

**Metodología para la gestión del diseño de edificaciones a partir de Integrated Project
Delivery y Building Information Modeling**

Krithian Leonardo Suarez Caballero

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Omar Giovanni Sanchez Rivera

MSc. en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2019

Agradecimientos

Agradezco de gran manera a mi mentor el Ingeniero Omar Giovanni Sánchez Rivera, quien despertó en mí el interés por la academia y la investigación, me acompañó y orientó en la toma de decisiones durante el desarrollo de mi pregrado y la escritura de este documento.

Estimo el apoyo brindado por el Grupo de investigación Geomática, Gestión y Optimización de sistemas, el cual aportó de forma significativa conocimientos necesarios para la realización de este documento, permitiéndome tener los recursos intelectuales para culminar esta investigación.

Estoy inmensamente agradecido con la Universidad Industrial de Santander por vincularme al programa de Ingeniería Civil, por contribuir en mi crecimiento profesional y personal a través de cada uno de sus administrativos, docentes y estudiantes.

Agradezco de gran manera el apoyo brindado por mi abuela María Caicedo, mis padres Jaime Suarez y Gladys Caballero, su apoyo fue fundamental para entrar y culminar mi estadía en el programa de ingeniería civil, apoyo que se han encargado de brindarme desde el inicio de mi existencia.

Valoro la paciencia de mi hija Mariana Suarez, quien tuvo que soportar mi ausencia durante jornadas extensas de estudio a lo largo del programa, quien sirvió de motor para impulsar mi carrera profesional.

Agradezco inmensamente el cariño y la colaboración de mi gran amor Yeny Rojas quien estuvo a mi lado incondicionalmente, quien aportó de forma única a mi crecimiento académico y personal, gracias a su apoyo y compañía supere las etapas más difíciles, donde su innata presencia

me ayudo a batallar contra el sueño y los problemas, agradezco por su paciencia, su comprensión y su amor durante mi proceso académico.

Agradezco a Dios por permitirme culminar mis estudios de pregrado, por proveerme de salud y sabiduría para la realización de este documento.

Dedico especialmente la culminación de este documento a mi padre, el ingeniero Jaime Suarez, quien no pudo acompañarme a finalizar el pregrado, pero desde el cielo vela por mí, a la vida hay que ganarle.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Metodología BIM.....	14
1.1 Ventajas de BIM	15
1.2 Adaptación a BIM.....	16
1.3 Programas de BIM	18
1.4 Niveles de desarrollo en BIM	21
1.5 Ámbito internacional y nacional	23
2. Metodología de la Entrega Integrada de Proyectos-IPD.....	24
2.1 Principios y conceptualización de IPD	25
2.2 Aumento de utilidad de BIM por el método IPD.....	28
2.3 Implementación de IPD en BIM: logros y retos	30
3. Conclusiones	36
Referencias Bibliográficas	37

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Curva de esfuerzos de un proyectos de construcción y estándares de BIM/IFC	20
<i>Figura 2.</i> Funciones y conexiones de las aplicaciones en un modelo BIM completo	21
<i>Figura 3.</i> Niveles de desarrollo en BIM de pilar metálico	22
<i>Figura 4.</i> Cuadro comparativo de etapas de la administración de proyectos constructivos	31

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Comparación entre tecnología CAD y BIM.</i>	13
Tabla 2. <i>Cuadro comparativo entre la gestión de entrega tradicional y la gestión integrada.</i> ..	25

Resumen

Título: Metodología para la gestión del diseño de edificaciones a partir de Integrated Project Delivery y Building Information Modeling..*

Autor: Kristhian Leonardo Suarez Caballero **

Palabras Clave: Building Information Modeling; BIM; Integrated Project Delivery; IPD; Colaboración; Construcción; Interoperabilidad; Gestión del diseño; Gestión del diseño.

Gran parte de la industria actual de diseño en la AEC (Architecture, Engineering y Construction) ha centrado su tecnología en las herramientas BIM (Building Information Modeling) y para ello es necesario desarrollar una metodología para la gestión del diseño basada principalmente en el intercambio de información sobre procesos, roles y tareas entre profesionales de forma ágil y eficiente mediante la organización y el desarrollo de modelos 3D inteligentes (construcción virtual). La calidad de la comunicación busca crear un flujo de datos óptimo y una interoperabilidad eficiente que debe además permitir la identificación de incidentes, choques o errores de interpretación detectados exclusivamente en las fases tempranas de los proyectos (planeación y diseño) con el fin de lograr reducir plazos y costos de producción. IPD o entrega integrada de proyectos es un proceso usado para transmitir información en un equipo de trabajo multidisciplinar basado en aportes compartidos, el cual es tratado en esta revisión considerando como meta un modelo 3D para la gestión de proyectos de construcción; Aunque el desarrollo de un proyecto a través de BIM implica inicialmente altos costos de inversión para contratar profesionales y comprar las licencias para implementar la tecnología, al final del proyecto se ahorrará en costos y tiempo gracias a la detección temprana de incidentes, entre otros beneficios de IPD.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Claudia Patricia Paez Trujillo

Abstract

Title: Methodology for the management of the design of buildings from Integrated Project Delivery and Building Information Modeling *

Author: Kristhian Leonardo Suarez Caballero **

Keywords: Building Information Modeling; BIM; Integrated Project Delivery; IPD; Collaboration; Construction; Interoperability; Management of the design.

Much of the current design industry in the ACS (Architecture, Engineering and Construction) has focused its technology on BIM tools (Building Information Modeling) and this requires the development of a design management methodology based primarily on the exchange of process information, roles and tasks among professionals in an agile and efficient way by organizing and developing intelligent 3D models (virtual construction). The quality of the communication seeks to create an optimal data flow and an efficient interoperability that must also allow the identification of incidents, clashes or errors of interpretation detected exclusively in the early phases of the projects (planning and design) in order to achieve to reduce deadlines and production costs. IPD or integrated project delivery is a process used to transmit information in a multidisciplinary work team based on shared inputs, which is discussed in this review considering as a goal a 3D model for the management of construction projects; Although the development of a project through BIM implies initially high investment costs to hire professionals and purchase licenses to implement the technology, At the end of the project you will save on costs and time thanks to the early detection of incidents, among other benefits of IPD.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Claudia Patricia Paez Trujillo

Introducción

La evolución del diseño en la construcción tiene como precedente el cambio del proceso manual a impreso en plotters, el cual inicialmente era elaborado en papel mediante el trazado lineal con ayuda de instrumentos de medición como reglas y escuadras. Desde la segunda mitad del siglo XX estos instrumentos manuales de dibujo han sido reemplazados por herramientas digitales más precisas y rápidas conocidas como Diseño Asistido por Computador o CAD (Computer-aided Design, por sus siglas en inglés), siendo estos softwares gráficos la base de la infografía y planimetría bidimensional y tridimensional actual (Sierra, 2016).

Aunque el método CAD permite fácilmente un aumento de escala y la elaboración de un conjunto de planos, su interpretación requiere de la revisión de documentos anexados y especificaciones en cada nivel de una edificación para así consolidar finalmente la información por parte del profesional involucrado (arquitecto o ingeniero). En este contexto, la conectividad entre los receptores involucrados en un proyecto de construcción es deficiente, ya que cada profesional se centra en elementos 2D específicos aislados sin tener una comunicación verbal y documentada eficiente entre las disciplinas para representar consistentemente la información (Scheer, Mendes, & Garrido, “Building Information Modeling (BIM) – Versioning for collaborative design,” , 2014) (Scheer S. , Mendes, Campestrini, & Garrido, 2014), así como para corregir el diseño proyectado por diferencias en plantas, elevaciones o secciones (ver Tabla 1) (Liu, Guo, & Skitmore, 2014). Sin embargo, los errores que pueden generarse por divergencias en la interpretación usando el diseño tradicional CAD han sido corregidos a través del Modelado de

Información para la construcción o BIM (Building Information Modeling), el cual se basa en modelos 3D inteligentes que son empleados desde el año 1993 para elaborar y facilitar la interoperabilidad de los proyectos de construcción (Van Nederveen & Tolman, 1992) (Nunes & Leão, 2018).

El uso de tecnologías de colaboración como BIM crea un cambio hacia organizaciones en las que los usuarios no están estrictamente obligados a ocupar espacios de trabajo adyacentes, lo que brinda mayor flexibilidad para trabajar desde cualquier lugar (Choclán, Soler, & González, 2015), y de forma subyacente el software Autodesk BIM 360 Team ofrece un espacio de trabajo en línea para todos los miembros del equipo de un proyecto, lo que facilita la comunicación y la organización en todo momento (Yalcinkaya & Arditi, 2013).

De este modo, esta revisión sistemática busca presentar inicialmente la conceptualización de BIM como precedente industrial en la gestión actual de proyectos de construcción y esclarecer las limitaciones que han surgido en los últimos años en torno al intercambio de información multidisciplinar o interoperabilidad en la plataforma de colaboración Autodesk BIM 360 Team, además de proponer mejoras a través de la alianza para colaboración Entrega Integrada de Proyectos o IPD por sus siglas en inglés (Integrated Project Delivery), la cual fue fundada en el año 2007 como una filosofía de producción industrial creada por el Instituto Americano de Arquitectos (AIA por sus siglas en inglés), que consiste en la identificación de falencias que conduzcan al desarrollo de una estrategia de colaboración para la integración del diseño multidisciplinarmente (Autodesk, 2018) (Lee, Lee, Park, & Kim, 2016).

IPD es una herramienta que busca establecer una interconexión e integración entre las diferentes personas que hacen parte de cada uno de los grupos involucrados en el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto. Además, busca integrar los sistemas, las estructuras de negocio y las

diferentes prácticas que hacen parte activa del proceso. Por otro lado, uno de los objetivos fundamentales del IPD es generar eficiencia por medio de la reducción de pérdidas y desperdicios en todas las fases del proceso identificadas, las cuales son: diseño, fabricación y construcción (Glick & Guggemos, 2009).

Tabla 1.

Comparación entre tecnología CAD y BIM.

Concepto	CAD	BIM
Dibujo	Entidades geométricas: líneas, sólidos, superficies, etc.	Elementos constructivos con propiedades: Muros, puertas, ventanas, pilares, etc.
Relación plantas-secciones-alzado-modelo 3D	Independientes: cambios por separado, un archivo o distintos.	Modelo único donde se extraen representaciones y se modifican.
Datos asociados	Bloques con atributos limitados y poco utilizados.	-Propiedades de los elementos (precios, gravedad, materiales, etc) -Calculados de superficies -Propiedades de los planos.
Informes	Cálculo de datos y exportación a otro software.	Se generan automáticamente y se vinculan al modelo.
Trabajo en equipo	No, solo soluciones improvisadas a ser aplicadas en archivos xRef.	Métodos que cambian según su aplicación: posible agrupar por zonas/capas concretas o permisos/usuarios.

Nota: adaptado de Yalcinkaya M. and Arditi D., (2013) “Building Information Modeling (BIM) and the Construction Management Body of Knowledge,” *IFIP Int. Fed. Inf. Process.*, pp. 619–629

Ante este contexto nace la necesidad de implementar una metodología de diseño, construcción y mantenimiento que integre todas las partes interesadas del proyecto y permita administrar de forma eficiente toda la información y, además se desarrolle en un entorno tridimensional 3D dejando a tras los métodos tradicionales 2D. La implementación de una metodología de gestión IPD para la resolución de problemáticas sobre interoperabilidad en BIM a nivel de diseño se verá reflejada en el aumento de la productividad, así como en el ahorro de tiempo y sobrecostos durante el ciclo de vida de una edificación.

1. Metodología BIM

BIM es un modelo virtual que recopila información y representaciones tridimensionales útiles durante el diseño y construcción virtual de una edificación. Como programa de simulación auxilia además en la toma de decisiones, *e. g.* composición de materiales y, en general, en el gerenciamiento de proyectos de construcción real, ya que facilita la gestión de intercambio de datos sobre la planeación de una infraestructura a través de la plataforma Autodesk BIM 360 Team, siendo así posible el flujo de trabajo en línea y la retroalimentación entre las partes interesadas (Garcelán, 2016) (Ilozor, D., & Kelly, 2012).

BIM no es solo una representación virtual 3D de la construcción, sino también una base de datos que incluye paquetes de información significativos para las prácticas básicas de gestión de la construcción, como la estimación, programación, órdenes de cambio, etc. Así, el diseñador

puede usar BIM como una simulación real del proyecto antes de que comience la construcción (Yalcinkaya & Arditi, 2013).

1.1 Ventajas de BIM

En términos comparativos, la madurez de BIM como sistema de gestión de proyectos frente a un diseño tradicional se ha destacado en varios aspectos relacionados con la reducción de costos financieros al realizar una acción de cambio durante el ciclo de vida de un inmueble. Siendo un sistema de gestión avanzado aquel que permite la integración de todos los datos basados en una librería de control común, en la cual se agregan datos en línea en varios formatos siguiendo las propiedades de direccionalidad y parametrización. La tecnología BIM abarca principalmente los siguientes beneficios:

- Planificación sincronizada de la construcción y fabricación (detección de choques, fabricación automatizada, levantamiento y estimación de cantidades, etc), lo cual se almacena en una base de datos a ser consultada y modificada en la vida útil del proyecto.

- Concepto y factibilidad de un proyecto multidisciplinar a través del análisis de una construcción virtual previa.

- Análisis de diseño (visualización 3D, corrección automática de cambios, elaboración de planos 2D, etc).

- Representación de la post-construcción (gestión de instalaciones, operación y maquetación del proyecto) (Choclán, Soler, & González, 2015).

1.2 Adaptación a BIM

Para una buena coordinación y cooperación entre los diferentes procesos de trabajo aplicados por las partes interesadas en BIM se necesitan de nuevos pasos a ser tomados para conseguir la inteoperatibilidad deseada, por ello es conocida la cita: “BIM es 10% tecnología y 90% sociología” (Choclán, Soler, & González, 2015). Esto se explica debido a las brechas tecnológicas que son necesarias para garantizar la autonomía de BIM durante el uso de sus herramientas y sus diferentes formatos de archivos necesarios para la colaboración entre programas. En este sentido, la información debe tener un formato de exportación adecuado y de validación para modelar correctamente en un formato interoperable.

De este modo, el paradigma de un sistema de gestión de proyectos es lograr eficientemente un modelo de la totalidad de los elementos de diseño y construcción que pueda ser compartido, editado y reorganizado en línea sin inconvenientes por cada parte interesada en cualquier estadio del proyecto. Para ello fue creado en 1994 un protocolo de intercambio de información por Autodesk llamado inicialmente International Alliance for Interoperability (IAI) y que desde el año 2008 pasaria a ser denominado BuildingSmart. Dicha organización sin ánimo de lucro se encarga de estudiar formas de colaboración efectiva entre programas en línea a través de desarrolladores de softwares y diversas empresas aliadas de las industrias de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés). A partir de los beneficios de inteoperatibilidad resultantes de esta alianza privada nacieron los primeros estándares abiertos de BIM: Industry Foundation Classes (ISO IFC) (Zapata, 2017).

Además, este modelo de gestión fue definido inicialmente por los lineamientos internacionales de la norma técnica ISO 10303 y posteriormente por la norma técnica ISO 16739 para creación de

un esquema conceptual abierto de representación e intercambio de datos de productos industriales, que en este caso permite compartir datos entre aplicaciones de programas utilizados en BIM (para gestión del proyecto de construcción y gestión de instalaciones) usando la codificación de texto claro de la estructura de cambio o formatos de archivo de intercambio alternativo compatibles, en un lenguaje de especificación de datos o formato neutro de archivo de intercambio estándar EXPRESS (Ogbamwen, 2015).

Este sistema de definición, validación y exportación de datos IFC permite el intercambio de archivos entre aplicaciones en un formato de archivo ASCII llamado “archivo físico STEP” y un formato alternativo de especificación ifcXML de esquemas (desde la versión IFC2x) para convertir datos de manera bidireccional (Trollsas, s.f.).

La productividad asociada a la articulación de los lineamientos y etapas de un proceso constructivo puede ser medida de acuerdo al esfuerzo o efecto de cada etapa del sistema de gestión como muestra la Figura 1, siendo esto considerado como la capacidad de influir en el costo final del proyecto debido a cambios operativos que son las principales causas de retrasos y sobrecostos en la industria (Choclán, Soler, & González, 2015). Un protocolo de intercambio de información como IFC presenta efectos sobre los costos de las decisiones tomadas a lo largo de la línea del tiempo de un proyecto de construcción, enfocando así una alta productividad en las etapas iniciales del proyecto constructivo (diseño y planeación), lo que se ve reflejado en el desplazamiento del esfuerzo (costos) hacia los estadios de menor inversión, una vez que las partes involucradas poseen una mayor participación debido al flujos de datos optimizado (Figura 1). Además, un Manual de Entrega Integrada (IDM por sus siglas en inglés) se aplica como un estándar gráfico de procesos de negocios u “hoja de ruta” (también llamado “Mapa de Procesos”) usado para la planificación de proyectos y una definición de vista del modelo (MVD por sus siglas en inglés), lo cual es una

especificación de software que determina los contenidos de un modelo para el intercambio de información, de modo que ello define el tipo de objetos requeridos, su relación y propiedades mínimas para el modelo (Anderson, Practice, & Vectorworks, s.f.).

Sin embargo, el protocolo IFC ha presentado una pérdida relevante de datos funcionales de la versión original de BIM y falencias relacionadas con la edición directa de datos, así que su capacidad de edición es restringida a la hora de eliminar archivos. En palabras de usuarios ingenieros y arquitectos: “IFC no parece capturar toda la funcionalidad de los software de creación BIM. Por ejemplo, contiene dimensiones de tamaño, pero no sabe qué entidades geométricas controlan estas dimensiones y existe la posibilidad de encontrar situaciones en las que el tamaño programado del equipo no coincide con su tamaño geométrico”. Esto se ve reflejado en que la planificación espacial y la detección de choques no sean confiables. Así que no puede transferir objetos paramétricos de trabajo y en consecuencia su uso es limitado al registro de información estática (Trollsas, s.f.). En resumen, la funcionalidad BIM/IFC es restringida a un sistema de gestión que no requiera modificaciones de la geometría como las herramientas de análisis, coordinación y gestión de instalaciones, de modo que para utilizar todas las dimensiones y elementos de construcción en BIM es preciso redefinir un sistema de integración de prácticas profesionales que permita cambios en la cadena de suministro en línea.

1.3 Programas de BIM

Existen varios programas informáticos en la tecnología BIM y sus diversas aplicaciones (Figura 2), entre ellas hay programas nativos de BIM que permiten trabajar con archivos CAD, aunque su importación acaba siendo costosa ya que el origen de sus funciones es diferente. La principal

ventaja de estos programas es la integración de los archivos en un contenedor único o carpeta como una base de datos, siendo destacados: Autodesk Revit, Graphisoft ArchiACD y Nemetschek Allplan.

El programa Revit (acrónimo de Revise Instantly) de BIM es líder en el mercado como uno de los productos más usados para el diseño arquitectónico, siendo lanzado en 2002 por Autodesk en 3 líneas: arquitectura, estructura e ingeniería MEP (instalaciones: mecánica, eléctrica y plomería) (Autodesk, 2008). Esta herramienta de colaboración es totalmente paramétrica basada en objetos en 3D inteligentes y que permite la asociación completa de diseño bidimensional usando códigos y archivos estructurales diferentes a los de AutoCAD, con la ventaja adicional de modificar por completo y de manera instantánea el diseño entre usuarios en caso de introducir cambios en algún lugar (información bidireccional), así como representar cada estadio del proyecto y su documentación (planimetría, trazado, maquetación, etc) de forma ágil y rápida.

Sus potentes herramientas le permiten usar el proceso basado en un modelo inteligente para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras. Revit es compatible con un proceso de diseño multidisciplinario para el diseño colaborativo (Autodesk, s.f.), y a su vez permite la creación conjunta de modelos de BIM entre varios usuarios (Autodesk, s.f.). A través de este programa de modelado dinámico 3D de edificios, se respaldan las necesidades de cada disciplina al permitir agregar, extraer, y/o editar información en la nube en cualquier fase del diseño (López & En, 2016). Adicionalmente, BIM actúa como una base de datos reales que virtualmente garantiza el buen desempeño de las prácticas básicas asociadas a la gestión del diseño y construcción, como son la programación de plazos para las etapas del proyecto (4D), estimación de costos y gastos para reducir el presupuesto inicial (5D), órdenes de cambios, análisis del consumo energético y sostenibilidad (6D), mantenimiento (7D), entre otras acciones (Gutiérrez, 2016).

La Figura 2 muestra las diferentes aplicaciones que pueden desarrollarse a través de la cooperación entre los múltiples agentes en interfase con programas como Revit, aunque se han reportados incompatibilidades en las dimensiones para algunos países en proyectos estructurales y eléctricos (Nunes & Leão, 2018).

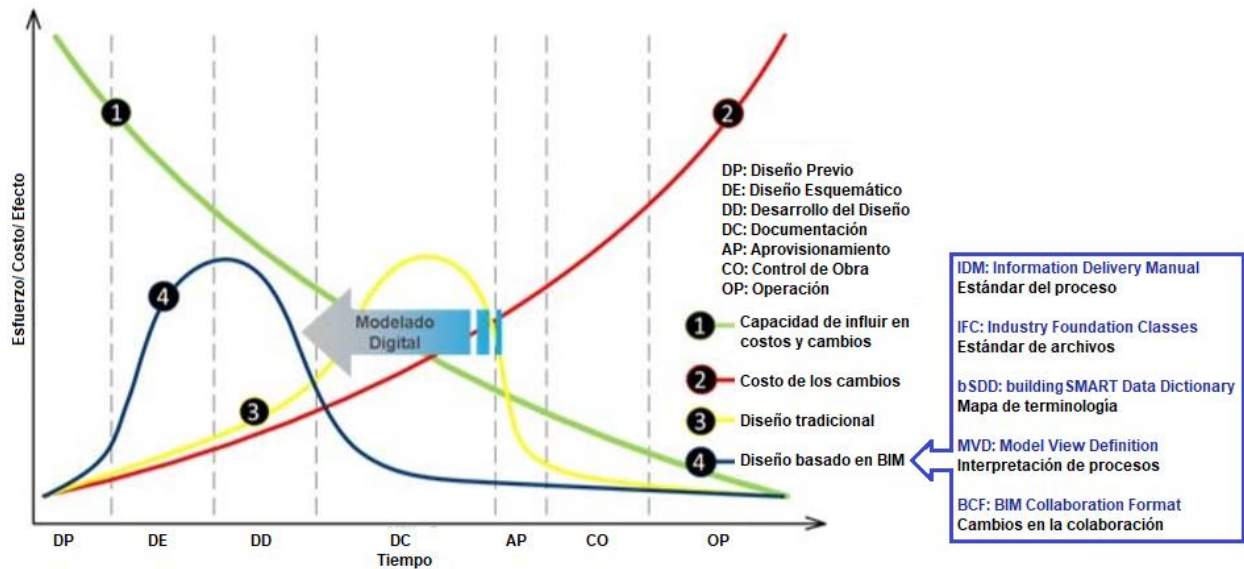


Figura 1. Curva de esfuerzos de un proyectos de construcción y estándares de BIM/IFC Nota. Adaptado de (Choclán, Soler, & González, 2015)

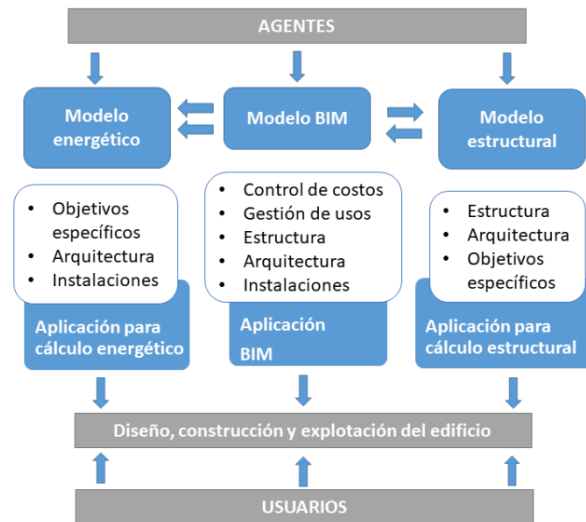


Figura 2. Funciones y conexiones de las aplicaciones en un modelo BIM completo (adaptado de (Torroglosa, 2016)).

1.4 Niveles de desarrollo en BIM

La calidad del diseño en BIM es presentada como el nivel de desarrollo de la información o especificación LoD (Level of Development). Los elementos del modelo 3D de BIM son definidos de acuerdo a Autodesk como (Gutiérrez, 2016) (Torroglosa, 2016):

LoD 100: diseño conceptual que da una visión general (área, altura, volumen, localización y orientación). Es útil cuando se necesita conocer el rendimiento general o estudio de viabilidad basados en el volumen, cálculo de costos de las superficies totales y programación estimada de la ejecución global del elemento (estudios previos). La información se transmite escrito y 2D.

LoD 200: aporta una visión general (anteproyecto) considerando las magnitudes (tamaño, forma, ubicación y orientación) y permite una división por capítulos significativos que conforman la programación temporal de la edificación con acabados exteriores.

LoD 300: contiene información más específica a modo de proyecto básico (términos, cantidades y geometría), además de información no geométrica (justificativa técnica, presupuestos de ejecución material, bases legales vigentes y programación inicial por unidades de obra).

LoD 350: este nivel permite la coordinación entre agentes (multidisciplinar) y reducir así los errores e indidentes en un proyecto a ser ejecutado.

LoD 400: adicional a los componentes anteriores, este nivel ofrece la información explícita de un proyecto en ejecución para la fabricación, montaje, ensamble e instalaciones para construir la edificación. Incluye programación temporal y presupuesto ajustados a la realidad.

LoD 500: representa el proyecto construido (planos As-Built) con los elementos necesarios para el mantenimiento y explotación (forma, localización, cantidad, orientación, garantías, proveedores, etc).

Cada LoD puede organizarse por bibliotecas de acuerdo a cada fase del proyecto (Figura 3). Un LoD 200 o superior es el necesario para la gestión de instalaciones y servicios, mientras un LoD 300 o superior es usado en casos de modelos de preservación histórica (López & En, 2016). La gestión de la información en BIM se presenta a través de tablas de planificación que sirven para filtrar y agrupar información paramétrica (área, superficie construida o volúmenes de ventanas y puertas), lo que facilita la actualización y organización de los datos, además de permitir calcular presupuestos usando el área construida y mediciones en general.

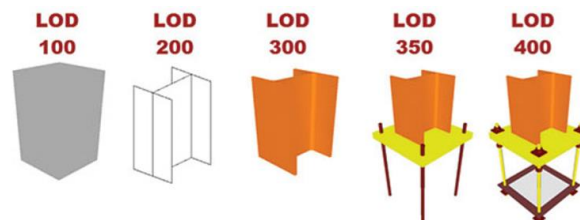


Figura 3. Niveles de desarrollo en BIM de pilar metálico Nota. Adaptado de: (Torroglosa, 2016)

Otra característica de la metodología BIM es que las fases se presentan superponiendo líneas y esto permite aislar las capas mediante la desactivación o el destaque de alguna fase (cronología del diseño) (Gutiérrez, 2016).

1.5 Ámbito internacional y nacional

La implementación de IPD y BIM a nivel mundial es reconocida inicialmente desde el año 2003 por medio del desarrollo de hospitales en Estado Unidos y Reino Unido. Estos proyectos de construcción integraron en su metodología la participación de prestadores de servicios de salud, siendo también considerada la sostenibilidad relacionado con la reducción de costos de operación y mantenimiento (Duque, 2013).

Desde el año 2007 los Estados Unidos anunciaron el uso obligatorio de BIM en proyectos públicos, siendo uno de los países líderes en el uso de esta tecnología junto con Canadá, Irán, Finlandia y Reino Unido (Quiceno & Alberto, 2017).

Otros países que han decidido implementar BIM a modo obligatorio en todos sus proyectos de edificación gubernamentales han sido Australia, Finlandia, Noruega, Singapur y Corea del Sur, mientras en países como Dinamarca, Francia, Oriente Medio y Canadá, solo demandan el uso de BIM para grandes proyectos de edificación e infraestructuras. Otros países como China, Japón, Alemania, España y Rusia están en el proceso de asimilación de estándares y publicación de guías BIM, estando el resto de países de Europa y América, entre ellos Brasil, Chile, Colombia y Perú, en fases de formación en las universidades y/o implementación por iniciativa privada, siendo en algunos de estos países su uso aún incipiente en el sector público (López & En, 2016) (Gutiérrez, 2016)

2. Metodología de la Entrega Integrada de Proyectos-IPD

El flujo de datos y la interoperabilidad de la tecnología BIM deben ser optimizados a través de la identificación de incidentes, residuos o errores de interpretación detectados exclusivamente en la fase de diseño, esto con el fin de lograr reducir plazos y costos de producción (Quiceno & Alberto, 2017). Para ello, ha sido necesario plantear soluciones que resuelvan los problemas entre las diferentes tipologías, como las transformaciones entre los diferentes modeladores para evaluar la adecuación del modelo a las diferentes normas, siendo este el soporte de IPD para implementar el software a una guía de modelo evitando restricciones en el lenguaje (Steel, Drogemuller, & Toth, 2012). Según el AIA la participación de IPD se define como: “un método de entrega de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras comerciales y prácticas en un proceso de colaboración que aprovecha los talentos y conocimientos de todos los participantes para reducir los residuos y optimizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, planificación y construcción” (American Institute of Architects California Council, 2007). La administración y desarrollo de un proyecto constructivo multidisciplinar usando IPD se verá reflejada en las siguientes características (Fakhimi, Sardroud, & Azhar, 2016):

- Apoyo a propietarios, diseñadores y constructores a reducir residuos métricos y costos a fin de mejorar la productividad (un contrato de múltiples partes)
- Participación temprana y exención de responsabilidad entre las partes claves del proyecto
- Mejora la toma de decisiones y el control en la colaboración
- Los riesgos y las compensaciones son compartidas por las partes interesadas

-Los objetivos del proyecto son alcanzados de manera conjunta.

2.1 Principios y conceptualización de IPD

Los aspectos fundamentales de IPD que lo diferencian de los métodos tradicionales, como son la suma global de diseño-licitación-construcción (LS por sus siglas en inglés), método de entrega de proyecto diseño/construcción (DB por sus siglas en inglés), método de gerente de construcción en riesgo (CMC por sus siglas en inglés), han sido acordados como un contrato multipartidista para compartir los riesgos y ganancias entre las partes implicadas en el proyecto, siendo además un contenedor único de las alianzas, funciones, responsabilidades, empresas afiliadas y contratos vinculados al proyecto (Porwal & Hewage, 2013).

Entre las ventajas de IPD frente a los métodos tradicionales se destaca el protocolo de formación de equipos, procesos, comunicación efectiva, intercambio de información abierta, el uso de la tecnología y la interacción, entre otras características expuestas en la Tabla 2.

Tabla 2.

Cuadro comparativo entre la gestión de entrega tradicional y la gestión integrada.

Características	Entrega tradicional de proyectos	Entrega integrada de proyectos
Equipos	Creado en base a lo mínimo necesario, fragmentado y con rangos jerárquicos	Conformado por partes interesadas que colaboran anticipadamente
Proceso	Lineal, acumulado, segregado, conocimiento con participación básica y experiencia	Multinivel con participación temprana de conocimiento, experiencia e información abierta
Riesgo	Gestión individual y transferible	Gestión colectiva y compartida

Características	Entrega tradicional de proyectos	Entrega integrada de proyectos
Compensación	Búsqueda individual y de poco esfuerzo	Búsqueda en conjunto basada en valores
Comunicación y tecnología	Papel, bidimensional y análoga	Digital, virtual y 3D-modelaje, 4D-logística y 5D-costos en BIM.
Acuerdos	Incentivan el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo; nada compartido	Incentivan el intercambio y la colaboración abierta multilateral; riesgo compartido

Nota: adaptado de (Fakhimi, Sardroud, & Azhar, 2016).

Los beneficios de la aplicación de IPD son principalmente: poca incidencia de conflictos internos en el equipo, aumento de la fuerza laboral y productividad a corto plazo, mejor planificación, costos compartidos, menores costos operacionales, creación de incentivos para abordar las necesidades del proyecto y reducción de las solicitudes de interpretación del contratista. El proceso de integrar los criterios, restricciones y características de una tecnología como BIM puede incluir desde el diseño conceptual a cargo de ingenieros y arquitectos, hasta las áreas de gestión a cargo de consultores para construcción, fachadas, tecnología energética, informática, física, acústica, entre otras especialidades.

A partir de estas premisas se evidencian las etapas necesarias para entregar el proyecto, las cuales concuerdan con las etapas de la Figura 1 (curva de McLeamy), aplicando además etapas adicionales detalladas todas a continuación (Choclán, Soler, & González, 2015):

- a. Conceptualización; diseño previo (DP) que implica la programación detallada del proyecto que va a ser construido (qué, cómo, quién y dónde).

- b. Etapa de selección: diseño esquemático (DE) donde se planean los posibles criterios (riesgos y compensaciones con sus respectivos porcentajes) y se define el equipo del proyecto.
- c. Diseño: desarrollo del diseño (DD) donde se explica en detalle qué va a ser (esfuerzo alto)
- d. Implementación documental: construcción de documentos (DC) donde se explica en detalle cómo se implementará el proyecto. Es el soporte para fines reglamentarios (esfuerzo bajo).
- e. Revisión de agentes y adquisición: aprovisionamiento (AP) donde los administradores validan la información y adquieren paquetes de trabajo (esfuerzo bajo).
- f. Ejecución: control y construcción de obra (CO) donde se administran los contratos y se controlan los costos.
- g. Liquidación: modelo inteligente 3D que es entregado de acuerdo con las condiciones planteadas y en base a cálculos sobre compensaciones o sanciones y normas vigentes.
- h. La corrección de la lista de verificación, entre otras acciones, no son afectadas por IPD.
- i. Gestión de instalaciones: en base a un modelo se facilita el mantenimiento y la gestión de las instalaciones, además de la gestión de activos inmobiliarios.

Una de las desventajas de aplicar un método tradicional está relacionado con la falta de control en los documentos contractuales de diseño, lo cual será un impedimento en la etapa de construcción, siendo además preocupante la baja participación del contratista en la etapa de diseño, incluso considerando que debe asumir los riesgos de desviación en los costos y plazos.

Adicionalmente, la falta de pruebas sobre la eficiencia energética y sostenibilidad de la obra pone en riesgo su certificación final, así como la pérdida de información durante el avance de cada fase en el ciclo de vida del proyecto, siendo de este modo importante la participación de todo el

equipo desde la primera fase del proyecto con el fin de evitar accidentes, detectar errores y facilitar el control de calidad y documental de la edificación (Taboada, Alcántara, Lovera, Santos, & Ricardo, 2011).

2.2 Aumento de utilidad de BIM por el método IPD

La plataforma BIM 360 cumple las funciones administrativas asociadas a la información de las diversas colaboraciones existentes en un proyecto de diseño y construcción, incluyendo el apoyo en la documentación, estándares de seguridad y control del diseño, permisos y RFIs de trabajadores, así como revisiones de las etapas del proyecto, entre otros. Es una plataforma virtual de comunicación en tiempo real entre la oficina y la obra, usada también para resolver problemas eficazmente y lograr reducir riesgos y costos de producción.

El producto comercial más utilizado es BIM 360 Team, el cual permite el almacenamiento y visualización de diversos formatos de archivos en 2D y 3D, además de archivos PDF, planillas office, imágenes y videos usados principalmente por los diseñadores. Un modelo local puede ser co-desarrollado por múltiples usuarios en Revit, ya que este programa tiene un complemento de colaboración como beneficio adicional, en el cual se sincroniza la información entre el PC con Revit y el modelo central guardado en BIM 360 Team desde cualquier PC con conexión a internet, siendo conocida esta función con la abreviación C4R (por sus siglas en inglés: Collaboration for Revit) o gestión de la distribución de trabajo de Revit en la nube. Aunque BIM 360 Team como repositorio de archivos centrales creados puede usarse sin CR4 a través de un navegador como Google Chrome, la fusión con Revit complementa la interacción en línea al permitir la invitación a usuarios para colaborar en el proyecto, además de poder distribuirse el trabajo en un archivo

central almacenado en la nube con visualización del flujo de trabajo en tiempo real y compartir o editar documentos de BIM 360 en línea (Autodesk LATAM, 2016).

En este sentido, BIM 360 Team es una forma estandarizada y ágil para gestionar el diseño, seguridad y calidad de un proyecto constructivo de acuerdo a las exigencias de los clientes y las normativas, sin embargo, para su buen manejo se requiere además un protocolo para configurar y administrar funciones y el talento humano que irá a colaborar con el equipo de trabajo, como IPD. El éxito de un proyecto coordinado a partir de la filosofía IPD depende de los diferentes niveles de colaboración exigidos en el contrato (proceso), del factor económico y también de las relaciones interpersonales establecidas por la organización (equipo).

De este modo, la aplicación de IPD demanda prerequisites sociales en los participantes para garantizar su uso como protocolo de comunicación, el cual está sustentado en estándares sobre conocimientos y capacitación del personal en torno a la resistencia a los cambios, además de cooperatividad, confianza y buena disposición para el trabajo grupal en vista del beneficio mutuo y los incentivos económicos (Scheer S. , Mendes, Campestrini, & Garrido, 2014).

En definitiva, las exigencias para la implementación de IPD en la industria son en general cuatro: legales relacionadas con estructuras contractuales adecuadas, financieras respecto a los riesgos y compensaciones compartidas implicadas en el contrato, sociales debido al acondicionamiento necesario para resolver conflictos, propiciar la confianza y buen trabajo en equipo, y finalmente los requisitos tecnológicos necesario para obtener interoperabilidad en línea y buenas redes de comunicación que posibiliten el envío virtual de archivos de gran tamaño (Duque, 2013).

2.3 Implementación de IPD en BIM: logros y retos

A continuación se evidencian algunos estudios sobre los desafíos y beneficios que han sido relatados en la implementación del protocolo IPD para la aplicación de las herramientas BIM.

La implementación de BIM plantea que tanto los consultores externos como los técnicos de las empresas constructoras y subcontratistas sean agentes del equipo de trabajo, los cuales serán los agentes clave de apoyo. Mientras los agentes primarios son los que participan constantemente a lo largo del proyecto, como son: arquitectos, promotor, ingenieros y contratistas. Sin embargo, no hay jerarquización, ya que en IPD no se consideran los rangos de trabajo, es decir, las opiniones e ideas son evaluadas por el equipo en base al mérito, sin considerar status laborales (Figura 4).

El equipo de trabajo debe estar además basado en la confianza, honestidad y tranquilidad, de modo que si se presentan conflictos internos, estos deben resolverse a través de reuniones no programadas y en un ambiente conciliador, en el cual se deben resolver los problemas a fin de cumplir los objetivos del proyecto de acuerdo a los roles, plazos y actividades que deben ser pactadas detalladamente en el contrato, para así evitar incidentes y poder gestionar la colaboración íntegramente (Yalcinkaya & Arditi, 2013).

En este contexto, IPD es el proceso usado para obtener una alta calidad en la transmisión de la información entre los agentes del equipo de trabajo y esto el objetivo es lograr llevar esto a cabo a través de las herramientas de BIM, lo cual ofrece un modelo visualizado en 3D para alcanzar los objetivos y tomar decisiones del proyecto de construcción. Una vez que el éxito o fracaso del proceso es compartido, los beneficios planteados serán proporcionales a la capacidad y desempeño del equipo de trabajo durante el desarrollo del proyecto, para lo cual el resultado tendrá un mayor valor conforme los costos y plazos sean menores. Si hay alguna pérdida de un miembro del equipo,

éste debe ser reemplazado rápidamente por otro con un potencial similar a fin de continuar con la dinámica normal del proceso (Yalcinkaya & Arditi, 2013).

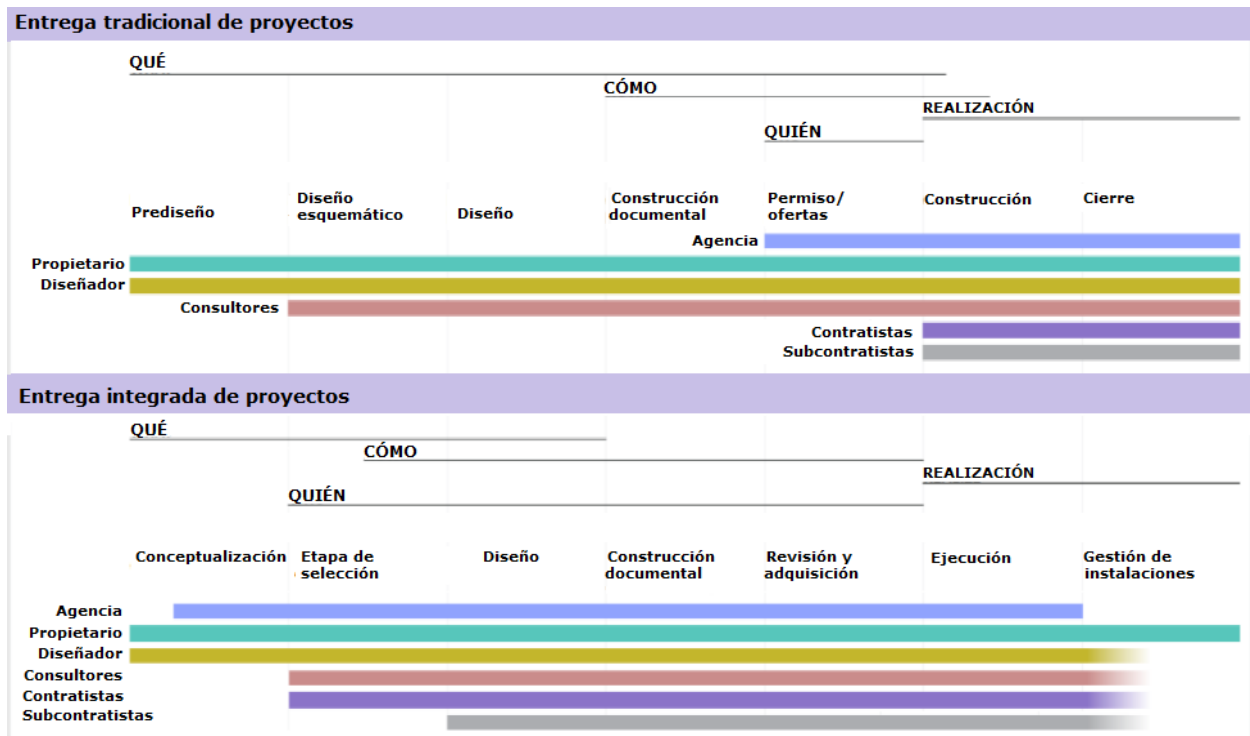


Figura 4. Cuadro comparativo de etapas de la administración de proyectos constructivos Nota. Adaptado de (Choclán, Soler, & González, 2015)

Otro de los problemas relacionados con la interacción social del grupo es la confidencialidad, ya que según varios expertos entrevistados, en los contratos de IPD usualmente no se especifican los derechos de autor sobre la información y los términos legales sobre las responsabilidades. “El uso de BIM en proyectos acarrea importantes problemas contractuales relativos a las responsabilidades, riesgos, indemnizaciones, derechos de autor y uso de documentación no dirigida por los contratos industriales estándar” (Porwal & Hewage, 2013). Adicionalmente, el contrato debe inclusive especificar el derecho de los agentes a compartir el modelo del proyecto con personas externas al equipo antes y después de terminada la gestión de instalaciones a fin de

evitar conflictos legales. En un contrato IFOA (Integrated Form of Agreement) se establece que el promotor puede compartir información del proyecto siempre y cuando reconozca la autoría de todo el equipo de trabajo (Duque, 2013).

A nivel profesional, la integración de un sistema especializado como BIM es un desafío al requerir un trabajo colaborativo entre diferentes agentes en un proyecto de construcción común, ya que cada uno tiene ideas incompatibles procedentes de aplicaciones separadas (ingenieros estructurales, ingenieros industriales, arquitectos, inversionistas, contratistas, subcontratistas, usuarios y autoridades públicas). En este sistema de gestión de proyectos se presentan errores e incertidumbres en forma de incompatibilidades o interferencias, siendo las incompatibilidades relacionadas con la mala representación o interpretación gráfica de planos y las interferencias se asocian a problemas en la integración de las fases del proyecto, como por ejemplo, inconsistencia en la integración entre planos de arquitectura y planos de estructura.

A su vez, la detección de las incompatibilidades posibilita la identificación, análisis y registro de interferencias en el modelo durante la fase de diseño, esto a modo de una comprobación de validez que permite ahorrar presupuesto y mejorar los plazos y calidad del proyecto (Taboada, Alcántara, Lovera, Santos, & Ricardo, 2011).

En un proceso de entrega tradicional la detección de interferencias es realizada mediante la comparación de cada documento, pero por BIM la detección de fallas o incompatibilidades es posible de acuerdo a la relación paramétrica de los documentos asociados mediante un programa de coordinación y detección automatizada, *e.g.* aplicación de Naviswork® de Autodesk que permite detectar y localizar rápidamente choques entre fases, así como aplicar filtros de comparación. A su vez, a través de IPD los agentes actúan desde el inicio del proyecto para detectar anticipadamente errores o incidentes y así evitar sobrecostos o incidentes mayores.

Dentro de la metodología del proyecto se debe incluir uno o más sistemas de detección de errores, los cuales se emplean antes de la fase de ejecución y según el criterio de cada empresa (Duque, 2013).

En BIM-manager el sistema debe ser revisado en cada parte del modelo, a modo de comprobación visual (recorrido virtual) y coordinación espacial de los edificios para cada nivel (ejes verticales, alineación de instalaciones y huecos en el proyecto). A través de reuniones programadas o solicitudes de información (Request for Information-RFI) se emitirán y revisarán los informes de interferencias de cada contratista hasta resolver todos los problemas. Un sistema de detección automatizada posibilita la revisión periódica del proyecto, lo que en un sistema de detección manual implica mayor inversión de tiempo (Duque, 2013). También ha sido analizado el rendimiento de la inversión (ROI) por BIM de acuerdo a las ganancias y costos, lo cual se verá reflejados principalmente por la detección de errores anticipadamente (70%) (Qian, 2012), siendo los errores en gran medida detectados durante la fase de instalaciones (MEP) (Ogbamwen, 2015). De modo que, aunque el desarrollo de un proyecto por BIM implica inicialmente altos costos de inversión para contratar profesionales y comprar las licencias para implementar la tecnología, al final del proyecto se ahorrará en costos y tiempo gracias a la detección temprana de incidentes, entre otros beneficios de IPD.

Luego de detectar los errores e incidentes es necesario actuar para resolverlos mediante un sistema de actuación y revisión con el fin de corregir y continuar el modelo (nubes de revisión). Este sistema consiste en detección y localización en el plano, a seguir se comunica al BIM-manager que revisará e informará de una RFI o reunión entre proyectistas y agentes para solucionar el incidente. En IPD el agente que generó el incidente no es considerado, ya que puede provenir de cualquier participante, lo importante es buscar asesoría interna o, en algunos casos puede

requerirse la asesoría externa para resolver el inconveniente. Finalmente se realiza una ficha o informe de solución con la evidencia del procedimiento e instrucciones realizadas, se aplica el procedimiento en cuestión y se corrobora que haya sido exitoso. Todos los pasos del procedimientos deben ser comunicados al equipo a fin de evitar confusiones, pérdida de información o duplicidad en el modelo (Ogbamwen, 2015).

En las metodologías de trabajo como IPD es importante considerar los cambios en las relaciones jurídicas y las responsabilidades civiles entre los agentes que irán a intervenir, ya que este es un punto crítico para las empresas constructoras y para las aseguradoras, las cuales han tenido que crear pólizas orientadas a estos programas en Estados Unidos y Reino Unido.

Igualmente, el proceso de licitación debe cambiar su enfoque de acuerdo a cada país, una vez que en IPD generalmente se seleccionan 5 empresas constructoras que posean experiencias en proyectos semejantes, para finalmente escoger aquella que represente mejor las ideas de acuerdo al proyecto solicitado y a la oferta económica (menor cuantía) (Quiceno & Alberto, 2017).

Adicionalmente, el sistema de contratación de obra pública se rige por las normas del sistema de gasto público, el cual demarca los diseñadores y constructores del mercado de ejecución de proyectos de infraestructura pública y demanda además licencias y permisos ambientales, estudios arqueológicos, gestión predial, consulta a comunidades, territorios resguardados o de conservación, entre otros trámites que deben considerarse en la gestión pues afectan la programación del proyecto y por ende su estructura de costos.

Además, en la obra pública la proyección de costos iniciales no concuerda con el cumplimiento de la meta física, ya que se consideran los sobrecostos: “se trata de consumir lo autorizado tanto para consultoría como para obra, se lleva al límite de la norma, ampliaciones en plazo, ligadas a ampliaciones en dinero, factores externos que afectan el proyecto”, de modo que

el valor inicial del proceso de selección contiene adiciones de acuerdo al presupuesto de la entidad, por tanto esto genera un desajuste económico entre los principios de IPD y la cultura del contratista, de modo que puede volverse una disputa jurídica para los funcionarios públicos generada por el sistema de contratación (Quiceno & Alberto, 2017).

De modo que son necesarios cambios en la dinámica del sistema de contratación y licitación asociados al marco legal de las obras públicas, teniendo en cuenta que el sistema de costos y esfuerzos por IPD se concentra en la etapa de estructuración y diseño a fin de ahorrar recursos económicos en las etapas posteriores.

En este sentido, la cultura del contratista debe renovarse para poder cumplir los plazos y costos planteados por IPD-BIM, en lugar de permitir la realización de contratos de pago por precio unitario que incentivan a que el contratista facture el monto del contrato sin estimar el cumplimiento de la meta física y obtener así mayor rentabilidad al imponer precios mediante la factura del valor del contrato, pues esto no contribuye al cierre del proyecto dentro del plazo estimado.

A nivel mundial, los beneficios de la incorporación de IPD durante el sistema de gestión de proyectos usando las herramientas de BIM se ha visto en la construcción, ampliación y renovación de hospitales, remodelación, construcción de edificios institucionales (estaciones de bomberos, vías, edificios universitarios) y viviendas. Sin embargo, existen casos reportados en los cuales se ha evidenciado que los métodos tradicionales son igualmente exitosos pues no requieren la acción conjunta de diversos agentes especializados, sino solamente de un contratista responsable que cumpla con los plazos y costos del proyecto planteados inicialmente y un interventor que regule las normas, especificaciones y calidad de los materiales (Quiceno & Alberto, 2017) (Avendaño & Prada, 2018).

3. Conclusiones

Se puede establecer que aplicando la metodología IPD para gestionar un proyecto de construcción usando herramientas BIM se presenta en un ambiente de igualdad, en el cual los riesgos y ganancias son compartidas, las ideas son valoradas equitativamente y se busca así principalmente reducir plazos en el desarrollo de alto nivel de la fase de concepción, diseño y planificación del proyecto, por lo que el tiempo invertido en estas fases iniciales es primordial para que una vez se inicie la fase de construcción se tenga una compensación respecto al ahorro en tiempo y dinero. Esto es posible mediante la elección de un sistema coordinado de revisión de errores e incidentes anticipadamente y un buen sistema de comunicación e intercambio de información entre los diferentes agentes. Siendo estos algunos de los estándares de IPD, entre otras características significativas respecto al manejo del tiempo e inversión en la fase de planificación, lo cual permite al equipo realizar los ajustes necesarios y el proceso de evaluación de alternativas mediante el uso de herramientas BIM de modelado de edificios, mientras el método tradicional establece una preinversión mínima en estudios previos y diseño. Por otro lado, el sistema de contratación pública se rige por el gasto público que presenta discrepancias significativas con los objetivos y visión de la metodología IPD. Para ello son necesarias modificaciones en las leyes de contratación y licitación con el fin de mejorar plazos y costos para la evaluación y revisión en las fases del proyecto realizada por todos los agentes del equipo de trabajo.

Referencias Bibliográficas

American Institute of Architects California Council. (2007). Integrated Project Delivery : A Guide. *Am. Intitute Archit.*, vol. 1, no. 1, 62.

Anderson, R., Practice, V. P., & Vectorworks, N. (s.f.). *An Introduction to the IPD Workflow for Vectorworks BIM Users*.

ASTI. (2017). *Applied software: Autodesk A360 Collaboration for Revit (CR4) and BIM 360 Team-Whitepaper*. Obtenido de https://www.asti.com/wp-content/uploads/2017/10/A360-Collaboration-for-Revit-and-A360-Team-Whitepaper-2017_v3.pdf. [Accessed: 26-Jan-2019].

Autodesk. (2008). Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling. *Autodesk Whitepaper*, 12.

Autodesk. (2018). *BIM 360 Team*. Obtenido de <https://team.bim360.com/>

Autodesk LATAM. (2016). *Colabore con BIM 360 Team*. Obtenido de <http://blogs.autodesk.com/latam/2016/12/07/colabore-con-bim360-team/>

Autodesk. (s.f.). *Collaboration for Revit*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/campaigns/collaboration-for-revit>.

Autodesk. (s.f.). *Familia Revit | Programas BIM*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit-family/overview>

Autodesk. (s.f.). *Familia Revit | Programas BIM*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit-family/overview>

- Avendaño, E. F., & Prada, O. R. (2018). *Generación de ventajas competitivas en las organizaciones de diseño estructural de edificaciones en concreto refrozado mediante la implementación de BIM*. Universidad Industrial de Santander.
- Choclán, R., Soler, F., & González, M. (2015). Introduccion a la metodología BIM. *Spanish J. BIM*, vol. 14, no. November.
- Duque, C. D. (2013). *Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Fakhimi, A. H., Sardroud, J. M., & Azhar, S. (2016). How can Lean , IPD and BIM Work Together ? *33nd International Symposium on automation and robotics in construction*.
- Garcelán, J. (2016). *Impacto del BIM en la gestión de un proyecto y obra arquitectónica: de AutoCAD a Revit*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009). IPD and BIM : Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. *45th Assoc. Sch. Constr. Natl. Conf.*, no. Davis 2003, 1–8.
- Gutiérrez, A. (2016). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura*. Universitat Técnica de Valencia,.
- Ilozor, D., B., & Kelly, D. J. (2012). Building Information Modeling and Integrated Project Delivery in the Commercial Construction Industry : A Conceptual Study. *J. Eng. Proj. Prod. Manag.*, vol. 2, no. 1, 23–36.
- Lee, J. G., Lee, H.-S., Park, M., & Kim, W. (2016). An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format). *Constr. Res. Congr. 2016*, 2443–2452.
- Liu, W., Guo, H., & Skitmore, M. (2014). “A BIM-Based Collaborative Design Platform for Variegated Specialty Design,”. *Iccrem* , 320–329.
- López, A. A., & En, B. I. (2016). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura*. Universitat Politècnica de Valencia.

- Nunes, G. H., & Leão, M. (2018). “Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM Comparative study of design tools - the traditional CAD and BIM modeling,”. *Rev. Eng. Civ.*, no. 55, 47–61.
- Ogbamwen, J. (2015). *Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD)*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). “Automation in Construction Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects,”. *Autom. Constr.*, vol. 31, 204–214.
- Qian, A. Y. (2012). *Benefits and ROI of BIM for multi-disciplinary project management*. National University of Singapore.
- Quiceno, C. M., & Alberto, M. (2017). *Propuesta para la implementación del IPD (Integrated project delivery) en la construcción de proyectos de infraestructura pública en Colombia*. Universidad EAFIT.
- Scheer, S., Mendes, R. J., & Garrido, M. C. (2014). “Building Information Modeling (BIM) – Versioning for collaborative design,”. *Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng.*, 455–462.
- Scheer, S., Mendes, R. J., Campestrini, T. F., & Garrido, M. C. (2014). “Computing in Civil and Building Engineering,”. *Sixth Annu. Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng.*, 455–462.
- Sierra, A. L. (2016). “*Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM ‘Building Information Modeling , ’*” . Universidad Militar Nueva Granada.
- Steel, J., Drogemuller, R., & Toth, B. (2012). Model interoperability in building information Modeling,. *Softw. Syst. Model*, 99–109.
- Taboada, J., Alcántara, J., Lovera, V., Santos, D., & Ricardo, D. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM,. *Rev. del Inst. Investig. la Fac. Ing. geológica, minera, Met. y geográfica*, vol. 14, no. 28, .

- Torroglosa, J. (2016). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura : Un proyecto utilizando REVIT*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Trollsas, B. C. (s.f.). *Implementing BIM and IPD Focused on Refurbishment Projects in the Norwegian Construction Industry*. Copenhagen School of Design and Technology.
- Van Nederveen, G. A., & Tolman, F. P. (1992). “Modeling multiple views on buildings *,” . *Autom. Constr.*, vol. 1, 215–224.
- Yalcinkaya, M., & Arditi, D. (2013). Building Information Modeling (BIM) and the Construction Management Body of Knowledge. *IFIP Int. Fed. Inf. Process*, 619–629.
- Zapata, P. (2017). *Artículo Técnico No02 : La Propuesta de BIM y la Colaboración Artículo Técnico No2*.