuanto a la implementación de la metodología BIM el equipo considera que puede aportar al proceso; sin embargo, no cuentan con conocimientos al respecto y temen que el cambio atrase los proyectos que están desarrollando.

En los proyectos piloto que se desarrollan en el área de implementación de la metodología BIM no se ha logrado un cambio significativo en la gestión de proyectos, ya que, se vienen desarrollando por externos y personal nuevo con experiencia en el tema.

Se considera que la metodología BIM puede ser de gran ayuda para mejorar la calidad de los diseños con la identificación de interferencias en etapas temprana de los proyectos y evitar reprocesos que se han presentado con varios proyectos en la etapa de obra.

Análisis de los resultados

Triangulada la información de las encuestas, la entrevista de profundidad y la revisión documental se evidencia que existen opciones de mejora en la gestión de los proyectos del IDU en la fase de diseño en temas como:

- Gestión de comunicaciones
- Gestión de la información
- Capacitaciones
- Registro de lecciones aprendidas
- Control de tiempo y costo.

Plan de Intervención

De acuerdo con la Estrategia Nacional BIM 2020-2026 emitida por el Departamento Nacional de Planeación, es imperativa la modernización del sector de la construcción en el estado colombiano para lograr mejores eficiencias de tiempo y costo en los proyectos de infraestructura a través de la metodología BIM (Building Information Modeling) y generar una mayor productividad, competitividad con ahorros económicos que permitan reinvertir en infraestructura, maximizar los recursos disponibles y reducir la alta variabilidad en costos y tiempos que reflejen la ejecución de proyectos en el país. Por lo anterior, y ante este lineamiento, el IDU expidió la resolución 156 de 2021 en la cual estableció como proyecto estratégico la implementación de la Metodología BIM en el Instituto, y que lo ubicaría como uno de los pioneros en la implementación de esta metodología en el distrito y el país.

Si bien el presente trabajo se centra en la fase de diseño de proyectos que se realiza en el IDU, al realizar el diagnóstico organizacional se evidencia que es necesario fortalecer la cultura de gestión de proyectos en toda la entidad y aprovechar la implementación de la metodología BIM como una oportunidad para adoptar un estándar de buenas prácticas en gestión de proyectos; por lo que se recomienda revisar la norma ISO 19650, los lineamientos de BIM Forum Colombia y algunas metodologías generales como la del PMI en el PMBOK para realizar una adaptación teniendo en cuenta los procesos existentes y los requisitos que debe cumplir como entidad pública.

La ISO 19650 presenta una estructura similar a la que realiza el IDU al contratar firmas especializadas para la ejecución de las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos, por lo que, puede servir de base para la metodología que defina el IDU teniendo en cuenta su enfoque en BIM.

En Anexo D se presentan algunos de los tópicos que debería tener en cuenta la gestión de proyectos en el IDU, elaborado a partir de ISO 19650, BIM Forum Colombia, PMI, ISO 21500 e IPMA.

Actualmente el ciclo de vida de los proyectos del IDU está compuesto por 4 etapas secuenciales hasta llegar al cierre del Proyecto. Sin embargo, de acuerdo con lo revisado en estándares internacionales como el de PM2 y la ISO 21500, se propone como alternativa al ciclo de vida del proyecto de la entidad incluir una fase de Monitoreo y Control que sea paralela a todas las fases y permita realizar el seguimiento continuo al proyecto por medio de informes de rendimiento, identificando desviaciones fácilmente y permitiendo aplicar mejoras y correctivos adecuadamente, logrando así cumplir con una buena ejecución del proyecto. La estructura propuesta se presenta en la Figura 22.



Figura 22. Ciclo de vida de proyectos propuesto. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Diagnostico Organizacional se pueden evidenciar algunas barreras para la implementación de la Metodología BIM y la gestión de proyectos en la fase de diseño del IDU; por lo cual, se plantea trabajar en tres propósitos principales, los cuales se relacionan en la Figura 23.

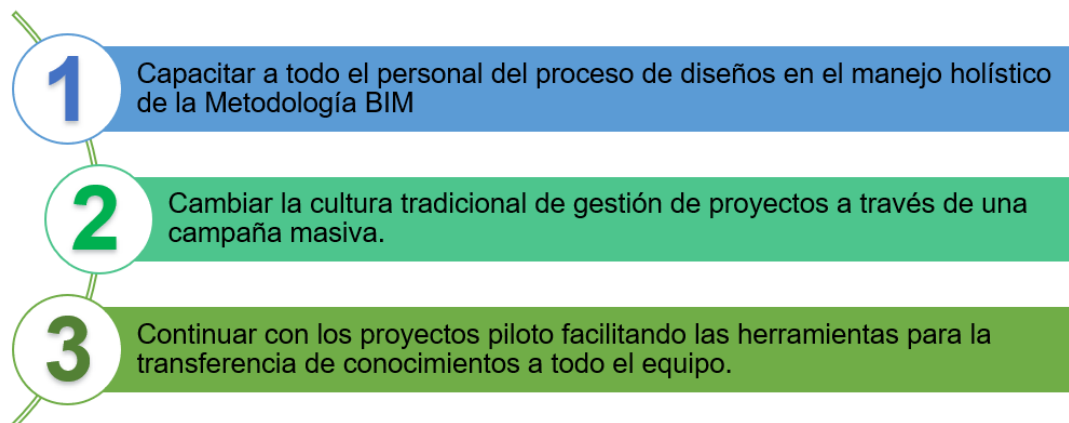


Figura 23. Propósitos del plan de intervención. Fuente: Elaboración propia.

En general, es importante que inicialmente se fortalezca en todo el personal que interviene en la fase de diseños del IDU, la cultura general de la gestión de proyectos bajo la implementación de la metodología BIM, rompiendo el paradigma que solo funcionan metodologías tradicionales en proyectos de infraestructura como la Cascada y Ruta Crítica. Para conseguir el éxito en la implementación de este tipo de metodología, es importante que la metodología pueda ser flexible y adaptable, teniendo en cuenta que el IDU por ser una institución pública debe cumplir con bastantes requisitos normativos.

La implementación de la metodología BIM debe ser adaptada a la naturaleza de proyectos de construcción que desarrolla el IDU y así permitir mejorar su eficiencia y eficacia, además de reducir costos y recursos innecesarios tanto en mano de obra, equipos y materiales requeridos a lo largo del ciclo de vida de cada proyecto.

Formación del personal

En la actualidad el departamento de Diseños del IDU para la gestión de proyectos maneja la metodología tradicional CAD con un híbrido apoyado en la metodología de cascada donde los proyectos se caracterizan por tener sus fases de gestión bien definidas (inicio, planificación, ejecución, supervisión y cierre), además de contar con documentos guía de entregables requeridos para cambio de fase del proyecto.

Al iniciar el proceso de implementación probablemente sea necesario mezclar la metodología CAD con la metodología BIM, donde se requerirá tener personas más capacitadas y es por esto que, se debe plantear la necesidad de contar con personal con el conocimiento y las competencias requeridas que tendrán a cargo el paso a la metodología BIM rompiendo cualquier barrera de conocimiento que se pueda tener.

Sin embargo, no solamente es importante en estos roles de implementación contar con los conocimientos y competencias sino generar en el personal la motivación para realizarlo que se denomina “compromiso” (Alles, 2007), y en este caso, se cumple cuando la tarea a realizar coincide con las motivaciones personales, de allí, que es importante que el personal adopte estos nuevos conocimientos por sus propios intereses o porque coincide con sus preferencias.

Adicionalmente, es importante que este conocimiento sea adquirido tanto por los empleados como por la organización con el mismo grado de entusiasmo sin permitir que se diluya como sucede en algunos casos donde no se cumplen las expectativas ya sea reales o imaginarias que cada uno se había planteado.

Cambio cultura organizacional en gestión de proyectos

Para este objetivo se tiene uno de los retos más grandes y es poder “desaprender” lo que se venía realizando en la cultura tradicional tan consolidada. De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico organizacional se logró evidenciar que, en la fase de diseños, en la gestión de proyectos se utiliza una metodología en cascada con utilización del sistema CAD, que en general viene siendo usada por funcionarios y contratistas del IDU.

Actualmente en todos los tipos de industrias, la cultura organizacional es un factor clave para determinar el éxito o fracaso del desarrollo de la gestión humana en una organización, pero esto debe ir de la mano de una cultura adaptable, la cual debe tener

un tratamiento especial, pues al intentar cambiar sus ideas, valores y costumbres, se debe procurar conservar las características propias que le dan su esencia, y a futuro garantizaran una estabilidad que se traducirá en éxito a largo plazo. Es por esta razón, que el cambio de cultura que se realice al interior del IDU para implementar la metodología BIM debe realizarse paulatinamente y bajo un buen ambiente interno, y aprovechando que de acuerdo al diagnóstico organizacional su cultura es adaptable, los cambios culturales en la organización no le permitirán perder la identidad y características propias de la organización, manteniendo de esta manera sus ideas, valores y costumbres, lo cual dará un grado de estabilidad en el cambio de cultura y trazará su éxito a largo plazo (Chiavenato, 2009).

De acuerdo con lo anterior, se hace importante consolidar la cultura en gestión de proyectos bajo la metodología BIM, para lo cual consideramos necesario conformar un grupo interno de trabajo que sea transversal y en alto grado especializado, para que durante el ciclo de vida de los proyectos se vaya incorporando gradualmente en los procesos misionales, estratégicos y preste apoyo en su implementación. Lo anterior, requerirá generar diferentes frentes de trabajo que se tendrán que ir incorporando a todas las áreas del IDU a medida que avance el proceso, especialmente en la fase de Diseño.

Sin embargo, en esta primera fase se conformará el equipo primario que dará inicio al proceso y entregará los lineamientos generales, además de la hoja de ruta que se abordaran con relación al objetivo en los diferentes frentes y a las metas establecidas por la Dirección General del IDU.

También es importante que a largo plazo y modificando la estructura de la entidad cada servidor debe adquirir las competencias en la aplicación de la metodología de manera intuitiva y en el marco de los procedimientos, que permitan demostrar con base

en indicadores objetivos y de impacto medir el desempeño en la implementación de la metodología BIM por parte del IDU, además de establecer las acciones de monitoreo y seguimiento consolidando esta nueva cultura.

Apropiación de proyectos piloto de implementación BIM

Para afrontar los retos que propone la implementación de la metodología BIM, el IDU ha contado con la asesoría de la Empresa de Desarrollo Urbano – EDU de Medellín, a través de dos contratos interadministrativos, midiendo la madurez de la entidad y generando un plan de implementación con metas a corto, mediano y largo plazo que permitan incorporar en su ADN la metodología, iniciando con determinados procesos de selección la aplicación de la metodología BIM y gradualmente en los procedimientos misionales, estratégicos y de apoyo de la entidad.

Por lo anterior, y como complemento a los lineamientos recientes del gobierno a nivel nacional para la mejora de la productividad en el sector de la construcción en relación con la aplicación de la metodología BIM, el IDU, como pionero en la implementación de la metodología en el país, estableció como proyecto estratégico la implementación de la Metodología BIM bajo el esquema de la Figura 24.

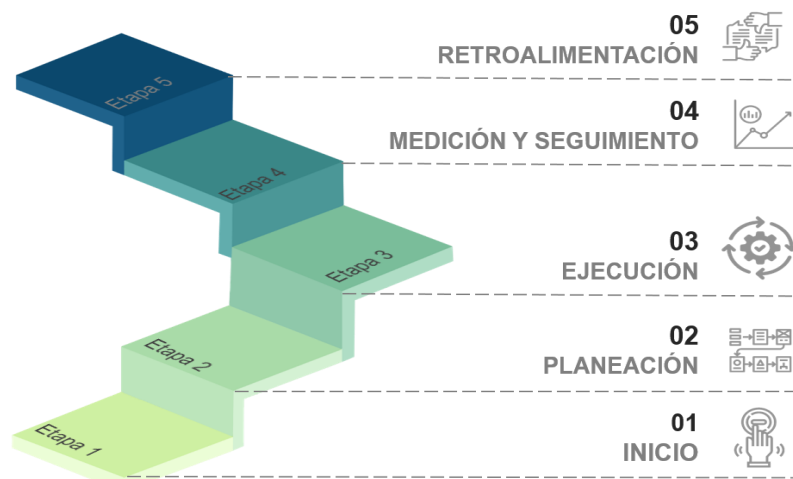


Figura 24. Proceso Implementación BIM IDU. Fuente: Estrategia Nacional BIM, (DNP, 2020).

En este sentido, la implementación además de las retadoras metas establecidas en los procesos de selección como uno de los frentes a corto plazo en la implementación, requiere de manera paralela otra línea enmarcada en la estructura de la entidad y en la actualización de sus procesos y procedimientos con el fin de adaptar tanto la ejecución de proyectos tercerizada en los contratistas en el ciclo de vida, como en los que realiza directamente la entidad.

En concordancia con la política nacional, al interior del IDU se debe analizar de manera integral su estructura y garantizar la interoperabilidad de los procesos, procedimiento, plataformas, sistemas y demás aspectos que cubran la parte misional y de apoyo de la entidad contemplando un mayor plazo de ejecución, que en principio se proyecta al año 2026 como se muestra en la Figura 25.

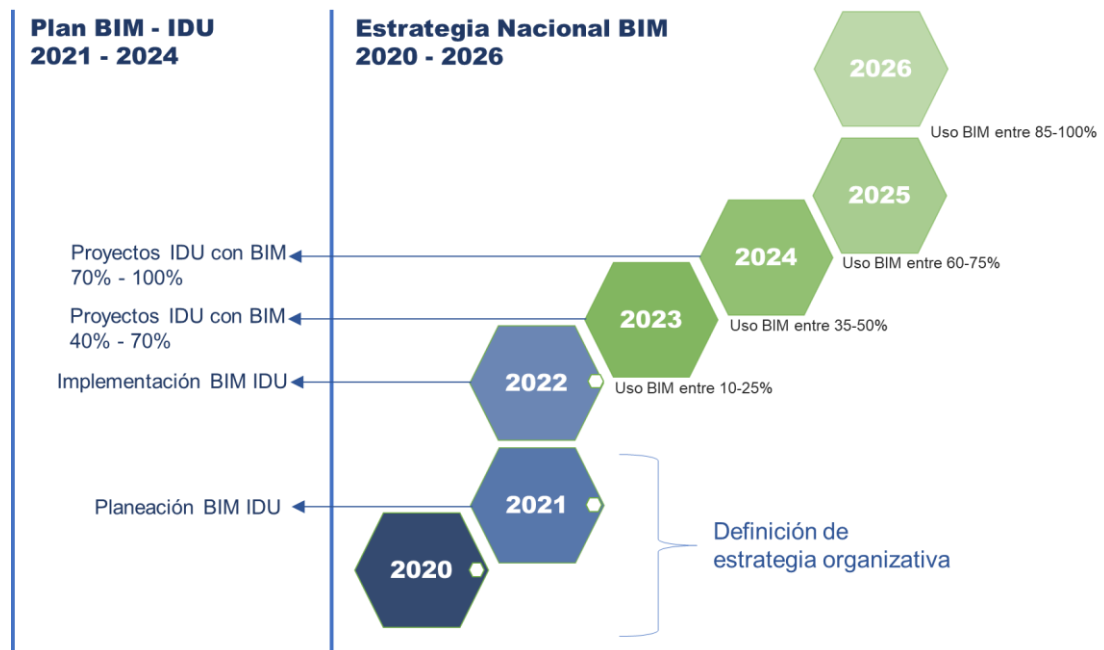


Figura 25. Plan Implementación BIM IDU con base en Estrategia Nacional BIM.

Fuente: (IDU Plan BIM IDU 2020-2023, 2021).

Hasta el momento únicamente se han desarrollado dos proyectos con la implementación de la metodología BIM en la fase de diseños correspondientes a: 1.Cable

Aéreo San Cristóbal - Ajustes de factibilidad, estudios y diseños, que se realizaron a través de un contratista externo y 2. Puente Hoya del Ramo, el cual utilizó para la implementación de la metodología BIM la contratación de un experto que se encargó de la modelación, sin que se realizara el cambio en la gestión de proyectos, ni la transferencia de conocimientos al resto del equipo.

Por lo anterior, dentro del proceso de implementación e innovación en la forma de planear, ejecutar y operar proyectos de infraestructura, se propone que exista una transferencia de conocimiento en los proyectos piloto que está desarrollando el IDU con la implementación de la metodología BIM; ya que, como estos proyectos se han contratado a empresas privadas expertas en esta metodología, son éstas las que están sumando experiencia sin realizar la transferencia de conocimientos a la entidad.

Es así como se debe buscar que los proyectos piloto generen la modificación de los procedimientos en el proceso de diseño de la entidad y permitan probar, investigar, analizar, retroalimentar, documentar y proyectar los cambios en la forma de ejecutar los proyectos.

Roles y responsabilidades BIM

Para los proyectos piloto que se desarrollen con la implementación de la metodología BIM se propone que el equipo interno de trabajo esté conformado por los siguientes roles:

- Director BIM – Para los jefes de áreas
- BIM Manager – Para los coordinadores principales de los grupos de trabajo
- Auditor BIM – Para la persona a cargo del control de calidad del proceso
- Coordinadores BIM para los gerentes de proyecto, apoyos a la supervisión principales para diseños contratados a terceros y coordinadores en proyectos de preinversión y diseños inhouse

- Revisores BIM – Para los Coordinadores principales de cada especialidad
- Especialistas BIM – Para los especialistas que elaboran o revisan diseños cuando son contratados a terceros
- Apoyo BIM, profesionales en cada grupo de trabajo que apoya a los BIM manager y Coordinadores BIM.
- Modelador BIM, profesionales diseñadores para las fases de preinversión y diseños inhouse.

Teniendo en cuenta la propuesta de roles BIM se propone una modificación en el organigrama de la Dirección Técnica de Proyectos teniendo en cuenta una estructura que facilite la gestión de proyectos, teniendo en cuenta que el Gestor BIM de cada grupo tendrá el equipo necesario para la ejecución de los proyectos y podrá realizar un mejor control de las programaciones y recursos, así como facilitar el flujo de información requerido en BIM. En el Anexo E se presenta el organigrama propuesto con los respectivos roles BIM.

El equipo de trabajo transversal BIM, que apoyará todo el ciclo de vida de los proyectos, y que puede estar en la BMO (Oficina de Gestión de Proyectos BIM) tendrá en sus manos principalmente el seguimiento y apoyo en la incorporación de la metodología BIM en los procesos y procedimientos de la Entidad y tendrá entre otras las siguientes funciones:

- Fortalecer la Gestión en el Ciclo de Vida de los proyectos de infraestructura desarrollados por el Instituto en términos de costo, tiempo y calidad implementando aspectos BIM en los procesos de la Entidad.
- Impulsar la transformación digital en un marco BIM colaborativo que genere mayor productividad y sostenibilidad.

- Fortalecer la aplicación de la metodología BIM en los proyectos de la entidad de manera gradual.
- Generar una red de trabajo colaborativo BIM de manera integrada, eficaz y eficiente con las entidades relacionadas en la Gestión de Proyectos de Infraestructura en el Distrito.
- Formular el Plan de Implementación en el IDU de la metodología BIM de manera integral y gradual.
- Establecer líneas estratégicas que permitan ejecutar un plan de acción de la implementación BIM en el corto, mediano y largo plazo.
- Desarrollar estándares y documentos de referencia para la implementación BIM en los procesos del área.
- Recomendar a la entidad sobre las competencias del equipo IDU en la implementación BIM y posterior materialización en los proyectos a ejecutar.
- Definir estándares, flujos y eficiencias medibles en la gestión de información y ejecución de proyectos bajo la metodología BIM.
- Reducir los costos de los proyectos incorporando metodologías, procesos y herramientas que mejoren la Gestión de Proyectos.
- Reducir los tiempos en el ciclo de vida de los proyectos incorporando metodologías, procesos y herramientas que mejoren la Gestión de Proyectos.
- Fortalecer el cumplimiento de metas asociados al alcance de los proyectos a ejecutar.

Procesos y Documentos

Es necesario continuar con la actualización de documentos relacionados con el proceso de diseños en la entidad, de acuerdo con los lineamientos BIM. Para la

actualización del proceso deben incluirse los usos BIM y el flujo de trabajo BIM propuestos por BIM Forum Colombia y presentados en las Figura 10 y Figura 12.

Dentro de los documentos claves del proceso de diseño se encuentra la Guía de Maduración de Proyectos que contiene las especificaciones de todos los entregables en las fases de preinversión y diseño de proyectos; por lo cual, es necesaria su actualización definiendo los niveles de información que debe tener el modelo para cada fase, así como todos los requisitos para garantizar la interoperabilidad y funcionamiento de la metodología BIM.

Hoja de ruta de la implementación BIM en la fase de diseños del IDU

Teniendo en cuenta los atrasos que se vienen presentando con el plan de implementación propuesto para el IDU, se considera que se debe realizar una evaluación del estado de avance y el replanteamiento teniendo en cuenta las lecciones aprendidas hasta ahora.

Para lograr tener el 100% de los proyectos nuevos dentro de la metodología BIM, ya que, los que se encuentran en ejecución no podrán ser cambiados de metodología por los requisitos legales, alcances definidos desde al inicio y los reprocesos y atrasos que esto generaría, se considera que se requiere un año.

En este año, siguiendo el planteamiento definido para la implementación de la metodología en el IDU se desarrollaría en 5 etapas:

- Etapa 1 – Inicio
- Etapa 2 – Planeación
- Etapa 3 – Ejecución
- Etapa 4 – Medición y seguimiento
- Etapa 5 – Retroalimentación

Paralelamente, durante todas las etapas debe ejecutarse el plan de formación en BIM y el fortalecimiento de la cultura organizacional en gestión de proyectos. En la Figura 26 se presenta la hoja de ruta propuesta.

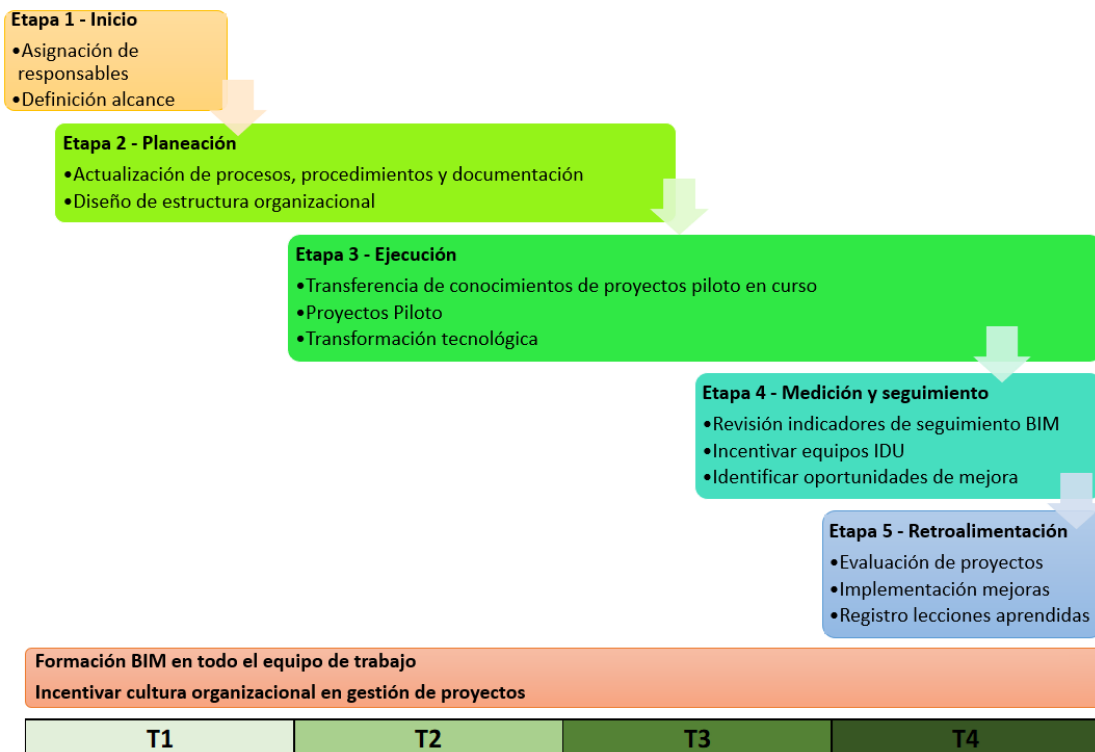


Figura 26. Hoja de ruta implementación BIM en la fase de diseños del IDU. Fuente:

Elaboración propia.

Costos del plan de implementación

Para calcular los costos asociados a la implementación de la propuesta metodológica realizada se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Consultoría: Continuar con el proceso de asesorías que se ha venido realizado a través de convenios con la EDU que permiten llevar un proceso organizado de la implementación BIM en la entidad, buscando fortalecer paralelamente la gestión de proyectos. En el convenio realizado en el año 2021 aproximadamente el valor mensual de la asesoría era de 25 millones de pesos.
- Recurso Humano: Teniendo en cuenta que el IDU no cuenta con personal con conocimiento BIM es necesario contratar personal especializado que pueda

liderar los equipos y personal técnico que apoye la elaboración de los modelos en los softwares especializados. Para los líderes se calcula una asignación mensual aproximada de 10 millones de pesos y para los modeladores de 6 millones.

- **Capacitación:** Teniendo en cuenta la necesidad de apropiación de la cultura BIM y de gestión de proyectos es necesario fortalecer las capacitaciones al equipo de la entidad. La capacitación inicial se puede obtener a través de las empresas que suministran el software, pero para tener el enfoque de gestión de proyectos requerido es necesario adquirir un programa de capacitaciones de acuerdo con las necesidades de la entidad, que está alrededor de los 15 millones de pesos mensuales.
- **Software:** Actualmente el IDU se encuentra realizando un proceso de selección para la actualización de las licencias del software especializado requerido en los proyectos, que incluye los programas de metodología BIM, cuyo valor aproximado es de 2000 millones de pesos. Es importante mencionar que estas licencias son anuales y que muchas de estas ya venían siendo compradas por la entidad antes de iniciar el proceso de implementación BIM, el software nuevo específicamente incluido para BIM tienen un valor de 90 millones de pesos.
- **Equipos de cómputo:** No se incluye el valor de los equipos requeridos teniendo en cuenta que la entidad ya cuenta con los mismos y está dentro de los rubros de funcionamiento su mantenimiento y actualización.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas, el valor aproximado para la implementación de la propuesta sería aproximadamente de \$5.800.000.000 (cinco mil ochocientos millones de pesos m/c), como se muestra en la **Figura 27**. Resumen costos implementación propuesta. Fuente: Elaboración propia.Figura 27.

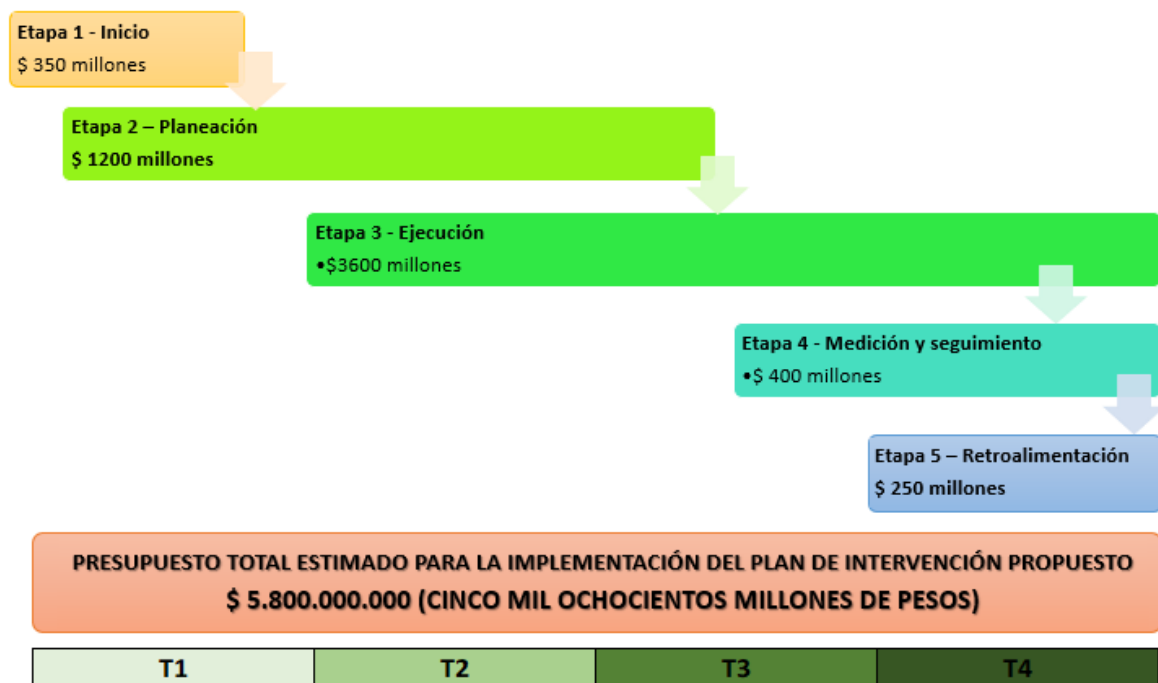


Figura 27. Resumen costos implementación propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Lecciones y reflexiones del capítulo

De acuerdo con el diagnóstico realizado tanto a la organización como a la fase de diseño de proyectos del IDU se logró elaborar un plan de implementación para la gestión de proyectos en la fase de diseño bajo un enfoque BIM para el IDU, en el cual se plantearon como pilares la formación de los trabajadores en metodología BIM, crear una cultura de gestión de proyectos con BIM y continuar implementando proyectos piloto.

Se articulo el plan de implementación para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque BIM con el plan general que viene desarrollando la entidad desde el año 2020.

Para la propuesta metodológica realizada se tuvieron en cuenta los lineamientos de la ISO 19650 que es uno de los estándares que recoge las metodologías que han tenido éxito en la gestión de información con BIM, y que por el poco tiempo de uso que tiene el BIM frente a otras metodologías de gestión de proyectos, se encuentra aún en desarrollo.

De igual forma, se utilizaron los lineamientos de CAMACOL a través de Forum Colombia, con los cuales se han elaborado documentos guía de implementación de la metodología BIM aplicada al funcionamiento y metodologías de las organizaciones colombianas.

En la definición de roles y responsabilidades para la implementación BIM se propone un nuevo organigrama para el área a cargo de la fase de diseños en el IDU que busca mejorar la gestión de proyectos y tener en cuenta los flujos de trabajo y aprobaciones en BIM.

Finalmente, se propone una hoja de ruta con un presupuesto aproximado de un año para la implementación de la propuesta que logre cumplir las metas de la entidad.

Conclusiones y Recomendaciones

A continuación, se presentan las conclusiones de la intervención desarrollada en la empresa, así mismo, se presentan también algunas recomendaciones para la implementación del plan de intervención propuesto.

Conclusiones

De acuerdo con la propuesta metodológica objeto de este trabajo de grado, se determina a través del diagnóstico organizacional elaborado que, la implementación de esta metodología permitirá mejorar la gestión del ciclo de vida de los proyectos a través de la gestión de sus procesos de planificación, cronogramas y la gestión de recursos dando mejores resultados a la organización.

A través de la investigación realizada se logró obtener un diagnóstico de la gestión de proyectos en el IDU completa, logrando evidenciar que el IDU es una organización con amplia experiencia en el desarrollo de proyectos de infraestructura, sin embargo, no cuenta con un estándar de gestión de proyectos que aplique las mejores prácticas establecidas en diferentes organizaciones a nivel mundial y, por tanto, existen procesos, áreas de conocimiento y competencias gerenciales que pueden ser mejoradas para optimizar esta gestión y así evitar desviaciones en tiempos, costos y calidad de los proyectos que desarrolla.

El diagnóstico realizado permitió registrar los avances que ha tenido la implementación de la metodología BIM en el IDU, la cual se inició en el año 2020, en cuanto a procesos, estructura organizacional, recursos y documentación, evidenciando que existen opciones de mejora en la gestión de los proyectos del IDU en la fase de diseño.

Se elaboró un marco documental de la gestión de proyectos y la metodología BIM para proyectos de infraestructura en la fase de diseños sobre la base de una investigación bibliográfica que permitió dar una visión general de la terminología BIM y la gestión de proyectos para proyectos de infraestructura.

La investigación con enfoque cualitativo realizada indica que es posible mejorar la gestión de proyectos en la fase de diseños del IDU utilizando una metodología BIM, impactando positivamente en las obras que construye para la ciudad, debido principalmente a una mejor planeación, gestión de cronogramas y de presupuestos, de acuerdo con las ventajas presentadas en los estudios consultados sobre BIM.

Se elaboró un plan de implementación para la gestión de proyectos en la fase de diseño bajo un enfoque BIM para el IDU, a través de una propuesta metodológica y un plan de intervención que permite mantener a la organización dentro de las instituciones pioneras en la modernización del sector de la construcción con la implementación de esta metodología, además de mejorar los resultados de la organización, generar mayor productividad y optimización de los recursos invertidos en cada uno de los proyectos a ejecutarse por parte del IDU.

En el plan de implementación propuesto se buscó eliminar las barreras que puedan presentarse en el desarrollo de la metodología BIM, dando cumplimiento a los tres propósitos principales que se establecieron en el plan que se componen de Formación del Personal, cambio de la cultura organizacional en la gestión de proyectos y el desarrollo de proyectos piloto con la implementación BIM.

La implementación exitosa de esta metodología en el IDU, le permitirá a la organización ubicarse como referente nacional para todas las organizaciones que requieran implementar BIM en sus procesos.

Recomendaciones

Para alcanzar mejores resultados en la gestión de proyectos que desarrolla el IDU se establecen las siguientes recomendaciones prácticas, bien sean para corregir algunos aspectos, emprender mejoras o incluir nuevos elementos de interés para la solución a la problemática abordada:

- Implementar un estándar de gestión de proyectos en toda la organización que utilice mejores prácticas reconocidas, que, a su vez, permitan medir su desempeño y tener un proceso de mejora continua.
- El proceso de implementación de la metodología BIM en la organización es una oportunidad para fortalecer la gestión de proyectos en la entidad, teniendo en cuenta que requiere la revisión, adaptación y actualización de sus procesos, procedimientos y documentación utilizada en el desarrollo de sus proyectos.
- Creación de la BIM Management Office (BMO), la Oficina de Dirección de Proyectos BIM, con el fin de mejorar la gestión de proyectos que garantice la alineación estratégica y centralice la gestión de proyectos, programas y portafolios de la organización con lineamientos claros para todas las fases del ciclo de vida de proyecto, que le permita a la entidad continuar consolidándose como líder en el sector.
- Fortalecer la cultura de gestión de proyectos y metodología BIM a toda la organización mediante un plan de capacitación con un enfoque sistémico y permanente que logre una transformación de todos los equipos de trabajo, mejorando la transferencia de conocimientos entre las personas que han sido contratadas con experiencia en metodología BIM con el resto de personal del área para lograr un conocimiento común y no aislado.
- Mejorar la identificación y recopilación de lecciones aprendidas en el desarrollo de los proyectos que permita adoptar mejoras a los procesos y generar una cultura de mejora continua.

Referencias

- Abanda, F. & Vidalakis, A. & Oti, A. & Tah, J. (2015). A critical analysis of Building Information Modelling systems used in construction projects. *Advances in Engineering Software*, 183-201. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.08.009>
- Aconex - Limited. (January de 2018). *El Global Industry Council (GIC) Declara: "Ha Llegado El Momento De La Transformación Digital En La Ingeniería Y La Construcción."*. Recuperado el 29 de septiembre de 2022, de Business Wire (Español): <https://web-p-ebsochost-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=51463ef6-e89f-4f52-91f5-5b667b7a2599%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=bizwire.c82909316&db=bwh>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Formulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco vol. 11, num 1-2*, 333-338. Recuperado el 12 de marzo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Alankarage, S. & Chileshe, N. & Samaraweera, A. & Rameezdeen, R. & Edwards, D. (2022). Organisational BIM maturity models and their applications: a systematic literature review. *Architectural Engineering and Design Management.*, 1-19. doi:10.1080/17452007.2022.2068496
- Alles, M. (2007). Desarrollo del Talento Humano Basado en Competencias. *Ediciones Granica S.A.*
- Alreshidi, E., Mourshed, M., & Rezgui, Y. (2017). Factors for effective BIM governance. *JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING*, 89-101.

Bahamón, T. (noviembre de 2020). *La estrategia BIM Colombia proyecta para 2026 que la totalidad de los proyectos de construcción públicos incorporen BIM.*

Recuperado el 8 de octubre de 2022, de A la Obra maestros:

<https://maestros.com.co/buenas-practicas/estrategia-bim-colombia-proyecta-para-2026-que-la-totalidad-de-los-proyectos-de-construccion-publicos-incorpore-bim/>

Barbieri. (Julio de 2020). *¿Qué es y cómo funciona la metodología BIM?* Obtenido de

<https://www.adbarbieri.com/blog/que-es-como-funciona-bim>

BIM Presidencia. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026.* Recuperado el 16 de

febrero de 2022, de Presidencia Republica de Colombia: bim.presidencia.gov.co

BIM_FORUM_COLOMBIA. (4 de Febrero de 2022). *BIM FORUM COLOMBIA.* Obtenido

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

BImManagement. (16 de diciembre de 2021). *ISO 19650: CONCEPTOS BÁSICOS Y*

TERMINOLOGÍA. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de

<https://bimmanagement.co/2021/12/16/normatividad-bim-en-colombia/>

Blanco, J. & Fuquen, C. & Narvaez, A. & Suarez, J. (2021). *PROTOCOLO BÁSICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN ENTIDADES PÚBLICAS PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA.*

Bogotá: Especialización en Gerencia de Proyectos - Universidad EAN.

Building Smart Spain. (mayo de 2021). *Introducción a la serie en ISO 19650.* Recuperado

el 12 de octubre de 2022, de <https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>

BuildingSmart Spain. (2019). *Introducción a la serie en ISO 19650.* Recuperado el 12 de

octubre de 2022, de Partes 1 y 2.:

<https://www.buildingsmart.es/observatorio/estudios/en-iso-19650/>

- Calderón, L & Caro, L. (2020). *Percepción del Grado de Madurez Organizacional en Dirección de Proyectos de una Empresa de Ingeniería, Procura y Construcción del Sector Eléctrico*. Bogotá, D.C., Colombia: Universidad EAN.
- CAMACOL - BIM Forum Colombia. (2020). *BIM Kit 2 - Documentos Técnicos - 1. Infraestructura vial*. Bogotá: BIM KIT- Guías para la adopción BIM en las organizaciones. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>
- Cámara de Comercio de Medellín. (9 de junio de 2020). *BIM, una metodología para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la industria de la construcción*. Obtenido de <https://www.camaramedellin.com.co/articulos-y-noticias/noticias/bim-una-metodologia-para-mejorar-la-competitividad-y-sostenibilidad-de-la-industria-de-la-construccion>
- Charvat. (2003). *Project Management Methodologies Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Chase, S. (29 de octubre de 2021). *Mandatos BIM: cómo te afectan como fabricante*. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de Bimobject: <https://business.bimobject.com/es/blog/mandatos-bim-todo-lo-que-debes-saber-como-fabricante/>
- Chiavenato, I. (2009). *Cultura del Trabajo*. Mexico D.F.: Editorial McGraw Hill.
- Chin, C. & Yap, E. & Spowage. (2012). Project Management Methodologies: A Comparative Analysis. *Journal for the Advancement of Performance Information and Value*, 4(1). Recuperado el 9 de octubre de 2022, de <https://doi.org/10.37265/japiv.v4i1.102>

Choclan, G., Soler, M., & Gonzalez, R. (2014). *Introducción a la metodología BIM*.

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-Maquez/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM/inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-BIM.pdf)

[Marquez/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM/](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-Maquez/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM/inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-BIM.pdf)

[inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-Maquez/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM/inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-BIM.pdf)

[BIM.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Jesus-Gonzalez-Maquez/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM/inks/564cbc6b08aeafc2aaaf73c2/INTRODUCCION-A-LA-METODOLOGIA-BIM.pdf)

CoEPM². (2021). Metodología de Gestión de Proyectos PM² Guía 3.0.1. *Comisión*

Europea Centro de Excelencia en PM², 7.

Contrato Interadministrativo IDU-1327-2021. (septiembre de 2021). *Propuesta plan de*

implementación metodología BIM en el IDU.

CORFO. (2022). *PLan BIM Chile*. Obtenido de PlanBIM: <https://planbim.cl/>

Díaz, P. M. (2016). Analysis of Benefits, Advantages and Challenges of Building

Information Modelling in Construction Industry. *Journal of Advances in Civil*

Engineering, Vol. (2) pp. 1-11.

DNP. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*. Bogotá. Obtenido de

[https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf)

[2026.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf)

DNP CONPES 3975. (2019). *CONPES 3975 - Política Nacional para la Transformación*

Digital e Inteligencia Artificial. Bogotá. Obtenido de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>

Doukari, O. & Seck, B. & Greenwood, D. (2022). The Creation of Construction Schedules

in 4D BIM: A Comparison of Conventional and Automated Approaches. *Buildings*

12, no. 8: 1145, <https://doi.org/10.3390/buildings12081145>.

EDU Informe de Gestión Sostenible 2021. (2021). *Empresa de Desarrollo Urbano de*

Medellín. Medellín.

- EDU-IDU. (2020). *Implementación de la metodología BIM IDU*. Bogotá: Contrato interadministrativo IDU – 1344-2020.
- El Espectador. (30 de agosto de 2021). *Contraloría de Bogotá advierte retrasos en 21 obras de infraestructura*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/bogota/contraloria-de-bogota-advierete-retrasos-en-21-obras-de-infraestructura/>
- EL TIEMPO. (11 de mayo de 2022). *eltiempo.com*. Obtenido de El 70 % de las obras nuevas tienen problemas: <https://www.eltiempo.com/bogota/director-del-idu-el-70-de-las-obras-nuevas-tienen-problemas-671392>
- ERU Informe de Gestión y Resultados 2020. (2020). *Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá*. Bogotá.
- Fernández, C. & Alarcon, C. (2020). *Metodología BIM aplicada al diseño del bloque D del proyecto aduanilla de Paiba de la Universidad Distrital y su efecto en la proyección de costos de construcción*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24577/FernandezCanolizehStefany2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garrido, A. & Pérez, F. & Isatoza, F. (2018). Simulación 4D como metodología de planificación frente a procedimientos convencionales en proyectos de construcción. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 10-13. Recuperado el 8 de octubre de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756237>
- Gavilán, I. G. (2019). *La Carrera Digital*. España: EXLibric.
- Hernández S., F. C. (2014). Metodología de la investigación. *México: McGraw-Hill*.
- Hernández S., R. M. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *México: McGraw-Hill*.

- Holzer, D. (2007). Are you talking to mi? Why BIM alone is not the answer. *Spatial Information Architecture Laboratory*. Obtenido de https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/19679/1/Holzer_Are%20you%20talking.pdf
- Hoyos, J. (2019). *Proyecto Empresarial: Medición de la madurez BIM en empresas*. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado el 11 de octubre de 2022, de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13147/1/JuanHoyos_2019_PCI12675.pdf
- IDU Boletín de prensa. (27 de octubre de 2020). *IDU a la vanguardia de la metodología BIM en Bogotá*. Obtenido de idu.gov.co: <https://www.idu.gov.co/blog/boletin-de-prensa-idu-1/post/el-idu-a-la-vanguardia-de-la-metodologia-bim-en-bogota-1341>
- IDU Estudio Económico. (2017). *Estudio Economico del Sector de la Construcción*. Obtenido de https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Ley%20de%20transparencia/Contrataci%C3%B3n/Contratos%20adjudicados%20para%20la%20vigencia%20actual/Modelo%20de%20Pliegos/Modelos%20de%20pliegos%20de%20condiciones%20idu%202017/01%20ESTUDIO%20DEL%20SECTOR%20-%20OBRA%2
- IDU Informe de Gestión. (2020). *Informe de Gestión 2020*. Bogotá, D.C.
- IDU Informe de Gestión. (2021). *Informe de Gestión 2021*. Bogotá, D.C.
- IDU Maduración de proyectos. (2021). *Guía de Maduración de proyectos IDU*. Bogotá.
- IDU Plan BIM IDU 2020-2023. (2021). *Instituto de Desarrollo Urbano - IDU*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 11 de octubre de 2022, de https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Micrositios/BIM/01_Cartilla_PLAN_IDU-BIM.pdf

IDU Proceso de Diseño de Proyectos. (2019). *Procedimiento PR-DP-017 Seguimiento, Interventoría y Supervisión de Diseño de Proyectos*. Bogotá.

IDU, Página web. (2022). *Instituto de Desarrollo Urbano. IDU*. Recuperado el junio de 2022, de <https://www.idu.gov.co/>

ISO - International Organization for Standardization. (12 de octubre de 2022). *iso.org*. Obtenido de <https://www.iso.org/search.html?q=19650>

ISO 21500. (2012). *ISO 21500 Guidance on Project Management*. International Organization for Standardization.

Kaizen-BIM. (2022). *Arquitectura & Ingeniería*. Recuperado el 8 de octubre de 2022, de ¿Qué es el BIM?: <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>

Kerzner, H. (2005). *Using the project management maturity model*. New Jersey: John Wiley & sons.

Kerzner, H. (2019). *Using the Project Management Maturity Model - Strategic Planning for Project Management (3rd Edition)*. John Wiley & Sons. Obtenido de <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpUPMMSP2/using-project-management/using-project-management>

Manríquez, S. (17 de diciembre de 2019). *¿Qué es la ISO19650? ¿Cómo se relaciona con el Estándar BIM para proyectos públicos?* Recuperado el 12 de octubre de 2022, de PlanBIM: https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2020/01/20191217_Presentaci%C3%B3n-ISO-19650-y-EBPPP_v01.pdf

Martin-Dorta, N. (junio de 2016). Building Information Modeling: barreras y oportunidades para mejorar la eficiencia en la industria de la construcción. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 91(5), 478-481. doi:10.6036/7828

- Memon, A. & Abdul, I. & Memon, I. & Azman, N. (2014). BIM in Malaysian Construction Industry: Status, Advantages, Barriers and Strategies to Enhance the Implementation Level. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 8., 606-614. Recuperado el 8 de octubre de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/288813993_BIM_in_Malaysian_Construction_Industry_Status_Advantages_Barriers_and_Strategies_to_Enhance_the_Implementation_Level
- MINTIC. (2020). *Marco para la transformación digital para el estado colombiano*. Bogotá: Gobierno de Colombia MINTIC.
- Mintransporte Informe de Rendición de cuentas. (2021). *Informe de Rendición de cuentas 2020-2021*. Bogotá.
- Montero, G. & Montoya, C. & Valdez, M. (2019). *Propuesta de diseño e implementación de una PMO en Liman, Perú: Propuesta de diseño e implementación*. doi:<https://doi.org/10.19083/tesis/625736>
- Morales-Fernández & Brito-Rojas & Villaseñor, J. (febrero de 2014). Capability Maturity Model Integration (CMMI). *RITI Journal*, Vol. 2, 3. doi:e-ISSN: 2387-0893
- Motoa, G. & Solarte, L. (22 de junio de 2005). Desarrollo de un modelo de madurez para valorar la gestión de proyectos en organizaciones. *IX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, AEIPRO Asociación Española de Ingeniería de Proyectos*. Recuperado el 9 de octubre de 2022, de <https://gyepro.univalle.edu.co/enlaces/pon1.htm>
- Olawumi, T. & Chan, D. (2019). Building Information Modelling and Project Information Management Framework for Construction Projects. *Journal of Civil Engineering and Management*. 25., 53-75. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/330884130_Building_Information_Modell

ing_and_Project_Information_Management_Framework_for_Construction_Projects

PMI - Project Management Institute. (2017). *OPM3 -Organizational Project Management Maturity Model. Second Edition.*

PMI. (2021). *PMBOK Guide Seventh Edition.* Pennsylvania: Project Management Institute.

Porwal, A. & Hewage, K. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 204-2014.

Recuperado el 9 de octubre de 2022, de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580512002439>

QuestionPro. (2021). *Tipos de Encuestas.* Recuperado el 19 de marzo de 2022, de

<https://www.questionpro.com/es/tipos-de-encuestas.html>

Rashidian, S. & Drogemuller, R. & Omrani, S. (2022). The compatibility of existing BIM maturity models with lean construction and integrated project delivery. *Journal of Information Technology in Construction*, 496-511. doi:10.36680/j.itcon.2022.024

Rodríguez, A. (8 de marzo de 2020). *3 Modelos de Madurez de BIM.* Recuperado el 9 de octubre de 2022, de BIM en México: <https://bimenmexico.blogspot.com/2020/03/3-modelos-de-madurez-de-bim.html>

Rui, Yin & Lim, Yaik-Wah & Siang, Tan. (2021). Construction Project Management Based on Building Information Modeling (BIM). *Civil Engineering and Architecture*. 9., 2055-2061.

Samimpay, R & Saghatforoush, E. (2020). Benefits of Implementing Building Information Modeling BIM in Infrastructure Projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 123-140. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/341083003_Benefits_of_Implementing_Building_Information_Modeling_BIM_in_Infrastructure_Projects

Sapag, C. N. (2011). *Proyectos de Inversión. Formulación Evaluación. Santiago de Chile. Pearson Educación.*, 29.

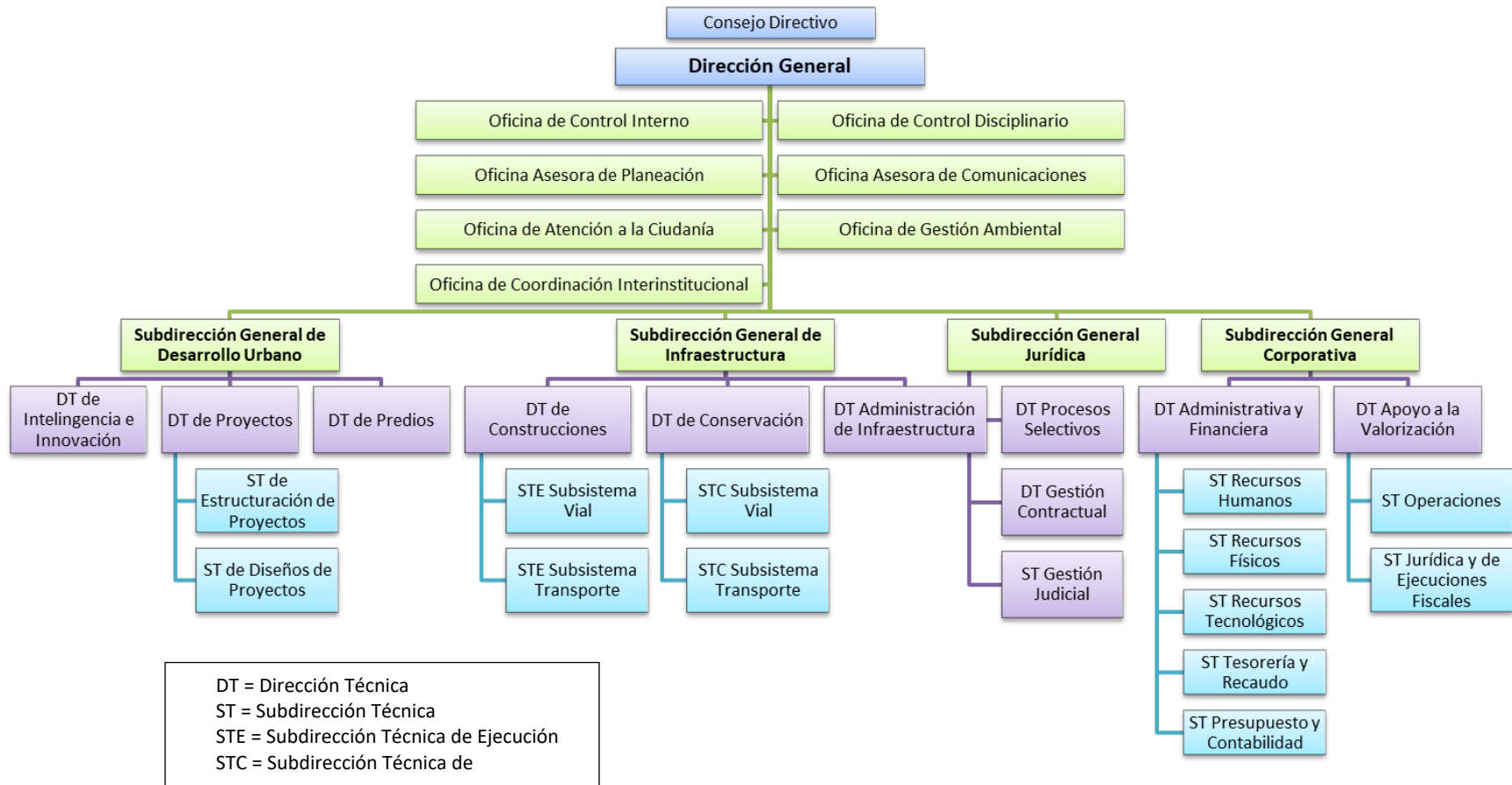
Sriram Changali, Azam Mohammad y Mark van Nieuwland. (2015). The construction productivity imperative. *MacKinsey & Company. McKinsey Productivity Sciences Center*, 1-10. Recuperado el 15 de mayo de 2022, de MacKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-construction-productivity-imperative>

Vandezande, J. & Read, P. & Krygiel, E. (2012). *Mastering Autodesk Revit Architecture*. Obtenido de Indiana, Wiley Publishing, Inc.: <https://www.wiley.com/en-ao/Mastering+Autodesk+Revit+Architecture+2012-p-9780470937495>

Villegas, L. & Pérez, C. & Portilla, W. (2022). *Implementación de metodologías ágiles para la gestión de proyectos de la Secretaría de Asuntos Internacionales de la Gobernación de Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Universidad EAN.

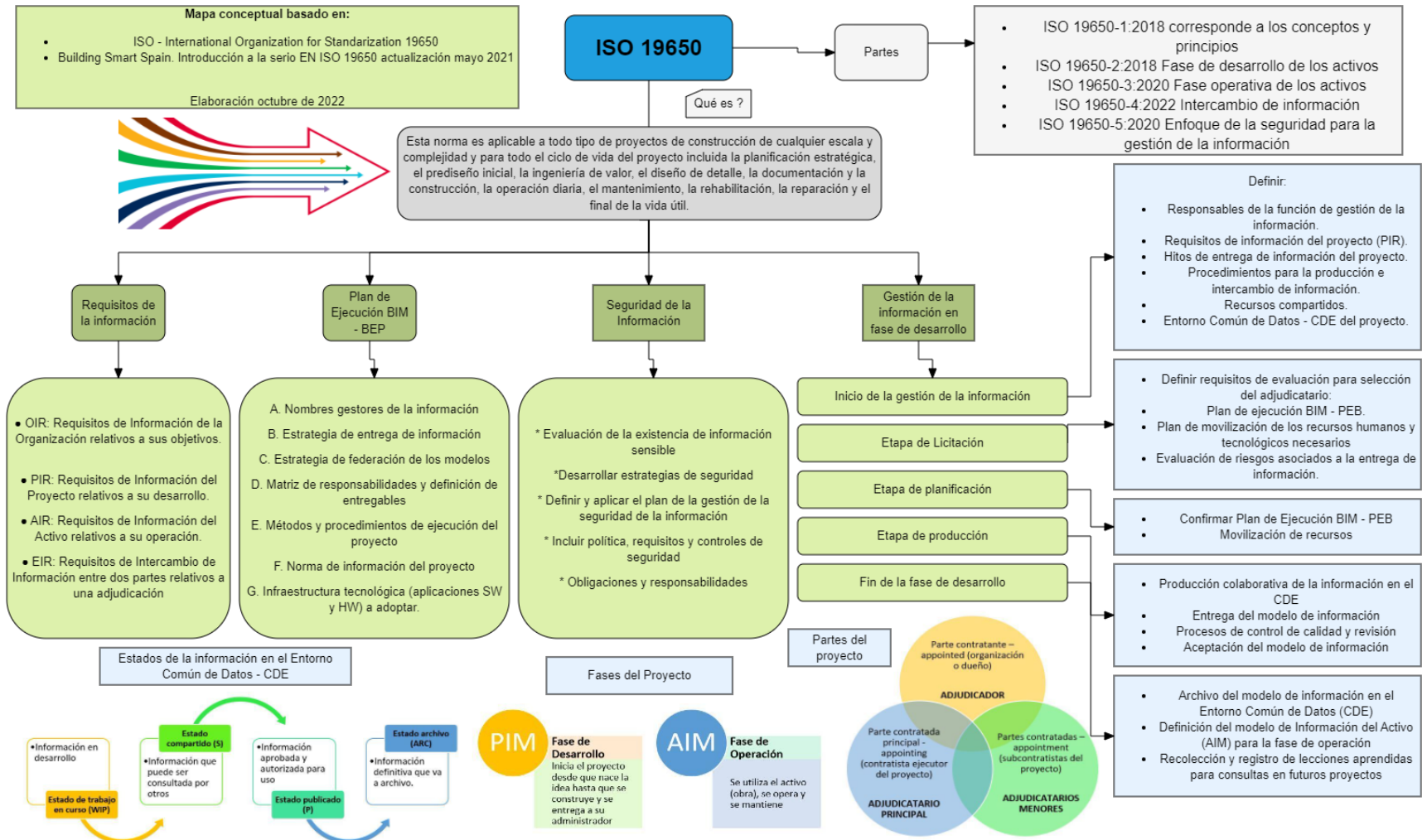
Anexos

Anexo A. Organigrama General del IDU



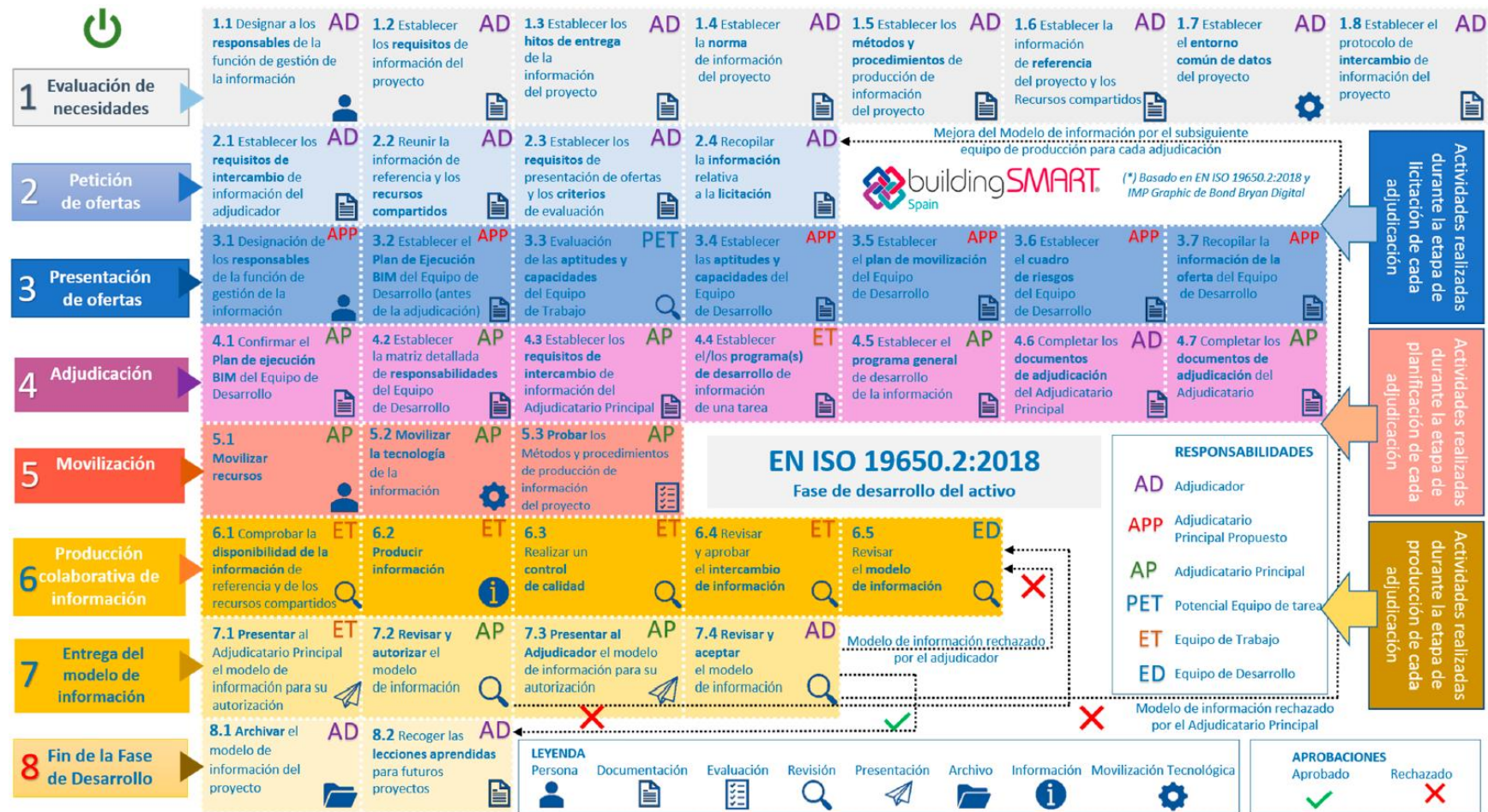
Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la página institucional IDU (IDU, Página web, 2022)

Anexo B. Mapa conceptual Norma ISO 19650



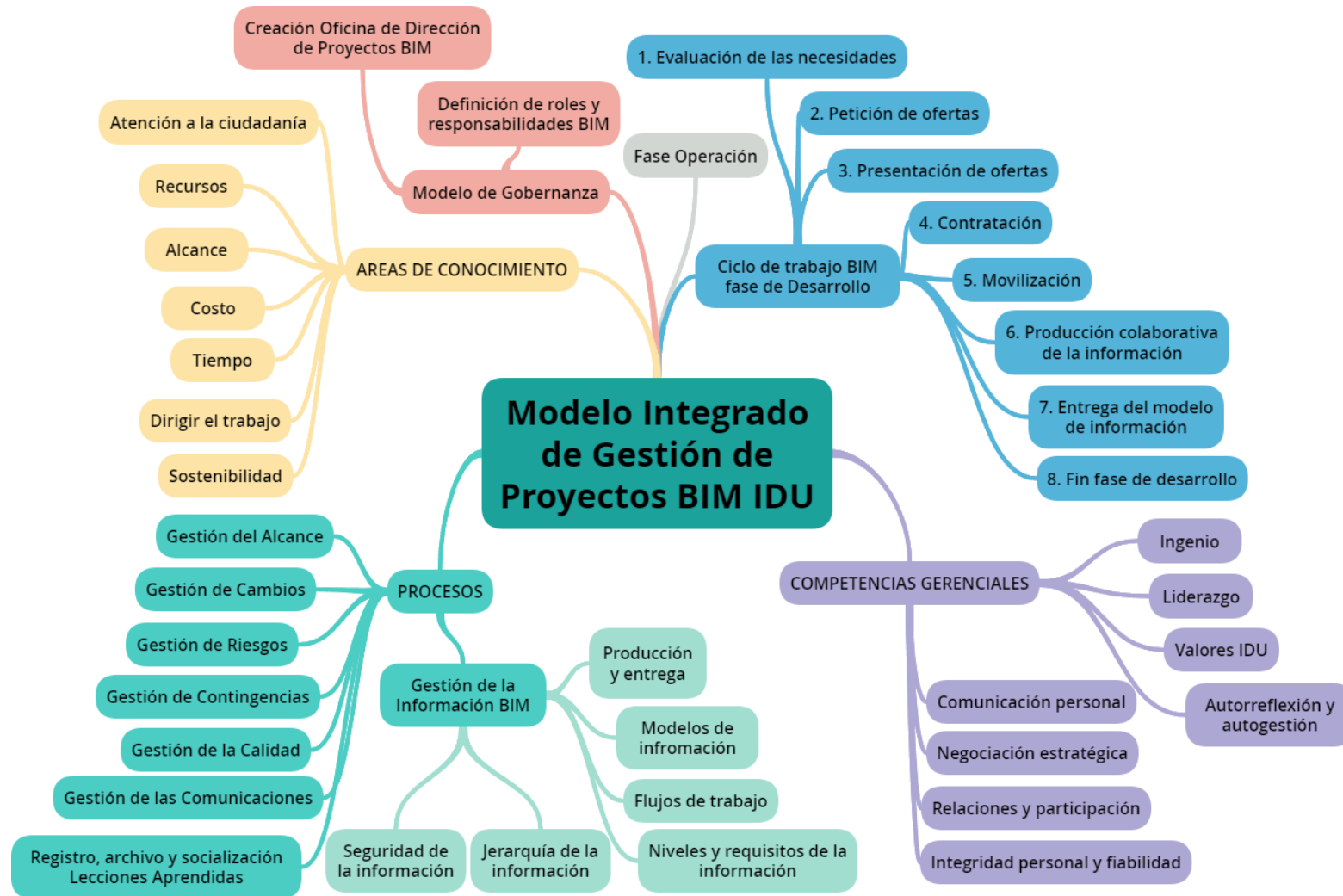
Fuente: Elaboración propia a partir de (ISO - International Organization for Standardization, 2022) y (Building Smart Spain, 2021)

Anexo C. Diagrama subactividades de la fase de desarrollo Norma ISO 19650-2:2018



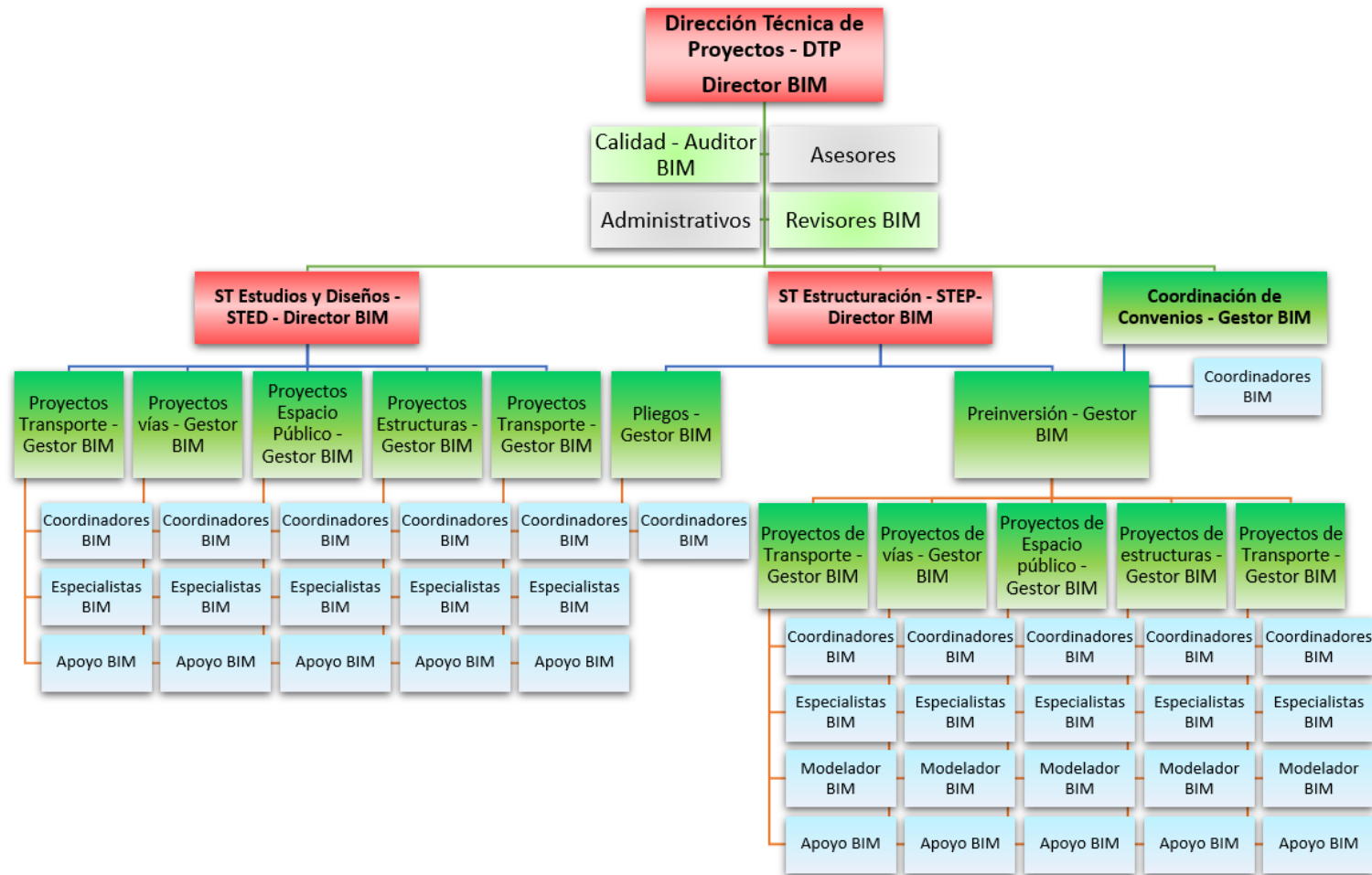
Fuente: (Building Smart Spain, 2021)

Anexo D. Tópicos para un modelo integrado de gestión de proyectos BIM en el IDU



Fuente: Elaboración propia a partir de ISO 19650, BIM Forum Colombia, PMI, ISO 21500, IPMA.

Anexo E. Organigrama propuesto para la Fase Diseño de Proyectos BIM con Roles designados



Fuente: Elaboración propia.

Anexo F. Ficha Técnica Encuesta

Ficha técnica de la encuesta	
Grupo que realizó la encuesta:	Integrantes Trabajo de Grado “Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.”.
Tipo de Investigación:	Enfoque cuantitativo con alcance descriptivo.
Tema Encuestas:	Estudio para implementación metodología BIM en la fase de diseños en los proyectos desarrollados por el IDU.
Universo poblacional:	Mujeres y hombres mayores de edad que laboren en el IDU.
Grupo Objetivo:	Profesionales pertenecientes al área de Dirección Técnica de Proyectos y la Subdirección Técnica de Estudios y Diseños del IDU que corresponden a los que pertenecen al proceso de diseños en la entidad.
Sistema de muestreo:	Se implementó un muestreo aleatorio simple que pudiera cubrir un gran grupo de profesionales pertenecientes al área de Diseño del IDU.
Marco muestral:	Se trabaja con encuestas virtuales a través de la Plataforma Google.
Tamaño de la muestra:	78 encuestas realizadas
Técnica de recolección de datos:	Encuestas virtuales online a partir de formulario de Google.
Tipos de Respuesta:	Respuesta cerrada dentro de la escala Likert.
Fecha de realización encuestas:	Del 27 al 30 de marzo de 2022
Métodos de validación:	Revisión y supervisión directa del 100% de las encuestas realizadas.
Área/Cubrimiento:	Bogotá

Ficha técnica de la encuesta	
Preguntas que realizaron:	<p>El IDU utiliza una metodología adecuada para la gestión de proyectos en la fase de diseños.</p> <p>Existe una adecuada planeación de los proyectos en la fase de diseños que desarrolla el IDU.</p> <p>Están definidos claramente los roles y responsabilidades en el desarrollo de la fase de diseño de proyectos que desarrolla el IDU.</p> <p>Las herramientas actuales que tiene el IDU permiten un adecuado control y seguimiento de los proyectos.</p> <p>Cuenta con los conocimientos necesarios para la aplicación de la metodología BIM en el IDU.</p> <p>Considera que se pueden optimizar costos y tiempos con la implementación de la metodología BIM en el IDU.</p> <p>Considera fiable la forma de almacenar la información del proyecto como planos y archivos digitales.</p> <p>Está de acuerdo con que la implementación de la metodología BIM en el IDU podría traer ventajas para el desarrollo de sus actividades.</p> <p>Los convenios que se han realizado para optimizar la comunicación con las empresas de servicios públicos para facilitar la ejecución de proyectos son adecuados.</p> <p>Considera usted que la empresa respalda adecuadamente la información ante la rotación y movimiento del personal.</p> <p>La comunicación que hay entre las distintas áreas de trabajo es adecuada y fluida.</p> <p>Las lecciones aprendidas en el Proceso de Diseño son documentadas adecuadamente y fáciles de consultar.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo G. Ficha Técnica Entrevista

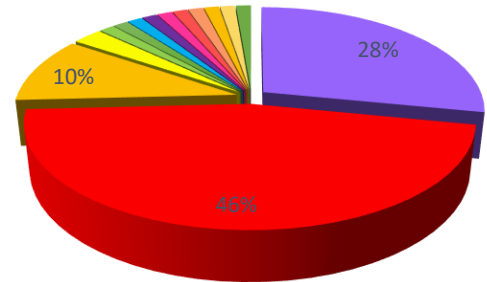
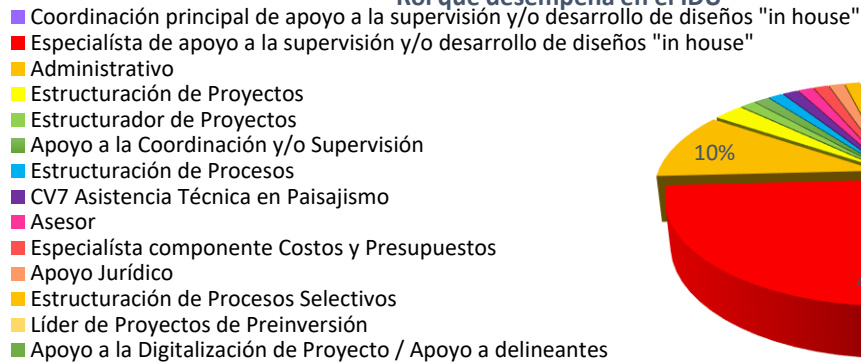
Ficha técnica de la entrevista	
Grupo que realizó la encuesta:	Integrantes Trabajo de Grado “Propuesta metodológica para la gestión de proyectos en la fase de diseños bajo un enfoque BIM en el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C.”.
Tipo de Investigación:	Enfoque cualitativo con alcance descriptivo.
Tema Encuestas	Estudio implementación metodología BIM fase de diseños en los proyectos desarrollados por el IDU.
Universo poblacional:	Mujeres y hombres mayores de edad que laboren en el IDU.
Grupo Objetivo:	Profesionales pertenecientes al área de Dirección Técnica de Proyectos y la Subdirección Técnica de Estudios y Diseños del IDU que corresponden a los que pertenecen al proceso de diseños en la entidad.
Sistema de muestreo:	No probabilística o dirigida que pudiera cubrir profesionales en roles de apoyo a la supervisión, especialistas y directivo.
Medio:	Se trabaja con entrevistas virtuales a través de la Plataforma Google Meet.
Tipos de Respuesta:	Respuesta abierta.
Tamaño de la muestra:	5 entrevistas realizadas
Fecha de realización encuestas:	Del 8 al 22 de agosto de 2022
Métodos de validación:	Revisión y supervisión directa del 100% de las encuestas realizadas.
Área/Cubrimiento:	Bogotá
Preguntas que realizaron:	¿Qué metodología de gestión de proyectos utiliza el IDU, cómo le parece?

Ficha técnica de la entrevista	
	<p>¿Qué actividades de planeación se realizan en el inicio de los proyectos en la fase de diseños en el IDU?</p> <p>¿Cómo se desarrolla la ejecución de los proyectos en la fase de diseños, qué problemas se presentan y cómo se resuelven?</p> <p>¿Qué mediciones se realizan al proceso, cómo se realizan cambios y cómo se implementan acciones de mejora?</p> <p>¿Cómo considera que son las relaciones con otras áreas, las de procesos previos (preinversión, estructuración), posteriores (construcciones), los futuros usuarios (ciudadanos), o cualquier otro interesado en el proyecto? ¿Cómo podrían mejorarse?</p> <p>¿Considera adecuado el manejo de la información y de las comunicaciones que se utilizan en la fase de diseños?</p> <p>Ha participado en alguno de los pilotos de implementación de la metodología BIM, qué fortalezas le encuentra y que posibilidades de mejora considera que se pueden tener en cuenta.</p> <p>¿Cuáles son sus expectativas con la implementación de la metodología BIM en el proceso de diseño?</p> <p>Finalmente, agradecemos todas sus apreciaciones de problemas existentes, fortalezas y recomendaciones de mejora para el proceso de diseño.</p>

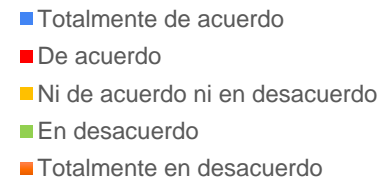
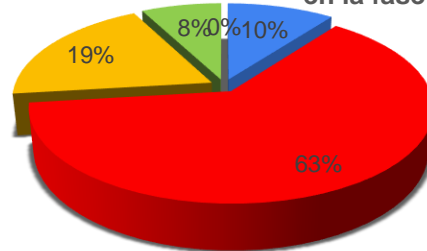
Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Resultados Encuesta

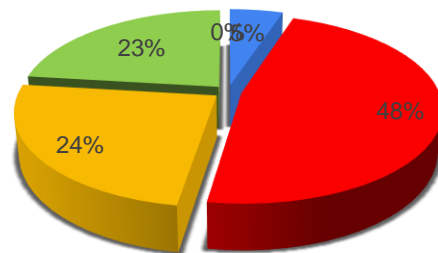
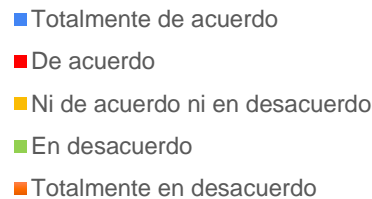
Rol que desempeña en el IDU



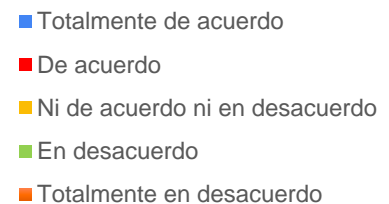
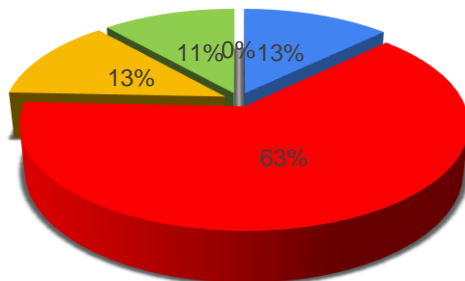
1. Utiliza el IDU una metodología adecuada para la gestión de proyectos en la fase de diseños?



2. Existe una adecuada planeación de los proyectos en la fase de diseños que desarrolla el IDU.

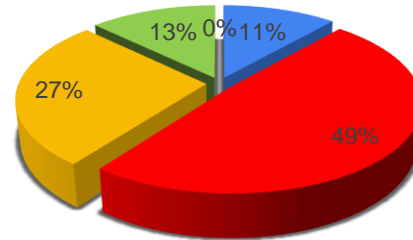


3. Están definidos claramente los roles y responsabilidades en el desarrollo de la fase de diseño de proyectos que desarrolla el IDU.

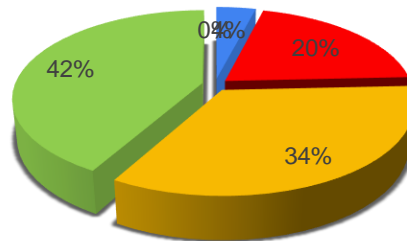


4. Las herramientas actuales que tiene el IDU permiten un adecuado control y seguimiento de los proyectos

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo



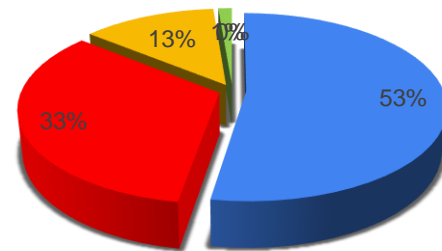
5. Cuenta con los conocimientos necesarios para la aplicación de la metodología BIM en el IDU.



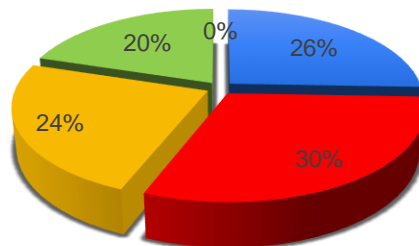
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

6. Considera que se pueden optimizar costos y tiempos con la implementación de la metodología BIM en el IDU.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo



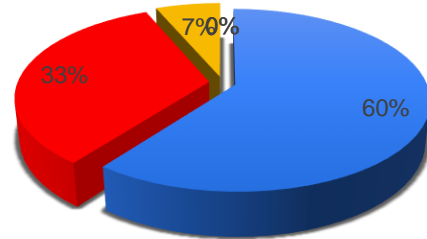
7. Considera fiable la forma de almacenar la información como planos y archivos digitales resultado de la fase de diseño de proyectos del IDU.



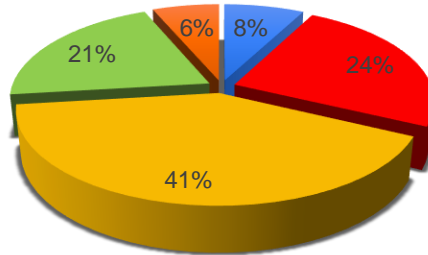
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

8. Está de acuerdo con que la implementación de la metodología BIM en el IDU podría traer ventajas para el desarrollo de sus actividades.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo



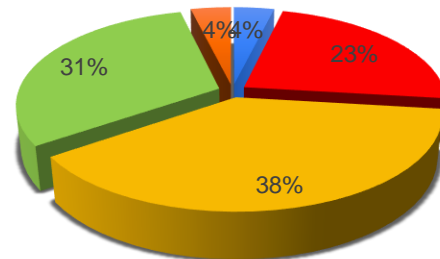
9. Los convenios que se han realizado para optimizar la comunicación con las empresas de servicios públicos para facilitar la ejecución de proyectos son adecuados.



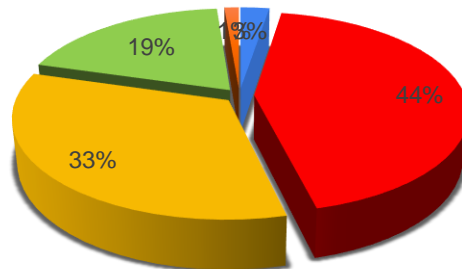
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

10. Considera usted que el IDU respalda adecuadamente la información ante la rotación y movimiento del personal.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo



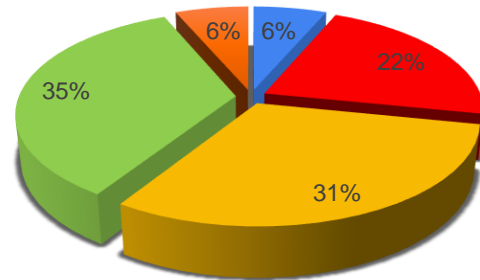
11. La comunicación que hay entre las distintas áreas de trabajo es adecuada y fluida.



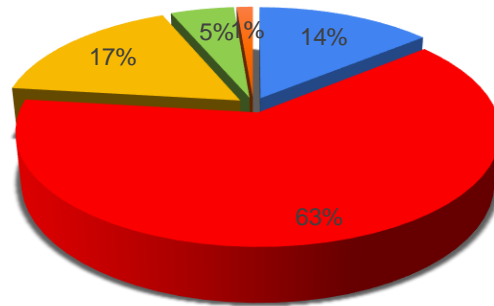
- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

12. Las lecciones aprendidas en el Proceso de Diseño son documentadas adecuadamente y fáciles de consultar.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo



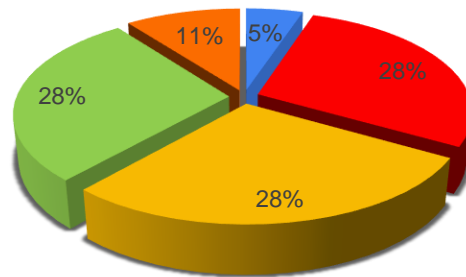
13. Conoce el procedimiento de seguimiento, interventoría y supervisión de diseño de proyectos y la caracterización del proceso de diseños actuales en el IDU.



- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

14. Considera que en el IDU existe una adecuada inducción para las personas nuevas y reinducción para todos los trabajadores que facilita su trabajo en la entidad.

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo



Fuente: Elaboración propia.