

**Isaura Elisa López Vivero**  
**Juan Carlos Pedraza Vidal**

**Creación de Modelos Locales Dentro del  
Proceso BIM para la Programación, Estimación  
y Costos de Obra**

páginas 33-52

En:

Anuario de administración y tecnología para el diseño / Área de investigación Administración y Tecnología para el Diseño. Año 18, número 18 (mayo 2018)- México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, 2018.

ISSN: 2594-1283

Relación: <http://hdl.handle.net/11191/9181>

Universidad  
Autónoma  
Metropolitana  
Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

**CYAD**  
Ciencias y Artes para el Diseño

**Procesos**  
y Técnicas de Realización

Universidad Autónoma  
Metropolitana. Unidad Azcapotzalco  
<https://www.azc.uam.mx/>

División de Ciencias y Artes para el  
Diseño  
<https://www.cyad.online/uam/>

Departamento de Procesos y Técnicas  
de Realización  
<http://procesos.azc.uam.mx/>

**ta** Administración  
y Tecnología para el Diseño  
Investigación

Administración y Tecnología para el Diseño  
<https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/>



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como  
[Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

**Mtra. Isaura Elisa López Vivero**

ielv@correo.azc.uam.mx

**Mtro. Juan Carlos Pedraza Vidal**

jcapv@correo.azc.uam.mx

02

---

CREACIÓN DE MODELOS LOCALES DENTRO DEL PROCESO BIM PARA  
LA PROGRAMACIÓN, ESTIMACIÓN Y COSTOS DE OBRA

20

Elle nous a été livrée

par le service de

Mme. Jeanne Gauthier

à la date du 15/05/2012

---

LA PRÉSENTATION EST FACILE À CONSULTER  
UN DÉTAIL DE NOTRE LOGO ET NOTRE PROJET DE

**MTRA. ISaura ELISA LÓPEZ VIVERO**  
**MTRO. JUAN CARLOS PEDRAZA VIDAL**

#### RESUMEN

La industria de la construcción es generadora de ganancias y pérdidas millonarias en todos los países, su correcta administración y planeación conlleva beneficios significativos al sector en que se desarrolle, sin embargo mucho de este ejercicio está supeditado a la prueba y error, a la experiencia de la gerencia de obra y a la adecuada comunicación entre las partes que integran el proceso, labores que no son fáciles debido a la diversidad de profesionales con que se relaciona; resultado de esta problemática las Tecnologías de la Información en los últimos 15 años han desarrollado aplicaciones para vincular la información de las áreas de arquitectura e ingenierías en una obra de construcción, de tal forma que haya interactividad entre disciplinas y se llegue a un resultado óptimo con ganancias para las empresas involucradas, reduciendo errores, tiempos de ejecución, re-trabajo y estableciendo un lenguaje común.

Ante tales cambios el reto es para el sector productivo y las instituciones encargadas de la formación de profesionales, y aunque los precursores de este cambio han sido especialistas en informática, las universidades, empresas y gobierno han desarrollado medios para vincularse y establecer el diálogo ante las nuevas necesidades en la gestión de la construcción. En este documento se hace una breve semblanza de la investigación y aplicación del recurso del modelado de información pasando por diversos análisis para concentrar en un modelo local las características necesarias para usarlo como un método viable para conseguir los objetivos de

eficiencia, programación y calidad en la ejecución de una obra en construcción.

#### Palabras clave

*Building Information Modeling, costos, estimación, modelos locales.*

#### ABSTRACT

The construction industry generates millionaire gains and loses in every country, its correct administration and planning leads to significant benefits to the sector in which it develops. However, much of this exercise is subdued to try and error, to the experience of the construction management and to the adequate communication between the bits that integrate the process. Tasks that are not easy due to the diversity of professionals with whom it is related. As a result of such problem, in the last 15 years Information Technologies have developed applications to link the information from areas of architecture and engineering within a construction site, so that there is interactivity between disciplines leading to an optimal result with gains for the involved corporations.

Thus reducing errors, execution times, reworking and establishing a language in common. Against such changes the challenge is up to the productive sector and the institutions in charge of forming professionals, and although the precursors of this change have been specialist in informatics, universities and government and corporations have developed means to get involved in and establish dialogue facing the new needs in the management of construction. In this paper a brief semblance is crafted between investigation and the application of the modeled resource of information undergoing diverse analysis to focus on a local mode the needed characteristics to use it as a viable method to achieve efficiency, programming and quality objectives, in the execution on a construction site.

#### Key words

*Building Information Modeling, costs, estimation, local model.*

## UNA INDUSTRIA ESTANCADA

### La concepción de un modelo

La industria de la construcción en cualquier país abarca temas de producción que siempre reflejarán el movimiento de la economía nacional, el ingreso por ventas entre las horas laboradas por el trabajador son indicadores de ello, no obstante esta industria refleja una decadencia de 1964 a 2004, su modelo productivo difícilmente ha sufrido cambios en las últimas décadas, a diferencia de otras industrias que han buscado la optimización en el manejo de recursos (Teicholz, 2004). Hasta la llamada *Época Moderna*, el sector de la edificación e infraestructura evolucionó en la innovación tecnológica de procesos constructivos enfocados a la prefabricación, investigación en materiales de origen natural o resultado del reciclaje, manejo de energías renovables y sistemas de automatización. Sin embargo la ejecución de la obra se veía ajena al avance informático y tecnológico; es la representación gráfica y el cálculo, los mejores exponentes de la participación de la tecnología en la construcción.

En la representación gráfica el uso del CAD (*Computer Aided Design*), era sólo aplicado a la manufactura de planos y documentación en las etapas intermedias del proceso constructivo, manejando el dibujo en 2D (dos dimensiones) con una limitada influencia en la conceptualización y los procesos proyectuales, posteriormente con su evolución al modelado 3D (tridimensionalidad) sirve como un medio de visualización y presentación para la venta y promoción de los proyectos.

Esta visualización es bien aceptada por la industria, es una forma amigable de transmitir la idea final del proyecto al cliente, sin embargo se inspira en una idea bidimensional cuando el proceso de construcción es tridimensional, aunado a ello, su función es limitada ya que no se pueden extraer datos del modelo, más allá de consideraciones generales de los procesos constructivos, emplazamientos y acabados.

Las primeras concepciones del uso de modelos para el análisis de la información en la construcción están comprendidas en los escritos del Prof. Charles Eastman (Eastman, 1975) del Georgia Tech Institute of

Technology, quien sugirió el "Building Description System" con las siguientes palabras:

El uso del bds es definir elementos interactivamente, derivando secciones, planos, isometrías o perspectivas desde un mismo modelo, describiendo los elementos y considerando que cualquier cambio acordado tendría que hacerse sólo una vez para todos los futuros, actualizando el dibujo. Haciendo consistente todo dibujo derivado de la misma disposición de los elementos, podría ser fácilmente generado cualquier tipo de análisis cuantitativo, proporcionando una única base de datos integrada para análisis visuales y cuantitativos, automatizando un código de construcción que rija en la ciudad.

De esta aseveración surgen varias propuestas y es entonces que el uso de la tridimensionalidad, la tecnología y el manejo de información, son los factores determinantes para cambiar la representación tradicional vectorial por aquella asistida por computadora basada en modelos, con la expectativa de los alcances que pueden lograrse con un objeto que simule la situación real de la construcción en una edificación.

Un nuevo modelo innovador de información para el trabajo de construcción es el edificio virtual desarrollado en 1984 (virtual building) propuesto por la empresa húngara Graphisoft en su software ARCHICAD, el cual se reconoce como el primer programa para computadora personal capaz de crear dibujos en 2D y 3D. Otra a empresa, Autodesk incursiona también en el modelado

y la inclusión de datos en él, con la compra de la compañía texana *Revit Technology Corporation* en el 2002, surge entonces el acrónimo de BIM para *Building Information Modeling* que es el modelado de la información para la construcción.

Con cada avance en la tecnología de información aplicada a la construcción se orienta más la búsqueda de soluciones a problemas relacionados con la comunicación y el control de los procesos de ejecución de una edificación (Picó, 2011). La representación con CAD cumplía en un principio con la visualización formal y captura de especificaciones del objeto, sin embargo no contaba con una participación en la planificación de la obra. La tecnología BIM puede ser vista como los ejemplos de las tecnologías de colaboración, ya que se utilizan para intercambiar información sobre proyectos y promover el trabajo colaborativo entre los diferentes participantes en un proyecto de construcción (Lehtinen, 2010). BIM puede actuar como un lugar de trabajo común para los diferentes participantes del proceso de construcción. (Anne Kathrine Nielsen, Søren Madsen, 2010). En la figura 1 se ilustra la evolución de los sistemas CAD hasta el modelado con procesos BIM, faltan los registros como las primeras notas y artículos académicos publicados por Eastman y sus colegas del Georgia Tech Institute of Technology e investigaciones aisladas del tema, lo que remarca el interés de la industria en dicha tecnología.

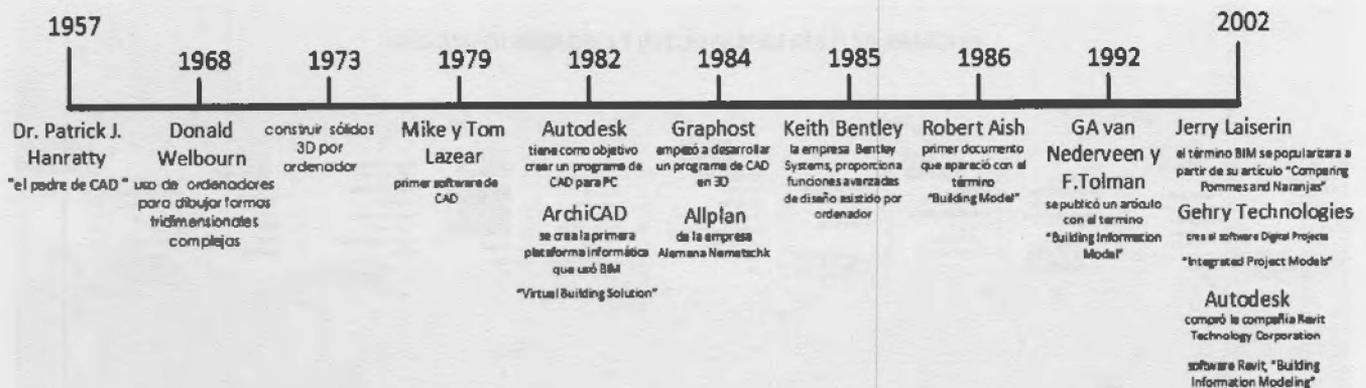


Figura 1 Línea de tiempo de la evolución del trabajo de representación 2D hasta el modelado BIM. <https://html1-f.scribdassets.com/6kizmvpb7k360ohz/images/6-677b23af36.jpg>

## EL MODELADO DE LA INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN

Aunque el producto del ejercicio del modelado de la información para la construcción (BIM) es un modelo contenedor de geometría, relaciones espaciales, información de geolocalización, especificaciones, propiedades de componentes y proveedores, no es una expresión arquitectónica, es una visión integral de la Arquitectura e Ingeniería con el objetivo de la eficiencia en la construcción (AEC, Architectural, Engineering and Construction), es una metodología de generación y gestión de la información de un proyecto durante todo su ciclo de vida. (Lehtinen, 2010). Tecnológicamente hablando el mercado de desarrollo es muy atractivo y son varios los proveedores que lo han desarrollado, entre los principales están: *Nemetschek, Sigma Design, Autodesk, StruCad de AceCad Software, Bentley Systems, Graphisoft, ACCA software, sds/2 por Design Data (líder en ingeniería de detalle), CADDetails, Dlubal Software, Arktec*, entre otros.

El crecimiento no ha sido exclusivamente comercial, las empresas han vinculado esfuerzos con las instituciones de enseñanza superior, se creó la Comunidad en Educación Autodesk (<https://www.autodesk.mx/education/home>), en donde el acceso a los avances en herramientas es gratuito, existen tutoriales para su uso y promueven la enseñanza entre los mismos estudiantes, tienen una apertura al uso del idioma natal para hacer amigable su inserción a la comunidad, de tal forma

que se promueva la práctica e información de avances tecnológicos y organizacionales. En México la investigación del tema está extendiéndose a los niveles de licenciatura y posgrado, la Universidad de Yucatán en conjunto con la UAM-A (Proyecto de investigación No. 361 BIM para la UAM concluido 11 y 16 nov de 2016 en sesión 520 del Consejo Académico) son exponentes activos con redes académicas en donde el tema central es BIM, la *Fundación del Conocimiento (FUNCO)* en el año 2016, llevó a cabo el primer evento inter-universidades llamado *Copa BIM*, para explorar el uso de la metodología entre las principales universidades de la República Mexicana.

La difusión es gradual entre los sectores involucrados y básicamente el modelo que se obtiene de estos proveedores sigue los principios del trabajo eficiente como son:

### Lean

Es el sistema desarrollado por Toyota Motors Company, para lograr la mejor calidad al menor costo y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación del desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor).

### IPD:

Del inglés, Integrated Project Delivery (Entrega de proyecto integrado), es un enfoque de la ejecución de los proyectos que integra desde el inicio a las personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales al proceso que aprovecha los talentos y puntos de vista de todos los participantes en favor del cliente, a fin de



Figura 2. Diagrama lineal de flujo de planeación y ejecución convencional de una obra. Elaborado en el Área de Administración y Tecnología, Dpto. de Procesos y Técnicas de Realización División CyAD de la UAM-A para el proyecto de investigación BIM para la UAM.

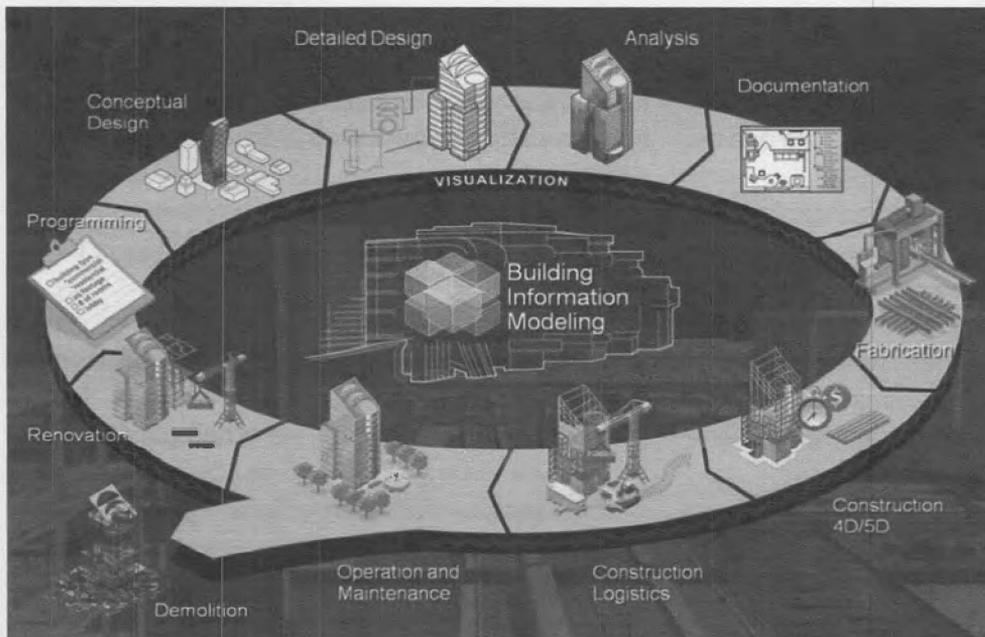


Figura 3.

Participación de BIM en los diferentes procesos del ciclo de vida de una edificación.

La relevancia del esquema es la generación de geometrías con propiedades de los componentes, interoperabilidad entre softwares usados y la generación de procesos y gestión de recursos para el cumplimiento del objetivo principal, una edificación sin pérdidas económicas por errores en la ejecución. <http://www.kaizenai.com/wp-content/uploads/2015/02/ciclo.jpg>

aumentar el valor del producto por eliminar el error, sobretrabajo y aumentar la eficiencia desde las etapas más tempranas del proyecto. (Reyes, 2016).

En el campo de la AEC (Architectural, Engineering, and Construction), el Modelo de Información para la Construcción (BIM) permite el intercambio del modelo entre el ingeniero, arquitecto, gerente de proyecto, y los subcontratistas, convirtiéndolo en un *modelo central o modelo raíz*. En las reuniones de proyecto, el encargado de la construcción y el subcontratista puede aportar su expertis para la construcción del equipo de diseño. Por otra parte, el gerente de proyecto pueden usar los modelos de información de edificios para generar informes de factibilidad de construcción, coordinar, controlar, planificar, programar y estimar costos (Hergunsel, 2011).

### CAPACIDADES DEL MODELO DE LA INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN

La adopción de la tecnología basada en modelos para la administración de la construcción es un cambio de paradigma ante el proceso lineal de ejecución de una obra, mismo que se ilustra en la figura 2, un ejemplo de este proceso es que para pasar al cálculo estructural de un edificio, primero tenía que estar terminado el proyecto arquitectónico, la información de construcción

se desplaza unidireccionalmente y no se conoce el proyecto hasta que está completamente definido; en el esquema de trabajo concéntrico de BIM en la figura 3, es evidente la bidireccionalidad de información de forma instantánea en vistas activas, con la verificación de decisiones y tareas en tiempo real y ofreciendo una serie de ventajas como:

- En un mismo prototipo virtual coexisten todos los elementos que se materializarán en una obra.
- Se pueden detectar y analizar interferencias entre diseño e ingenierías o entre ingenierías, de tal forma que se resuelvan antes de ejecutar la obra.
- Con la maqueta numérica se pueden simular las fases de la obra introduciendo el factor tiempo.
- Al final de una etapa de construcción se cuenta con un modelo *as-built* que se traduce tal y como se ha construido y que servirá para controlar la gestión de mantenimiento, lo que también se conoce como *facility management*.
- Presentación espectacular ante el cliente.
- Disminución del número de decisiones que tomar en obra, ya que han sido tomadas en fase de proyecto.
- Incremento en el tiempo para trabajar en el proyecto.
- Reducción de costo y desperdicio, aproximadamente entre un 20 y un 30% menos del proceso convencional.

- Capacidad de cambio rápidamente, gracias a la comunicación entre profesionales, la interoperabilidad con los datos del modelo permite influir y consultar los datos obtenidos, de tal forma que se evita la pérdida de información.
- Simulación del modelo antes de construirse de tal manera que la fase de *comissioning* (operación) deja de ser una fase de incertidumbre y corrección de vicios ocultos, para transformarse en una mera formalidad.
- Interoperabilidad con BAS (*Building Automation Systems*) en donde el sistema domótico podrá tomar datos del edificio y viceversa.

## FUNCIONAMIENTO DE UN MODELO DE INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN

### Conceptos esenciales

*Building Information Modeling* es básicamente una plataforma digital para la creación de edificios virtuales multidisciplinares, el cambio de paradigma hacia una cultura colaborativa. Si se aplica, un modelo debe ser capaz de contener toda la información necesaria para colaborar, predecir y tomar decisiones respecto al diseño, construcción, operación, interferencias, el costo y el mantenimiento de una instalación antes de la construcción (Tjell, 2010). Sin embargo es parte de una serie de acciones y consideraciones trascendentales para su correcto funcionamiento, ya que tampoco sería conveniente saturar de información innecesaria un modelo, debe seleccionarse la estrategia de trabajo y eso implica discernir entre lo necesario y lo superfluo.

El desarrollo conceptual de esta nueva tecnología ha permitido definir procesos colaborativos siempre más detallados, para seguidamente ser codificados incluso en marcos normativos, líneas guías y estudios académicos. Al respecto Reino Unido encabeza la propuesta más sólida para su aplicación, con generación de manuales, protocolos y convencionalismos, sugiriendo y revolucionando a las empresas de software para que sin importar la marca del proveedor, la información pueda fluir libremente de una plataforma a otra. La creación de BAF (*BIM Academic*

*Forum*) en donde existen intercambio de publicaciones y experiencias en las prácticas del uso de modelos de información en el ejercicio profesional, en investigación y creación de nuevas prácticas y en enseñanza a nivel superior.

Los principios básicos en una empresa constructora para la implementación de esta metodología de trabajo son:

- **Procesos:** Cambio en los procesos tradicionales de trabajo, por ejemplo sustituir la junta de obra para detectar conflictos, por el trabajo colaborativo en una nube (*cloud*), para ello dependemos de la innovación y la mejora continua. Plan de ejecución, es un documento en donde se integran todos los procesos que se seguirán a lo largo del proyecto, corresponde a la Gerencia de Proyecto, cliente, contratista, gerente de modelo que en su papel de administrador del modelo, generará y coordinará su uso entre los involucrados.
- **Tecnología:** Cuestionar si los objetivos de la empresa mejorarían con una actualización tecnológica, que básicamente se puede optar por dos enfoques: *Pile on* (apilamiento) integración de tecnología sin deshacerse de la anterior, instruir paulatinamente hasta introducirla en su totalidad evidenciando las ventajas y beneficios inmediatos. *Swap out* (intercambio) Sustitución de la tecnología actual por una innovadora y potente, esto implica capacitación y cambios de flujo de trabajo.
- **Actitud:** Capacidad del personal para estar abierto al cambio, lo cual facilita la instauración de procesos y tecnología. En términos de Comportamiento Organizacional hablamos que

La fase máxima de desarrollo de equipo, es donde las interacciones entre los integrantes se vuelven tan avanzadas que la gente reconoce y ayuda a cubrir las necesidades de los demás miembros del equipo con la finalidad de alcanzar las metas grupales. (Ruíz de Esparza, 2014).

La generación del modelo de información para la construcción responde a diversos niveles en la elaboración del proyecto, se les conoce como las D de BIM, estos

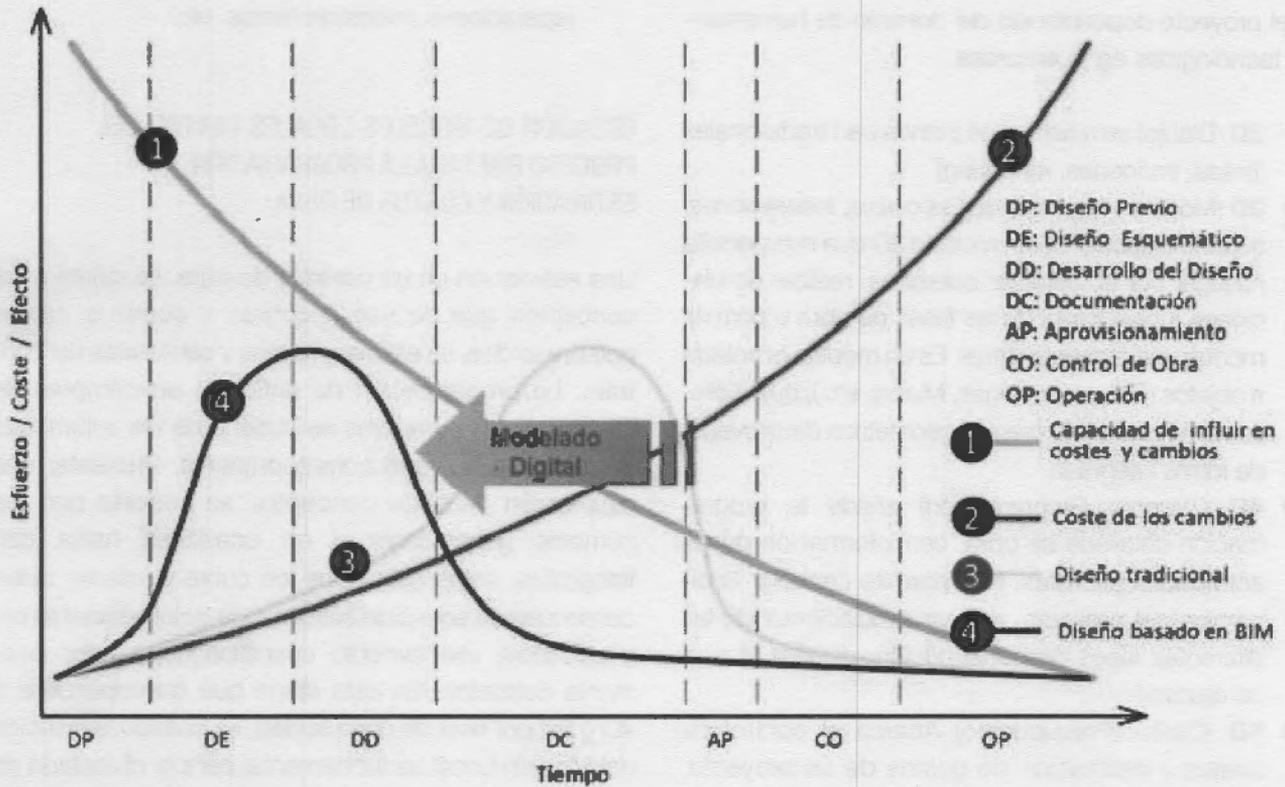


Figura 4. Curva de Mac Leamy.

En 2004, Patrick MacLeamy dibujó un conjunto de curvas que sostenían que un proyecto de arquitectura se hace más difícil cambiar en etapas más avanzadas de desarrollo. MacLeamy y sus discípulos abogan por aumentar el esfuerzo en el diseño para que conforme avance el proyecto el costo se reduzca. De tal forma que la capacidad de influir en costos y cambios se dé al principio de la gráfica en el proyecto y planeación y no en la ejecución. [https://www.researchgate.net/profile/Ramon\\_Jesus\\_Gonzalez\\_Marquez/publication/284159764/figure/fig3/AS:391529240776709@1470359253304/fig-3-Curva-de-esfuerzo-del-proceso-constructivo-MACLEAMY.jpg](https://www.researchgate.net/profile/Ramon_Jesus_Gonzalez_Marquez/publication/284159764/figure/fig3/AS:391529240776709@1470359253304/fig-3-Curva-de-esfuerzo-del-proceso-constructivo-MACLEAMY.jpg)



- **AIA** – (The American Institute of Architects)
- **GSA** (General Services Administration) - 3D-4D Building Information Modeling.
- **AGC** - The Contractors Guide to BIM
- **NIBS**- (National Institute of Building Sciences) -U.S. National BIM Standard
- **BSA** –Building SMART Alliance.
- **BSI** - BIM Standards

Figura 5 Organizaciones que han desarrollado guías y estándares.

Su desarrollo se ha dado tanto en Europa, Asia y América, incluso presenta una regionalización si existen condiciones especiales en el país en donde se implementa. <https://www.slideshare.net/ahmedalrakhaw/bim-overview-64688233>

niveles representan las acciones que se llevan a cabo en el proyecto dependiendo del dominio de herramientas tecnológicas en la empresa.

- **2D** (Dibujo) se refiere a los planos cad tradicionales (líneas, imágenes, rendering).
- **3D** (Modelo: *Arquitectura, Estructura, Instalaciones*) supone disponer de un modelo 3D que nos permita navegar por él, detectar colisiones, realizar simulaciones a nivel inicial de las fases de obra o permitir montar una maqueta virtual. Es un modelo orientado a objetos (Columnas, Vigas, Muros, etc.), que representará toda la información geométrica del proyecto de forma integrada.
- **4D** (Tiempo: Programación) añade la programación detallada de obra, con información de las actividades previstas. Nos permite controlar la dinámica del proyecto, realizar simulaciones de las diferentes fases de construcción, diseñar el plan de ejecución.
- **5D** (Costo: Presupuesto) Abarca el control de costos y estimación de gastos de un proyecto, va directamente relacionado a mejorar la rentabilidad del proyecto. Se definen cantidad de materiales y costos, organización de gastos y estimación de costos operativos para la fase de uso y mantenimiento.
- **6D** (*Green BIM*: Sustentabilidad) La sexta dimensión de BIM (en ocasiones llamada *Green BIM* o *BIM verde*), nos brinda la oportunidad de conocer cómo será el comportamiento del proyecto antes de que se tomen decisiones importantes y mucho antes de que comience la construcción.

Nos permite crear variaciones e iteraciones en la envolvente, los materiales utilizados, el tipo de combustible utilizado para enfriar/calentar el proyecto, teniendo en cuenta incluso su situación, su posición, su orientación y muchos aspectos más.

- **7D** (*BIM FM*: Gestión de Vida) Permite gestionar el ciclo de vida de un proyecto y sus servicios asociados. Le da el control logístico, operacional, del proyecto durante el uso y mantención de la vida útil; logrando la optimización de los

procesos importantes tales como inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.

#### CREACIÓN DE MODELOS LOCALES DENTRO DEL PROCESO BIM PARA LA PROGRAMACIÓN, ESTIMACIÓN Y COSTOS DE OBRA

Una estimación en un contrato de obra, se refiere a los conceptos que se van a cobrar, y como la misma palabra lo dice, se estiman montos y cantidades del contrato. La programación de anticipos en compras de los materiales y trabajos se obtiene de los volúmenes de obra, en la etapa correspondiente. Presentar una estimación de esos conceptos se soporta con los números generadores y en ocasiones hasta con fotografías, estos conceptos los cubre el cliente, quien consecuentemente pide sean lo más detalladamente especificados, exactamente cuantificados y adecuadamente cobrados. En esta etapa que correspondería a 4D y 5D por nivel de complejidad, es cuando la creación del Modelo Local es fundamental para la obtención de los mejores resultados para los objetivos del proyecto y el cliente.

#### ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA EN QUE SE SUSTENTA LA PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO DE OBRA BASADO EN UN MODELO DE INFORMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN

##### Project and Construction Management

(Administración del proyecto y construcción)

Enfocada a estandarizar la dirección de proyectos para conseguir una fácil consecución de objetivos gracias a una rigurosa programación de fases hitos y tareas. Es el equipo de gestión quien coordina a todos los agentes y es el interlocutor con el promotor.

##### Lean Construction

(Construcción sin pérdidas)

Su intención es aportar valor a cada actividad que se desarrolle durante el proceso, eliminando o reduciendo las que no aporten valor añadido (largos periodos de almacenaje de materiales, tiempos muertos, *stand by* en maquinaria). Así esta metodología enfocada a mejorar el

proceso, hace partícipes a todos los que intervienen en el proyecto y logra el máximo compromiso para cumplir los objetivos.

#### Integrated Project Delivery (IPD) (Gestión integrada de Proyecto)

Trata de promover la colaboración entre los técnicos encargados del diseño y dirección de obra, contratistas y subcontratistas, haciendo que todos compartan el riesgo y participen conjuntamente desde el inicio hasta el final del proyecto.

#### Building Lifecycle Management (BLM) (Gestión del ciclo de vida del edificio)

Se centra en que la información, toma de decisiones, se registre y conserve a lo largo del ciclo de vida del edificio de forma que se mejore el rendimiento no sólo durante su ejecución sino más adelante.

### CUALIDADES DEL MODELO

En la administración de obras y proyectos se requiere de un sistema que represente las características físicas y funcionales de los objetos construidos, que facilite la coordinación y mejore el resultado del proceso de construcción en general: como las revisiones de diseño, la evaluación del desempeño de los sistemas, la detección de conflictos entre elementos, el incremento en la velocidad y precisión para la cuantificación de los materiales entre otros (NMX-C-527/1-ONNOCCE-2016).

El modelo resultado de la integración de información tiene grandes posibilidades analíticas y se definirá como *Modelo Central, General o Raíz*, del que derivan *Modelos Analíticos Asociados o Modelos Locales* para las diferentes disciplinas (Arquitectura, estructura, instalaciones, cuantificaciones, presupuestos, uso, operación y mantenimiento).

Sería osado arriesgar la documentación del Modelo Central a algún error o pérdida de información, por lo que se mantiene en comunicación y coordinación con los Modelos Locales, pero bajo un estricto protocolo de actualización. El mejor análisis de la programación de un proyecto a partir de un modelo local será por medio de fases, dividiendo el proyecto podemos tener más control

con respecto al cumplimiento de todos los parámetros llenos para su simulación. Las simulaciones en la programación son *Time Laps* o videos que van reproduciéndose conforme a la información que hemos capturado en el modelo, de ahí que como se ha venido reiterando la información debe ser coherente con el nivel de desarrollo que se pide para la fase en la que participa un elemento. Un Modelo Local para la programación y estimación de costos en obra será aquel que idealmente permita visualizar:

- **Información detallada de los elementos constructivos:** Provee vistas detalladas del proyecto así como información de cantidades y propiedades de cada uno de los elementos construidos incluidos en el modelo.
- **Componentes temporales:** Estos representan componentes críticos para la planeación y construcción del proyecto (cimbras, equipo constructivo, safety paths y demás).
- **Especificaciones de los componentes:** El modelo de construcción deben contener especificaciones detalladas que permitan al contratista conocer información relevante sobre los componentes constructivos (material, costo, disponibilidad fabricante).
- **Información de desempeño proveniente de análisis de ingeniería información detallada como:** capacidad estructural resistencia de materiales. Información útil para la etapa de prefabricación.
- **Parámetros adicionales de diseño y construcción:** Son Parámetros que pueden ser incluidos en el modelo, número de serie, centro de costos distribuidor, permiten al contratista identificar el estatus de cada uno de los componentes constructivos durante las diferentes etapas del proyecto concurrentes a la construcción (diseño, fabricación instalación, puesta en marcha).
- La mejor calidad de intercambio de datos, la dirección hacia la cual se concentra el mayor esfuerzo finalizado a la difusión del *Modelo Central*, tanto desde el punto de vista de los procedimientos como para las herramientas software.
- La definición de estándares internacionales, de líneas guías, de indicaciones con la codificación de los

documentos clave para el desarrollo óptimo de los procedimientos y la modalidad para su redacción y sus contenidos mínimos, son los esfuerzos que se realizan hoy en día para adaptar la metodología BIM a varios casos reales.

Para usar un *Modelo Local* como una herramienta de programación el lenguaje de compartición del modelo y las responsabilidades deben estar bien definidas de no ser así puede haber problemas asociados con el LOD del modelo hecho por cada uno.

En un proceso del Modelado de Información para la Construcción podemos comenzar animaciones de la programación a partir del momento en que se hayan establecido los parámetros de intercambio del modelo, es decir, qué partes de un modelo serán susceptibles de simularse por contener toda la información necesaria para ello, por ejemplo si vamos a simular la construcción de una puerta, dependiendo de la fase de análisis, ésta contendrá dimensiones geométricas (largo, ancho), hasta pintura de acabado final.

Lo que hay que tomar muy en cuenta es que para implementar la programación en un nivel 4D, es muy importante fijar una estrategia de modelado que permita dividir y subdividir el modelo en entidades únicas a las que aplicarle el componente tiempo. Los modelos de programación suelen diferir de los de otras fases en los objetivos, y reconvertir un modelo para dar cabida a un nuevo objetivo ciertamente complicado. Para preparar un modelo que se va a programar tenemos que pensar en ir modelándolo pensando en cómo va a construirse, teniendo una clasificación concisa de los objetos y un modelo sin conflictos ni interferencias.

Es evidente como el tema de la interoperabilidad de los modelos y su capacidad de diálogo sin pérdida de información representa el aspecto principal para la efectiva posibilidad de utilización y coordinación de los mismos; ilustrando ampliamente las cualidades que caracterizarán al Modelo Local para su uso en la programación, análisis de costos y estimaciones de obra, tendemos:

- **Geometría del Modelo:** Se reserva a cada elemento constructivo una posición y volumen exacto que son los que necesita en la realidad, habrá que

contemplar espacio para mantenimiento o seguridad de ser el caso.

- **Parametrización:** Se le asignarán valores a elementos del objeto, declarados para modificar o influir en su comportamiento geométrico, de detección de conflictos, de planificación de tiempo, de estimación de costos. El gran potencial de esta cualidad es la gestión de cambio, el que se refleja inmediatamente en el trabajo del equipo. Un parámetro responde a un dato en el elemento, siendo éste altura, anchura, o número de serie, dependiendo para que fase se use en el modelo.

#### PARÁMETRO DE SISTEMA, PROYECTO, COMPARTIDOS Y DE FAMILIA

Un parámetro de sistema está precargado en la aplicación a la que pertenece, en el caso de un Modelo hecho con REVIT pueden ser las familias que se insertan en el proyecto, un parámetro de proyecto se caracteriza porque solo se puede crear desde el proyecto en el que se esté trabajando.

El parámetro de proyecto podrá ser borrado de ese proyecto. Los parámetros de proyecto no pueden ser etiquetados, aunque sí pueden añadirse en tablas. Un parámetro de proyecto puede ser por ejemplo el número de ocupantes por un espacio determinado. Desde una familia no podremos acceder a un parámetro de proyecto. Sin embargo podemos transferir parámetros de proyecto de un proyecto a otro mediante la opción "transferir normas de proyecto" y volverlos compartidos. Un parámetro de familia puede modificar las características de por ejemplo un grupo de puertas en su alto o ancho.

- **Relaciones espaciales:** Consiste en tener un control tridimensional al momento de insertar un objeto, el modelo está pre-construyéndose por lo que cualquier obstrucción que presente es detectada instantáneamente. No podemos sobreponer objetos dos veces en un mismo punto, ni hacer que aparezcan fuera de su fase de ejecución.
- **Interoperabilidad:** Definir la habilidad de dos o más sistemas de intercambiar información y utilizarla (IEEE, 1990), informáticamente nos referimos

Tipos de parámetros por procedencia					
Tipo	Dónde habita	Definición	Quién lo genera	Puede etiquetarse	Aparecen en tablas
De sistema	Proyecto y familia	Incluido en el sistema por el programa, no puede cambiarse	El programa	Sí	Sí
De proyecto	Proyecto	Parámetro modificable que se puede aplicar a todos los objetos de un proyecto	El usuario	No	Sí
De familia	Familia	Parámetro modificable Accesible solo dentro de la familia	El usuario	No	No
Compartido	Proyecto y Familia	Parámetro modificable creado para tener máxima portabilidad y flexibilidad de aplicación.	El usuario	Sí	Sí

Figura 6. Tipos de parámetros por procedencia.

Son datos que dan a los elementos del proyecto un carácter particular y se encuentran ubicados en diferentes herramientas de la aplicación, su modificación se realiza desde la gestión de proyectos principalmente porque pueden definir valores o características particulares que pueden ser útiles para análisis de costos y programación de obra. <http://especialista3d.com/parametros-en-revit/alrakhaw/bim-overview-64688233>

a la importación, exportación y vinculación entre sí. En 1994 Se funda la IAI-International Alliance of Interoperability (EE.UU, iniciativa para formar un consorcio de empresas para crear unas clases de C++ para soportar un desarrollo integrado de aplicaciones. Generan el primer estándar de intercambio, el *ifc-Industry Foundation Classes*, este intercambio debe ser un flujo continuo de datos valiosos para la operabilidad del modelo. La programación y gestión dinámica de proyectos cuenta con ese flujo deseado en la metodología de Project Management del PMI y la ISO 21500, así como en las herramientas como: Autodesk Navisworks, Ms Project y Primavera.

- **LOD, Level of Development o Level of Detail:** como Level of Development define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, siendo este la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio (definición y clasificación numeral, arts. 1.2.2 y 1.2.3 del documento "E-202 Building Information Modeling Protocol" del American Institute of Architects AIA 2008). Conviene aclarar que el LOD en ningún caso se refiere a la totalidad del proyecto y tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción, posteriormente se amplía su definición en el año 2013, en la figura 7 se muestran los avances de las sesiones de trabajo mediante el documento G202, también del AIA, hasta la última

**LEVEL of DEVELOPMENT**

**LOD 100    LOD 200    LOD 300    LOD 400    LOD 500**

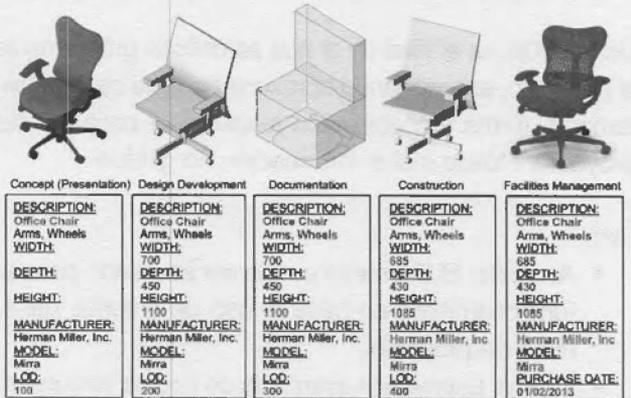


Figura 7.3 Nivel de desarrollo.

En los diferentes niveles de desarrollo del modelo encontramos parámetros que nos apoyan en el análisis de viabilidad de la obra, los LOD más elevados responderán a un grado de especificación y control más sofisticado y responderán fehacientemente a la realidad de su producción en obra. [http://2.bp.blogspot.com/-37gTZc-Z2fs/VkrmhV2EwPzI/AAAAAAAAAEhc/krpvvTQlyJc/s1600/LoDEVexplained\\_605.png](http://2.bp.blogspot.com/-37gTZc-Z2fs/VkrmhV2EwPzI/AAAAAAAAAEhc/krpvvTQlyJc/s1600/LoDEVexplained_605.png)

definición popularmente admitida de diciembre del 2014 elaborada en el BIM Forum, con permisos para estar basados en las anteriores e incluyendo nuevos detalles.

El nivel de desarrollo cuenta con información para análisis como: usos autorizados, costos, programación, coordinación, colocación y puesta en marcha. Diferentes LOD cubren diferente necesidad y debe ser alcanzado para completar el análisis comercial antes de que el modelo se

pueda construir en el campo. Cada nivel de progresión toma más tiempo y añade más costo al proyecto.

Un LOD 100, es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, con el grado de definición por:

#### Usos

- **Análisis:** En base a dimensiones geométricas (si existen), orientación y ubicación, así como relación con otros elementos.
- **Costo:** estimación de costos en relación a datos como área, volumen o similares (unidades, por ejemplo). Habitualmente el parámetro de mayor utilidad en este LOD.
- **Programación:** el elemento puede ser utilizado para determinación de fases y duraciones.
- **Coordinación:** No aplicable.

Un lod 200, es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

#### Usos

- **Análisis:** El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios generales del proyecto.
- **Costo:** Estimación avanzada de costos vinculados a datos geométricos y de cantidades propios de este nivel. Este coste deriva del propio elemento y no de otros elementos.
- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.

Un LOD 300, es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica.

#### Usos

- **Análisis:** El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- **Costo:** Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra.

Un LOD 350, es equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica. Afecta al análisis, *Programación y coordinación del proyecto*. Ocasionalmente, al costo por elemento y conjunto. Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto a LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto a la estructura frente a instalaciones, y estas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas y sub-disciplinas para una correcta ejecución en obra y una drástico reducci6n de errores y modificaciones en esta.

Un LOD 400, **Requerimientos:** El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

#### Usos

- **Análisis:** El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y los sistemas o conjuntos constructivos a los que pertenece. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- **Costo:** Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra según precio de compra del mismo.

- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades, así como plazos de fabricación y tareas vinculadas a esta.
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos de uso y mantenimiento específicos. Se incluye la detección de colisiones entre elementos. Otros: Solo aplicable a los elementos con necesidades específicas de este LOD, similares a los del LOD 300 pero con mayor precisión.

Un LOD 500, Requerimientos: El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado ("as built") y no es aplicable a todos los elementos del proyecto.

#### Usos

El uso del nivel LOD 500 está vinculado al futuro y puede incluir: determinación de estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones.

- **Sincronización:** Los procesos de coordinación dinámica o sincronización de la información que se pueden manejar en el modelo son la importación y la exportación. Para la primera el usuario decide que categorías, parámetros y vista exporta al editor, pueden existir varios proyectos de un mismo archivo pero con distinta información. Para la segunda, una vez realizados cambios en el visor, el complemento permite importar esos cambios automáticamente al proyecto, manteniendo el archivo siempre actualizado. El sistema avisa cuando se producen cambios, permitiendo actualizarlos en su proyecto. La sincronización se lleva a cabo en el software *Navisworks* y es para detectar interferencias, el análisis

se lleva a cabo por pares de disciplinas, es decir, se analizan estructuras con instalaciones, arquitectura e instalaciones o arquitectura y estructuras.

- **Protocolo:** Existen varias sugerencias al respecto, de acuerdo con el *Architecture Engineer Construction BIM de UK* el plan de ejecución es una guía que define tareas clave del proyecto: estándares, plataforma tecnológica, participantes en el proyecto, reuniones, entregables, características del modelo, verificación y validación, intercambio de información y fechas importantes.

- **Modelo General:** Es el origen del trabajo colaborativo, el archivo en donde se toman las decisiones de trabajo y se actualizan para comunicarlas, se conoce también como central o raíz, su administración es controlada por el gerente del modelo, es en el que se desarrollan todas las etapas de un proyecto en función del grado de definición que contienen, estas son según MPS (Model Progression Specification, AIA, 2008). Encontramos que para el uso de programación debemos usar los Modelos M4 y M5.

**M0:** No existe modelo.

**M1:** Concepto de edificios, espacios y áreas.

**M2:** Objetos de modelo con dimensiones aproximadas.

**M3:** Objetos de modelo con dimensiones exactas.

**M4:** Modelo para construir.

**M5:** Modelo para fabricar/ Modelo Piloto virtual.

**M6:** Modelo as built.

- **Fase:** Refieren al ciclo de vida, se organizan de acuerdo a las necesidades propias del proyecto, una forma de presentarse puede ser:

**M0 Fase de estudio, viabilidad:** Modelo volumétrico y datos urbanísticos.

**M1 Anteproyecto:** Objetos del modelo con geometría aproximada sin especificación técnica.

**M2 Proyecto básico:** Objetos del modelo con geometría precisa y poca información técnica.

**M3 Proyecto de ejecución:** Objetos de modelo detallado con información técnica.

**M4 Modelo muy detallado** para poder subcontratar, medios auxiliares y demás.

**M5 Modelo para transferir** con geometría e información necesaria para FM (Facility Management).

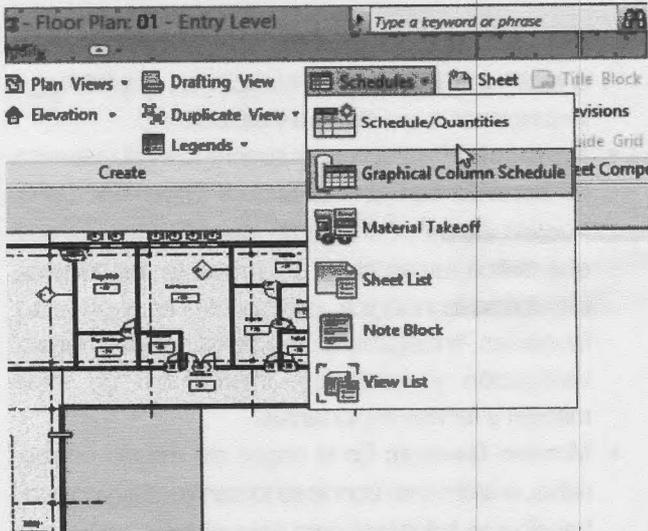


Figura 8 Creación de tablas o schedules en el software REVIT, contenidas en la pestaña de Analysis o Analizar, se puede crear una tabla de planificación/cantidades, para control de elementos, de materiales, listados, block de notas, revisiones.

- **Modelo Local:** Es un Modelo derivado del Modelo Central, General o Raíz, para establecer modificaciones y sincronizaciones en colaboración con los diferentes profesionales, al agregar información al modelo local, automáticamente se reflejará en el central.
- **Georreferencias:** El modelo debe situarse geográficamente en una cota real, dicha cota servirá de punto de referencia para llevar a cabo el desarrollo del proyecto por parte de todos los involucrados en generar información para el modelo, de tal forma que haya una coincidencia en toda la geolocalización de cada elemento para todas las disciplinas y se eviten los desplazamientos de ejes, rejillas y/o desplantes. Además de que si la intervención de algún profesional es fuera del país tendrá la tranquilidad de trabajar con precisión.
- **Normativa:** El uso de un modelo en la construcción responde también a la necesidad de transparencia en la gestión del proyecto, de ahí que se base en normas internacionales de materiales, procesos y perfiles profesionales, es importante la recopilación de la reglamentación aplicable al proyecto para planificar su eficiencia. En México se han llevado a cabo esfuerzos para asimilar esta tecnología en el uso de proyectos nacionales como el nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, se han organizado foros de discusión entre dependencias gubernamentales (IMSS,

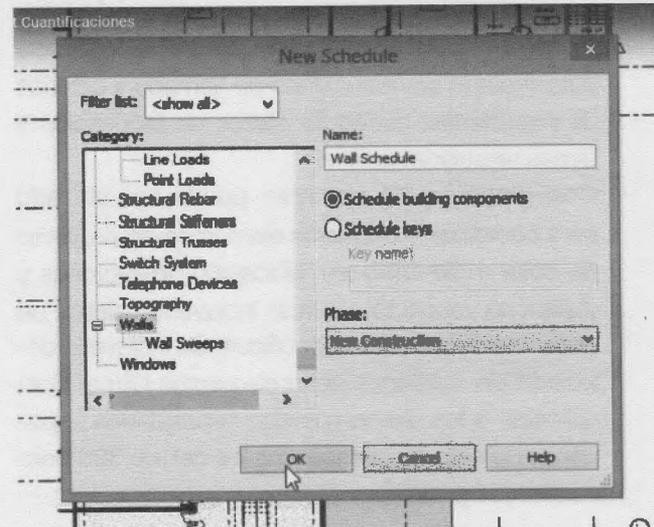
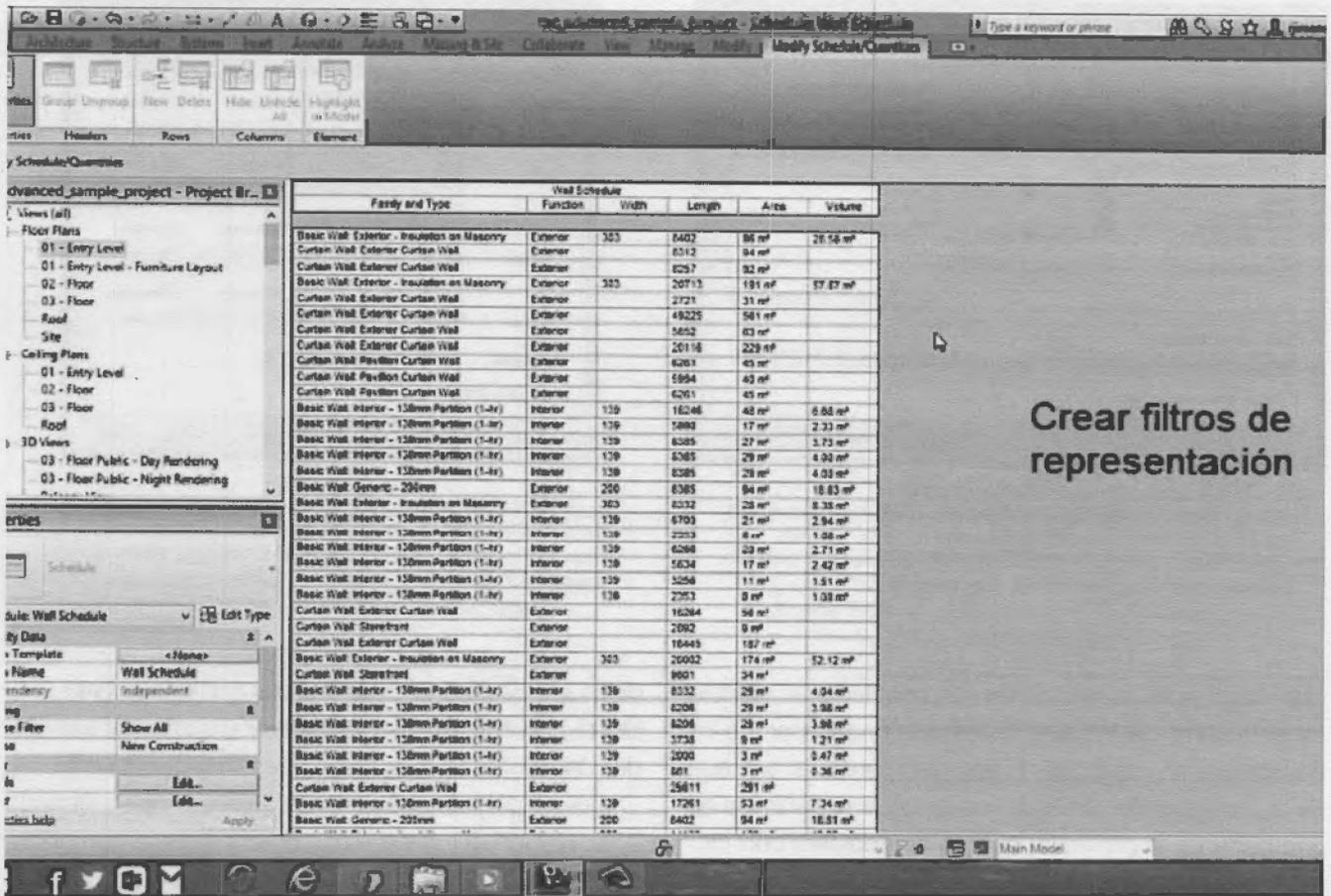


Figura 9 En la creación de la tabla se seleccionan nombre, la categoría a la que pertenecerá y la fase del proyecto. Se debe identificar si es una tabla de clasificación de componentes y asignar un código de control.

CFE, ISSTE), grupos de profesionales (CMIC, CAMSAM), particulares (Autodesk, Graphisoft) e instituciones educativas (UNAM, IPN, Universidad Iberoamericana, ITSM) que buscan normar el ejercicio profesional de la misma, los primeros avances han sido la norma NMX-C-527/1-ONNCCE-2016, presentada para su revisión final en septiembre de 2016.

En resumen la creación del modelo general y local dependen de las cualidades anteriores y la estimación del volumen de obra y costo dependen de los objetivos del modelo (los objetivos de colaboración y las disciplinas con que se vinculen), si se toma como ejemplo la aplicación REVIT para parametrizar lo convencional es crear Schedules o tablas de datos en donde seleccionamos o insertamos la información que pretendemos obtener del modelo.

Los parámetros se pueden crear y categorizar en el proyecto, basta con ingresar a las propiedades y crearlos, lo importante es tener claro para que se emplearía el parámetro definiendo el nombre, disciplina a la que pertenece (estructura, común, energía, instalaciones), tipo de parámetro, cual es el dato que contiene (volumen, área, altura, material, densidad, pendiente, masa), en dónde se agrupará el parámetro (estructura, fuerza, modelo analítico, propiedades de fase), si se necesita una descripción amplia se captura en información de la herramienta, también se debe categorizar para situarlo en la disciplina correcta, hay que establecer filtros de



Crear filtros de representación

Figura 10. Si se deja muy abierta la captura de datos pueden generarse tablas que contengan información que no necesitamos para trabajar y alentamos la simulación al momento de sincronizar aplicaciones (Comunicar a Navisworks con REVIT). Para no crear datos innecesarios en la tabla se establecen filtros con relación a otras áreas nuevamente definiendo parámetros. [https://www.youtube.com/watch?v=anFSJ\\_2a7e8](https://www.youtube.com/watch?v=anFSJ_2a7e8)

información para que no se capture información que no es útil al proyecto o que puede obstaculizar la simulación por no ser secuencial o lógica y generar errores, una vez trabajados los parámetros del Modelo o Modelos Locales, se puede pasar a analizarlos con las aplicaciones convenientes para ello, en el caso de programación con Navisworks y Project, y para estimaciones y costos cYPE, Arquimédes, Presto, Neodata y el mismo REVIT.

CONCLUSIONES

La metodología de trabajo con modelos de información para la construcción es una práctica que se está abriendo camino entre las formas tradicionales de la ejecución de obra, su uso se promueve desde las primeras hasta

las últimas etapas del proyecto (concepción y diseño hasta operación y mantenimiento) y cada vez son más los casos en que se escucha que las licitaciones para edificios públicos y/o infraestructura solicitan la capacitación, habilidades y disposición para trabajar de esta manera, lo que marca la necesidad de aprendizaje entre la población inmersa en el campo profesional, que son gran número de arquitectos, ingenieros, contratistas y constructores que requieren capacitarse, ante esta demanda del sector productivo y las escuelas de enseñanza superior que ya deberían de estar buscando la forma de transmitir este conocimiento en las aulas en los niveles de licenciatura y posgrado, y a la par generar investigación para llevar a mejores prácticas la implementación de esta tecnología en nuestro país.

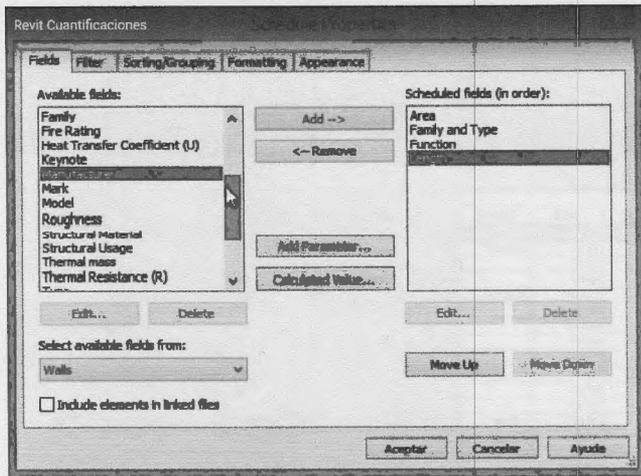


Figura 11

Posteriormente hay que seleccionar campos, categorías o archivos de análisis nos conviene ordenarlos jerárquicamente por su valor para el resultado final, los parámetros que ocuparemos para estudiar el proyecto, podemos tomarlos de los existentes, crear nuevos o compartirlos y finalmente establecer una fórmula para cálculo de valores requeridos.

[https://www.youtube.com/watch?v=anFSj\\_2a7e8](https://www.youtube.com/watch?v=anFSj_2a7e8)

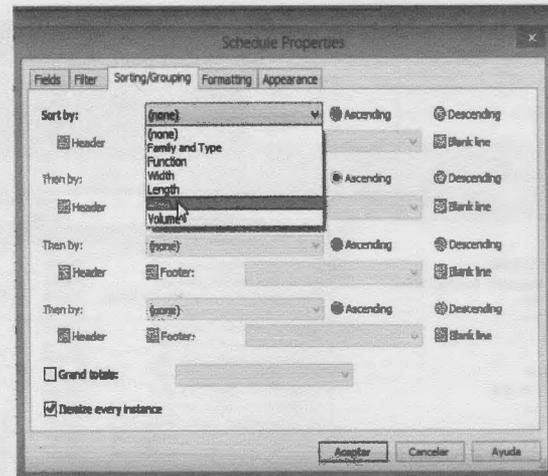


Figura 12

Propiedades de tabla de clasificación en donde podemos establecer el orden o control que deseamos tengan los datos analizados, si se ordenarán descendente o ascendentemente, si obtendremos valores de área, volumen, ancho y como se pueden presentar para su fácil lectura y comprensión. [https://www.youtube.com/watch?v=anFSj\\_2a7e8](https://www.youtube.com/watch?v=anFSj_2a7e8)

Los rumbos del conocimiento van orientados al cambio de paradigma de los procesos tradicionales por los innovadores, no obstante no hay que perder el enfoque de la construcción; en todo momento la experiencia es una parte de la profesión que no se adquiere con ninguna tecnología; el liderazgo y capacidad para solucionar problemas es fundamental en el perfil del arquitecto, ingeniero o constructor.

La cuestión inmediata es que el Modelado de la Información para la Construcción ofrece en nuestro país una certidumbre de calidad, transparencia y eficiencia, ante todas las irregularidades que representa la realidad nacional de la construcción, de ahí que la oleada de su uso internacional venga a acelerar la inquietud de tropicalizarlo a México.

En el tema revisado para el documento se encuentra una serie de condiciones a cumplir por todos los involucrados, por primera vez todos dialogarían, se escucharían y tendrían que actuar en pro de un Modelo integrado y no aisladamente. Esta tecnología recomienda presentar al cliente los resultados creando animaciones 4D de proyectos, reproducir en tiempo real las propuestas del equipo de obra, y preparar impactantes presentaciones, mostrar simulaciones de la planificación de demolición, construcción, montaje y logística, focalizadas en áreas y fases específicas sobre todo el proyecto. La oportunidad de utilizar los

datos de planificación, los gráficos e informes para evaluar el plan del proyecto y optimizar y ajustar las actividades duraciones y dependencias es muy convincente.

Ver el proyecto cobrar vida ante sus ojos utilizando la simulación 4D, hace más comprensible el comportamiento de la obra, comparativamente con documentos interminables de datos que no se visualizan en la realidad, lo que hace aún más atractiva su implementación en obra. El desglose del modelo junto con el plan de ejecución debe llegar a un nivel de definición de actividades, la duración de cada uno, los recursos y responsabilidades asignado a cada integrante para cumplir la meta de control y calidad del diseño (Estructura de desglose de trabajo EDT, Work Breakdown Structure, wbs definida en la norma ISO 21500).

Finalmente la integración de un programa de simulación de costos con una plataforma de modelado de información, permite una constante evaluación del costo vinculado al diseño desde los inicios del proyecto, esto facilita la toma de decisiones oportunas para mantener la competitividad del proyecto, ante un sector cada vez más demandante y tecnificado como lo es la construcción.

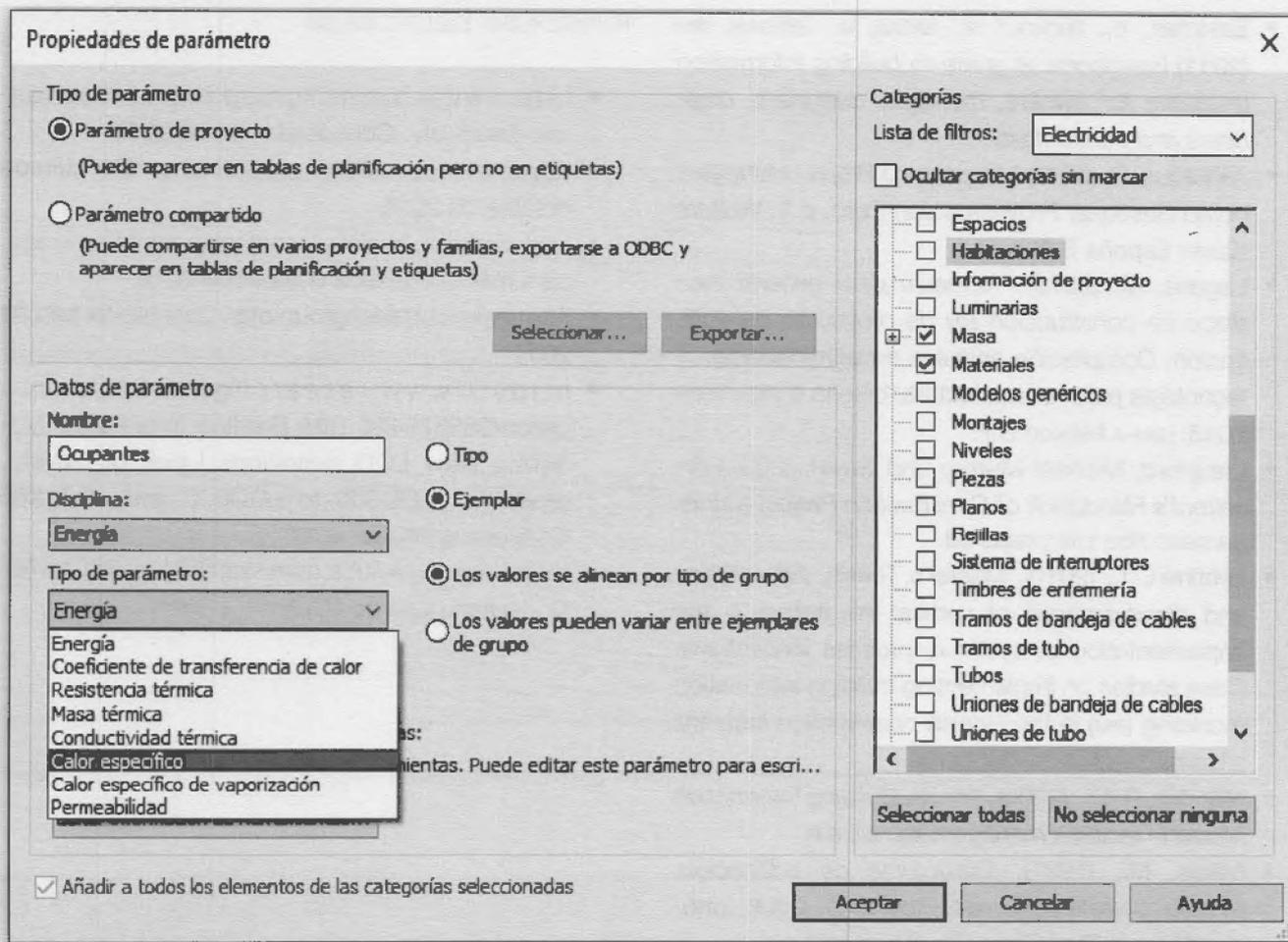


Figura 13. Si seleccionamos "Add Parameter" (Figura 11), abriendo la ventana podemos encontrar las condiciones para trabajar de los parámetros desde seleccionar los existentes en el proyecto, hasta nuevos o creados por nosotros, sólo hay que tener cuidado con los datos que insertemos ya que deberán corresponder al cálculo que estamos haciendo, por ejemplo si estamos en un análisis energético y necesitamos datos de calor específico de un material, este valor debe estar en las unidades del programa para que pueda hacer uso de él.  
Imagen del autor, julio 2017.

REFERENCIAS

- American Institute of Architects, EEUU.
- AIA, (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide. 1ª edn.* EEUU: The American Institute of Architects & The American Institute of Architects California Council.
- AIA Document E202 2008 Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- AIA Draft Document G202 2013 Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- AIA (2013), Document E202TM-2013: Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- Choclán, G. Felipe (2015) *Introducción a la metodología BIM* Revista Spanish Journal of BIM (en línea)

- Vol. 1, No. 14, 2015, consultada por Internet el 19 de septiembre del 2016. Dirección de internet: <https://bimforummexico.homesick-avenue.com/wp-content/uploads/2016/09/IntroduccionMetodologiaBIM.pdf>
- Deutsch, R. (2011), *BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice.* Editorial John Wiley & sons Inc. New Jersey (EEUU).
- Deutsch, R. (2012), *BIM in ACADdemia* [Homepage of Randy Deutsch], [Online]. Available: <http://bimandintegrateddesign.com/2012/01/25/bim-in-academia/>
- Eastman, C. (1975). *The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design.* AIA Journal/ March. 1975. Pp. 46-50.

- Eastman, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. (2011) *Handbook: A guide to building information modeling for owners, manager, designers, engineers and contractors*.
- Jadraque, D. (2011) *Manual para Project Managers como Gestionar Proyectos con Exito*. s. l.: Wolters Kluwer España S.A.
- Laguna, M. (2013) *Propuesta para generar modelos de construcción BIM de proyectos de edificación*, Compilación artículos de administración y tecnología para la arquitectura, diseño e ingeniería 2013. UAM-A México D.F.
- Langford, Michael Murray and Savid. (2004) *Architect's Handbook of Construction Project Management*: riba interprises ltd.
- Lehtinen, T., (2010). Master's Thesis, Advantages and disadvantages of vertical integration in the implementation of systemic process innovations: Case studies on implementing building information modeling (BIM) in the Finnish construction industry. s.l.:s.n.
- Méndez, R. O., (2006). Thesis, *Building Information Model in facilities management*. s.l.:s.n.
- Millais, M., (1997). *Estructuras de edificación*. Madrid: Celeste ediciones. Picó, E. C., 2008. Introducción a la Tecnología BIM. Barcelona: s.n.
- NMX-C-527/1-ONNCCE-2016. Adquirida en octubre de 2016.
- Picó, E. C., (2011). *Tesis, Tecnología BIM per al disseny arquitectonic*. Barcelona: s.n
- Reyes A., (2016). BIM, Diseño y gestión de la construcción. Ed. Anaya Multimedia.
- Teicholz, P. (2004). *Índice de productividad de la Construcción y no agrícolas*. Estados Unidos: Stanford.
- Tjell, J., 2010. *Master's thesis, Building Information Modeling (BIM) in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems*. s.l.:s.n.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- <http://www.bimtaskgroup.org/bim-academic-forum-uk/>. Consultada julio de 2017
- <http://www.funco.mx/que-hacemos/> Consultada octubre de 2016
- <http://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/> Consultada octubre de 2016
- <http://www.bimtaskgroup.org/> Consultada julio de 2017
- [https://www.researchgate.net/publication/283570424\\_BIM\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_New\\_LOD\\_definitions\\_Level\\_of\\_Development\\_for\\_LOD000\\_to\\_LOD600\\_and\\_LOD\\_X00](https://www.researchgate.net/publication/283570424_BIM_Building_Information_Modelling_New_LOD_definitions_Level_of_Development_for_LOD000_to_LOD600_and_LOD_X00) Consultada julio de 2017
- [https://www.youtube.com/watch?v=anFSj\\_2a7e8](https://www.youtube.com/watch?v=anFSj_2a7e8) Consultada julio de 2017