

**BIM
FORUM
COLOMBIA**

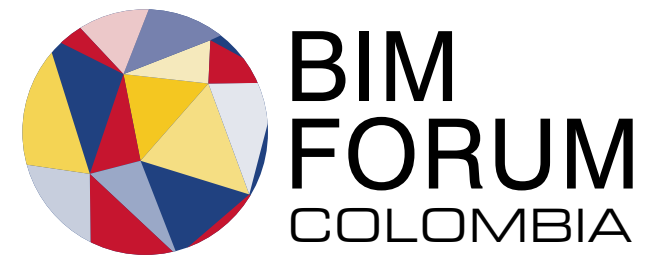
DOCUMENTO EN BORRADOR

BIM KIT 2

DOCUMENTOS TÉCNICOS

◀ 1. Infraestructural vial





DOCUMENTOS TÉCNICOS

1. INFRAESTRUCTURA VIAL

El propósito de este documento es guiar la aplicación de buenas prácticas para el cumplimiento de los requerimientos de la resolución... "Por la cual se fijan los lineamientos para los curadores urbanos y las autoridades municipales o distritales competentes, encargadas del estudio, trámite y expedición de licencias urbanísticas, participantes o interesadas en participar en el plan piloto para la expedición de licencias de construcción en la modalidad de obra nueva a través de medios electrónicos".



El presente documento busca estandarizar los roles y perfiles en una empresa que trabaje bajo la metodología BIM (Building Information Modeling)

Copyright Notice:

That standard, which involved engagement with industry professionals as well as leading software vendors Autodesk, Bentley, Graphisoft, Nemetschek and buildingSMART UK, is freely available to the construction industry.

Este documento se distribuye bajo licencia:





Dirección Editorial

Sandra Forero Ramírez, presidenta Ejecutiva de Camacol

Coordinación Editorial

Victoria Cunningham , directora de Productividad y Sostenibilidad de Camacol

Comité Editorial

AMARILO S.A.S.

APIROS S.A.S.

ARPRO ARQUITECTOS INGENIEROS S.A.

CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONTRUCCIÓN

CONSTRUCCIONES PLANIFICADAS S.A.

CONSTRUCTORA BOLIVAR S.A.S.

CONSTRUCTORA COLPATRIA S.A.

CONSTRUCTORA CONCONCRETO S.A.

CUSEZAR. S.A.

EMPRESA DE DESARROLLO URBANO EDU

PRODESA Y CIA S.A.

TRIADA S.A.S.

Investigación y Redacción

▶ LUIS CARLOS MORALES

▶ EDWIN ARIZA BUITRAGO

▶ DANIEL RODRÍGUEZ ESTRADA

▶ LORENA SÁNCHEZ VARGAS

▶ NESTOR JAIMEZ PLATA

▶ JUAN DAVID HURTADO

▶ NICOLÁS VILLA PELÁEZ

▶ GERMÁN ANDRÉS ROJAS

▶ SANDRA MILENA JIMÉNEZ

▶ ALISSON GÓMEZ BAUTISTA

▶ DIEGO GIRALDO

▶ JAVIER CÁRDENAS IZQUIERDO

▶ JUAN SEBASTIÁN ROJAS



CONTENIDO

1.	Introducción	6	•
2.	Análisis del Estado del Arte en el sector de infraestructura en Colombia	6	
3.	Ciclo de vida de un proyecto de infraestructura	11	•
4.	BIM aplicado a los proyectos de infraestructura	15	
5.	Roles BIM	30	•
6.	Usos BIM para infraestructura	32	
7.	Hoja de Ruta	43	•
8.	Clasificación de Infraestructura	44	
9.	Documentos de Referencia	46	•
10.	Conclusiones y Recomendaciones	47	



Agradecimientos

El BIM Forum Colombia extiende el agradecimiento a los miembros del comité editorial, las empresas participantes y sus equipos de trabajo, quienes hicieron posible el ejercicio de recolección de información, redacción y validación de contenidos y a cada uno de los actores que participaron en el proceso de consulta pública de estos documentos.

1 INTRODUCCIÓN

La Guía de infraestructura vial del Bim Forum Colombia, representa una propuesta de aplicación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura vial, para los profesionales que participan en el desarrollo o ejecución de proyectos de infraestructura, sin importar la escala del proyecto, y para cualquiera de sus etapas, desde la concepción del mismo, hasta su operación, mantenimiento y mejora o repotenciación, es decir, el ciclo de vida del proyecto.

Este documento está pensado como una guía y propuesta de aproximación metodológica para gestionar la información de un proyecto de infraestructura vial, a través de sus etapas de maduración y las actividades que típicamente se ejecutan, todo ello, en el marco general de la metodología BIM y las directrices dadas por la ISO 19650-2:2018 *“Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets”*

Esta Guía fue desarrollada a partir de la experiencia y conocimiento aportado por los participantes de la mesa de Infraestructura del BIM Forum Colombia. La Guía de Infraestructura Vial incorpora al lector inicialmente en la historia, definiciones y conceptos de la maduración de proyectos de infraestructura en el entorno colombiano, para luego presentar la propuesta metodológica BIM para proyectos de infraestructura y los usos BIM asociados para las diferentes etapas y actividades.

Este documento es de tipo referencial, por cuanto presenta una propuesta metodológica y recopila una serie de buenas prácticas y pautas; por lo tanto, la Guía de Infraestructura Vial no se constituye en un elemento de carácter normativo, vinculante o contractual.

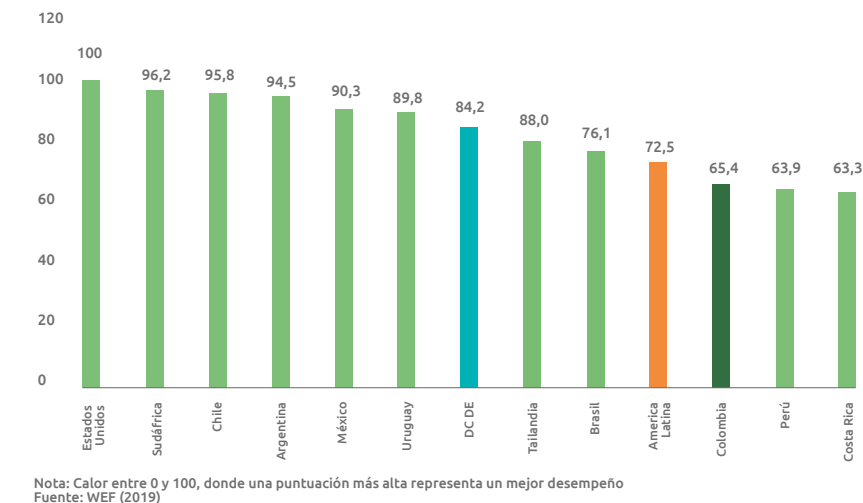
2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN EL SECTOR INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA

La infraestructura en Colombia sin duda alguna tiene una importante participación dentro de la actividad económica del país. Conforme con datos del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), durante el año 2019 el crecimiento del sector de obras civiles fue del 10,7% y su participación en el PIB fue del 2,1%.

Con respecto al tema de generación de empleo formal y estable, solamente el programa de concesiones viales de cuarta generación (vías 4G) ha generado más de 66.000 puestos de trabajo en las diferentes regiones del país. De la misma manera el sector genera varias cadenas productivas que son activadores en cuanto al consumo de materiales, importaciones, transporte y generación de empleo.

En comparación con Latinoamérica, Colombia tiene una calificación de 65.4 en el índice de conectividad de carreteras, en comparación al promedio de Latinoamérica de 72.5 y la OCDE de 84.2.

Este documento es de tipo referencial, por cuanto presenta una propuesta metodológica y recopila una serie de buenas prácticas y pautas; por lo tanto, la Guía de Infraestructura Vial no se constituye en un elemento de carácter normativo, vinculante o contractual.



2.1 Definición de Infraestructura en Colombia

La Cámara Colombiana de Infraestructura - CCI, realizó un estudio de caracterización del sector de la infraestructura de transporte en el país, con el cual describió la naturaleza, características y tendencias del sector en lo correspondiente a la construcción, operación y mantenimiento de las carreteras, puertos y aeropuertos, considerando para ello cinco entornos: económico, organizacional, ocupacional, educativo, tecnológico (innovación).

De acuerdo con ese documento, la infraestructura se define como **“el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones —por lo general, de larga vida útil— que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales”** (Cepal, 2004).

Las estructuras y obras que conforman dicha infraestructura se pueden clasificar de acuerdo con la actividad o servicio para el que son construidas, tal como muestra la siguiente figura:



2.2 Clasificación de la Infraestructura en Colombia

A continuación, se presenta la clasificación de la infraestructura en Colombia:

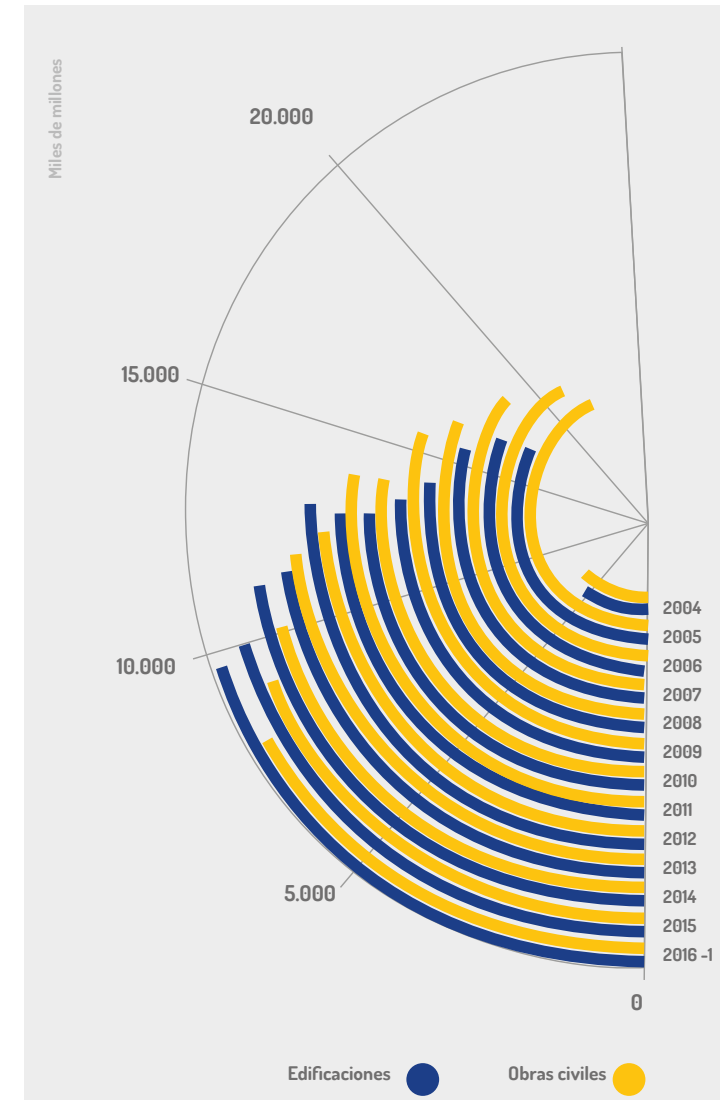
INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA



Fuente: Estudio de caracterización del sector de la infraestructura de transporte CCI. Bogotá, Colombia Chapter (2014-2015).

El sector de la construcción está conformado por el subsector de edificaciones, y el de obras civiles e ingeniería. Históricamente el subsector de edificaciones había sido el líder en producción; sin embargo, desde el 2009, como es posible observar en la en la figura PIB Obras civiles versus PIB edificaciones, el subsector de obras civiles ha tomado una mayor relevancia, siendo hoy el que impulsa en gran medida el sector de la construcción.

PIB OBRAS CIVILES VERSUS PIB EDIFICACIONES



Fuente: elaboración a partir de las cifras del DANE. Estudio de caracterización del sector de la infraestructura de transporte CCI.



2.3 El Sector de la Infraestructura de Transporte en Colombia

La infraestructura de transporte tiene un rol fundamental en el desarrollo productivo y comercial de un país.

Con la expansión de los mercados y la globalización, las economías mundiales hoy tienen la oportunidad de explotar las ventajas del comercio y llevar sus productos más allá de sus fronteras y su región. La infraestructura de transporte puede entonces reducir o crear barreras a esta expansión, y su impacto no solo se traduce en resultados económicos, sino en calidad de vida para los habitantes de un país. Colombia es un país con grandes oportunidades de comercio debido a su ubicación estratégica. Adicionalmente, al encontrarse en una posición central entre Suramérica y Norteamérica, es un puente entre regiones.

A continuación, se presenta el resumen del inventario de la red vial del país, así como su estado actual.



El país vive un cambio en su infraestructura y actualmente es un país en construcción, son múltiples los proyectos que se encuentran en ejecución y más los que vienen en camino, dentro del modo carretero se puede destacar:

3 — CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA

De acuerdo con lo establecido en la Ley 1682 de 2013, las siguientes son las etapas que deben tenerse en cuenta en la preparación de los diversos estudios que se adelanten para la ejecución de los proyectos de infraestructura, en las diferentes etapas del proceso de madurez de un proyecto (de su ciclo de vida):

Etapas de Preinversión: Incluye todas las actividades necesarias de concepción, planeación, estudios y diseños, desde la Identificación de la Necesidad hasta la obtención de los diseños y planos definitivos, necesarios y suficientes para construcción.

Etapas de Inversión: Incluye todas las actividades necesarias y suficientes para la construcción de las obras del proyecto, hasta su entrada en operación.

Etapas de Operación: Incluye todas las actividades necesarias para operar y mantener las obras del proyecto, desde su entrada en operación o servicio, hasta el final de su vida útil.

Dentro de la Etapa de Preinversión, se encuentran las siguientes fases:

Fase 1. Prefactibilidad. Es la fase en la cual se debe realizar el prediseño aproximado del proyecto, presentando alternativas y realizar la evaluación económica preliminar recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, utilizando modelos de simulación debidamente aprobados por las entidades solicitantes.

Fase 2. Factibilidad. Es la fase en la cual se debe diseñar el proyecto y efectuar la evaluación económica final, mediante la simulación con el modelo aprobado por las entidades contratantes. Tiene por finalidad establecer si el proyecto es factible para su ejecución, considerando todos los aspectos relacionados con el mismo.

Fase 3. Estudios y diseños definitivos. Es la fase en la cual se deben elaborar los diseños detallados tanto geométricos como de todas las estructuras y obras que se requieran, de tal forma que un constructor pueda materializar el proyecto. El objetivo de esta fase es materializar en campo el proyecto definitivo y diseñar todos sus componentes de tal manera que se pueda dar inicio a su construcción.

Dentro de la Etapa de Inversión, se encuentra la siguiente fase:

Fase de Construcción (o de materialización del activo).

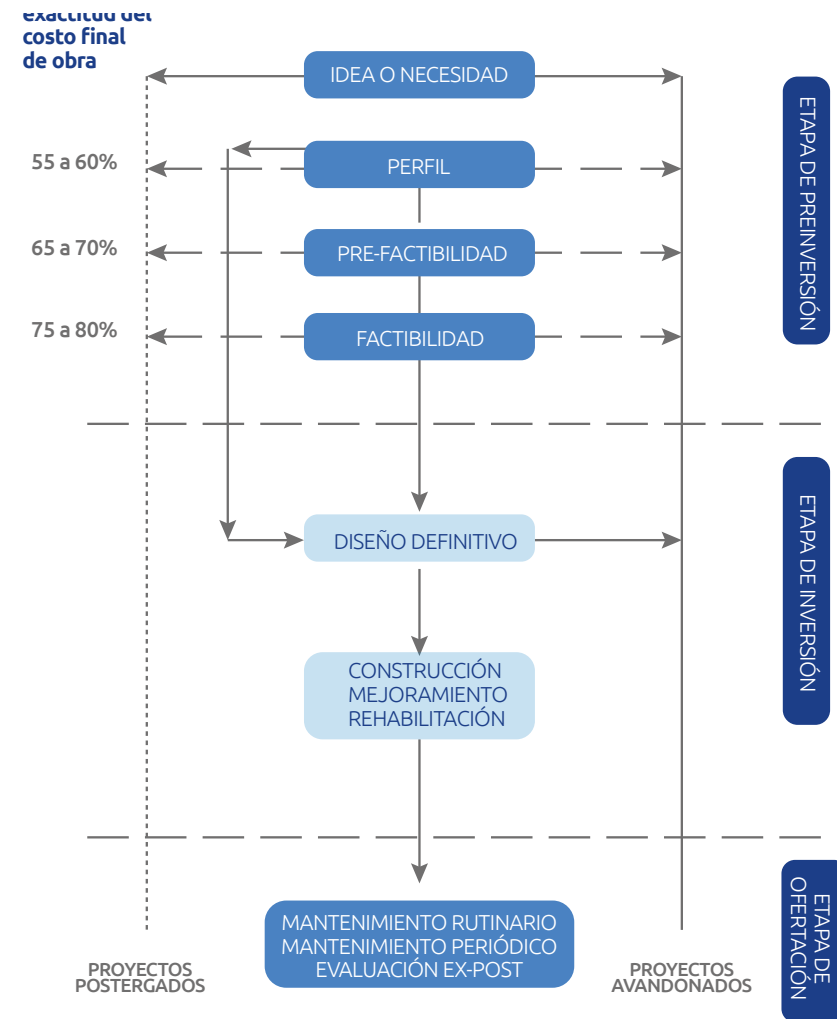
Son aquellas obras nuevas que incluyen el levantamiento o armado de algún tipo de infraestructura de transporte.

Dentro de la Etapa de Operación, se encuentran las siguientes fases:

Mantenimiento periódico. Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables, destinados primordialmente a recuperar los deterioros ocasionados por el uso o por fenómenos naturales o agentes externos.

Mantenimiento rutinario. Se refiere a la conservación continua (a intervalos menores de un año) con el fin de mantener las condiciones óptimas para el tránsito y uso adecuado de la infraestructura de transporte.

De acuerdo con lo anterior, un proyecto inicia desde que se identifica el problema o la necesidad que debe ser solucionada, para llegar a dar respuesta o satisfacer tal necesidad, alcanzando los objetivos esperados por el mismo. Las diferentes etapas referidas anteriormente, por las que debe pasar el proyecto es lo que se denomina ciclo de vida del proyecto, las cuales se ilustran a continuación:



Ciclo de Maduración de un Proyecto de Infraestructura de Transporte

Fuente: Invias

3.1 Definiciones

3.1.1 BIM (Building Information Modeling)

El Documento de estrategia de fomento para la transformación digital del sector de la construcción e infraestructura, presenta la siguiente definición:

*“BIM 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. BIM es la metodología colaborativa de trabajo que permite la modelación de un proyecto de construcción en la que se centraliza toda la información relacionada a la construcción y gestión de la infraestructura. A través de una representación virtual en varias dimensiones para la identificación de diversos componentes del proceso de diseño, construcción y operación de edificaciones, es una pieza clave para lograr los objetivos de costo, calidad y tiempo de los proyectos de construcción privados y públicos, además de promover la transparencia y la optimización de los recursos”.*¹

Por su parte la ISO 19650 1: 2018, presenta la siguiente definición: *“Uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones”.*²

¹ Documento de estrategia de fomento para la transformación digital del sector de la construcción e infraestructura.
² ISO 19650 1:2018 -Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM – parte 1. Conceptos y principios. Numeral 3.3.14.
³ Ley 1682 de 2013.Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.
⁴ Recuperado de <https://www.espaciobim.com/modelado-bim-brim-cim>.

3.1.2 Infraestructura de transporte

Sistema de movilidad integrado por un conjunto de bienes tangibles, intangibles y aquellos que se encuentren relacionados con este, el cual está bajo la vigilancia y control del estado, y se organiza de manera estable para permitir el traslado de las personas, los bienes y los servicios, el acceso y la integración de las diferentes zonas del país y que propende por el crecimiento competitividad y mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.³

3.1.3 CIM (City information Modeling): Modelado de la Información para Ciudades⁴

En términos generales, consiste en la aplicación del modelado de la información al siguiente nivel de habitabilidad, la ciudad; aunque no existe aún un acuerdo común en cuanto a cómo denominar a esta variante, una opción que empieza a consolidarse es la de CIM -City Information Modeling-.

La idea básica de CIM es tener un 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. Un modelo CIM puede ser utilizado por urbanistas y diseñadores para planificar una ciudad de manera más eficiente y efectiva. El modelo CIM permitiría la simulación de diferentes aspectos tales como el tráfico, la energía, la gestión de residuos, la limpieza viaria, el impacto de desastres naturales, etc. Digamos que existe una relación biunívoca entre CIM y lo que se ha dado en llamar Smart Cities.

3.1.4 BRIM (Bridge Information Modeling): Modelado de la Información para Puentes

A partir de BIM, se ha desprendido el concepto de BrIM: Bridge Information Modeling, o Modelado de Información para Puentes, metodología que integra todas las etapas de construcción de un puente, pasando por el diseño y construcción, hasta el mantenimiento y gestión de la infraestructura, es decir, es el proceso de generación y gestión de datos durante el ciclo de vida de un puente.

Según la AISC (American Institute of Steel Construction): El uso de Bridge Information Modeling (BrIM) se está promoviendo como un avance tecnológico en la forma en que la comunidad de ingeniería de puentes ejecuta el flujo de trabajo y gestiona los datos a lo largo del ciclo de vida completo de los puentes. Hoy en día, la entrega de proyectos para un puente involucra varias aplicaciones de software que soportan la mayoría o la totalidad de las actividades involucradas en el diseño y la construcción. Sin embargo, existe la necesidad de estándares de la industria de interoperabilidad de datos que abarquen todo el ciclo de vida del puente.⁵

Por su parte la FHWA (US Department of Transportation Federal Highway Administration)⁶ define que: El modelado de información de puentes (BrIM) se refiere a un enfoque de modelado avanzado que se basa en la definición generalizada de los “objetos” que constituyen el activo físico. Es un holístico digital que representa las características físicas y funcionales de la instalación, lo cual proporciona un recurso de conocimiento para obtener información que respalde una base confiable para la toma de decisiones durante el ciclo de vida del puente.

⁵ Recuperado de página web: <https://www.aisc.org/education/continuingeducation/education-archives/bridge-information-modeling--towards-an-industry-exchange-standard-b17/>

⁶ Recuperado de página web: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/hif16011/>

⁷ Recuperado de: <https://cordis.europa.eu/project/id/860555/es>

3.1.5 CBIM: Cloud-based Building Information Modelling⁷

Creación de un «gemelo digital» en la nube. En el año 2050, 10 000 millones de personas habitarán la Tierra. El sector de la construcción y las infraestructuras debe buscar maneras más inteligentes y eficientes de diseñar. La modelización de la información para la edificación (BIM) permite la creación de un modelo tridimensional inteligente en el que se modelizan todos los detalles de un edificio para explorar opciones de diseño y crear visualizaciones que ayudan a las partes interesadas a tener una mejor idea sobre cómo será el edificio antes de su construcción. El modelo se utiliza para generar la documentación de diseño para la construcción. Las versiones digitales (conocidas como «gemelos digitales») pueden almacenarse en la nube, que puede servir como repositorio de todos los datos de activos a lo largo del ciclo de vida. El proyecto financiado con fondos europeos CBIM aumentará la concienciación sobre cómo las tecnologías BIM pueden ayudar a digitalizar las infraestructuras construidas.

Por lo tanto, la ambición de CBIM es educar a los investigadores en el desarrollo de un conjunto de tecnologías BIM novedosas y disruptivas que automatizarán la generación y el enriquecimiento de gemelos digitales, mejorarán la gestión, la seguridad y la capacidad de recuperación de los procesos habilitados para BIM, e impulsarán la adopción industrial de BIM en todos los sectores y disciplinas mediante la capacitación de estos investigadores para valorizar y explotar su trabajo. Esta nueva generación de investigadores puede desempeñar un papel clave en la implementación generalizada de productos y procesos BIM dedicados a digitalizar nuestra infraestructura construida y administrar mejor nuestros activos para producir ganancias masivas en sostenibilidad, productividad y seguridad.

4 BIM APLICADO A LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA

A la metodología BIM se le han reconocido a nivel mundial las ventajas al ser incorporado en los pliegos de requerimientos para licitaciones públicas para infraestructura, por cuanto permite reducir tiempo y costos, y aumentar la eficiencia y transparencia.

En Latinoamérica la inversión en infraestructura es 35% menos de la requerida, es así que implementar BIM ayudaría considerablemente a reducir esta brecha, ya que se estima que, a causa de diseños deficientes, durante la construcción el costo total del proyecto se incrementa llegando incluso a dejar inconclusos los proyectos. Además, se podría atenuar el incremento de las prórrogas en contratos y los costos asociados.

4.1 BIM para contribuir al cumplimiento de metas y objetivos nacionales

Dentro de los objetivos nacionales establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y normatividad asociada, referenciamos a continuación los siguientes, por tener un vínculo directo con la aplicación de la metodología BIM en proyectos de infraestructura:



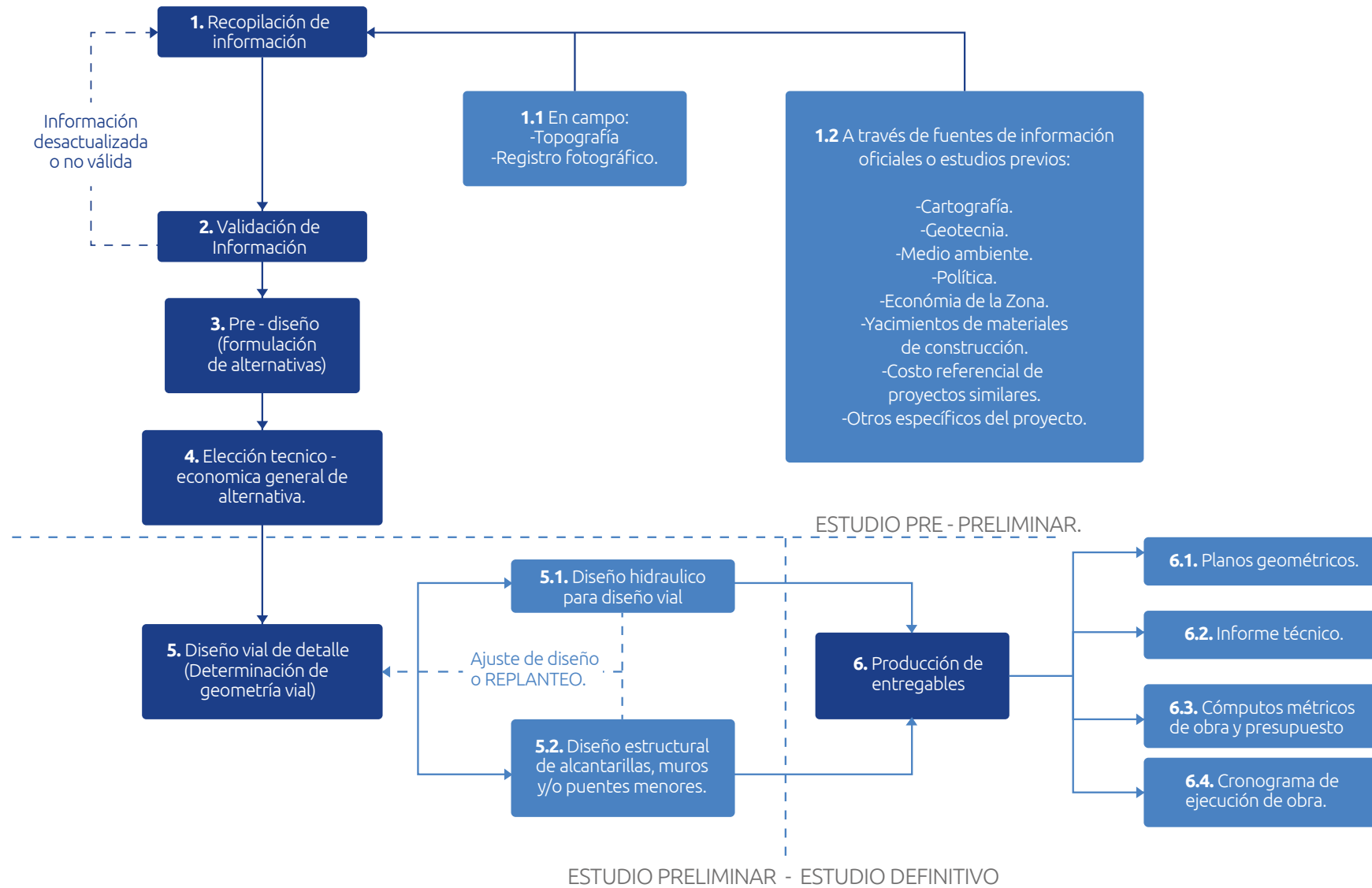
Compromiso	Metas y objetivos
Objetivos de Desarrollo Sostenible	<ol style="list-style-type: none"> 1. ODS 9: Industria, innovación e infraestructura 2. ODS 6: Agua limpia y saneamiento 3. ODS 7: Energía asequible y no contaminante
Plan Nacional de Desarrollo 2019 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Pacto 6: por el transporte y la logística para la competitividad y la integración regional. • Pacto 7: por la transformación digital de Colombia: Gobierno, empresas y hogares conectados con la era del conocimiento. • Pacto 8: por la calidad y eficiencia de servicios públicos: agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos. • Pacto 9: por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades.
CONPES 3975	<p>Línea de acción 7 - punto 9. Ejecutar iniciativas de alto impacto apoyadas en la transformación digital: estrategia de fomento para la transformación digital del sector de la construcción e infraestructura, con el fin de aumentar la capacidad de toma de decisiones a través de un proceso coordinado y colaborativo que permita la creación, gestión y uso compartido de la información de los proyectos a lo largo de su ciclo de vida.</p>

4.2 Diseño y representación tradicional

Aunque algunas empresas dedicadas al diseño y construcción de proyectos de infraestructura vial han utilizado software BIM como herramientas de trabajo, la aplicación de las herramientas de manera aislada de una metodología definida, reduce y limita el beneficio que pudieran brindar dentro de un flujo de trabajo BIM, en particular, en la conservación de la información técnica que contienen sus modelos, ya que si se ve interrumpido el proceso BIM, los modelos se convertirán en dibujos CAD (computer-aided design) los cuales solamente mantendrán sus características geométricas vectoriales, impidiendo así el aprovechamiento del trabajo de ingeniería del modelo BIM, en etapas posteriores del proyecto.

Determinar el flujo de trabajo en el diseño de una obra vial es siempre variable y dependerá de las condiciones de contratación y particularidades técnicas propias del proyecto, por lo que, a manera de referencia, a continuación, se ilustra el flujo de trabajo convencional que se aplica en algunas empresas. En este tipo de flujo de trabajo, el mayor inconveniente ha sido el re-trabajo inducido por los recurrentes cambios en alguno de los elementos de diseño, provocando así que el trabajo elaborado no pueda ser reutilizado, o, que los planos o representaciones deban realizarse nuevamente al igual que la cuantificación de obra y los demás entregables que son consecuencia del diseño del proyecto.

Flujo de trabajo convencional para proyectos viales



4.3 Guía BIM y propuesta metodológica BIM para proyectos de infraestructura vial en Colombia⁸

A partir de esta guía, estamos contribuyendo para que cada empresa o entidad pública, tenga una primera aproximación de los tipos de requerimientos y alcance que se puede lograr al hacer exigible el uso de BIM de manera precisa y estandarizada todo esto muy alineado a la política planteada en el documento de Estrategia de Gobierno, donde se busca crear un lenguaje común entorno a BIM que permita tener la información correcta en el momento adecuado para tomar mejores decisiones. De esta manera, es posible simplificar y facilitar la participación en el desarrollo de proyectos públicos de infraestructura, teniendo en cuenta que los proyectos de infraestructura responden a las necesidades y dinámicas de una comunidad o un país, por cuanto son motores sociales que ofrecen alternativas de comunicación que mejoran la calidad de vida, la forma de conectarse y comunicarse de manera más eficiente, generando progreso y dinamizando la economía.

En el caso de los proyectos carreteros (proyectos lineales), sean estos interdepartamentales o proyectos de ciudad, buscan garantizar la comunicación entre diferentes puntos, desarrollar zonas potencialmente productivas, ofrecer posibilidades de bienestar a núcleos de población, o generar un ahorro en el costo de transporte, atravesando en ocasiones condiciones geográficas, topográficas y geológicas de alta complejidad, lo que significa realizar grandes inversiones con recursos

⁸ Basado en la norma ISO 19650-2: 2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets.



4.4.1 | Actividades dentro de la etapa de prefactibilidad

públicos, por lo que la decisión de ejecutar un proyecto se somete a un proceso de maduración – evaluación progresiva de la viabilidad económica del proyecto.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presenta la propuesta metodológica BIM para proyectos de infraestructura, de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 19650-2:2018, Fase de Entrega de los Activos, y las etapas de maduración de un proyecto de infraestructura.

4.4 | Aplicación de BIM en un proyecto de infraestructura a lo largo de sus etapas de maduración⁹

De acuerdo con lo referido en la sección 3 de este documento – ciclo de vida de un proyecto de infraestructura-, a través de las etapas de maduración del proyecto de infraestructura, se gestiona la información de los componentes técnico, jurídico, financiero, ambiental, predial, social, arqueológico, riesgos, entre otras disciplinas que puedan aplicar, con el fin de desarrollar la evaluación de alternativas, realizar la selección de la más apropiada, y en caso de ser viable, llevarla a su materialización y posterior operación.

A continuación, se presenta con mayor detalle las actividades que se considera deben ser desarrolladas a través del ciclo de vida del proyecto, aplicando la metodología BIM.

A través de herramientas BIM de modelado 3D y creación de propuestas, es posible realizar análisis preliminares de alternativas de solución para un proyecto de infraestructura, por cuanto estas herramientas BIM incluyen bases de datos geográficas, vinculación de imágenes satelitales y de nubes de puntos.

Estas alternativas se deben alimentar con información secundaria disponible de mapas topográficos y geológicos en escalas reducidas, fotografías aéreas, restituciones aerofotogramétricas, Sistemas de Información Geográfica –SIG-, o, mediante la combinación de alguna de estas fuentes, para lograr su vinculación en medios digitales; teniendo en cuenta que gran parte de esta información aún se consigue solo en medio impreso (formato papel), dependiendo de la zona en donde se realice el proyecto, es posible recurrir a técnicas de escaneo de los documentos para poderlos vincular digitalmente.

A partir de la gestión de la información secundaria vinculada al modelo desarrollado con las herramientas BIM, será posible obtener curvas de nivel de la zona del proyecto, o la identificación de corredores principales en un entorno de ciudad, a partir de los cuales es posible realizar análisis geológicos, trazados preliminares, identificación de zonas críticas y de obstáculos, e incluso cantidades preliminares que permitan plantear las primeras alternativas.

Se recomienda realizar recorridos aéreos sobre los sitios críticos, zonas especiales o si es posible, sobre el corredor completo, mediante equipos RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), para realizar capturas videográficas, e incluso, generar nubes de puntos mediante procesos

de fotogrametría digital. Al estar en una etapa temprana de análisis, y de acuerdo con el uso de la información, estas capturas pueden no estar sujetas a un amarre a un sistema de coordenadas. La información digital generada se debe transmitir a las partes como un entregable.

De acuerdo con el Plan de Ejecución BIM del proyecto-PEB- (BEP por sus siglas en inglés) el Nivel de Desarrollo de la Información que se gestiona es LOD 100. Se debe aclarar en el PEB las condiciones para cada disciplina, modelos y elementos correspondientes.

4.4.2 | Actividades dentro de la etapa de factibilidad

Dentro de la etapa de factibilidad, es posible contar con levantamientos topográficos que se realizan a partir de reconocimiento terrestre, aéreo o técnicas combinadas, los cuales deberán estar sujetos al sistema de referencia **MAGNA SIRGAS**, cuya proyección, Datum, datos normalizados, tiempos de rastreo y técnicas de restitución, deberán corresponder con los de las entidades reguladoras correspondientes y la zona del país en la que se desarrolle el proyecto.

En esta etapa, es posible realizar capturas de información con equipos RPAS o equipos terrestres, apoyados por técnicas de captura con sensores y escaneo láser estáticos o dinámicos. Esta información debe estar amarrada a un sistema de coordenadas, con el fin que se cumpla con las condiciones del levantamiento topográfico, o lo complemente.

A partir de la información certificada del levantamiento topográfico, se desarrolla el Modelo Digital de Superficie (MDS) o el Modelo Digital del Terreno (MDT), según se requiera, a partir de los cuales

se podrán realizar análisis de volumetrías, secciones, movimientos de masas y análisis de otras disciplinas, como son ambiental, predial, redes, etc. En caso de ser un corredor nuevo (greenfield), para que el modelo digital elaborado a partir de la nube de puntos tenga una precisión suficiente, es deseable que la distancia entre ellos no supere diez metros (10 m). Las superficies y modelos generados, junto con los análisis realizados para cada disciplina, se convierten en insumos digitales que deben ser gestionados y transmitidos a las partes del proyecto, como un entregable.

Con las superficies y modelos generados, se hace uso de herramientas digitales para el modelado de proyectos lineales, a través de los cuales se plantean los alineamientos, secciones transversales, corredores, y en términos generales, se desarrolla la geometría del proyecto, vinculando información primaria de otras disciplinas para seguir analizando las alternativas que han sido seleccionadas. La información digital generada del diseño geométrico del proyecto, se debe transmitir a las partes como un entregable.

De acuerdo con el Plan de Ejecución BIM del proyecto-PEB- (BEP por sus siglas en inglés) el Nivel de Desarrollo de la Información que se gestiona es LOD 200. Se debe aclarar en el PEB las condiciones para cada disciplina, modelos y elementos correspondientes.

4.4.3 | Actividades dentro de la etapa de estudios y diseños de detalle

En esta etapa, es usual que se requiera mejorar la precisión de los modelos MDS y MDT, en caso que en la etapa anterior no se hubiese realizado el levantamiento topográfico con el nivel de detalle suficiente,

⁹ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras – Ministerio de Transporte - Colombia

Una Política pública: maduración de proyectos y matriz de riesgos. Cámara Colombiana de Infraestructura -CCI



o, que sea necesario replantear el proyecto, adicionar zonas de análisis, etc. Para este efecto, nuevamente es posible realizar capturas de información con equipos RPAS o equipos terrestres, apoyados por técnicas de captura con sensores y escaneo láser estáticos o dinámicos. cuya información debe estar amarrada al sistema de coordenadas.

En caso de ser un proyecto en un entorno de ciudad, los modelos deben permitir extraer información con alto nivel de detalle, de tal manera que sea posible realizar con el apoyo de herramientas digitales, entre otros, mediciones de áreas, corredores, identificación de mobiliario, redes superficiales, análisis de pendientes, etc.

Además, los diseños de detalle de disciplinas como estructuras, redes secas, húmedas y de telecomunicaciones, se deben realizar con herramientas de modelado 3D, de tal manera que se puedan aplicar los usos de Autoría de Diseño, coordinación 3D y Revisión de Diseño.

En esta etapa se gestiona la información de los componentes técnico, jurídico, financiero, ambiental, predial, social, arqueológico y riesgos, entre otras disciplinas que puedan aplicar, con lo cual usualmente se elaboran los procesos de contratación para proyectos que pasan a etapa de construcción, por lo cual, toda la información se debe transmitir a las partes como un entregable. Se recomienda que la transmisión de información al ejecutor del proyecto, se realice a través de un sistema digital que pertenezca aun Entono Común de Datos (o CDE por sus siglas en inglés).

De acuerdo con el Plan de Ejecución BIM del proyecto-PEB- (BEP por sus siglas en inglés) el Nivel de Desarrollo de la Información que se gestiona varía entre LOD 200 y LOD 350. Se debe aclarar en el PEB las condiciones para cada disciplina, modelos y elementos correspondientes.

4.4.4 | Actividades dentro de la etapa de construcción

A partir de la información transmitida de la etapa de estudios y diseños, la información se debe gestionar a través de un CDE, de tal manera que la **parte contratante** hace entrega de la información a la **parte contratada principal**.

Durante esta etapa, es necesario continuar gestionando la información, alimentando así el Modelo de Información del Proyecto (PIM por sus siglas en inglés). Particularmente, se requiere alimentar el Modelo a través de la gestión digital de incidencias, cambios en el diseño, RFI´s (Request For Information) y en general todas las modificaciones que se realicen sobre los diseños de detalle recibidos, dando aplicación al uso de Modelado Record.

En esta etapa se recomienda hacer seguimiento de la misma mediante equipos RPAS o equipos terrestres, apoyados por técnicas de captura con sensores y escaneo láser estáticos o dinámicos, fotografías 360, bitácoras digitales, e implementar reuniones de seguimiento virtual con apoyo de registros y captura de información remota.

De acuerdo con el Plan de Ejecución BIM del proyecto-PEB- (BEP por sus siglas en inglés) el Nivel de Desarrollo de la Información que se gestiona varía entre LOD 300 y LOD 350. Se debe aclarar en el PEB las condiciones para cada disciplina, modelos y elementos correspondientes.

4.4.5 | Actividades dentro de la etapa de operación y mantenimiento

Una vez materializado el proyecto, se inicia el proceso de gestión del mismo (como un activo), para lo cual el Modelo de Información del Proyecto transita al Modelo de Información del Activo (AIM por sus siglas en inglés), a partir de la información transmitida de la etapa de construcción a través de un CDE, de tal manera que la **parte contratada principal** retorna el activo a la **parte contratante** o al **administrador del activo** (dependiendo de la figura contractual).

En esta etapa, se aplican entre otros, usos como el de programación de mantenimiento, o gestión del activo. Para estos usos, se recomienda implementar plataformas de administración de activos, seguimiento de actividades rutinarias y periódicas, y herramientas digitales de trazabilidad de actividades, todas, ellas, enlazadas automáticamente, o manualmente reportadas y cargadas al CDE.

De acuerdo con el Plan de Ejecución BIM del proyecto-PEB- (BEP por sus siglas en inglés) el Nivel de Desarrollo de la Información que se gestiona varía entre LOD 400 y LOD 500. Se debe aclarar en el PEB las condiciones para cada disciplina, modelos y elementos correspondientes.

4.5 | Proceso de gestión de la información en un proyecto de infraestructura

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el proceso de gestión de la información requerido para un proyecto de infraestructura, inicia desde el momento en que la **parte contratante** (entidad pública o privada), identifica y evalúa las necesidades que requiere satisfacer al ejecutar el proyecto, lo cual es plasmado en los términos de referencia o documentos similares.

Este proceso de gestión de información, fluye a través del proceso de maduración del proyecto, aplicándose en todas las etapas en que se encuentre el proyecto (prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños básicos o de detalle, construcción, operación y mantenimiento), y deberá expresar claramente cuáles son los requisitos asociados en la fase de desarrollo del activo. Dando aplicación a la metodología BIM, este proceso se desarrolla a través de las siguientes etapas:

1. Evaluación de las necesidades
2. Petición de ofertas (apertura de proceso público o privado)
3. Presentación de ofertas (respuesta al proceso)
4. Contratación (adjudicación / resolución)
5. Movilización
6. Producción colaborativa de la información
7. Entrega del modelo de información
8. Fin de la fase de desarrollo (cierre de etapa del proyecto)

4.5.1 Evaluación de las necesidades

La **parte contratante** debe definir claramente cuál es la información que requiere para poder ejecutar (desarrollar) el proyecto, para lo cual, debe:

- Establecer los requerimientos (o requisitos) de información del proyecto (el qué), los cuales se consolidan a través del documento conocido como: EIR, Requisitos de Intercambio de Información, o por sus siglas en inglés: Exchange Information Requirement.
- Los hitos de entrega de información del proyecto (el cuándo).
- Los estándares, métodos y procedimientos para la producción de información del proyecto (el cómo).
- Definir las referencias de información y recursos compartidos del proyecto, las características del entorno de datos compartidos (CDE) del proyecto, los protocolos de información del proyecto y la evaluación de todas las actividades.

4.5.2 Petición de ofertas (apertura de proceso público o privado)

Como parte del proceso que la **parte contratante** ha abierto (sea este de naturaleza pública o privada), es decir, sea esta una licitación, invitación, orden de compra, etc., incluye los Requisitos de Intercambio de Información – EIR, que deben ser atendidos por los oferentes.

4.5.3 Presentación de ofertas (respuesta al proceso)

Los oferentes, como parte de la presentación de su oferta a la **parte contratante**, deben dar respuesta a los Requisitos de Intercambio de Información (EIR), a través de un Plan de Ejecución BIM precontractual o preliminar (PRE-PEB), en el cual presentan la manera en que proponen atender los requerimientos del proceso, definiendo el equipo de entrega, la capacidad y competencias del equipo de trabajo, el plan de movilización y despliegue, el registro de los posibles riesgos, la manera en que recopilará la información generada en desarrollo del proyecto por parte del equipo de entrega, y en general, las actividades para dar atención total al EIR requerido por la **parte contratante**.

4.5.4 Contratación (adjudicación / resolución)

Una vez adjudicado el proceso (sea este de naturaleza pública o privada), la **parte contratada principal** (ahora contratista o proveedor) debe confirmar el Plan de Ejecución BIM –PEB- para el proyecto, desarrollar una matriz de responsabilidad detallada, establecer el plan de entrega de información y en general, completar todos los documentos requeridos por la **parte contratante** para que el EIR sea atendido.

4.5.5 Movilización

La **parte contratada principal** (ahora contratista o proveedor) inicia el proyecto, movilizando los recursos e infraestructura necesaria para desarrollar el proyecto (generar la información), realizando pruebas a los métodos y procedimientos definidos en las etapas previas.

4.5.6 Producción colaborativa de la información

La **parte contratada principal** inicia la producción de información del proyecto, verificando el acceso a la misma (secundaria y primaria), a los recursos disponibles en el entorno de datos compartidos (CDE), verificando el intercambio de información para luego comenzar con la producción de la información de manera colaborativa.

4.5.7 Entrega del modelo de información

Una vez la **parte contratada principal** ha culminado con el desarrollo del modelo de información, este debe ser enviado a la parte contratante para su revisión y aprobación. En el contexto colombiano, esta actividad usualmente es desarrollada por el interventor del proyecto, aunque también puede ser desarrollada por la parte contratante.

4.5.8 Fin de la fase de desarrollo (cierre de etapa del proyecto)

La parte contratante, una vez recibido el modelo de información, deberá realizar las actividades necesarias para archivar la información del proyecto, teniendo en mente su custodia, reutilización, auditorías o consulta de información, lo cual pueda ser utilizado en futuros proyectos y en las siguientes etapas del ciclo de vida del proyecto. Lo anterior se debe realizar en un entorno de datos compartido (CDE), y/o en un contenedor de información que atienda o cumpla los requerimientos del proyecto

4.6 BIM en el Diseño de Infraestructura vial

Como un flujo recomendado, el ciclo de un proyecto BIM para infraestructura vial fluye a través de las siguientes etapas:

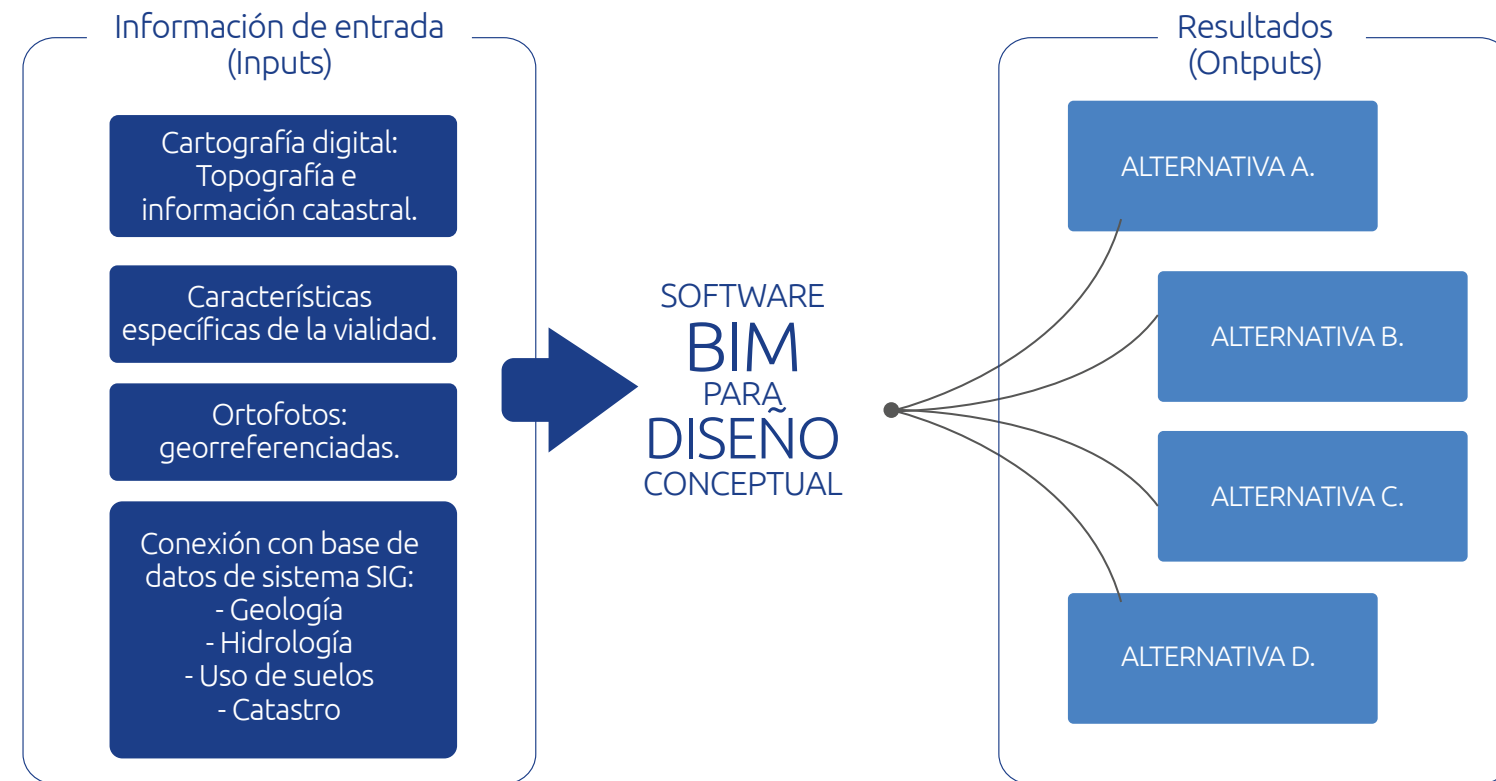
4.6.1 Programación BIM

- Planteamiento de alcance y Objetivos: Lugares a comunicar, lineamientos técnicos, presupuesto referencial, intensión de diseño, etc.
- Recopilación y análisis información: Estudios de tráfico, topografía referencial, imágenes satelitales, información de posibles expropiaciones, análisis de zonas de riesgos, identificación de hidrografía y caracterización preliminar de suelos, etc.
- Planteamiento de flujo de trabajo y elección de herramientas BIM, seleccionar el software que mejor se ajuste a las necesidades

4.6.2 Diseño Conceptual BIM

- Basado en información digitalizada como por ejemplo cartografía digitalizada, aerofotogrametría, etc.
- Planteamiento de alternativas a nivel conceptual
- Análisis o evaluación técnica, geométrica, presupuestaria de alternativas de diseño, sobre cantidades de obra estimadas.

Esquema de Información en Diseño conceptual aplicando BIM

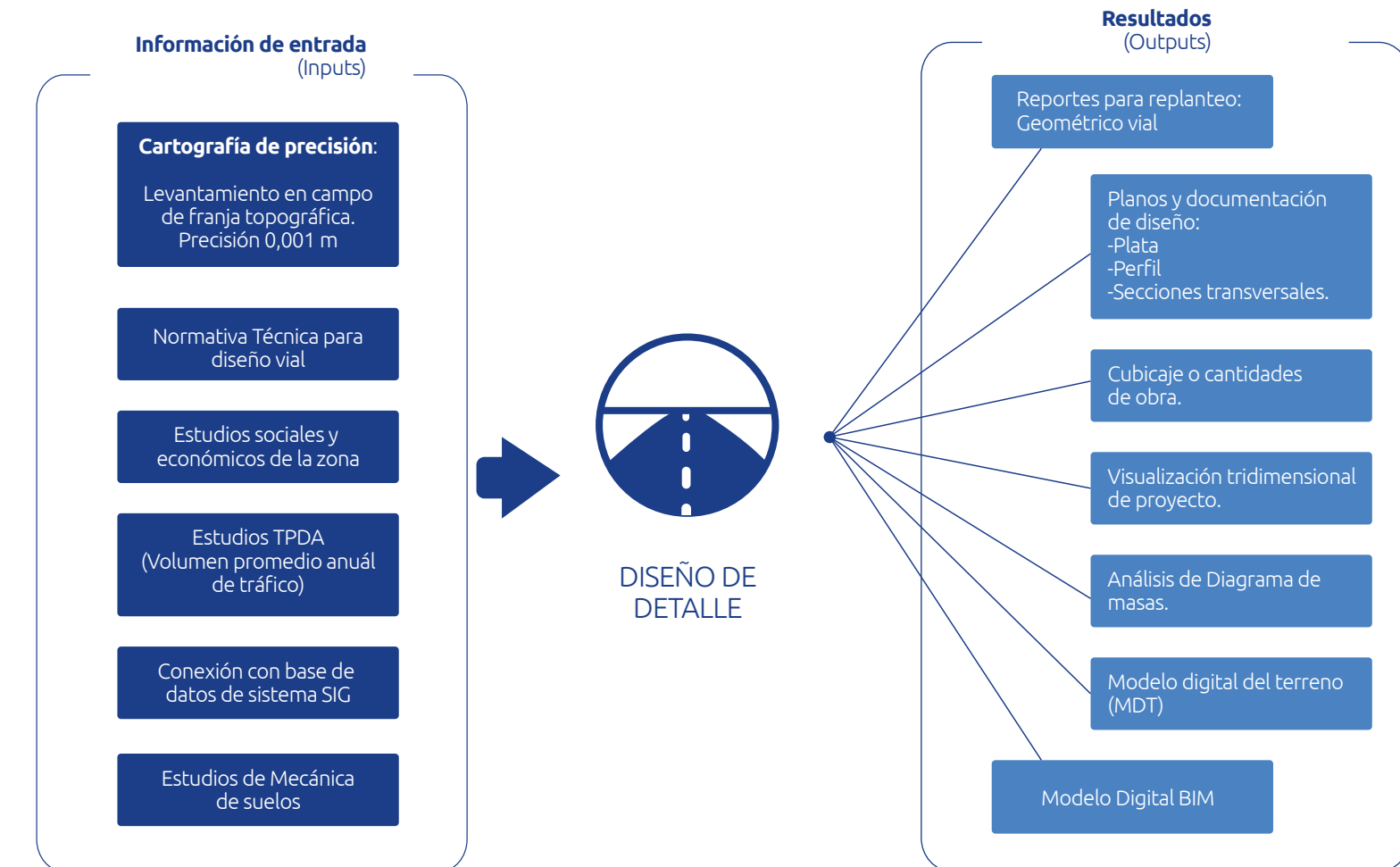


4.6.3 Diseño de detalle BIM

- A partir de estudios y recolección de información en campo y levantamiento topográfico híbrido mezclado entre nube de puntos, laser scan y terrestre.
- Selección de mejor alternativa

- Aplicación de normativa y diseño geométrico técnico en un software BIM para vialidades.
- Diseño de espacio público en BIM de acuerdo con la normatividad aplicable vigente.

Esquema de Información en Diseño de Detalle aplicando BIM





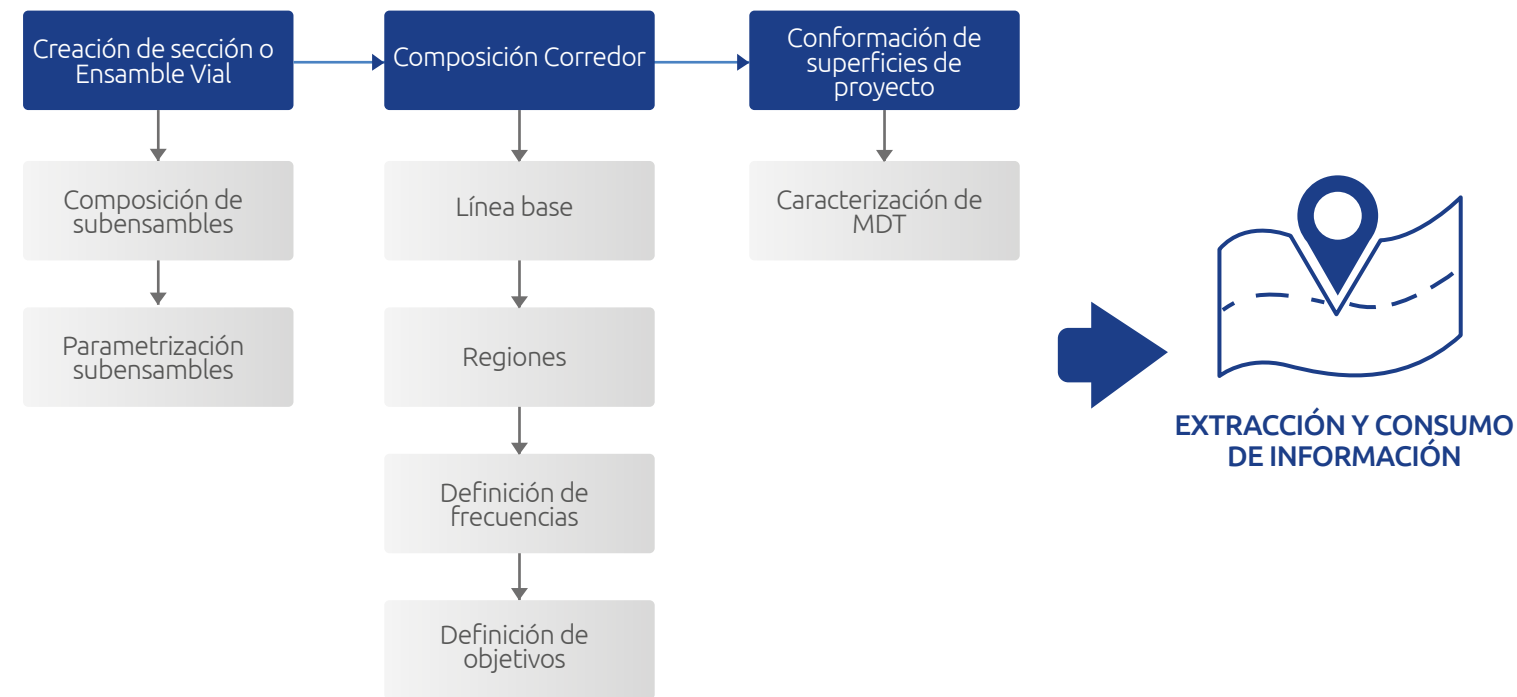
4.6.4 | Diseño Conceptual BIM

Con base en información obtenida después de replantar el diseño definitivo sobre el terreno:

- Comprobación sistematizada de normativa técnica, análisis gráfico y recorrido de modelo vial, análisis espacial de interferencias entre estructuras y cómputo de cantidades de obra.
- Elaboración de diagrama de masas.
- Análisis hidráulico de sistema de drenaje superficial, en caso de existir.

Flujo de trabajo para composición tridimensional de obra vial

Diseño Vial - Análisis BIM

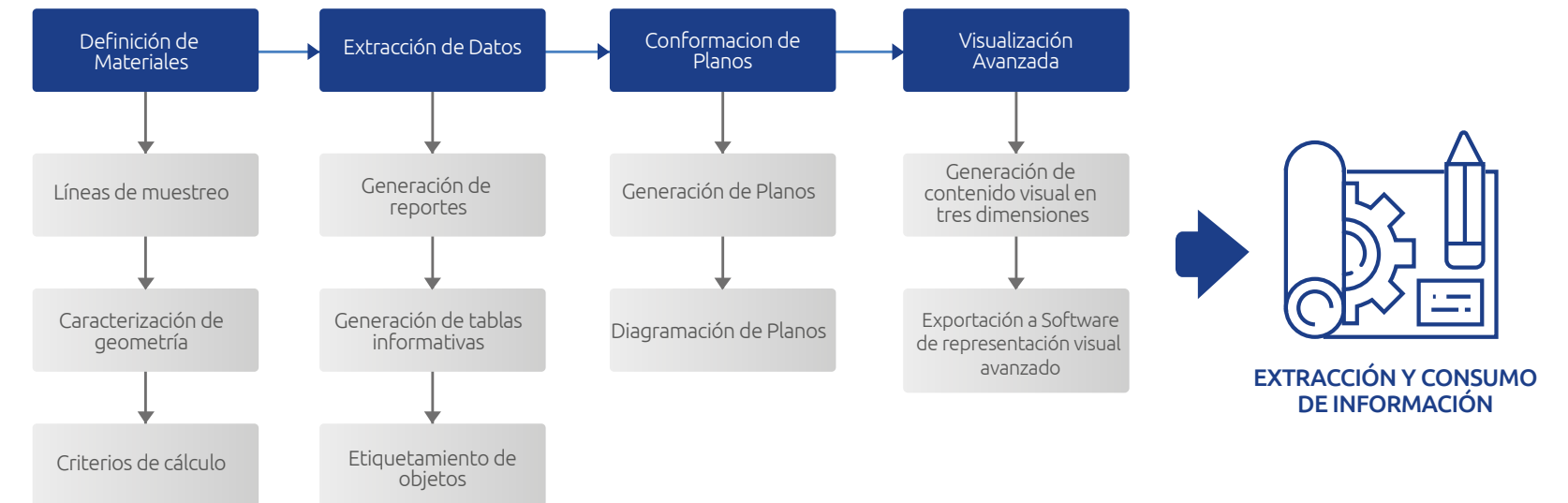


4.6.5 | Documentación BIM

- Extracción de reportes de diseño geométrico.
- Elaboración de plantilla de plano y extracción de planos de planta y perfil.
- Extracción de reportes de cantidades de obra

Flujo de trabajo para extracción de información del modelo BIM

Extracción y Consumo de Información



4.6.6 Mediciones / Determinación de presupuestos 5D BIM

- Estimación de cantidades en cada fase del proyecto.
- Gestionar y controlar el costo y las cantidades en todas las fases del proyecto.

4.6.7 Planificación y simulación 4D BIM

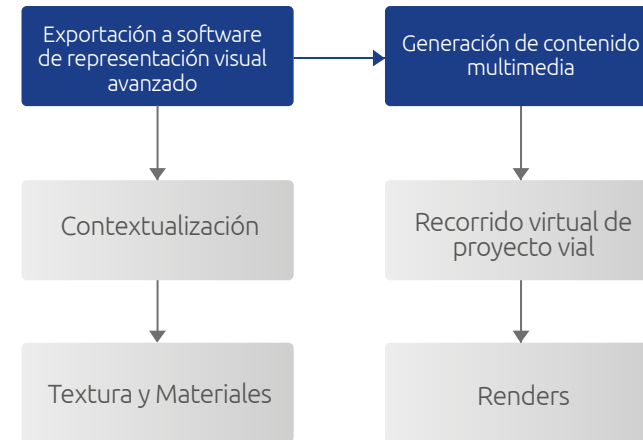
- Elaboración y vinculación del plan o cronograma de ejecución del proyecto.
- Simulación cronológica de la construcción del proyecto

4.6.8 Gestión Obra BIM Vial

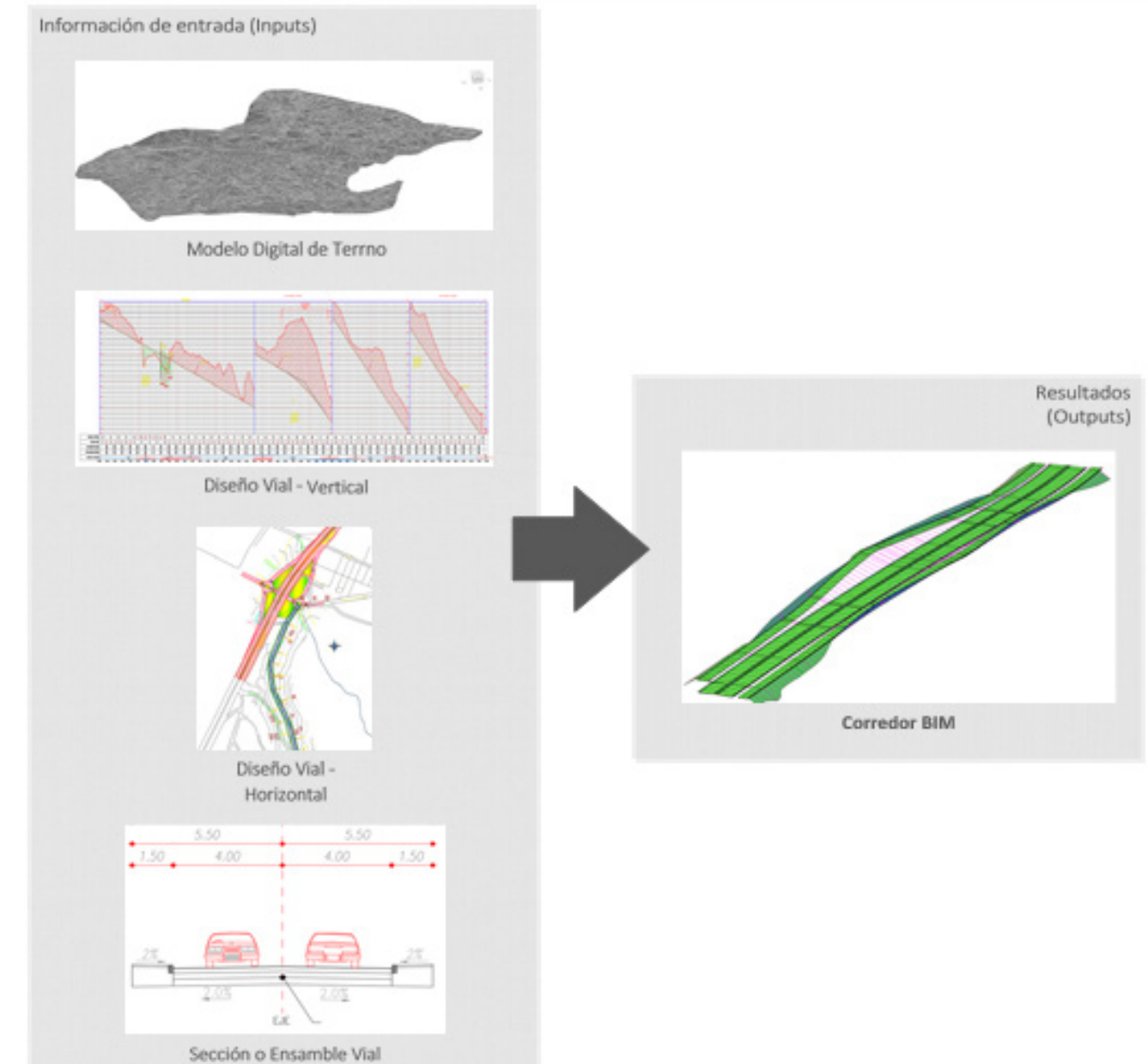
- Seguimiento de obra mediante el modelo.

4.6.9 Flujo de trabajo para simulación del modelo BIM

VISUALIZACION AVANZADA



VISUALIZACIÓN AVANZADA PRODUCTO MULTIMEDIA.



5 ROLES BIM

La metodología BIM continúa avanzando cada vez más en el sector de la construcción y abriéndose espacio específicamente en el sector de la infraestructura, de tal manera que su nivel de madurez requiere realizar integraciones de todos los actores en el proyecto el cual deberán incluir la figura de la interventoría BIM.

Como el componente humano es uno de los pilares fundamentales para el correcto funcionamiento de la metodología BIM, resulta de relevancia definir los roles especializados y responsabilidades en el proceso de revisión y auditoría de todo el proceso de la metodología BIM para un proyecto de infraestructura. Anteriormente, dentro de las guías para la adopción BIM en las organizaciones del BIM Fórum Colombia, se definieron los roles correspondientes a BIM Manager, Coordinador BIM, Especialista BIM y Modelador BIM; para complementar estos roles propuestos, se presentan a continuación su aplicación conforme con el tamaño del proyecto de infraestructura a desarrollar:

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

5.1 Responsabilidades Bim – Interventor

De acuerdo con la estructura definida por el BFC (BIM KIT –GUIAS PARA LA ADOPCIÓN BIM EN LAS ORGANIZACIONES 1-Roles y Perfiles), se tienen las siguientes responsabilidades según el rol:

5.1.1 Director de Interventoría BIM

Es el encargado de marcar las directrices desde el punto de vista del cliente y conjuntamente con el BIM manager del proyecto a medio y corto plazo. Juega un papel fundamental desde el punto de vista estratégico, dado que deberá plantear los lineamientos precontractuales para la firma consultora. Requiere conocimiento holístico de la metodología BIM y, especialmente de las tendencias que se siguen. Responsable de coordinar y dirigir el equipo BIM de interventoría que trabajan en un proyecto y de establecer las condiciones de contorno que deben asegurar que su trabajo sea compatible entre sí. Trabaja de la mano con el equipo de proyecto de interventoría y el BIM Manager del proyecto a fin de validar los procesos y los estándares BIM que fueron definidos en el momento de la planeación. Requiere conocimientos de Project Manager y protocolos de interoperabilidad entre plataformas. Debe verificar que los protocolos establecidos cumplan con los lineamientos del proyecto. Define colateralmente los procesos de intercambio de información entre las partes.

5.1.2 Coordinador de Interventoría BIM

Es el encargado de coordinar el trabajo a fin que cumpla los requerimientos acordados en el PEB. Esto incluye la verificación de la gestión documental y el aseguramiento de la calidad de los proyectos BIM a fin que su contenido cumpla con los requerimientos técnicos de las otras disciplinas. Debe tener conocimientos específicos sobre las herramientas definidas para el proyecto a fin de poderlas usar como herramientas de gestión. Se ocupa también de la definición del alcance de trabajo del que desarrolla el rol de auditor BIM. Debe tener conocimientos en la acerca de los distintos protocolos que existen para el intercambio de información a fin de implementarlos en los flujos de trabajo colaborativo que se dan en el proceso BIM. Verifica que la información esta correcta mente consolidada para gestionarla ante los diferentes especialistas técnicos que realizarán la revisión técnica de la información.

5.1.3 Auditor BIM.

Es el encargado de verificar que la herramienta BIM fue utilizada de forma correcta y que la información entregada cumple con los estándares BIM establecidos por disciplina. Sigue los lineamientos establecidos para la verificación, auditoría de los modelos y aseguramiento de la calidad de los entregables del consultor. Aparte de sus conocimientos relativos a su especialidad profesional, debe formarse en el uso de software específicas para el desarrollo de su actividad, siguiendo estándares, protocolos de revisión de los modelos para auditar. Debe dominar el intercambio de información en diferentes formatos. Adita que los modelos cumplan con los estándares definidos en el PEB.

6 USOS BIM PARA INFRAESTRUCTURA

A continuación, se encuentran los usos BIM para proyectos de infraestructura, teniendo en cuenta que:

- Los usos para infraestructura presentan un esquema similar al de los usos presentados para edificaciones, de tal manera que es posible su equivalencia y análisis para aplicación en el proyecto correspondiente.
- Los proyectos de infraestructura usualmente cuentan con instalaciones asociadas para su operación, las cuales son catalogadas como edificaciones, y, por lo tanto, su uso se rige más por el concepto de “edificio”, de tal manera que aplican de mejor manera los usos para edificaciones.
- La infraestructura, dependiendo del bien o servicio que ofrece, puede contar con edificaciones de tránsito o interfase, como una terminal aérea, por ejemplo, en la cual es necesario hacer aplicación de los usos correspondientes conforme con el objetivo y requerimientos específicos del proyecto.

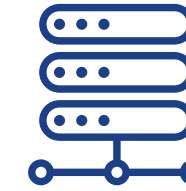
Este documento se encuentra basado en las siguientes guías, documentos y referencias web:

1. BIM Project Execution Planning Guide version 2.2 – 2013
2. BIM project execution Planning Guide – version 3.2 draft – under development – 2020
3. Manual BIM ETS (Euskal Trenbide Sarea)– abril 2020
4. Anexo usos Plan BIM Chile
5. BIM kit – BIM Forum Colombia 2018.

6.1 Usos Básicos

Los Usos BIM para infraestructura que a continuación se relacionan, se encuentran conforme con las fichas de usos BIM de las Guías para la adopción de BIM en las organizaciones del BIM Forum Colombia, al igual que su clasificación como usos básicos, de planeación, construcción, operación y análisis.

1 Autoría de Diseño



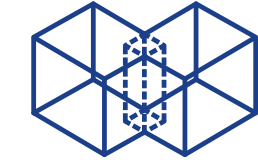
Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción, OyM.

Proceso de creación de los modelos de las diferentes disciplinas del proyecto, los cuales deben permitir ser integrados mediante un amarre georreferenciado, acorde con el sistema de coordenadas correspondiente, es decir, los modelos estarán coordinados espacialmente.

Estos modelos son desarrollados mediante herramientas digitales de diseño paramétrico (software especializado de cada disciplina), respondiendo a los requerimientos de la alternativa que se esté analizando o tramo en desarrollo.

A partir de la información que proveen los modelos integrados, será posible realizar los análisis de colisiones, interferencias o de detección temprana de inconsistencias en las alternativas presentadas., al igual que la extracción de información planimétrica (información en formato 2D) y memorias de cálculo asociadas.

2 Coordinación 3D



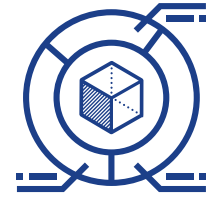
Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción.

Los modelos de las diferentes disciplinas que participan en el proyecto, deben permitir una integración entre ellos, bien sea por disciplina o por tramo del proyecto, en un único espacio en el que se encuentran georreferenciados (amarre topográfico).

Además, a lo largo del proceso de coordinación del proyecto, en sus diferentes etapas de maduración, se realizan análisis de detección de interferencias de los modelos desarrollados por las disciplinas del proyecto, y entre ellas mismas, con el fin de solucionar la mayor cantidad posible de interferencias, antes de transitar a la etapa de construcción. Por la dinámica de los proyectos, este uso también se aplica en la etapa de construcción, cuando se encuentren nuevas condiciones del sitio del proyecto.

3

Revisión de diseño



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle.

Los modelos desarrollados por las diferentes disciplinas del proyecto, e integradas en un modelo entregable son sometidos a un proceso de revisión, bien sea esta interna o externa, con el fin de revisar el cumplimiento de los requerimientos del proyecto, tomar decisiones o revisar la pertinencia de la solución o alternativa de diseño presentada.

Cuando los modelos son desarrollados en etapas tempranas del proceso de maduración del proyecto (prefactibilidad y factibilidad), deben permitir visualizar y analizar diferentes alternativas de solución del proyecto o de un sitio especial, que permitan así valorar las soluciones técnicas propuestas, así como la realización de análisis de beneficios y estudios económicos, con el fin de apoyar o soportar la toma de decisiones y definiciones de alternativas que transitan a la etapa de Estudios y Diseños de Detalle.

Este proceso puede ser supervisado por un Interventor, quien tiene la función de representar a la parte contratante, y se encarga de realizar la revisión externa de los modelos, y emitir conceptos sobre los mismos.

4

Estimación de costos y presupuestos



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción, OyM.

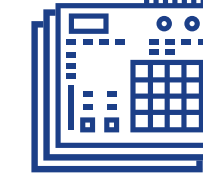
El / los modelo(s) que se genere(n) permiten medir los elementos de los que está compuesto, con el fin de obtener archivos de registro de las cantidades, con las cuales es posible realizar el cálculo del presupuesto mediante Análisis de Precios Unitarios (APU).

A partir de la información obtenida mediante la estimación de cantidades, se establece un vínculo que garantice la coherencia entre sus archivos de registro y el presupuesto, de tal manera que este se actualiza si se dan modificaciones en el modelo y sus cantidades asociadas.

De acuerdo con la etapa en que se encuentre el proyecto, permite desarrollar el presupuesto CAPEX (inversión – ejecución) y OPEX (inversión – operación y mantenimiento).

5

Planeación de fases



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción.

Este uso se conoce también como “simulación constructiva”, el cual se encuentra asociado al uso: “Seguimiento de la planificación del proyecto”, el cual permite realizar de forma virtual la construcción del proyecto de infraestructura (proyecto completo, tramo, o estructura especial) mediante herramientas digitales, usando el modelo integrado por sus disciplinas, junto con el plan de obra, incorporando así la variable “tiempo”, generando la dimensión 4D.

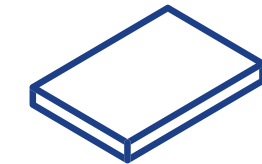
Es el proceso de utilización de uno o más modelos 4D (3D + tiempo) para planear la secuencia constructiva de un proyecto y/o las etapas de ocupación en una remodelación o ampliación de una edificación o infraestructura.

Adicionalmente, bajo este uso los modelos permiten obtener infografías, imágenes o videos, que permiten apreciar las alternativas propuestas y sus diseños de la forma más aproximada a la realidad futura, lo cual permite una mejor aproximación al entendimiento del proyecto, en particular, para quienes no pertenecen al mismo, o cuando se realizan presentaciones ante inversionistas y equipos multilaterales de apoyo financiero.

6.2 Usos de Planeación

6

Análisis de Sitio (Análisis de alternativas)



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle.

Proceso de utilización de uno o más modelos BIM y/o GIS para evaluar las propiedades de un área y determinar la mejor localización y orientación de un futuro proyecto

A process in which BIM/GIS tools are used to evaluate properties in a given area to determine the most optimal site location for a future project. The site data collected is used to first select the site and then position the building based on other criteria.



7

Modelado de condiciones existentes



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción, OyM.

Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción, OyM.

El / los modelo(s) que se genere(n) deberá(n) servir para obtener información del estado inicial del proyecto, es decir, representar las condiciones existentes del terreno o proyecto existente, a partir de un levantamiento de información convencional, topográfico o, por ejemplo, mediante tecnologías de captura / escaneo láser.

Preferiblemente se debe contar con una nube de puntos, obtenida a partir de procesos de captura de datos con sensores terrestres, aéreos o móviles, fotogrametría digital y otras técnicas de acuerdo con el estado del arte. La precisión dependerá de las técnicas utilizadas, y de la etapa en que se encuentre el proyecto; es decir, en una etapa inicial, es posible utilizar información topográfica y restituciones digitales, y, a medida que se avanza en el proceso de maduración del proyecto, se requiere que la nube de puntos involucre mayor precisión en cuanto a la georreferenciación del sitio y amarres a una red topográfica que se desarrolla para el proyecto, en la que se definan una serie de puntos de control por medio de una poligonal trigonométrica con equipos topográficos, que a su vez permitan georreferenciar las posiciones de escaneado.



6.3 Usos de Construcción

8

Planificación de utilización del sitio



Aplica para etapa de: construcción.

Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para planificar, de manera gráfica, las actividades vinculadas a los elementos existentes, temporales y propuestos de un proyecto durante las diferentes fases de su construcción. Estas actividades se pueden vincular con la programación de obra del proyecto, para optimizar los requerimientos de espacio, bodegaje y acopios.

Es posible vincular el costo de mano de obra, los materiales y su esquema de suministro, entre otros puntos, de tal manera que se puede realizar un análisis de recursos en diferentes escenarios

9

Diseño de sistemas de construcción



Aplica para etapa de: construcción.

Con base en el modelo integrado del proyecto, se realizan análisis mediante herramientas digitales, que permiten definir técnicas o sistemas de construcción para el proyecto, un tramo o estructuras específicas del mismo, como, andamiajes o soportes temporales, para optimizar su planificación a través de uno o más modelos BIM.

10

Fabricación digital

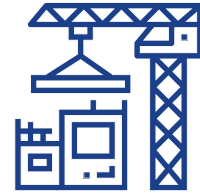


Aplica para etapa de: construcción.

Proceso que utiliza información de uno o más modelos BIM para facilitar la fabricación de componentes de construcción o ensamblajes de estructuras particulares del proyecto. Algunos usos de la fabricación digital se pueden ver, por ejemplo, en la fabricación de estructuras metálicas para instalaciones tipo estación de un corredor vial, puentes peatonales o vehiculares, estructuras prefiguradas de acero o prefabricadas de concreto, corte de tuberías, vigas o pilas de puentes, estructuras de apoyo o cimentación, etc. La información de los modelos ayuda a asegurar la precisión, así como también la reducción de desperdicios en la fase de fabricación, así como asegurar que el ensamblaje en sitio será correcto.

11

Seguimiento y administración de campo (control de obra)



Aplica para etapa de: construcción.

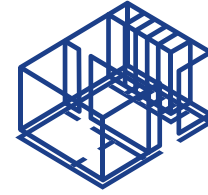
En este uso los modelos desarrollados permiten realizar el seguimiento y monitoreo de los plazos establecidos para la ejecución del proyecto (planificación), a través de un vínculo entre la programación de la obra y la actualización permanente del modelo que ha pasado de la etapa de Estudios y Diseños a la etapa de construcción.

El objetivo es asegurar que la construcción se realice según las especificaciones técnicas, de acuerdo con las regulaciones, seguridad y requerimientos del proyecto, así como para respaldar los estados de pago de los avances logrados en cada hito de entrega parcial.

Uso en el que participa activamente la Interventoría del Proyecto.

12

Modelado Record



Proceso de modelación en el que se representa de la manera más fiel posible las condiciones físicas de todos los elementos que son parte de una infraestructura.

Los elementos de estos modelos contienen toda la información solicitada para su construcción (metadata), como pueden ser manuales de operación, registro gráfico de instalación, garantías, historial de mantenimiento, entre otros.

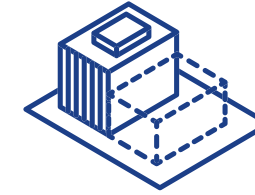
Incluyen la información planimétrica generada (información 2D) a partir de los modelos BIM, para las disciplinas que así lo permitan, junto con la extracción de memorias de cálculo, anexos, y en general documentación del proyecto que será compatible con los requisitos que exigen los procesos contractuales, y que aún se requieren en formato 2D y en formato impreso en papel.



6.4 Usos de Operación

13

Gestión y seguimiento de espacios



Aplica para etapa de: OyM.

Para las edificaciones o estructuras de operación asociadas a los proyectos de infraestructura, como centros de control de operación, terminales, edificios interfaces (como una terminal o aeropuerto), etc. este es un proceso que permite la administración de los espacios y recursos relacionados dentro de una edificación o infraestructura, a través de uno o más modelos BIM que permiten al equipo de administración analizar el uso del espacio y planificar posibles cambios. Esto es particularmente útil en la remodelación o ampliación de un proyecto durante la cual los espacios e instalaciones deben permanecer ocupados y en funcionamiento.

14

Planeación de desastres



Aplica para etapa de: OyM.

Proceso en el cual se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura a través de uno o más modelos BIM, con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad.

La información dinámica del activo es proporcionada por sistemas automáticos apoyados en técnicas como IoT (Internet of Things) o sistemas inteligentes de información, mientras que la información de la infraestructura, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM.

Estos elementos tecnológicos se apoyan además en los esquemas y protocolos de atención de emergencias, conforme con la normatividad y requisitos del proyecto.



15
Programación de mantenimiento



Aplica para etapa de: OyM.

Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para desarrollar el mantenimiento funcional de la infraestructura (rutinario - periódico), y en caso de contar con el, su equipamiento asociado (equipos mecánicos, eléctricos, alumbrado, sistemas de contención, drenajes etc.) durante su operación.

Este programa de mantenimiento, está vinculado al uso de gestión de activos, con el fin de mejorar de manera significativa el desempeño del activo, reduciendo la inversión requerida en mantenimientos robustos o necesidad de repotenciar la infraestructura.

16
Gestión de activos



Aplica para etapa de: OyM.

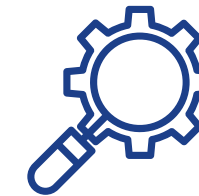
Proceso en el que un sistema de gestión organizado está vinculado

bidireccionalmente a un modelo BIM as-built, que puede estar conformado por uno o más modelos BIM, para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de un activo (también conocida como etapa de Facility Management).

Estos modelos BIM contienen información de la construcción física del proyecto, los sistemas, redes, equipos y en general, el entorno circundante, los cuales se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente y sustentable.

6.5 Usos de Análisis

17
Análisis de otros sistemas de ingeniería

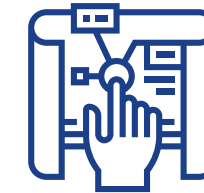


Aplica para etapa de: estudios y diseños de detalle.

Mediante la aplicación de métodos de ingeniería no tradicionales / convencionales, se realizan análisis que permitan mejorar / optimizar las soluciones presentadas e implementadas en el /los modelos BIM, basados en el cumplimiento de las especificaciones de diseño y los requerimientos del proyecto.

Por otra parte, se encuentran herramientas de análisis y simulaciones de rendimiento que pueden mejorar el diseño de las instalaciones, y el consumo de energía para sistemas de alumbrado, iluminación, potencia o equipos durante todo el ciclo de vida

18
Simulación de personas, vehículos y/o equipos (según los diferentes modos de transporte)



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle.

Mediante herramientas digitales que permiten realizar simulación de personas, vehículos, equipos o todos ellos interactuando (según los diferentes modos de transporte), sobre el modelo general del proyecto, o un layout del mismo (no necesariamente el modelo integrado del proyecto), se realizan simulaciones de tráfico, simulaciones de flujos, o de uso de la infraestructura por parte de los diferentes actores, como por ejemplo, la realización de modelaciones de intersecciones viales, simulaciones de soporte para análisis de capacidad, análisis de seguridad vial, simulaciones de condiciones logísticas, etc.

Los resultados de estos análisis hacen parte del soporte de la alternativa seleccionada, o permiten redefinir la solución y por lo tanto el modelo BIM correspondiente, en el marco del uso de revisión del diseño.

19
Evaluación de sustentabilidad



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle.

Mediante este proceso, es posible evaluar el proyecto a través de los modelos desarrollados por las diferentes disciplinas del proyecto, e integradas en un modelo entregable, analizando la información (metadata) que estos modelos contienen. De esta manera, se realizan los análisis de sostenibilidad ambiental del proyecto, tramos de él o estructuras específicas, como, por ejemplo, un análisis de huella de carbono, así como los análisis que permitan verificar el cumplimiento de las obligaciones impuestas por Autoridades Ambientales.

La aplicación de criterios sustentables a un proyecto en las fases de planificación y diseño temprano mejoran la capacidad de impactar en la eficiencia del diseño y la planificación.

20
Validación de norma o códigos



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle.

Proceso de revisión mediante el cual a los modelos desarrollados por las diferentes disciplinas del proyecto (en los que se pueda aplicar), se les realiza una revisión de los parámetros que debe cumplir, relacionados con normatividad, manuales y códigos técnicos. Para ello se utilizan herramientas de software que pueden o no automatizar esta tarea.

21
Aplicaciones con realidad aumentada y realidad virtual



Aplica para etapa de: prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños de detalle, construcción, OyM.

Mediante este proceso, los modelos deberán servir para ser utilizados aplicando tecnologías como son realidad virtual y realidad aumentada, las cuales aumentan el grado de visualización y entendimiento del proyecto, mediante técnicas de inmersión y percepción de los sentidos.

7 — **HOJA DE RUTA**

En este grafico se describe la hoja de ruta que abordaremos desde la mesa de infraestructura para tratar los diferentes tipos de proyectos de acuerdo a su clasificación teniendo como objetivo estos primeros 5 como se muestra en la siguiente imagen:

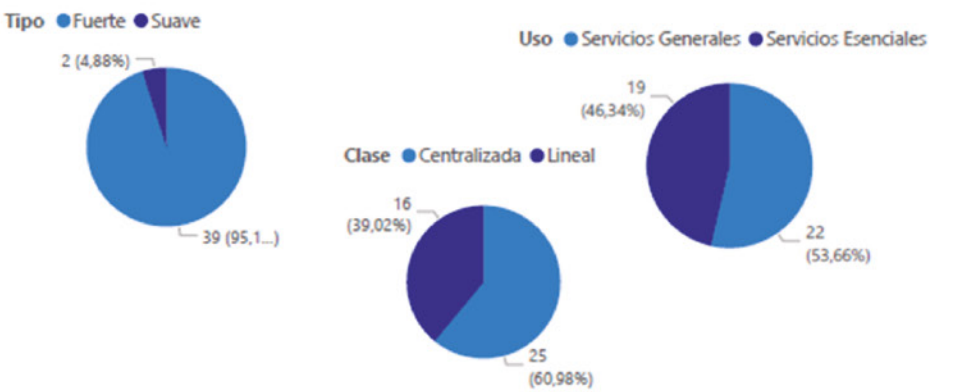
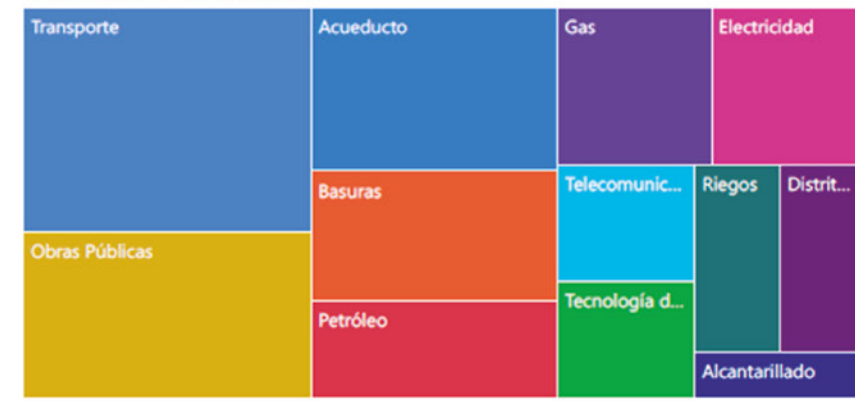
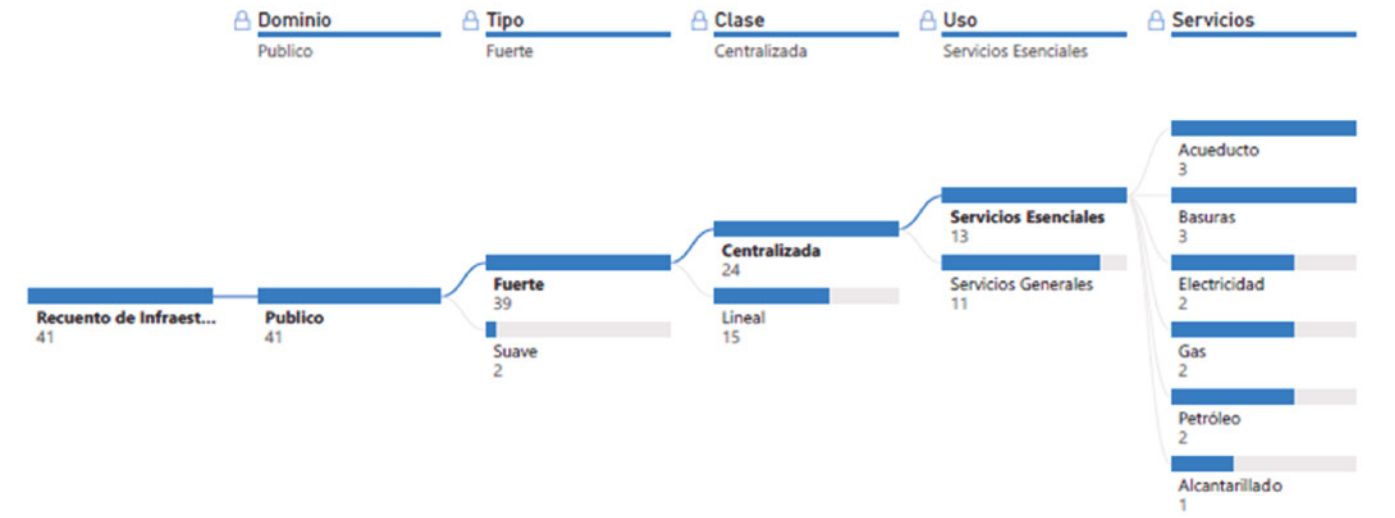


8 CLASIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

La infraestructura tiene diferentes clasificaciones desde el tipo de proyecto hasta su uso y clasificación en donde en los siguientes gráficos mostramos como se dan estas clasificaciones y su porcentaje de incidencia por tipo, uso y clase, que nos permite tener una panorama mas amplio por cada uno de los sectores y sus infraestructuras asociadas.

C&I	TIPO	USO	SERVICIOS	CLASE	INFRAESTRUCTURA ASOCIADA 1	INFRAESTRUCTURA ASOCIADA 2
INFRAESTRUCTURA	FUERTE	SERVICIOS GENERALES	Transporte (Transport)	Lineal	Puentes (Bridges) Vías (Ways) Ferrocarriles (Railways) Túneles (Tunnels) Canales (Canals)	
				Centralizada	Puertos (Harbors)	Aeropuertos (Airports) Puertos marítimos (Seaports) Puertos fluviales (River ports)
				Lineal	Líneas telefónicas (Telephone lines)	
			Centralizada	Plantas telefónicas (Telephone exchanges)		
			Lineal	Canales (Canals)		
			Centralizada	Presas (Dams)		
			Lineal	Redes (Networks)		
			Centralizada	Plantas (Plants)		
			Lineal	Cuencas hidrográficas (Watersheds)		
		Centralizada	Edificios Públicos (Public Buildings)	Edificaciones de salud (Health buildings) Edificaciones educativas (Educational buildings) Edificaciones militares (Military buildings)		
		Lineal	Espacio Público (Public Realm)	Parques (Parks) Jardines (Gardens)		
		Centralizada	Tuberías (Pipes)			
		Lineal	Presas (Dams)			
		Centralizada	Embalses (Reservoirs)			
		Lineal	Plantas de tratamiento (Treatment plants)			
		Centralizada	Alcantarillas (Sewers)			
		Lineal	Plantas de tratamiento de agua usadas (Used water treatment plants)			
		Centralizada	Líneas de Transmisión y Distribución (Transmission and distribution lines)			
Lineal	Plantas de potencia (Power plants)					
Centralizada	Subestaciones (Stations)					
Lineal	Líneas de Transmisión y Distribución (Transmission and distribution lines)					
Centralizada	Plantas de potencia (Power plants)					
Lineal	Estaciones (Stations)					
Centralizada	Líneas de Transmisión y Distribución (Transmission and distribution lines)					
Lineal	Plantas de potencia (Power plants)					
Centralizada	Estaciones (Stations)					
Lineal	Líneas de Transmisión y Distribución (Transmission and distribution lines)					
Centralizada	Plantas de potencia (Power plants)					
Lineal	Estaciones (Stations)					
Centralizada	Wastes transport					
Lineal	Deshechos (Dumps)					
Centralizada	Incineradores (Incinerators)					
Lineal	Unidades de Compost (Compost units)					
SUAVE	SERVICIOS GENERALES	Tecnología de información		Indefinido	Indefinido	

- Infraestructura Asociada 1
- Wastes transport
- Vías (Roads)
- Unidades de Compost (Compost units)
- Túneles (Tunnels)
- Tuberías (Pipes)
- Subestaciones (Stations)
- Redes Cableadas
- Redes (Networks)
- Puertos (Harbors)
- Puentes (Bridges)
- Presas (Dams)
- Plantas telefónicas (Telephone exchanges)
- Plantas de tratamiento de agua usadas (Used water treatment plants)
- Plantas de Tratamiento (Treatment plants)
- Plantas de potencia (Power plants)
- Plantas de generación (Power plants)
- Plantas (Plants)
- Líneas telefónicas (Telephone lines)



9 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Norma ISO 19650-2: 2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets.
2. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras – Ministerio de Transporte – Colombia.
3. Una Política pública: maduración de proyectos y matriz de riesgos. Cámara Colombiana de Infraestructura –CCI.
4. BIM Project Execution Planning Guide version 2.2 – 2013.
5. BIM project execution Planning Guide – version 3.2 draft – under development – 2020
6. Manual BIM ETS (Euskal Trenbide Sarea)– abril 2020
7. Plan BIM Chile - Anexo usos y documentación general- CORFO. Corporación de Fomento de la Producción de Chile, entidad a cargo de apoyar el emprendimiento, la innovación y la competitividad, junto con fortalecimiento del capital humano y las capacidades tecnológicas.
8. Guía BIM del sistema Portuario de titularidad estatal Puertos del Estado de España.
9. Manual BIM de la Comunidad Autónoma del País Vasco – Euskal Trenbide Sarea.
10. BIM kit – BIM Forum Colombia 2018.
11. Maduración De Proyectos. Jorge Alberto Marín CCI. Mayo 2010
12. Una política pública maduración de proyectos CCI tercera versión noviembre 2012.
13. Metodología BIM para Proyectos de Ingeniería Civil, ALVARO MONTAGUD ANDRES. Julio de 2018.
14. Aplicación de Modelo BIM Para Proyectos de Infraestructura Vial, FRANCISCO XAVIER ACUÑA CORREA, diciembre 2016.
15. Metodología BIM Aplicada A La Fase De Prefactibilidad De Un Proyecto Vial de Tercer Orden En Colombia, Ing. David Felipe Limas Mendigaño, Universidad Santo Tomás Facultad De Ingeniería Civil Maestría En Infraestructura Vial Bogotá D.C, Colombia diciembre 2019
16. Estudio de Caracterización del sector de la infraestructura de transporte.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La complejidad de las soluciones viales que requieren las ciudades deben ser desarrolladas bajo esquemas metódicos que permitan encontrar soluciones eficientes.
2. La tecnología aplicada sistemáticamente bajo parámetros y orden lógico permiten obtener proyectos cuyo diseño ha sido ajustado hasta conformarse en el óptimo posible.
3. La implementación de una metodología basada en modelos digitales BIM, permite anticipar de manera muy cercana las condiciones finales de un proyecto, simular e identificar posibles conflictos en su contexto.
4. Restringir la geometría de un proyecto vial con normativa que esté vinculada a un modelo digital, conduce a los profesionales diseñadores a cumplir los parámetros requeridos por normativa con certeza.
5. Modificaciones o ajuste al diseño en un modelo BIM, reduce el tiempo de re-trabajo debido a la conexión dinámica parametrizada entre dibujo y modelo eliminando los errores por falta de actualización de cambios.
6. Cuantificar recursos de tiempo y costos partiendo de la geometría obtenida con precisión reduce el error en estimación de tiempo, permitiendo el aprovechamiento de recursos o aumento de rendimiento de producción.
7. Las herramientas informáticas basada en metodología BIM son recursos que pueden ser usados en beneficio de la ingeniería, sin embargo, es imprescindible la aplicación del criterio de un profesional que interprete los resultados e información obtenida para emplear la solución adecuada al proyecto en curso.
8. Resulta más fácil e infinitamente menos costoso aplicar mejoras, remediar equivocaciones o demoras en etapas de estudios o diseños, antes que corregir demoras o costos en la etapa de construcción y operación de un proyecto, de aquí la gran ventaja de desarrollar o implementar metodologías BIM en los procesos que comprenden el ciclo de un proyecto vial.
9. La selección del equipo de trabajo debe comprender a profesionales del campo de la ingeniería, especialistas en la comprensión de flujos de trabajo y manejo de herramientas BIM. La capacitación del equipo de trabajo de ser permanente debido al constante desarrollo y actualización de las herramientas BIM.
10. El uso de esta metodología se ha centrado en estructuras de edificación, sin embargo, se observa una tendencia para implementarla en el desarrollo de obras más representativas de construcción civil como infraestructuras.



RECOMENDACIONES

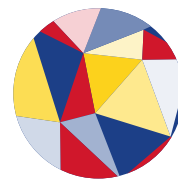
11. La metodología BIM, cada día se orienta más hacia el desarrollo de herramientas de gestión de proyectos, siendo la capacidad gráfica y espacial actualmente, un pequeño porcentaje del potencial total de esta metodología, capaz de gestionar recursos, tiempo, interferencias etc.
12. Una de las razones por la cual la utilización del BIM en proyectos de infraestructura se está volviendo cada día más común, es la capacidad de captar en el entorno, debido a avances tecnológicos que permiten realizar fotogrametría y escaneo laser con LIDAR, haciendo uso de equipos más económicos y de fácil manipulación, permitiendo realizar modelos con un mayor grado de complejidad y fiabilidad desde el inicio del proyecto.
13. La capacidad de realizar escaneos laser LIDAR y fotogrametría, con bajo costo y alta calidad han abierto las puertas a nuevos mercados, como el de proyectos BIM de rehabilitación de infraestructuras, así como el seguimiento del desarrollo de construcciones asociado a modelos digitales.
14. Al elaborar flujos de trabajo en proyectos de ingeniería civil utilizando la metodología BIM, se debe tener en cuenta que no

tiene un beneficio importante incluir softwares BIM en el proceso de manera aislada, sino hacer todo el proceso basado en esta metodología, ya que, al usar herramientas de manera aislada, en algún punto del proceso se romperá la interoperabilidad perdiendo todos los beneficios de la metodología convirtiéndose en un flujo de trabajo CAD con herramientas BIM.

15. La aplicación de la metodología BIM a estructuras complejas, como puentes, túneles, plantas industriales, vías etc. Ha proporcionado a la industria una herramienta que permite obtener métodos constructivos óptimos, seleccionar sitios de acopio para materiales y equipos durante la construcción, así como gestionar recursos y documentación de manera eficiente.
16. Esta metodología es de gran provecho en la industria energética, debido a su capacidad de detectar interferencias previo a su construcción y por la capacidad de captar el estado actual de la planta en poco tiempo, mediante escaneo LIDAR, tarea que con métodos tradicionales es sumamente compleja y requiere de mucho tiempo

1. Al participar en un proyecto de ingeniería es fundamental evaluar la particularidad del mismo e identificar si es aplicable la estructura planteada en este trabajo; no todos los proyectos necesitaran atravesar los ciclos de trabajos propuestos.
2. La elección del software o plataformas BIM a ser utilizadas en el desarrollo del proyecto, deben ser evaluadas técnicamente ya que no todas las herramientas BIM disponibles permiten obtener simulación, reportes de diseño u análisis de los modelos digitales. La compatibilidad entre programas debe ser analizada según el alcance y los ciclos que puede atravesar el proyecto vial.
3. En el desarrollo profesional de los ingenieros es importante incluir la capacitación para el uso de tecnologías que permitan maximizar el aprovechamiento de los conocimientos transmitidos

- a lo largo de la carrera, de tal manera que se propone incorporar en la materia de Topografía II y Trazados de Carreteras el uso de herramientas de modelación digital de terrenos y diseño vial, así como software BIM en la materia de Planificación II: Planificación de Obras, para control y gestión de proyectos; dotando al profesional el conocimiento y herramientas adecuadas para el desarrollo integral de un proyecto de infraestructura vial.
4. Para la implementación de una metodología BIM en una empresa dedicada a diseño y construcción de proyectos de infraestructura vial se requiere capacitación técnica del software, además se aconseja el uso acompañado o guiado por especialistas certificados para optimizar el tiempo de aprendizaje.



**BIM
FORUM**
COLOMBIA

