



GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN
BIM
PARA LAS EMPRESAS



DOCUMENTO DESARROLLADO POR:

BIM Forum Costa Rica
Cámara Costarricense de la Construcción

REDACCIÓN:

Arq. Jorge Montenegro
Arq. Daniel Garro
Ing. Carlos Trejos
Ing. Pablo Murillo
BIM Manager Aarón Piedra
Arq. Rashid Sauma
Viviana Rojas

1° edición, agosto 2018

www.construccion.co.cr/BimForum

AVISO

Los contenidos del presente documento consideran el estado actual del arte o la técnica en la materia al momento de su publicación y no constituye un documento de acatamiento obligatorio para la implementación de esta. BIM FORUM COSTA RICA ® y la CÁMARA COSTARRICENSE DE LA CONSTRUCCIÓN (CCC) han procurado la máxima calidad y actualidad de la información presentada en este documento. No obstante, el lector de esta Guía debe velar porque el personal que va a utilizar la información y recomendaciones entregadas esté calificado en la operación y uso de las técnicas y buenas prácticas descritas en esta Guía, y que dicho personal sea supervisado por profesionales o técnicos competentes en estas operaciones o usos. El contenido e información de este documento puede modificarse y/o actualizarse sin previo aviso, debido a adelantos tecnológicos, investigación científica y mayor eficiencia en la aplicación de habilidades existentes. Toda persona que haga uso de esta Guía, de sus indicaciones, recomendaciones o instrucciones, es personalmente responsable del cumplimiento de todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos de conformidad con las leyes, decretos, reglamentos y demás normativa vigente. El usuario de esta Guía también será responsable del cumplimiento de la normativa técnica y profesional vigente, por sobre la interpretación que pueda derivar de la lectura de este documento.

© Todos los derechos reservados.
Prohibida la reproducción parcial o total de la presente obra.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Introducción	5
2.	Comprensión del BIM.....	6
2.1	Definición de BIM.....	6
2.2	Fases de adopción de la metodología BIM.....	6
2.3	Marco Local: BIM en Costa Rica	8
2.4	Objetivos y tipos de modelos.....	9
2.4.1	Potencialidades del uso de BIM.....	9
2.4.2	Tipos de Modelos.....	10
2.5	Beneficios del BIM.....	13
2.5.1	Beneficios para los usuarios.....	13
2.5.2	Beneficios para el proyecto	13
3.	Implementación del BIM.....	14
3.1	Aspectos organizacionales.....	14
3.2	Visión de BIM	15
3.3	Objetivos de BIM.....	16
3.4	Tipos de proyectos.....	17
3.5	Liderazgo BIM.....	18
4.	Estructura organizativa interna BIM.....	19
5.	Plan de ejecución BIM (BEP).....	20
6.	Niveles de LODs y LOI.....	20
6.1	Nivel de LOD.....	20
6.1.1	Nivel de Definición (Level of Definition- LOD)	20
6.1.2	Nivel de desarrollo (Level of Development- LOD).....	22
7.	Software y Hardware a implementar	25
8.	Capacitación	27
9.	Conclusiones.....	28

1. INTRODUCCIÓN

BIM Forum Costa Rica es un Comité Técnico impulsado por la Cámara Costarricense de la Construcción, el cual fue conformado con el propósito de promover la implementación consultada y paulatina de los procesos BIM en la industria de la construcción costarricense. Este Comité Técnico convoca a los principales profesionales e instituciones relacionados con BIM en nuestro país con el objetivo de canalizar el conocimiento, información e inquietudes técnicas relacionadas a BIM, constituyéndose también en una instancia de desarrollo, difusión y buenas prácticas para el desarrollo tecnológico del sector construcción.

El desarrollo de este contenido se ha generado en conjunto con profesionales que han facilitado su conocimiento y aprendizaje a través del tiempo con relación a BIM. Por esta razón es necesario que la transferencia del conocimiento sea constante al interior de la empresa, ya que es fundamental la constancia y capacitación durante el proceso de adopción de BIM.

Cabe señalar también, que la complejidad actual que pueden tener los proyectos y la cantidad de involucrados hace necesario el uso de BIM para integrar el trabajo y colaborar, ya sea al interior de una empresa o entre

empresas participantes de un proyecto. Esto no limita el uso de BIM solo a proyectos grandes o complejos, también esta capacidad de estructurar y organizar los proyectos facilita la utilización de distintos prototipos que ayuden a tomar las mejores decisiones, desde el punto de vista del diseño o ingeniería, hasta aspectos de sustentabilidad o ahorro energético, mediante distintos tipos de análisis, siendo una herramienta eficaz para cualquier tipo de proyecto.

El objetivo del presente documento es entregar al sector de construcción una guía con los aspectos generales para implementar proyectos BIM en las empresas y ser un primer paso para estandarizar el uso de metodologías BIM. Para la elaboración de este documento se tomó como base la “Guía Inicial para la implementar BIM en las Organizaciones del BIM Forum Chile”; dicha guía fue adaptada a la realidad nacional por los miembros del BIM Forum Costa Rica.

Como grupo de trabajo, se espera que esta Guía contribuya a la construcción de un lenguaje tecnológico común local, que permita aumentar la eficiencia en los procesos y así contar con una industria más productiva y sustentable.

2. COMPRENSIÓN DE BIM

2.1 DEFINICIÓN DE BIM

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa que permite la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su principal objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo inteligente que permite albergar información digital creada por todos sus agentes.

BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D), permitiendo una gestión integral durante el ciclo de vida de una construcción.

El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costes de operación.

2.2 FASES DE ADOPCIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM

Las compañías interesadas en impulsar la creación de modelos documentados dentro de sus flujos de trabajo (Tecnología BIM), deberán identificar previamente sus capacidades y definir objetivos escalables para la incorporación de la metodología BIM dentro de su compañía; es decir, realizar un diagnóstico que muestre el estado actual de la empresa

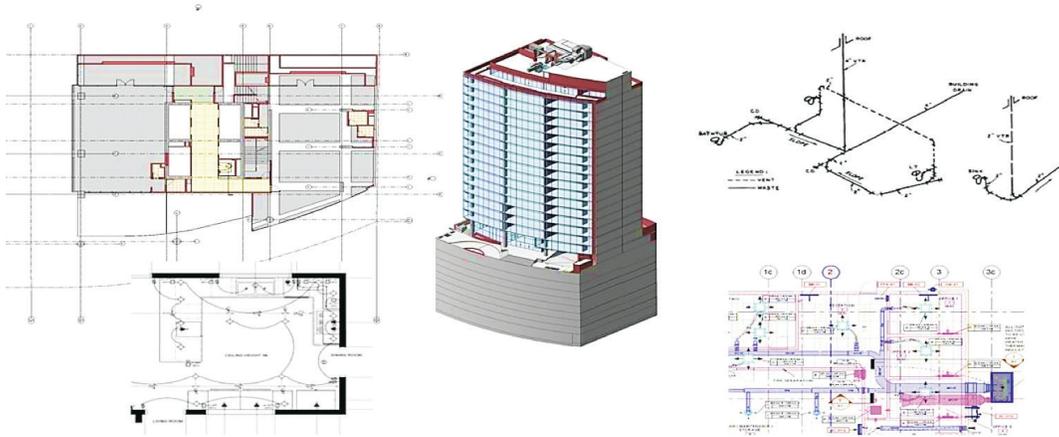
donde se implementará BIM. En este contexto, es recomendable posicionar su empresa en las etapas del ciclo de proyecto donde interactúa comúnmente, considerando si desarrollan proyectos de Ingeniería Conceptual, Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalles, modelo de arquitectura, análisis estructural, coordinación de construcción o proyectos de construcción.

Por otra parte, es fundamental identificar las demás empresas que son parte del ciclo de proyecto donde trabajará, para entender si también aplicarán esta forma de trabajar. Es recomendable que todas las empresas que intervienen a lo largo del proceso también implementen BIM; de lo contrario no se podrá trabajar de una forma óptima, ni sacar todo el partido posible a los beneficios que aporta el uso esta metodología colaborativa.

De acuerdo con la información obtenida, su compañía deberá definir cuál BIM será el que intentará impulsar, considerando los siguientes escenarios:

- **BIM no integrado (Unilateral):** Caso cuando una compañía del ciclo de proyecto es la única que aplicará la tecnología BIM. Esta compañía se verá beneficiada con la velocidad de gestionar cambios en sus modelos, obtener la documentación y lograr una buena coordinación de su proyecto, pero no generará más beneficios para un propietario u otra empresa que sea parte del proyecto

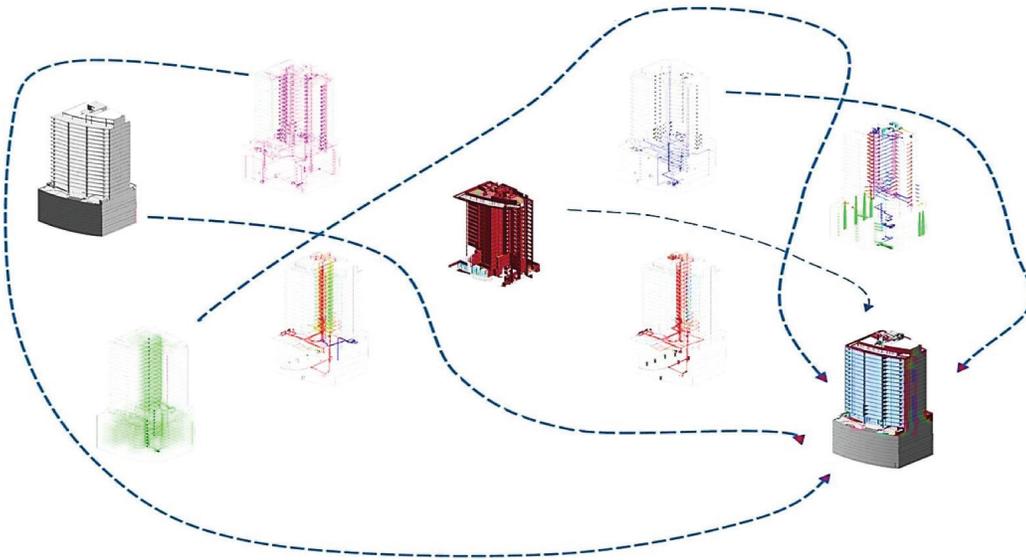
BIM no integrado (Unilateral)



- **BIM no integrado (Multilateral):** Se aplica cuando una empresa involucrada en el proceso constructivo de un proyecto utiliza la tecnología BIM y la información es dis-

tribuida entre todas las empresas participantes en el proceso. En estos casos cada compañía desarrollará sus modelos según sus necesidades.

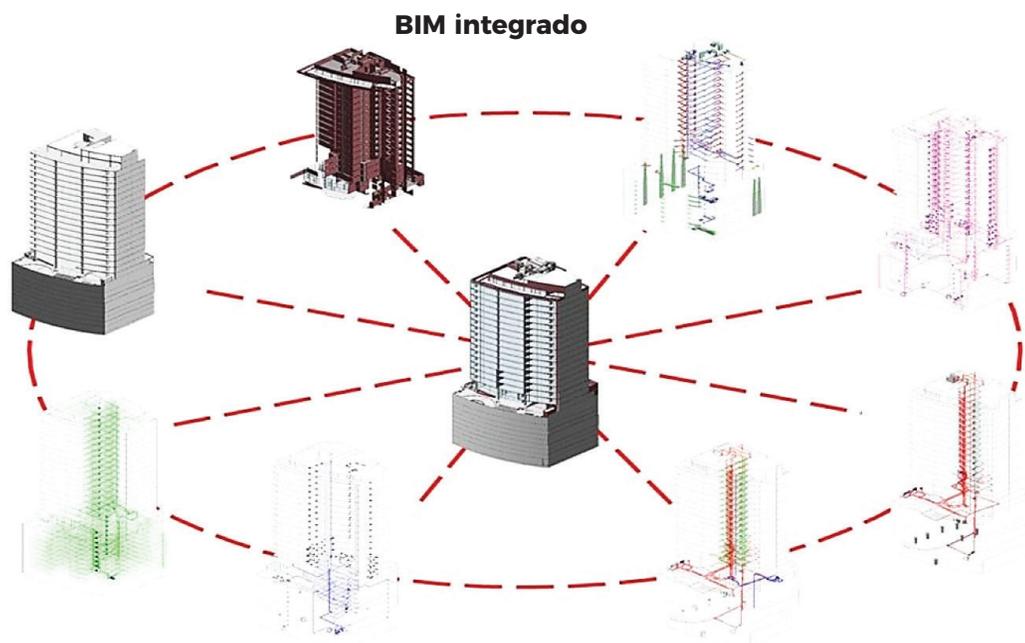
BIM no integrado (Multilateral)



- **BIM INTEGRADO:** Caso cuando la coordinación de todas las especialidades y etapas del proyecto es realizada en forma normada y centralizada, y todas las compañías trabajan bajo una normalización establecida de acuerdo con los objetivos del proyecto. Esto quiere decir que al implementar BIM no existirá un solo traje a medida que aplique para todas las compañías; cada empresa (constructora, inmobiliaria, estructural, etc.) tendrá necesidades diferentes y sus prioridades de adopción de la

tecnología serán muy particulares, por lo que deberán elaborar sus propios procedimientos y flujos de trabajo a nivel interno.

El común denominador para que las empresas adopten esta tecnología de manera consistente, sin importar su tamaño, será la “Estandarización”. Esto permitirá que la adopción de esta tecnología se pueda mantener en el tiempo y los resultados se visualicen en un corto plazo



2.3 MARCO LOCAL: BIM EN COSTA RICA

En Costa Rica, la aplicación de los sistemas asistidos por computadora ha sido implementado de manera gradual. Los sistemas 2D se hicieron populares en la década de los 90; incrementándose su uso entre los consultores en arquitectura y las diversas ingenierías. Para el nuevo milenio, el uso del CAD 2D ya era común en un alto porcentaje de los proyectos de construcción.

Para el 2006, empresas de consultoría experimentan con diversos programas informáticos que permiten el modelado en 3D. De manera gradual se observan las bondades de esta metodología de modelo de proyecto y para el 2009 las empresas de consultoría más importantes toman la decisión de proyectar sus modelos en BIM, aún y cuando este proceso se inicia en su mayoría con las empresas de arquitectura.

Entre 2012 y 2015, la herramienta de modelado BIM se fortalece no solo en las oficinas de arquitectura, sino también en los despachos de las ingenierías, pero especialmente entre las constructoras, acercándose a completar varios proyectos de gran envergadura con el modelado completo.

Las empresas constructoras ven el beneficio de usar los modelos BIM para lograr más exactitud en los presupuestos y la organización de las obras, por lo que del 2016 a la fecha las empresas más importantes del país en construcción capacitan a su personal e implementan el uso del BIM en la mayor parte de sus proyectos.

Los desarrollos de proyectos en BIM han alcanzado a instituciones del Estado costarricense que, de manera gradual, está solicitando como requisito esta herramienta en las licitaciones de construcción de sus obras.

2.4 OBJETIVOS Y TIPOS DE MODELO

Antes de solicitar un servicio BIM y de comenzar a trabajar en los modelos, es necesario realizar un Plan de Ejecución BIM (BEP). Es indispensable que todos los participantes comprendan los objetivos que se buscan, los cuales dependerán de la etapa del proyecto en que nos encontremos. Estos objetivos deben ser medibles y específicos para el proyecto, tratando de esta manera de mejorar la planificación, diseño, construcción y operación de las instalaciones. Estas metas deben relacionarse con las necesidades del cliente y el desempeño general del proyecto, ya sea reduciendo la duración del cronograma de este, disminuyendo su costo, o aumentando la calidad general del proyecto, entre otros.

2.4.1 POTENCIALIDADES DEL USO BIM

Si bien la potencialidad de la aplicación y uso de la metodología BIM es muy amplia, los potenciales beneficios de ello dependen, en gran parte, del actor que analice esos beneficios y también en la etapa en la que se aplique. Su potencialidad la veremos cuando todas las disciplinas estén en BIM. No serán los mismos beneficios que podrá obtener un arquitecto, comparado a un gerente de mantenimiento de edificios, ya que, por la naturaleza de sus roles y responsabilidades, persiguen distintos fines y participan en diferentes etapas. Por otro lado, no es lo mismo analizar los beneficios desde el punto de vista del negocio, que desde el punto de vista profesional; de todas maneras, estos aspectos serán abordados más adelante.

No obstante, es pertinente aclarar que hay beneficios que pueden considerarse transversales independiente del actor que los analice y la etapa del proyecto.

A continuación, enumeraremos algunos de ellos:

- **Mejorar el acceso a la Información:** Independientemente del tipo de software BIM, todos comparten un mismo objetivo, que es administrar de manera eficiente la información. Es por eso que el diseño de los programas permite un acceso simplificado mediante una interfaz y herramientas específicas para lograr la mejor gestión de información posible. Existen visualizadores gratuitos para facilitar la comunicación entre las partes. La clave es la unificación de información.

- **Mejorar la Colaboración:** La utilización de tecnología y procesos BIM permite mejorar la colaboración e interacción entre los diferentes actores de un proyecto, dado que se utiliza una plataforma común de administración de información y se establecen protocolos comunes entre los usuarios.
- **Mayor Control de Procesos:** Considerando que el concepto de BIM se basa en definir una metodología y procesos, la evolución de un proyecto u obra bajo estos lineamientos redundará en un mejor y mayor control de los procesos, ya que los protocolos están claros para todos los actores y se conoce el objetivo común.
- **Mayor Productividad:** Un mejor acceso a la información y colaboración entre usuarios, sumado a procesos definidos y las herramientas que puede proveer el software, dan como resultado una mayor productividad. Este aumento de productividad se puede traducir -en una instancia de diseño, por ejemplo- en una reducción en tiempos de coordinación entre especialistas, ya que hay una única fuente de información. Desde el punto de vista del software también pueden enumerarse herramientas como las de cálculo de cuantías automáticas o actualización centralizada de la información, entre otras, lo cual hace más eficiente al profesional involucrado.

2.4.2 TIPOS DE MODELOS

Existen varios tipos de modelos BIM de acuerdo con la etapa en el ciclo del proyecto en que nos situemos y los objetivos específicos que se quiera abordar con el modelo. Cabe

destacar que dado que un modelo puede tener varios objetivos durante el desarrollo del proyecto, se debe apuntar a desarrollar el modelo que tenga la mayor cantidad de información o que logre un mayor alcance en su desarrollo.

- **Modelo de Prefactibilidad:** Modelo que, en base a la normativa presente de un terreno específico, permite determinar las condiciones espaciales para el diseño de un anteproyecto de arquitectura en cuanto a su superficie máxima de ocupación de suelo, número de pisos, altura máxima, etc.
- **Modelo Topográfico:** Modelo que se genera a partir de la geometría de las curvas de nivel del terreno según lo indicado en los levantamientos topográficos, el cual correctamente implementado permite mostrar gráficamente las propiedades espaciales del terreno existente. Puede ser hecho en base a nubes de puntos tomados mediante escáner laser o planos de topografía. Este modelo contempla información paramétrica o información planimétrica que permite calcular el volumen real de tierra según estratos, cuando se incorpora en los modelos la información del proyecto de mecánica de suelos.
- **Modelo de Movimiento de Tierras:** Modelo que se genera a partir del modelo topográfico existente del terreno. Contempla información paramétrica o información planimétrica que permite calcular la cantidad de tierra a mover o rellenar, cuando se incorpora en los modelos la información del proyecto de mecánica de suelos y del movimiento de tierras.

- **Modelo de Anteproyecto:** Modelo de diseño inicial, el cual en base a los requisitos del cliente y las condiciones del terreno se ha llegado a materializar espacialmente. Este modelo permite visualizaciones y generar análisis rápidos, interactivos e ilustrativos, que apoyan la comunicación y la toma de decisiones con el cliente.
- **Modelo de Desarrollo de Planos Constructivos (Documentación):** Modelo con mayor desarrollo del diseño arquitectónico, el cual permite identificar un sistema estructural preliminar en el proyecto, identificar recintos según su uso y obtener información planimétrica, ya sea para tener una representación gráfica 2D del proyecto o para obtener los permisos municipales. El nivel de detalle del modelo de arquitectura es evolutivo durante el ciclo de vida del proyecto y puede concluir en un modelo de: Cubicación, Análisis, Coordinación, Construcción, Fases de Construcción, As Built o de Mantenimiento, según sea el requerimiento específico que se le planificó dar en un inicio. Es por esto que es importante identificar el objetivo de este modelo previo a iniciar su desarrollo.
- **Modelo Estructural:** Modelo que muestra el diseño estructural del proyecto de arquitectura, cuyos elementos y dimensiones responden a un análisis de sus cargas y esfuerzos.
- **Modelo Analítico Estructural:** Modelo que permite analizar el sistema estructural de un edificio para determinar con precisión las dimensiones de elementos constructivos y su comportamiento ante esfuerzos sísmicos mediante simulaciones virtuales. También posibilita una optimización de la estructura planteada a través del software de cálculo.
- **Modelo de Coordinación de Arquitectura con Estructuras:** Modelo que incorpora los modelos de arquitectura y estructuras anteriormente mencionados a nivel volumétrico, con el fin de detectar problemas de coordinación geométrica entre disciplinas a modo de corregirlos en conjunto con los proyectistas para prevenir que estos problemas se generen en obra. Este modelo no contiene el nivel de detalle de un modelo de cubicación o uno de construcción, ya que la interacción entre tantos elementos volumétricos disminuye el rendimiento del modelo.
- **Modelo de Instalaciones Eléctricas, Mecánicas y Plomería:** Modelo que muestra el diseño de trazados y equipos de las distintas instalaciones incorporadas en él acorde a los requerimientos del proyecto de arquitectura. Las principales disciplinas presentes en un proyecto de instalaciones tipo son: climatización & extracción, electricidad, mecánicas y sanitario; sin embargo, dependiendo de la complejidad del proyecto, este puede involucrar muchas más especialidades. Un modelo de especialidad puede contener desde una especialidad en particular diseñada por su respectivo especialista hasta un conjunto de ellas.
- **Modelo de Infraestructura Externa:** Modelo con mayor desarrollo del diseño del proyecto de EISTU (Estudios De Impacto Sobre El Sistema De Transporte Urbano) y pavimentación, el cual permite identificar las obras exteriores más importantes del proyecto, identificar empalmes y tránsito en sectores de circulación, y obtener información planimétrica ya sea para tener una representación gráfica 2D del proyecto o para obtener los permisos municipales.

- **Modelo De Coordinación de Especialidades:** Modelo que incorpora todos los modelos anteriormente mencionados a nivel volumétrico, con el fin de detectar problemas entre los trazados de las especialidades a modo de corregirlos en conjunto con las disciplinas involucradas para prevenir que estos problemas se generen en obra. Este modelo no contiene el nivel de detalle de un modelo de cubicación o uno de construcción, ya que la interacción entre tantos elementos volumétricos disminuye el rendimiento del modelo.
- **Modelo de Fases de Construcción (4D):** Modelo usado por los contratistas, relacionado con la organización de los procesos de producción. Este modelo les sirve para planificar los distintos procesos constructivos y llevar un seguimiento del avance actual de la obra en relación con los tiempos.
- **Modelo de Cuantificación y Costos (5D):** Modelo de arquitectura, estructura y MEP con mayor desarrollo de detalles, el cual es usado como herramienta para cuantificar elementos constructivos de un proyecto y sus respectivos costos iniciales. Este modelo puede incluir los modelos de distintas disciplinas vinculadas como referencia externa. Mediante tablas, permite determinar la cantidad exacta de elementos constructivos presentes en la totalidad del modelo, ya sea cuantificándolos, midiendo su volumen, área o longitud total, según sea el caso.
- **Modelo de Eficiencia Energética (6D):** Modelo que permite analizar la eficiencia del consumo energético que tendría el proyecto. Se puede partir del modelo arquitectónico. No se requiere de la planimetría, únicamente que la volumetría y sus componentes estén correctamente modelados.
- **Modelo de Construcción:** Modelo de arquitectura con mayor desarrollo de detalles, usado como referencia para construir. Este modelo puede incluir el modelo de estructuras e instalaciones vinculado como referencia externa, para ser usado como guía a la hora de tomar decisiones respecto a soluciones constructivas complejas.
- **Modelo “As Built”:** Modelo que contempla todos los modelos BIM involucrados dentro del proyecto, actualizados durante la etapa de construcción con las respectivas modificaciones efectuadas en obra, para representar un modelo fidedigno con lo construido.
- **Modelo de Mantenimiento de Instalaciones (7D):** Es la puesta en marcha del modelo “As Built”. Cuenta la descripción de todos los equipos mecánicos, eléctricos y trazados de instalaciones. El fin de este modelo es mantener en constante actualización las instalaciones del edificio, mediante una matriz de información que permite añadir datos sobre el ciclo de vida de los equipos o elementos instalados, programando avisos cuando sea necesario el mantenimiento preventivo o la renovación; también permite identificar los componentes en cuanto a sus especificaciones técnicas, de modo que permite reemplazar los equipos en mal estado acorde a las especificaciones originales de los proyectistas y mantener un registro de las modificaciones realizadas al inmueble.

2.5 BENEFICIOS DEL BIM

En aspectos generales el uso de las herramientas y metodologías BIM conlleva una serie de efectos beneficiosos según el nivel de experiencia que se alcance, el nivel de compromiso de todos los actores y el proyecto a ejecutar.

En este sentido cabe señalar que la adopción de BIM plantea en principio, un beneficio estratégico desde el punto de vista de las ventajas competitivas que genera para la empresa, definiendo objetivos claros y cuantificables en pro de buenos resultados a nivel económico y de productividad.

Si bien a continuación se plantean dos grandes líneas de beneficios, cabe destacar que la mejor manera de tener un indicador real y comparable sería realizar dos proyectos idénticos con las mismas condiciones y en uno utilizar BIM y en otro utilizar la metodología y herramientas tradicionales; esto es utópico e irreal actualmente, por lo que en general los beneficios se pueden apreciar al final del proceso y se estiman en base a la experiencia de quienes ya han realizado parte de este camino y han notado las ventajas que ofrece BIM.

De todos modos, se plantean dos grandes enfoques de beneficios que se pueden mencionar:

2.5.1 BENEFICIOS PARA LOS USUARIOS

El uso de la metodología y herramientas BIM permite establecer un estándar de desarrollo de proyectos, un orden, una mejora de productividad; además, una vez superada la curva de aprendizaje, permite mayor rendimiento a menores plazos y mayor control en el desarrollo de tareas habituales. Si se logra un desarrollo

amplio de BIM se pueden también tener cuantificaciones y planimetrías rápidamente, menores modificaciones y cambios de versiones, menos consultas por inconsistencias o falta de definiciones; sin embargo, el beneficio real que se obtenga de BIM depende de diversos factores, como los objetivos buscados por cada participante, la capacidad de comunicación entre actores, capacidades tecnológicas y humanas de cada oficina, entre otros.

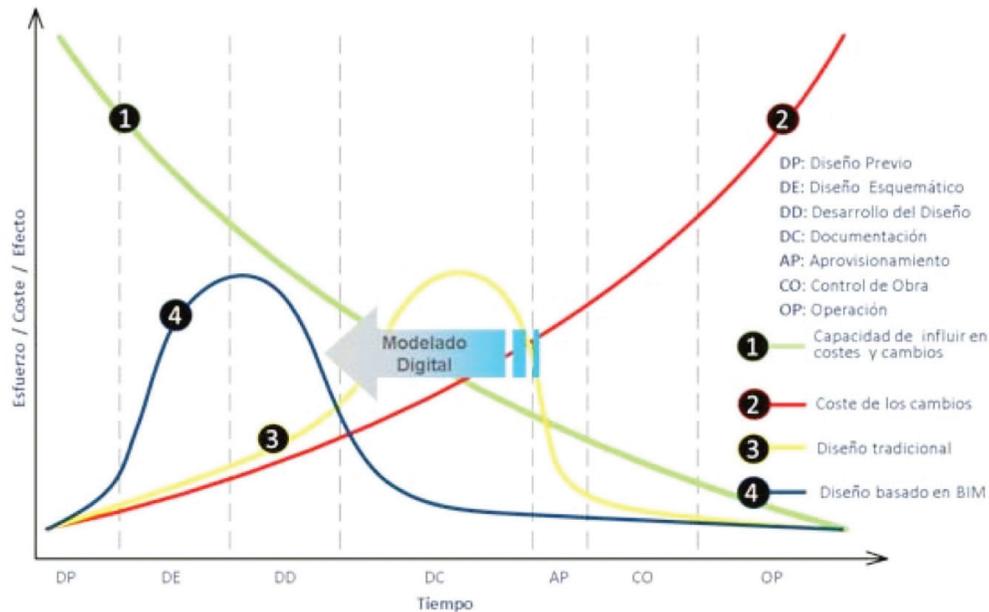
2.5.2 BENEFICIOS PARA EL PROYECTO

El uso de BIM en general requiere de un mayor esfuerzo en la fase de diseño de los proyectos, pero esto se retribuye con la posibilidad de realizar ensayos, simulaciones virtuales y distintos tipos de análisis, permitiendo la toma de mejores decisiones y más informadas. También se pueden observar menores inconsistencias e interferencias al momento de construir, sin mayores aumentos de plazos y con costos controlados, evitando las ineficiencias por falta de definiciones en el proyecto. Además, permite tener múltiples opciones de diseño sin la necesidad de modificar todo el universo de planos o documentación puesto que, al estar vinculadas, la actualización es automática.

Si su uso durante todo el ciclo del proyecto es parte de los objetivos, los beneficios que puede llegar a generar en la planificación de las vías de acceso necesarias para el mantenimiento, en el rastreo y control de los componentes, en remodelaciones y posteriores demoliciones, pueden reflejar un ahorro significativo en la totalidad de la vida del proyecto desde el punto de vista de la gestión de activos. Cabe destacar que el mayor ahorro de este nuevo proceso se produce en la fase de operación y mantenimiento.

Dentro de la literatura al respecto, es bastante conocido el gráfico presentado por Patrick MacLeamy el 2005 en la AIA (American Institute of Architects), donde se muestra que la

temprana toma de decisiones al principio de la obra en su etapa de diseño requiere un mayor esfuerzo, pero genera un gran beneficio al proyecto en su ciclo de vida.



CURVA DEL ESFUERZO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO. (MACLEAMY)

Finalmente, en aspectos generales, el uso de la metodología y herramientas tecnológicas aporta positivamente en la ejecución de los proyectos y es por eso que incluso se están desarrollando políticas públicas en pro de la ma-

sificación, difusión y uso de BIM en Costa Rica; por lo que en un futuro próximo se espera que sea un requerimiento común, y no opcional, en el desarrollo de distintos proyectos, tanto públicos como privados.

3. IMPLEMENTACIÓN DEL BIM

3.1 ASPECTOS ORGANIZACIONALES

Para implementar adecuadamente BIM en las empresas se requiere contar con un enfoque estratégico que involucre a toda la empresa, gran capacidad de liderazgo y un respaldo adecuado por parte de las jefaturas, que permita cambiar los procesos tradicionales e im-

plementar nuevas formas de trabajo que surgirán con el uso adecuado de metodologías BIM.

La implementación de BIM significará un impacto en la organización, en los procesos productivos y administrativos. A medida que se comienza a realizar la implementación de BIM, es importante explicar de manera clara

a todos los involucrados los cambios que se producirán en la organización, como también los nuevos procesos y las tecnologías que serán aplicadas. Un punto importante por considerar es que la implementación adecuada de BIM significa cambiar los procesos de la organización, es por esto que no puede ser una iniciativa exclusiva de un área, ni ser realizada únicamente a nivel de proyecto o disciplina.

Además, se debe de contar con el apoyo de expertos en la implementación de BIM. Los equipos pueden iniciar la adopción de BIM en proyectos piloto, medir sus resultados y cosechar beneficios que posteriormente pueden escalar a nivel de la empresa.

El marco de implementación aquí presentado se basa en una transformación organizacional que comienza por la visión y el patrocinio de las jefaturas, y es llevado a cabo por los líderes de la organización y el grupo de trabajo del proyecto. El marco se basa en estrategias específicas, cada una de las cuales es esencial para el desempeño de las otras.

3.2 VISIÓN DE BIM

Un factor esencial para la implementación exitosa de BIM es una visión concisa y bien articulada por parte de los líderes ejecutivos, respecto de los beneficios que la adopción de los procesos de BIM aportará a la empresa, así como a los elementos principales de la transformación y la apariencia que esta evolución tendrá en sus diferentes etapas. No se trata de una simple declaración de la visión; sino la proyección a futuro de la empresa al usar BIM.

Para obtener de manera efectiva los beneficios

de utilizar BIM en los proyectos, las jefaturas deben realizar todos los esfuerzos necesarios, a fin de posicionar el BIM dentro de los objetivos estratégicos de la organización.

Recomendaciones para posicionar una visión de BIM efectiva en la organización:

- **Visión acorde con las aspiraciones:** La visión debe tener el alcance y las aspiraciones suficientes para unir a los diferentes elementos de la organización. Si el proyecto piloto de BIM se realiza únicamente como un ejercicio de implementación tecnológica, sin considerar a las jefaturas, los diferentes procesos y la nueva estructura organizacional, no producirá el impulso necesario que permita generar un cambio y en consecuencia implementar BIM de manera adecuada en la organización.
- **Genere capacitación:** Las jefaturas podrían necesitar capacitarse sobre BIM, esto les permitirá considerar el real impacto de BIM al establecer las estrategias corporativas. Un comienzo adecuado puede ser contar con el apoyo de un asesor confiable que haya tenido éxito con la implementación de proyectos piloto de BIM.
- **Establezca logros decisivos:** La creación y programación de hitos claros ayudará a sobrellevar la incertidumbre inicial al enfrentar lo que podría parecer una obra de proporciones monumentales. Cumplir estos hitos también ayuda a crear “logros” de corto plazo que generen energía y potencien el esfuerzo dirigido a alcanzar el estado proyectado en la visión.

- **Defina las cinco cuestiones clave:** Las respuestas sobre quién, qué, dónde, cuándo y por qué proporcionarán a cada parte de la organización los detalles reales que necesita de la visión de BIM. Algunas de las preguntas serán difíciles de contestar y podrían implicar que las jefaturas deban asumir nuevos riesgos.

3.3 OBJETIVOS DE BIM

En el marco estratégico de lo que requerimos de BIM es fundamental definir los objetivos y establecer qué se desea obtener a través de la implementación. Uno de los puntos importantes a mencionar es que sin importar la disciplina que ejerza su empresa, ya sea en Arquitectura, Ingenierías, Construcción, Administración, Desarrollo de Proyectos o sector industrial; siempre su empresa puede iniciar en el uso de la tecnología BIM. Como objetivos principales destacamos los siguientes:

- **Representación gráfica de proyectos en 3D:** Información para la representación de volumetrías, diagramas o ideas de concepto. Utilizados para poder representar de manera tridimensional un diseño.
- **Modelado de condiciones existentes:** Las edificaciones, carreteras o inmuebles que requieren de una remodelación o demolición pueden optar por tener información 3D de las condiciones actuales, para de esta forma poder procesar estos datos por medio de escaneos o mediciones manuales y así obtener de manera precisa y confiable diseños más ajustados a la realidad.
- **Modelado de sistemas prefabricados:** En la construcción de Costa Rica el uso de sis-

temas prefabricados es habitual, por lo cual un correcto modelado de cada elemento nos puede ayudar en el diseño, fabricación y montaje de estos sistemas.

- **Cronogramas y planificaciones de obras:** Hoy día el uso de sistemas BIM nos permite interrelacionar los modelos en 3D con información de planificación de obras y tener avances y programar el proyecto desde un programa especializado. Podríamos, entonces, anticipar problemas en obra de colocación de sistemas, movilización de grúas, obras temporales etc.
- **Revisiones de diseño:** Al tener la información modelado de cada disciplina es posible contar con un análisis más real de la información modelada; esto nos permite hacer revisión de colisiones, tomar decisiones de diseño e interactuar de manera más eficiente con el modelo.
- **Programas de mantenimiento:** Con los modelos BIM de un proyecto y la actualización de estos en etapas de construcción es posible programar revisiones preventivas y correctivas de equipos o instalaciones del proyecto, además de tener un control sobre inventarios, datos o bien contar con información actualizada por toda la vida útil del inmueble.
- **Modelado de productos para la construcción:** La industria BIM necesita de información para sus modelos, por eso la fabricación de componentes para el proyecto es de vital importancia, es por esa razón que las empresas de sector industrial pueden tener sus productos a disposición del mercado.

- **Evaluaciones de sostenibilidad:** Las tecnologías BIM también nos ayudan a analizar los modelos desde el punto de vista energético, obtener datos de eficiencia y simular cómo se comporta nuestro proyecto en el tiempo.
- **Elaboración de modelos tipo As built:** Este tipo de representación de modelos son los que utilizamos para capturar la realidad de obras en construcción o construidas, son utilizados para el mantenimiento de edificios o bien en usos futuros como remodelaciones de los proyectos.
- **Estimaciones de costos:** Dada la cantidad de información de los modelos es posible la cuantificación de elementos por medio de programas de medición, así como la interacción con los costos y de esta forma poder obtener los presupuestos de los modelos.

3.4 TIPOS DE PROYECTOS

Una vez definidos cuáles serán los principales objetivos, se deben tomar en cuenta los tipos de proyectos en los cuales podemos implementarlo, como por ejemplo:

- **Edificaciones:** Son los modelos de tipo residencial, oficinas, comerciales, industriales.
- **Infraestructura:** Los modelos de infraestructura comprenden la construcción y mejoramiento de carreteras, ferrovías, oleoductos, tendidos eléctricos, puertos, aeropuertos, represas, centrales hidroeléctricas.
- **Ingenierías estructurales:** Los modelos de información que representa un sistema estructural, su detallado y especificación según su diseño, desde concreto, sistemas prefabricados, madera o metal.
- **Ingenierías electromecánicas:** Los modelos electromecánicos nos permiten visualizar todos los sistemas mecánicos, eléctricos, plomerías, sistemas de aire acondicionado y ventilación, sistemas de refrigeración, sistemas de supresión de incendios, modelado con todos los equipos, tuberías y accesorios correspondientes a cada sistema.
- **Construcción:** Los modelos de construcción son aquellos que realizamos una vez en obra para llevar un control, visualización o programación de las obras; por lo general son modelos que nos sirven para llevar órdenes de cambio y generar modelos tipo As built.
- **Fabricación-Planos de taller:** Los modelos de fabricación tienen usos diversos, los principales son el detallado del diseño según la especialidad, fabricación y ensamblaje para la construcción. Estos modelos ayudan en la comprensión del diseño y por lo general son realizados en etapas de construcción.
- **Dirección de proyectos:** Los modelos generados en fases de diseño nos permiten obtener información relevante para administrar, organizar y proyectar las obras mediante la dirección del proyecto.
- **Paisajismo:** Los modelos pueden aplicarse a jardines, terrazas, balcones, plazas, frentes de viviendas y jardines internos; corresponden a modelos detallando el contorno natural, arborización, vegetación, siembras y riego.

- **Topografía:** Son los modelos que nos muestran las condiciones reales de un terreno o bien los movimientos de tierra de una superficie.

3.5 LIDERAZGO BIM

Para la implementación de un proyecto piloto es preferible contar con un equipo de liderazgo BIM. Este equipo debe propiciar que la visión sobre BIM se refleje en metodologías de trabajo que puedan ponerse en práctica para producir los resultados deseados y un rendimiento acorde a los objetivos estratégicos de la organización.

La gestión de cambios duraderos y sostenibles puede resultar una tarea difícil que precisa la adaptación de estrategias creativas en función de la cultura interna y las particularidades de cada organización. Estas son algunas tácticas de gestión de cambios asociadas con iniciativas de implementación de BIM:

- **Realizar evaluaciones:** Las acciones de los equipos deben acompañarse de evaluaciones y validaciones de cambios por medio del monitoreo de los hitos establecidos.
- **Comunicación por parte de jefaturas:** Un plan de comunicación por parte de las jefaturas demuestra a todos los involucrados el compromiso de la organización con la implementación de BIM, ayuda a inyectar energía a la transformación y permite acortar distancia entre la teoría y la práctica cotidiana.
- **Inversión en capacitación:** La adopción BIM requiere la adopción de nuevas habilidades y nuevas formas de trabajar por parte de la organización. Esto hace necesario invertir en capacitación, para garantizar que se cuenta con las personas correctas en el proyecto correcto.
- **Contratos y consideraciones legales:** Las herramientas BIM y sus procesos asociados pueden afectar la relación contractual entre la organización, los desarrolladores o clientes. La colaboración que permite BIM representa un cambio significativo de los procesos tradicionales, el cual se debe abordar desde el inicio con los involucrados en el proyecto.
- **Revisiones de proyecto:** Las revisiones del proyecto permiten que el equipo de liderazgo BIM evalúe las medidas iniciales y la efectividad de la tecnología, los estándares y los procesos de BIM en el proyecto piloto. Estos equipos pueden detectar errores, mejorar estándares y procesos, y aplicar mejores prácticas.
- **Medición de la madurez de BIM:** Es preferible que el equipo de liderazgo BIM determine indicadores clave para medir el progreso de la organización, en cuanto a los objetivos globales e hitos señalados en la visión. También resulta útil medir la madurez de BIM a través de un conjunto de mediciones sobre la capacidad de la organización, para poner en práctica la metodología BIM en los proyectos.

4. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA INTERNA BIM

Las empresas deben tomar en cuenta que la estructura y organización de los proyectos mediante el uso del BIM se ven modificados gracias a los nuevos roles de trabajo y responsabilidades. Mencionaremos cuatro como los más importantes dentro de una organización.

- **Modelador BIM:** Persona encargada del modelado y documentación de una o más disciplinas en el sistema BIM. Su función principal es la de crear modelos acordes a los diseños, funciones y especificaciones de los elementos constructivos; debe velar por el correcto uso de las herramientas de los programas de modelado y que toda la información sea coordinada y documentada para la correcta interpretación del proyecto.
- **Documentadores BIM:** Usuarios encargados de la realización de planos de construcción, generan documentación para cuantificación o presupuestos o bien la obtención de datos de información de los modelos. Sus funciones son, principalmente, las de producción gráfica de los modelos BIM, por lo general pueden estar especializados en una disciplina.
- **Coordinador BIM:** Persona responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, con la finalidad de que se cumplan los requerimientos establecidos en los estándares BIM del proyecto. Realiza los procesos de revisión de la calidad del

modelo BIM, y que este sea compatible con el resto de las disciplinas del proyecto. Además, tiene la formación necesaria para la toma de decisiones en temas de diseño, preparación de estándares internos o soluciones de conflictos entre disciplinas.

- **Gerente BIM (BIM Manager):** Encargado de administrar la implementación BIM en los proyectos, definiendo el BEP para cada proyecto, donde se establecen alcances, objetivos, roles, tabla de elementos del modelo para definir LODs y software a utilizar, entre otros.

Da seguimiento a los procesos BIM realizados en el proyecto tales como proceso de modelado, auditoría de modelos y resolución de conflictos. Establece plantillas, objetos BIM, cronograma de trabajo y estándares de modelado para la organización.

- **Director BIM:** Encargado de liderar el proceso de implementación BIM en la empresa; gestiona con dirección y gerencia, además controla las condiciones para desarrollar la labor BIM en la organización. Responsable de la estructura organizacional del equipo BIM, flujos de trabajo y comunicación, también de las herramientas (software y hardware) para realizar las labores, además de revisar estado general de los proyectos en ejecución y dar seguimiento a la labor de los BIM managers.

5. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (BEP)

El “BIM Execution Plan” (BEP) o Plan de Ejecución BIM, es uno de los aspectos más importantes a la hora de comenzar una implementación BIM en una organización, dependiendo del tipo de proyecto y las capacidades de los involucrados. Un BEP debe contar con los siguientes aspectos mínimos:

- Objetivos del proyecto y usos de BIM asociados
- Descripción general de procesos BIM y procedimiento de la planificación
- Diseño del proceso e intercambio de información BIM
- Diseño del flujo de trabajo en el proceso y procedimientos de colaboración
- Definir la estructura de soporte para la implementación del BIM

- Ejecución del procedimiento de Implementación BIM
- Procedimientos de control de calidad y definición de entregables
- Anexos (protocolos, guías, estándares internacionales, etc.)

El que se haga una planificación previa antes de cualquier uso del BIM es clave para el éxito de la implementación, y para que todas las partes involucradas tengan un adecuado entendimiento de lo que significará el proceso, deben entender sus roles en esto, cuáles recursos estarán involucrados, cómo se medirá y analizará el proceso, así como un sistema de gestión asociado al proyecto, entre otras cosas.

6. NIVELES DE LOD Y LOI

6.1 NIVEL DE LOD

El concepto de LOD tiene más de una interpretación y depende de la base o estándar al cual se haga referencia y también al año de publicación, ya que cada cierto tiempo existen actualizaciones que pueden impactar estas definiciones.

Por un lado, según el estándar de Estados Unidos (National BIM Standard - US) se interpreta el LOD como nivel de desarrollo o Level Of Development. Por otra parte, según el estándar de Reino Unido (National BIM Standard NBS - UK) se interpreta el LOD como el nivel de definición o Level Of Definition.

Existen diferencias importantes entre ambos LOD; (por ejemplo, el nivel de detalle se incluye en el elemento del modelo (UK), mientras que el nivel de desarrollo es el grado en que la geometría e información del elemento se ha pensado; es decir, según la fase de diseño del proyecto, por lo que entrega un cierto nivel de confianza para seguir avanzando en el desarrollo del proyecto en el modelo (US).

6.1.1 NIVEL DE DEFINICIÓN (LEVEL OF DEFINITION - LOD) SEGÚN NATIONAL BIM STANDARD NBS - UK

Según el documento PAS 1192-2 Specification for information management for the ca-

pital/delivery phase of construction projects using building information modelling de la National BIM Standard de Reino Unido, se utiliza el término de nivel de definición para referirse a dos conceptos; el nivel de detalle o Level of Detail (LOD) que está orientado a la descripción gráfica de los modelos en cada una de las etapas y el nivel de información o Level Of Information (LOI) que está orientado a la descripción del contenido no gráfico de los modelos en cada una de las etapas. Según este documento, estos dos niveles van nutriéndose en el desarrollo del proyecto a lo largo de las etapas: conceptual, definición, diseño, construcción y entrega (que forman parte del modelo de información del proyecto), hasta operación y uso (que forman parte del modelo de información del activo).

Para entender mejor estos conceptos se indican los siguientes niveles:
Niveles de Detalle:

- **LOD 2:** El elemento de construcción modelado proporciona una indicación visual del elemento en la etapa conceptual, identificando requerimientos claves como el acceso o zonas libres para el posterior mantenimiento. Esta información es adecuada para la coordinación espacial inicial de los elementos o sistemas.

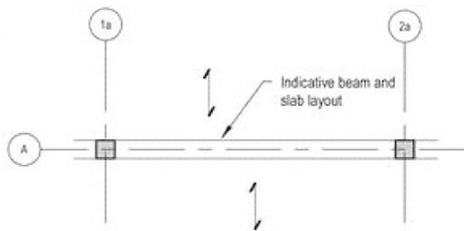


Figura: LOD 2

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 3:** El elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento en la etapa de definiciones técnicas para su coordinación espacial completa.

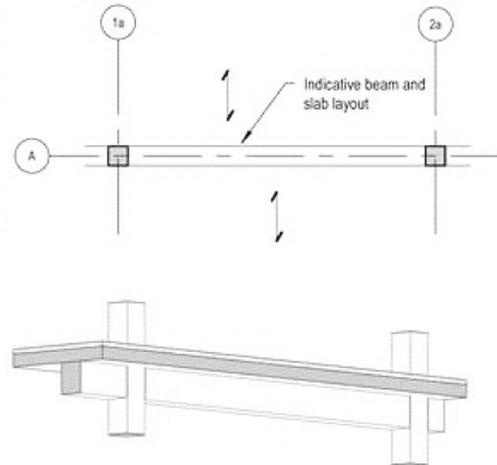


Figura: LOD 3

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 4:** El elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento para una etapa de diseño, con su coordinación espacial completa.

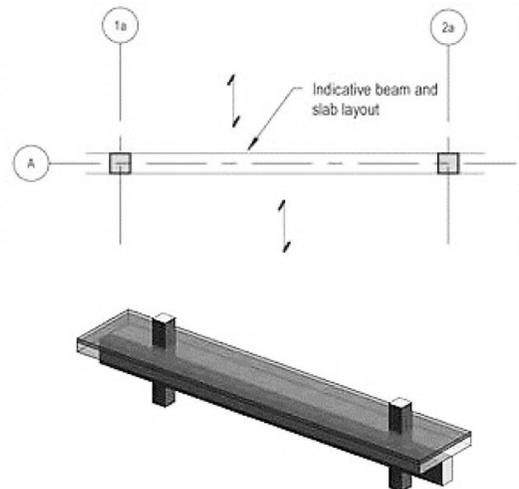


Figura: LOD 4

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 5:** El elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento en el proyecto construido y provee una referencia, para su posterior uso y mantenimiento.

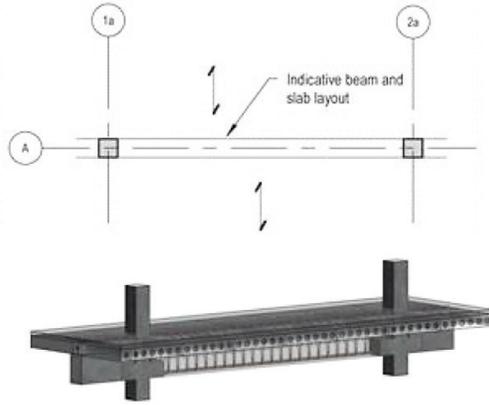


Figura: LOD 5

Imagen sujeta a derechos de autor

Niveles de Información (LOI):

- **LOI 2 y 3:** El elemento modelado proporciona una descripción inicial para una entrega hacia el diseño.
- **LOI 4:** El elemento modelado proporciona una información suficiente para permitir la selección del producto de fabricante que cumpla con sus requerimientos. Esta información también puede ser utilizada para reemplazar un elemento durante el ciclo de vida del proyecto, una vez construido.
- **LOI 5:** El elemento modelado proporciona la información específica del producto de fabricante seleccionado o lo construido y entregado. Cualquier información adicional pertinente durante el proceso de construcción o instalación es indicada dentro de este nivel.

- **LOI 6:** El elemento modelado proporciona la información acumulada de los niveles anteriores y además considera información detallada del mantenimiento efectuado.

6.1.2 NIVEL DE DESARROLLO (LEVEL OF DEVELOPMENT - LOD) SEGÚN NATIONAL BIM STANDARD - US

El nivel de desarrollo o LOD (Level of Development) según la AIA (American Institute of Architects) en su documento G202-2013 PROTOCOLO DE BUILDING INFORMATION MODELING es una forma de identificar los requisitos mínimos y de usos específicos asociados a cada elemento del modelo en seis niveles.

- **LOD 100:** El elemento de construcción modelado puede ser representado gráficamente en el modelo con un símbolo u otra representación genérica. La información relacionada con el elemento de construcción modelado se puede derivar de otros elementos del modelo. Estas representaciones no son geométricas, sino que muestran la existencia de un componente, pero no su forma, tamaño o ubicación precisa. Toda la información entregada en LOD 100 debe ser considerada aproximada.



Figura: LOD 100

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 200:** El elemento modelado se representa gráficamente como un sistema genérico de objeto, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. La información no gráfica también es aproximada al elemento modelado. Estas representaciones son geométricas respecto del volumen o espacio reservado para el elemento de construcción que representan. Toda la información entregada en LOD 200 debe ser considerada aproximada.



Figura: LOD 200

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 300:** El elemento modelado se representa gráficamente como un objeto o sistema específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no gráfica también se corresponde con la información gráfica. Las cantidades, dimensiones, formas, ubicación y orientación según lo diseñado se pueden obtener directamente a partir del elemento sin hacer referencia a información no gráfica.



Figura: LOD 300

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 350:** El elemento modelado se representa gráficamente como un sistema u objeto específico en términos de cantidad, dimensiones, forma, posición, orientación y se encuentra vinculado a otros elementos del modelo. La información no gráfica está contenida dentro del elemento modelado. Estas representaciones se vinculan con otros elementos del modelo cercano o adjunto. Se incluyen las partes tales como soportes o conexiones.

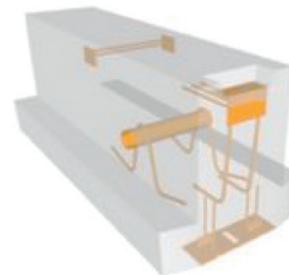


Figura: LOD 350

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 400:** El elemento modelado se representa gráficamente en el modelo como un objeto o sistema específico en términos de dimensiones, forma, ubicación, cantidades y con información en detalle de fabricación, montaje e instalación. La información no gráfica también se encuentra dentro del elemento modelado. Estas representaciones se modelan con la precisión y detalle suficiente para su fabricación e instalación.

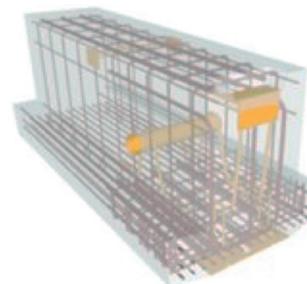


Figura: LOD 400

Imagen sujeta a derechos de autor

- **LOD 500:** El elemento modelado es una representación fiel del elemento de construcción ya ejecutado en obra, con su tamaño, forma, ubicación y orientación real en el proyecto. La información no gráfica está incluida en el objeto, así como sus vínculos con otros elementos. Estas representaciones se realizan una vez construido el proyecto y son las adecuadas para el mantenimiento y el funcionamiento del elemento en el inmueble.

Fuente: LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION
BIMForum.org 2015

Finalmente es recomendable establecer desde el inicio la información que se requerirá en el modelo según su uso y objetivos; si bien es más cómodo establecer un nivel en base a alguno de los estándares mencionados y siempre es recomendable establecer cuál será dicho es-

tándar, no hay que perder de vista la utilidad posterior del modelo y el esfuerzo que eso significa en términos de tiempo e inversión.

En algunos casos será más recomendable que se utilicen los términos y palabras conocidos por ambas partes y que no den pie a ambigüedades o malentendidos posteriores, lo que le puede aportar incluso mayor precisión al proyecto y puede resultar mucho más valioso para todos los involucrados. Del mismo modo, algunos proyectos podrán contener elementos con un alto nivel de información, detalle y definición y otros elementos del mismo modelo podrán tener un diseño geométrico o de información básica, según la necesidad del cliente/usuario, pensando en alguna etapa específica del proyecto o en el ciclo de vida completo; por esto es recomendable acotar y definir el desarrollo y los objetivos que busca cumplir el proyecto con BIM.

7. SOFTWARE Y HARDWARE QUE IMPLEMENTAR

La implementación de BIM requiere que las empresas tomen en cuenta la inversión en sistemas de software y hardware especializados, según las necesidades y los objetivos trazados. Cabe resaltar que otros aspectos, como la infraestructura en términos de redes, servidores, servicios en la nube u otras tecnologías como escáneres, drones, entre otras, deben considerarse dentro de las inversiones de corto o mediano plazo; independiente de lo anterior, será el tipo de proyecto que se desarrollará y las especialidades que lo conformarán, lo que define los requerimientos tecnológicos a utilizar.

Con relación a los software a utilizar, es importante hacer un análisis de las características productivas de cada aplicación, en cuanto a su capacidad de manejar proyectos que impliquen cargas gráficas considerables, ya sea por niveles de detalles elevados o por un gran número de elementos.

- **Software:** En el mercado existe una gran cantidad de software diseñado especialmente para modelar, documentar, analizar y coordinar utilizando metodologías BIM. Cada uno de estos software se ha ido especializando en diferentes aspectos. Es por esto que a continuación presentamos dónde está esa matriz en la cual se identifican diversos usos y herramientas y proveedores que tienen una solución acorde a las diversas necesidades. Un punto importante es la forma como estos programas pueden interactuar con otros software, a lo cual se le llama interoperabilidad. La mayoría de estos poseen la opción de exportación a un formato universal denominado formato

IFC, (Industry Foundation Clases), que permite compartir información de un programa a otro y de esta manera poder trabajar de manera colaborativa con mi plataforma de trabajo.

Ver lista de software BIM en el siguiente link: www.construccion.co.cr/Documentos/listado-software-bim.xlsx

- **Hardware:** Según las necesidades de software a instalar y la capacitación del personal en su uso, es necesaria la inversión en un sistema de hardware que tenga las características indispensables para el óptimo desempeño y rendimiento de nuestros modelos. En este sentido cabe mencionar que por lo general las mismas casas de software presentan dos tipos de recomendaciones de hardware para cada programa; requerimientos mínimos y requerimientos recomendados o de alto rendimiento. Se debe tener claro que la configuración básica permitirá correr la versión del software elegido, pero no asegura una fluidez completa y genera incertidumbre respecto a si se cumplirán los requisitos mínimos de las siguientes versiones de los software, por lo que no es recomendable elegir este tipo de configuración.

Respecto a la configuración recomendada, en general permite una alta fluidez y es muy probable que la máquina sea compatible con las siguientes versiones del software, por lo menos un par de años, pero este tipo de configuraciones suelen tener exigencias muy altas y que influyen fuertemente en el costo final del equipo,

por lo que es una variable importante que considerar en el momento de evaluar la implementación.

Por otro lado, para que el trabajo colaborativo sea efectivo y fluido se debe contar con una red acorde a las necesidades de los equipos y software; se puede requerir máquinas adicionales como servidores u otro tipo de equipos, además de una configuración adecuada. Dado el alto nivel técnico que se puede emplear, siempre es recomendable -si es que no está incorporado en la empresa- contar con la asesoría de un especialista en informática y redes, para que en conjunto con el soporte del software se logre una instalación completa, efectiva y eficiente.

- **Intercambio de Archivos:** Internacionalmente se promueve el uso de cualquier software compatible con IFC; sin embargo, según la experiencia profesional de los miembros del BIM Forum Costa Rica esta compatibilidad nunca ha sido del todo fidedigna, debido a la falta de configuración adecuada en la exportación de cada proyecto, y la pérdida de datos no es aceptable. Para evitar dicho problema, se recomienda establecer una plataforma común entre los especialistas y trabajar sobre ella durante todo el proyecto. Además, generalmente los componentes que son esenciales para la producción de las distintas especialidades se presentan a través de una biblioteca de elementos, que puede ser la predeterminada por cada software o de creación personalizada con extensiones especiales para cada software, lo que hace más compleja la transferencia de información.

Es importante aclarar que la colaboración no es igual a la conversión; es decir, cuando se recibe un archivo de ingeniería del proyecto ejemplo, este no se convierte a un archivo de la arquitectura del proyecto, por lo que para el intercambio de información es vital contar con un modelo de referencia o modelo centralizado y archivos correctamente referenciados para una colaboración efectiva, dado que cada especialidad es responsable en su área de trabajo. Independientemente del software BIM con el que se trabaje, se debe considerar que, para lograr un intercambio exitoso de información entre programas, es necesario que su versión sea compatible con la totalidad de software BIM que serán usados durante el proyecto.

Los diferentes agentes del proyecto pueden acordar cualquier cambio de versión durante el desarrollo, siempre y cuando esté consensuado. Es importante destacar que los modelos que incorporan modelos analíticos, como cálculo de estructuras e instalaciones, son más sensibles a los cambios de versiones.

Finalmente, cabe destacar que para que en el desarrollo del proyecto se aproveche BIM, debe darse una modelación inteligente o adecuada y no debe pensarse para un uso exclusivo de su misma especialidad, ya que la idea principal de BIM es la colaboración entre profesionales. En este sentido, compartir información por medio de IFC debe realizarse bajo una configuración cuidadosa y dependiendo del software de origen, para que la información llegue eficientemente y en su totalidad.

8. CAPACITACIÓN

La capacitación es uno de los aspectos fundamentales en el paso al BIM. La persona u organización encargada de esta tarea debe tener en cuenta los objetivos reales, posibles y alcanzables de la empresa a nivel de BIM; algunos aspectos a tomar en consideración son los siguientes:

- **Software que implementar:** Entender todos los usos que tienen las herramientas, definir si dichos programas cumplen con mis objetivos y si las personas encargadas de la capacitación cumplen con los requisitos y experiencia en la implementación de BIM para proyectos de mi sector.
- **Plazo de la capacitación:** El tiempo de las capacitaciones de BIM dependen de la cantidad de personas y el uso del software que se quiere implementar; además, el plazo que tarde una empresa en su implementación será variable, puesto que depende del flujo de trabajo y la curva de aprendizaje del personal, lo cual también puede verse reflejado en una baja en la productividad.
- **Personal a capacitar:** Por lo general en Costa Rica una gran parte del sector que busca la capacitación BIM son dibujantes de arquitectura o ingeniería, arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros electromecánicos o topógrafos, por lo cual las empresas deben capacitar a todo su personal técnico desde la producción hasta el diseño o la construcción. El BIM necesita de diferentes profesionales para poder trabajar de manera efectiva, organizada y planificada.
- **Inversión de tiempo:** Uno de los aspectos que por lo general no se considera es el tiempo de práctica de nuestro personal, aparte del tiempo de capacitación. Es necesario evaluar de qué forma disponer de espacios para la elaboración de protocolos internos, plantillas de trabajo y buscar las estrategias que más nos beneficien en la implementación del BIM. Por lo general, se dispone de poco tiempo dadas las cargas de trabajo y disponibilidad de nuestro personal, pero el éxito del BIM está en la práctica y seguimiento de la capacitación.
- **Plan Piloto:** Una de las recomendaciones generales de esta guía es la elaboración de un plan piloto el cual dé pautas a seguir y le ayude a conquistar los objetivos trazados. Hay que buscar al mejor equipo BIM que esté dispuesto a trabajar y desarrollar ese primer proyecto.

9. CONCLUSIÓN

Si bien la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en Costa Rica ha ido acogiendo la tecnología BIM de forma paulatina, podemos decir que aún se encuentra en un proceso de maduración.

Por ello, la industria costarricense debe reflexionar y continuar planteando sus propios desafíos e hitos para avanzar en una correcta implementación de forma local, apoyándose en aquellos países más avanzados en el uso de la herramienta y metodología BIM, sabiendo reconocer las diferencias y particularidades de cada caso.

No obstante, es importante destacar que la implementación y adopción de cualquier metodología implica necesariamente una serie de pasos preliminares, entre los cuales encontramos:

- **Definir objetivos tanto de las empresas como de los proyectos**
- **Definir lenguaje común de procesos dentro del ciclo de vida con respecto al contexto BIM**

- **Definir indicadores de medición de progresos**

Asimismo, dentro de las definiciones de objetivos futuros debemos hacer un análisis de “Contexto BIM Local” identificando los hitos que marcarán el crecimiento de esta metodología. Dentro de ellos podemos mencionar:

- **Convenio de colaboración y complementación de capacidades para incrementar la productividad en la industria con el sector público.**
- **Plan de implementación Nacional**
- **Librería Nacional BIM**

Por último, es importante reconocer que el desafío inmediato es orientar los esfuerzos individuales de conocimiento y aplicación de la metodología hacia un esfuerzo mancomunado en el que actúen conjuntamente la industria y el ámbito académico, ejerciendo este último como catalizador del cambio, consolidando la metodología y la adopción de buenas prácticas en los futuros profesionales.

