

# **LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN MEDIANTE MODELOS BIM**

**Ing. Marco Antonio Medina Pacheco (expositor)**

**Dr. Gilberto Abenamar Corona Suárez (asesor)**

Universidad Autónoma de Yucatán

Mérida, México

Facultad de Ingeniería, Departamento de Construcción

[ing.medinapacheco@gmail.com](mailto:ing.medinapacheco@gmail.com)

## **“LA ADMINISTRACIÓN DE LOS MATERIALES EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN MEDIANTE MODELOS BIM”.**

### **RESUMEN**

La construcción consiste en la transformación de materiales elaborados y semielaborados en cantidades relativamente grandes donde entre el 50 al 60% de los costos directos de las obras medianas y pequeñas de edificación corresponden a los materiales. La manera tradicional de gestionar los materiales se enfoca a las actividades en sitio y logística, dándole menos importancia a la información generada durante el proceso de gestión de materiales y la disponibilidad hacia las partes involucradas, existiendo deficiencias y problemas relacionados a la compra, suministro en tiempo y forma, logística en sitio, información actualizada y disponible del estado de los materiales, entre otros. Por otro lado la tecnología Building Information Modeling (BIM por sus siglas en inglés; Modelado de la Información para la Edificación, en español) es una plataforma tecnológica que tiene la capacidad de asociar las características e información de los materiales a los elementos y componentes del proyecto, así como la fácil actualización del modelo BIM con respecto al desenvolvimiento de la edificación. BIM tiene el potencial de facilitar la gestión de los materiales mediante la integración de la información que se requiere a lo largo del proceso de gestión de los materiales. El objetivo general de esta investigación consiste en establecer un marco de referencia para la realización de la administración de los materiales en proyectos de edificación mediante modelos BIM.

### **PALABRAS CLAVE**

Palabras clave: tecnología BIM, administración de materiales, edificación.

## INTRODUCCIÓN:

Para que un proyecto de edificación sea exitoso, se requiere una efectiva gestión de los materiales, y en cuanto a esto Domínguez (1993) señaló que el objetivo debe ser encontrar soluciones a los problemas relacionados con la coordinación y el control de los materiales, para lo cual se debe proporcionar una red de comunicación efectiva y controlar el flujo de información involucrado.

Aunque la gestión de los materiales es llevada a cabo de manera muy particular por cada organización, ya se han integrado modelos a seguir para hacerlo de manera adecuada. Solís et al. (2009) describieron los diferentes procesos involucrados: la planeación, la negociación, el pedido, la recepción, el almacenamiento, el uso, el resurtido, el pago y el control, así como la gran diversidad y tipos de materiales utilizados en el proceso de construcción; mientras que Navon y Berkovich (2006) identificaron cinco unidades en la administración de materiales: la unidad de entrada, la unidad de compras, la unidad de seguimiento, la unidad de análisis y la unidad de salida. Por su parte, Tirado Millán (1998) propuso un Sistema de Administración de Materiales (SAM) para la construcción de vivienda masiva que integra siete etapas: 1) Desarrollo del proyecto de ejecución para cada modelo de vivienda tipo, 2) Definición y planeación estratégica del proyecto, 3) Programación y logística del proyecto, 4) Cotización, negociación y selección de los proveedores, 5) Elaboración de pedidos y pagos de facturas a proveedores, 6) Requisición de los materiales de almacén, y 7) Salida de materiales para consumo.

Ala-Risku y Karkkainen (2006) señalan que la manera tradicional de gestionar la cadena de suministros en la construcción es inadecuada, ya que está enfocada en las actividades en sitio y la logística. Ahora se requiere que la información durante el proceso de administración de los materiales se encuentre disponible y de manera clara para todos los involucrados en la red de suministros. Navon y Berkovich (2006) han clasificado estos problemas en dos categorías: la primera

incluye los problemas relacionados a la compra y el suministro de los materiales, tales como las demoras en las entregas de los materiales, entregas que no corresponden a la orden de compra solicitada, pedidos olvidados, cantidades equivocadas de material que llega al sitio, información no disponible sobre el estado de la órdenes de materiales, descripción incompleta o errónea de los materiales, negligencia para tomar en cuenta las condiciones específicas del sitio. La segunda incluye los problemas relacionados con la logística en el sitio, tales como la supervisión de los materiales, seguimiento del movimiento y acarreo de los materiales en la obra, desperdicio de los materiales, falta de espacio para almacenamiento, falta de información completa y actualizada en el inventario, información incompleta o errónea, y la llegada de materiales no referenciados.

Por lo tanto, se necesita de un cambio hacia la gestión y mejora integrada de la cadena de suministros y de la producción en el sitio. Precisamente, ante esto, ya hay autores que ha comenzado a buscar soluciones de integración en la gestión de los materiales; por ejemplo, Irizarry et al. (2013) han propuesto la mejora de la práctica actual en la gestión de la cadena de suministros mediante la integración de la tecnología BIM y los sistemas GIS (Geographic Information Systems, Sistemas de Información Geográfica), en un sistema único. Según estos autores, esto facilitaría el seguimiento de la cadena de suministros y proporcionaría señales de alerta para garantizar la entrega oportuna de los materiales.

Específicamente, la tecnología Building Information Modeling (BIM por sus siglas en inglés; Modelado de la Información para la Edificación, en español) es una plataforma tecnológica que tiene el potencial de integrar, al menos informáticamente, los diferentes procesos del diseño y la construcción. Esta tecnología permite administrar la información en dichos procesos mediante un modelo tridimensional del proyecto con objetos paramétricos que representan cada uno de los elementos del proyecto. Fallon y Palmer (2007) han señalado la utilidad de BIM para generar de manera automática y precisa el programa de suministros a partir del modelo 3D del proyecto, además de que dicha información podría transferirse fácilmente a las bases de datos y hojas de cálculo de los

estimadores, encargados de las compras y diseñadores. Ellos también se refirieron a la producción de los programas de manera rápida y sin errores, la reducción en el tamaño de los equipos de estimación, y la mejora en la noción de los costos conforme se va desarrollando el diseño o la construcción.

De acuerdo a las referencias anteriores, BIM tiene el potencial de facilitar la gestión de los materiales mediante la integración de la información que se requiere a lo largo de todos los procesos que incluye dicho sistema. Por lo tanto, parece ser pertinente investigar la aplicabilidad en el contexto local de los modelos BIM en la gestión de los materiales de los proyectos de edificación; para lo cual se han establecido los objetivos descritos a continuación.

### **Objetivo General**

Establecer un marco de referencia para la realización de la administración de los materiales en proyectos de edificación mediante modelos BIM.

### **Objetivos Específicos**

1. Identificar el flujo de información durante la realización de los procesos que incluye la administración de los materiales en los proyectos de edificación.
2. Identificar los procesos de la administración de los materiales en los que sea pertinente aplicar modelos BIM para su facilitación.
3. Establecer los criterios para desarrollar modelos BIM que faciliten la administración de los materiales en los proyectos de edificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el logro del primer objetivo, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la bibliografía con el fin de identificar modelos que se hayan definido para la administración de los materiales en los proyectos de edificación. A partir de la revisión bibliográfica realizada hasta ahora, se han identificado los siguientes modelos de gestión de materiales:

1. Modelo de gestión de materiales propuesto por Solís Carcaño, *et al.* (2009).
2. Modelo automatizado para la gestión de materiales propuesto por Navon y Berkovich (2006).
3. Modelo de administración de materiales para la construcción en Yucatán, propuesto por Alcudia Velázquez (2002).
4. Modelo de administración de materiales para la construcción de vivienda masiva, propuesto por Tirado Millán (1998).

Estos y otros modelos serán analizados con el objetivo de identificar los procesos involucrados en la gestión de los materiales en la construcción. Para los propósitos de esta investigación, se verá la pertinencia de adoptar uno de los modelos identificados o de integrar uno a partir de todos estos. El modelo de la gestión de materiales, ya sea que se haya adoptado uno existente o que se haya integrado a partir de varios, servirá para identificar el flujo de información que se da entre los diferentes procesos que incluya. La identificación de este flujo de información se llevará a cabo de la siguiente manera:

1. Primero se identificarán los procesos que intervienen en la administración de materiales, de acuerdo al modelo con el que se haya decidido trabajar.
2. Una vez identificados estos procesos, se procederá a identificar a las diferentes partes involucradas en la realización de dichos procesos.
3. Se procederá entonces a identificar la información de entrada y de salida en cada uno de los procesos anteriormente identificados, así como la manera como fluye dicha información entre estos procesos.

4. Posteriormente, se identificará el papel que juega cada una de las partes involucradas, en el flujo de información identificado.
5. Finalmente, se elaborará un diagrama en el que se plasme claramente el flujo de información entre las diferentes partes involucradas.

En el **segundo objetivo** se deberá identificar cómo puede apoyar el modelo BIM de un proyecto en la realización de los diferentes procesos que incluye la gestión de los materiales y, específicamente, determinar cuál de toda la información identificada con el objetivo anterior es pertinente de integrar en el modelo BIM de un proyecto. Para esto, se desarrollará un estudio de caso con el fin de experimentar la integración del modelo BIM de un proyecto en la realización de los procesos de gestión de los materiales. Se prevé entonces la selección de un proyecto de edificación real cuya información de diseño se encuentre totalmente concluida y disponible como para elaborar el modelo BIM correspondiente. Dicha información será recopilada a partir de la documentación disponible tal como planos, especificaciones, presupuesto, programa de actividades, programa de suministros, entre otros.

Es mediante la realización de este modelo BIM que se podrán establecer los criterios de modelación requeridos para el tercer objetivo; por lo tanto, se prevé la realización simultánea de las actividades relacionadas con este objetivo con las del tercer objetivo. De hecho, para comenzar la elaboración del modelo BIM del proyecto se deberán considerar los criterios iniciales establecidos como parte del tercer objetivo.

Para la elaboración del modelo BIM se ha seleccionado de manera preliminar el siguiente software:

- *Autodesk Revit Architecture 2012*, para la modelación de los elementos arquitectónicos.
- *Autodesk Revit Structure 2012* para la modelación de los armados de los elementos estructurales.

- *Excel* y *Access* de la paquetería *Microsoft Office*, para la manipulación de la información proveniente del modelo BIM elaborado en *REVIT*,
- *Microsoft Project*, para la elaboración de los programas requeridos, y
- *SincoWfi*, para la elaboración de las estimaciones de costos.

Este software ha sido seleccionado por su disponibilidad y su interoperabilidad, la cual ha sido comprobada en el contexto local por Audeves Pérez et al. (2012) y Baeza Pereyra et al. (2009). Cabe mencionar que este software también es, a excepción del *SincoWfi*, consistentemente mencionados en los estándares que ya han sido establecidos para normar el uso de la tecnología BIM.

Una vez que se haya elaborado el modelo BIM en Autodesk Revit, se procederá a decidir qué información identificada como de entrada a los procesos de gestión de los materiales, es factible y pertinente de integrar en dicho modelo. Entonces se decidirá qué información identificada como salida de los procesos de gestión de los materiales, es factible y pertinente de generar mediante el modelo. Se tiene contemplado que para poder generar parte de esta información, se requerirá la interacción del modelo BIM con otros sistemas más adecuados para la generación de cierta información, tal como el software descrito anteriormente. Se puede considerar entonces que propiamente se conformará un sistema basado en BIM para la facilitación de la administración de los materiales.

Durante el desarrollo de este objetivo se comprobará la utilidad que tiene este sistema basado en BIM mediante la validación de la información que sea posible obtener de él; es decir, determinar si esta información es realmente la que se requiere para la realización de los procesos de gestión de materiales.

Como parte del tercer objetivo se deberán establecer los criterios para integrar la información relevante a la gestión de los materiales en el modelo BIM de un proyecto. Se prevé que estos criterios se establezcan a partir de la experiencia que se gane con la modelación BIM del proyecto utilizado como caso de estudio en el objetivo anterior, por eso, se contempla que las actividades relacionadas con de este tercer objetivo se realicen en simultáneo con la realización del segundo objetivo. Sin embargo, también se entrevé la necesidad de definir criterios iniciales



y básicos para la modelación del proyecto con BIM y que son relevantes para la gestión de los materiales. Por ejemplo, parte de estos criterios iniciales se podrían referir a lo siguiente:

1. El nivel de detalle con el que se debe elaborar el modelo BIM, tomando en cuenta las capacidades y limitaciones del software. Por ejemplo, para los propósitos de esta investigación se consideraría necesario modelar los armados de acero de los elementos estructurales, con el fin de poder cuantificar de manera precisa la cantidad de acero.
2. La secuencia con la que se realizan los elementos constructivos del proyecto. Por ejemplo, en el contexto local los acabados en los muros generalmente se manejan como un concepto de trabajo aparte del concepto de muro de block, ya que estas dos elementos se llevan a cabo en diferentes momentos del proceso constructivo y su costo también se estima como dos diferentes conceptos; esto implicaría que los acabados en muros se tendrían que modelar como un elemento en sí mismo, tal como sugiere Audeves Pérez, *et al.* (2012).
3. Los métodos de construcción que se hayan decidido utilizar en el proyecto. Por ejemplo, en el caso de utilizar una losa de vigueta y bovedilla sería necesario modelar de manera detallada las viguetas, las bovedillas y el concreto que integran este tipo de losa, pues esto es relevante para la cuantificación de los materiales.
4. La manera como se administran los elementos del proyecto. Por ejemplo, una columna se puede modelar como un elemento integrado para cuya estimación de costo se haya incluido el acero, la cimbra y el concreto; pero también se podrían modelar estos materiales como tres elementos diferentes del proyecto y, de la misma manera, estimar su costo por separado.
5. La interoperabilidad entre las alternativas de software con las cuales se haya decidido trabajar, ya que esto determinará la necesidad de incluir parámetros en el modelo BIM que faciliten su interoperabilidad. Por ejemplo, un modelo BIM realizado con *Autodesk Revit* requiere la inclusión de parámetros

especiales dentro de los elementos modelados para que la información que se extraiga de este modelo sea útil para estimar los costos del proyecto con otro software especializado, tal como *Sinco Wfi*.

Una vez que se hayan definido los criterios iniciales con los cuales se pueda comenzar a desarrollar el modelo BIM del proyecto, se seguirán estableciendo criterios más detallados en base a la experiencia que vaya aportando el mismo proceso de modelación. Como parte del logro de este objetivo precisamente se deberá obtener una lista completa de criterios que puedan servir como directrices en el desarrollo de modelos BIM que tengan la capacidad de facilitar la gestión de los materiales de los proyectos.

## CONCLUSIONES:

En la revisión de la literatura se han encontrado hasta ahora 4 modelos de administración materiales. Tres modelos pertenecen a la manera tradicional de gestionar los materiales y el cuarto corresponde a un modelo para la automatización de los procesos de gestión de materiales por Navon y Berkovich (2006). Este último modelo hace uso de tecnologías de la información tales como bases de datos, recolección de datos en campo por medio de PDA (Personal Digital Assistance), contiene una unidad de análisis que compara la información generada durante los procesos de la gestión de materiales, así como la capacidad de emitir alertas y reportes cuando exista alguna inconsistencia durante la administración de los materiales.

A pesar de que existen modelos para llevar a cabo una adecuada administración de los materiales, aún siguen existiendo problemáticas. Navon y Berkovich (2006) asocian estos problemas en dos categorías: la primera hace referencia a la compra y el suministro, mientras que la segunda categoría se refiere a los problemas derivados del almacenamiento. En el contexto local, en un estudio realizado por González et al. (2010) mencionan que aún siguen existiendo problemas derivados a la administración de materiales, en un 76% los materiales no estuvieron disponibles y en un 67% los costos de elevaron algunas veces.

Por otro lado la tecnología BIM ofrece múltiples ventajas para los diferentes procesos del ciclo de vida del proyecto. Entre estas ventajas destacan la visualización, la coordinación, el análisis y la integración en la cadena de suministros. Sin embargo, a pesar de que existe mucha información acerca de la tecnología BIM, muy poca hace referencia a la administración de materiales mediante estos modelos. BIM cuentan con el potencial para facilitar la administración de los materiales, debido a la diversidad y cantidad de información que pueden contener, integrando al modelo BIM la información que servirá a lo

largo de los procesos de gestión de materiales. Por lo tanto, es pertinente investigar la aplicabilidad de los modelos BIM en la administración de los materiales para los proyectos de edificación.

**REFERENCIAS:**

- ❖ Ala-Risku, T. y Karkkainen, M. (2006). "Material delivery problems in construction projects: a possible solution", *International Journal of Production Economics* 104(1) pp. 19-29.
- ❖ Alcudia Velázquez, C. (2002). "Propuesta de un sistema integral de planeación y control de proyectos de construcción en Yucatán", tesis inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.
- ❖ Audeves Pérez, S.; Pech Pérez, G.; Solís Carcaño, R. y Corona Suárez, G. (2012). "Metodología para desarrollar modelos de construcción de proyectos de vivienda, utilizando tecnología BIM", *Compilación de artículos de investigación de la red académica internacional de diseño y construcción*, pp. 34-48.
- ❖ Domínguez, J. (1993). "Propuesta para la Sistematización y Automatización del Control de Costos de Construcción". Tesis Inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.
- ❖ Fallon, K. y Palmer, M. (2007). "General Buildings Information, Handover guide, principles, methodology and case studies". *National Institute of Standards and technology*.
- ❖ González, J.; Solís, R. y Alcudia, C. (2010). "Diagnóstico sobre la planeación y control de proyectos en las PYMES de construcción" *Revista de la Construcción*, Vol. 9, No.1(agosto), pp. 17-25.
- ❖ Irizarry, J.; Karan, E. y Farzad, J. (2013). "Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management", *Automation in Construction* 31 (2013) pp. 241-254
- ❖ Navon, R. y Berkovich, O. (2006). "An automated model for materials management and control", *Construction Management and Economics*, 24:6, 635-646
- ❖ Solís Carcaño, R.; Zaragoza Grifé, N. y González Fajardo, A. (2009). "La administración de los materiales en la construcción". *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 13-3, pp. 61-71.
- ❖ Tirado Millán, I. (1998). "Sistema de administración de materiales para la construcción masiva de viviendas", tesis inédita de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán.

**ACERCA DEL AUTOR**

*El Ing. Marco Antonio Medina Pacheco estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán. Se ha desempeñado laboralmente como supervisor de urbanización, residente de obra y analista de precios unitarios. Actualmente cursa la maestría en construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán.*