

## **UN PROTOTIPO COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PLANEACIÓN DE OBRAS CON BASE EN MODELOS BIM**

**Jesús Nicolás Zaragoza Grifé (expositor)**

**Romel Gilberto Solís Carcaño**

**José Antonio González Fajardo**

Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ingeniería

Mérida, México

Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción

[zgrife@uady.mx](mailto:zgrife@uady.mx)

[tulich@uady.mx](mailto:tulich@uady.mx)

[jagonz@uady.mx](mailto:jagonz@uady.mx)

**“UN PROTOTIPO COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PLANEACIÓN DE OBRAS CON BASE EN MODELOS BIM”.****RESUMEN**

La extensión de la funcionalidad de las herramientas que permitan la gestión del modelado de información de edificios (BIM), es una práctica que está tomando auge debido a las limitantes que presentan dichas herramientas en función del contexto donde se han utilizado. En este trabajo se presenta el resultado del desarrollo de un prototipo computacional que permite extender una herramienta que gestiona modelos BIM con el objetivo de proveerla con las funcionalidades de: estimación de costos y programación de obra, utilizando la sincronización entre el modelo BIM y una base de datos con la información complementaria de tiempo y costo. El prototipo permite realizar el estimado de los costos unitarios, el presupuesto de la obra, la cuantificación de la misma mediante la asociación de las instancias de los elementos que conforman el modelo BIM y la programación de la obra con el método de precedencias (PDM). Se concluye que es posible extender las herramientas existentes para la gestión de modelos BIM para adaptarlas al contexto. Los autores del trabajo consideran importante seguir explorando la utilización de estas herramientas para adaptar otros procesos de diseño-construcción que dependen en forma sustancial del contexto.

**PALABRAS CLAVE**

Palabras clave: BIM, Prototipo, Cuantificación, Estimación de Costos, Programación de Obra

## INTRODUCCIÓN:

La tecnología de modelado de información de edificios (BIM, por sus siglas en inglés) se ha visto de manera gradual bien recibida por los diseñadores, los constructores e inclusive los propietarios [1]. Cada vez más, los procesos que de manera tradicional se realizaban mediante la interpretación de planos en 2D, tales como: la cuantificación, la estimación de los costos y la planeación de las obras; es posible realizarlas con la valiosa ayuda de BIM. Las posibilidades de la tecnología BIM parecen no tener límites; esto ha quedado de manifiesto dado que otros procesos han comenzado a ser abordados desde este enfoque, tales como: el aprovechamiento de espacios, el diseño energético, la ventilación, la iluminación, operación de edificios, etc. En el mercado se tienen a disposición de los usuarios herramientas que permiten la gestión de modelos BIM, tales como: Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley, por nombrar algunas. Sin embargo, a pesar del hecho de que desde el lanzamiento al mercado de dichas herramientas, sus procesos de mejora han sido sostenidos, se entiende que al final no podrán abarcar todo lo que es posible realizar con la tecnología BIM. En este sentido, se han realizado esfuerzos para lograr la interoperabilidad entre herramientas BIM y otras para otros procesos distintos pero que se pueden asociar. Este enfoque requiere del establecimiento de estándares de comunicación entre dicho software. El problema principal radica en que cada herramienta evoluciona de manera acelerada pero por separado, por lo que se hace difícil mantener un estándar adecuado. Por otro lado, otro enfoque ha sido la extensión de las herramientas BIM existentes; tal es el caso de Autodesk Revit mediante su RevitAPI SDK que permite al usuario desarrollar aplicaciones a la medida, para que aprovechen toda la potencialidad de la gestión del modelo BIM.

En este trabajo son presentados los resultados del desarrollo y programación de una extensión para Autodesk Revit 2014 con el objeto de adicionar la

funcionalidad para la estimación de costos, cuantificación y programación de obra mediante el método de precedencias (PDM, por sus siglas en inglés).

## **RevitSDK**

Autodesk RevitSDK es un conjunto de clases programables en el entorno .NET Framework de Microsoft. Estas clases están incrustadas en dos archivos de extensión DLL: RevitAPI.dll y RevitAPIUI.dll. Cada una de ellas maneja aspectos distintos del modelo BIM en Revit, así como también de la interfaz de usuario para su manipulación. Mientras que con RevitAPI.dll se tiene acceso a todos los elementos, familias y demás componentes que conforman el modelo BIM; con RevitAPIUI.dll se permite el acceso a los elementos de la barra de menú de Autodesk Revit; con la cual se hace posible la creación de comandos para ejecutar tareas específicas sobre el modelo BIM. Existe literatura extensa acerca de cómo aprovechar al máximo las capacidades RevitSDK; una de ellas es la de (Rudder, D, Instant Autodesk Revit 2013 Customization with .NET how-to, 2013). También existen varios blogs en internet con información de carácter práctico tal es el caso de (Tammik, J., The Building Coder, 2013).

## **Estructura de la extensión**

SincoBIM es el nombre de la extensión desarrollada para Autodesk Revit, objeto de este trabajo. SincoBIM está conformada por un conjunto de clases programada en Visual Studio 2012 y se instala como un archivo denominado SincoBIM.dll. La extensión utiliza una base de datos en SQLite para hacer persistir la información que mantiene sincronía con el archivo de extensión RVT de un proyecto BIM en Autodesk Revit. SincoBIM se incrusta en Autodesk Revit en su menú principal como un proveedor de funcionalidad extendida para la estimación de costos y programación de obra del proyecto BIM modelado. SincoBIM permite la importación de presupuestos realizados en el sistema estimación de costos

SincoWfi [2]. Se utilizaron otros componentes tales como: DXExperience [3] para interface gráfica de usuario, así como el componente para diagramas de Gantt GTP.NET [4].

## Interface gráfica de usuario

La interface gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) de SincoBIM se divide en un menú principal denominado SincoBIM el cual se descompone en seis paneles: Archivo, Conceptos, Proyecto, Presupuesto, Modelado y Programa de Obra. Cada uno de los paneles cuenta con comandos que permiten realizar acciones muy específicas. En la Figura 1 se muestra el menú principal de SincoBIM y sus seis paneles.

**Figura 1: Menú principal de SincoBIM**



El Panel de Archivo mostrado en la Figura 2, permite al usuario las siguientes acciones: crear una nueva base de datos para asociarla con el modelo BIM de Revit, abrir una base de datos existente, abrir la última base de datos trabajada en una sesión previa. Cabe mencionar que hasta que se abre un archivo o se crea uno nuevo los demás paneles del menú SincoBIM son activados.

**Figura 2: Panel de Archivo**



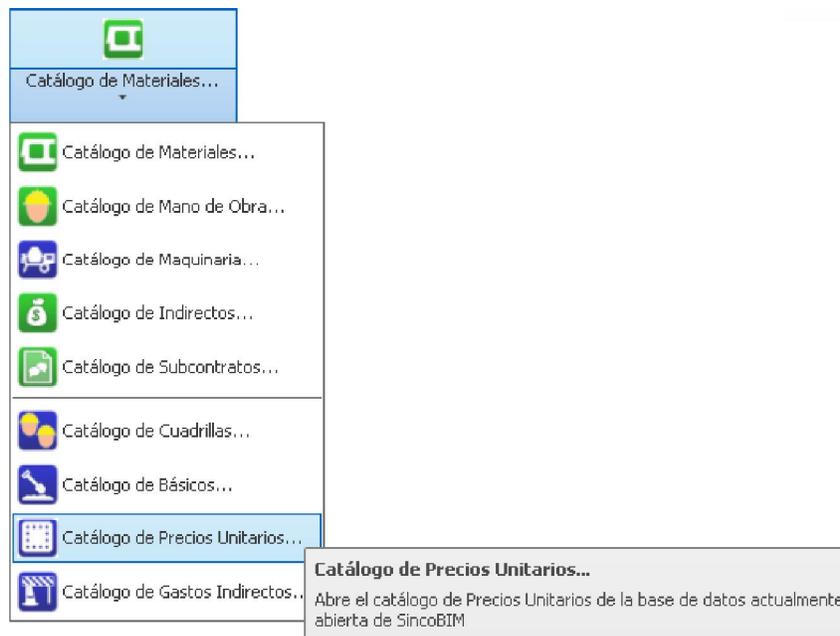
Para acceder a la funcionalidad de estimación de costos, el Panel de Conceptos mostrado en la Figura 3, permite desplegar los catálogos de los diferentes tipos de conceptos o recursos que forman un presupuesto de obra.

**Figura 3: Panel de Conceptos**



En la Figura 4, se muestran todos los comandos disponibles para acceder a los diferentes catálogos de conceptos por tipo.

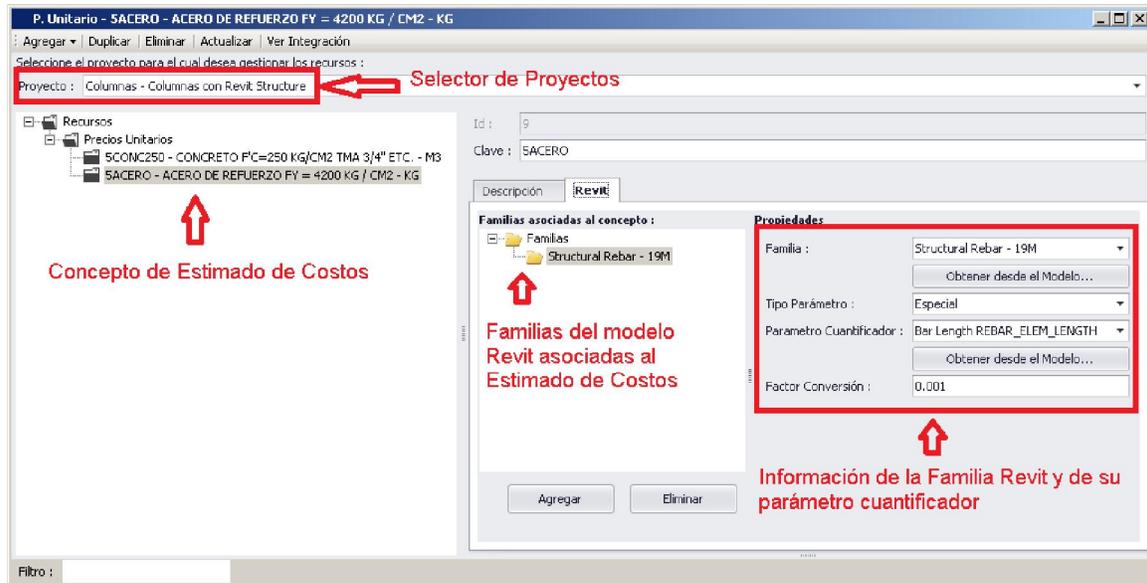
**Figura 4: Comandos del panel de Conceptos**



En la Figura 5 se muestra a manera como ejemplo ilustrativo la ventana del análisis de un precio unitario así como el recuadro de edición de asociación del estimado de costos con sus familias tomadas del modelo Revit. Esta parte es una

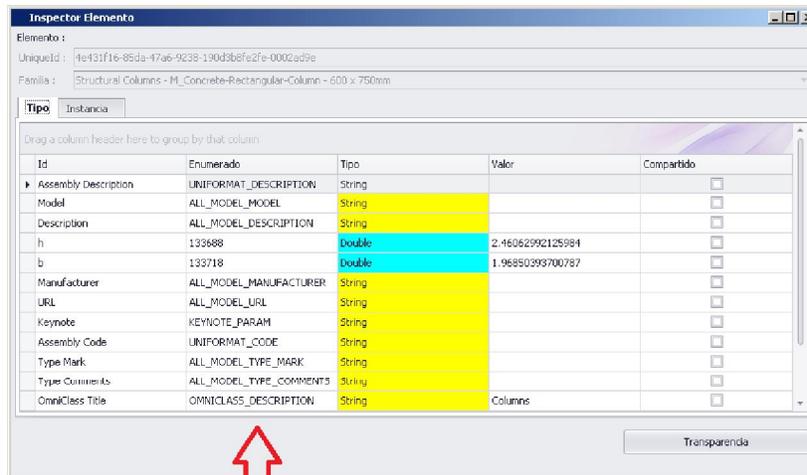
de las más importantes de SincoBIM, ya que es lugar donde se define la asociación entre los estimados de costo que conforman un presupuesto de obra y las familias de elementos geométricos que les corresponden del modelo Revit. Cabe mencionar que cada familia en Revit tiene distintos parámetros que aportan información particular sobre las instancias de sus elementos en el modelo. Por ejemplo, si en el modelo existe un muro de concreto y en el presupuesto se tiene un estimado de costo relativo a la fabricación y colado del concreto para dicho muro, entonces se tiene que asociar el estimado de costo con la familia del muro correspondiente y colocar como parámetro de cuantificación el volumen que reporta cada elemento de esa familia en el modelo. De esta manera todos los elementos de dicho tipo de muro podrán ser asociados posteriormente a una cuenta perteneciente a una partida en un presupuesto para cuantificar el volumen de concreto. SincoBIM permite asociar de manera interactiva la familia y el parámetro de cuantificación mediante la selección de un elemento desde una vista del modelo en Revit. Se implementa un factor de conversión en el caso de que la información proporcionada por el modelo Revit necesite adaptarse a las unidades del estimado de costo del presupuesto. Se pueden asociar varias familias de Revit a un estimado de costos. Por ejemplo: se pueden asociar las familias pertenecientes a elementos constructivos tales como: zapatas, trabes y columnas de concreto y utilizar para la cuantificación del volumen a fabricar y colar de concreto el parámetro del volumen neto de los elementos. Este tipo de asociaciones permite que más de un tipo de elemento pueda aportar a la cuantificación de los estimados de costos para un presupuesto de obra.

**Figura 5: Pantalla del catálogo de Precios Unitarios mostrando la edición de la asociación de estimado de costos con familias del modelo Revit**



Para poder saber qué parámetros tiene un elemento del modelo en Revit, SincoBIM tiene una herramienta denominada inspector de elementos. De la Figura 5 en el recuadro de propiedades de las familias asociadas se observa el botón debajo del parámetro cuantificador con la leyenda: “Obtener desde el Modelo...”, esto permite al usuario seleccionar un elemento de la familia correspondiente y desplegar la herramienta para inspeccionar todos los parámetros de la instancia seleccionada. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de esta ventana. De esta ventana se permite escoger el parámetro que servirá como cuantificador, a la vez que sirve para explorar los valores que actualmente tiene el elemento seleccionado. Si bien Revit tiene un explorador de propiedades del elemento, el Inspector del Elemento de SincoBIM muestra el tipo de valor que tiene cada parámetro por lo que es más sencillo identificar que parámetro usar para la cuantificación.

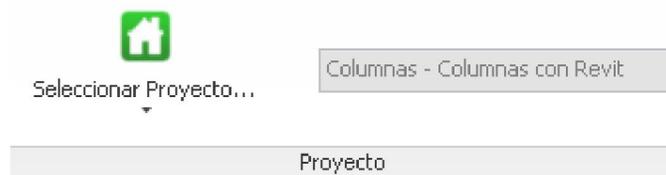
**Figura 6: Inspector de elementos de SincoBIM**

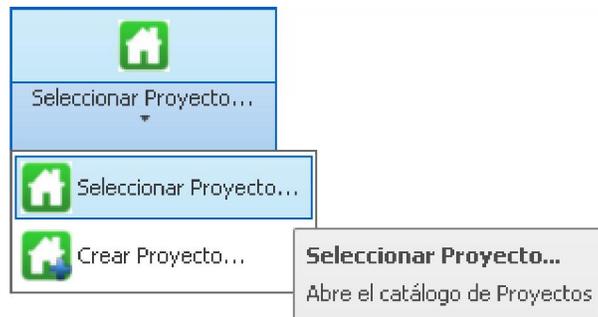


Parámetros de la Familia  
Revit del Elemento  
Seleccionado

Para poder crear un presupuesto de obra, es necesario crear un proyecto o seleccionar uno existente. El Panel de Proyecto mostrado en la Figura 6 tiene dos comandos principales que se muestran en la Figura 7. Por un lado permite la selección de algún proyecto para el cual se quiere estimar sus costos y realizar su programa de obra; por otro lado se tiene un comando que permite la creación de un nuevo proyecto o la edición de alguno existente. También cuenta con una caja de texto que retroalimenta al usuario con una etiqueta con la información del proyecto actualmente seleccionado.

**Figura 7: Panel del Proyecto**



**Figura 8: Comandos del Panel Proyecto**

En la Figura 9 se muestra el comando de edición del Presupuesto de Obra del proyecto actualmente seleccionado.

**Figura 9: Panel del Presupuesto**

Al ejecutar el comando de edición del presupuesto se mostrará una pantalla como la que se muestra en la Figura 10. La información en la pantalla del presupuesto se divide de tal forma que la estructura de desglose de los trabajos del proyecto se encuentra en un recuadro en la parte izquierda. En este recuadro se define los agrupadores que empaquetan cuentas de estimados de costos. En términos de la Ingeniería de costos a estos agrupadores se les conoce dependiendo de su nivel jerárquico dentro de la obra como: capítulos, partidas, sub partidas, etc. En el recuadro de la derecha se tiene la información de las cuentas que asocian agrupadores con estimados de costos. La información clásica para el estimado de costo consta de: clave, tipo, descripción, unidad y costo unitario. Mientras que

para la cuenta los elementos de información clásico son la cantidad y el importe definido como el producto del costo unitario por la cantidad. Para el caso de SincoBIM se han agregado tres columnas adicionales: la familia, los filtros y el indicador de la forma en la que se editará la cantidad de la cuenta. La columna familia permite especificar una o todas las familias asociadas al estimado de costo. Mientras que los filtros establecen criterios de asociación de elementos del modelo BIM con la cuenta del agrupador. Por ejemplo, si se tiene un estimado de costo para “tubería sanitaria de PVC de 100 mm de diámetro”, la familia asociada desde el modelo Revit puede tener distintos diámetros, por lo que se puede establecer que solamente se puedan asociar instancias de elementos de dicha familia pero que cumplan con la condición de que su diámetro sea de 100 mm. Es decir, si un elemento del modelo es de la familia PVC sanitario pero su diámetro es de 75 mm; entonces este elemento no podrá ser asociado a la cuenta por no cumplir con la condición del filtro.

**Figura 10: Pantalla del Presupuesto con la pestaña de Cuentas seleccionada**

**Menú principal del Presupuesto**

**Información del Agrupador / Partida**

**Cantidad Liqada al Modelo Revit**

**Estructura de desglose del proyecto**

Clave	Tipo	Descripción	Unidad	Familias	Filtros	Costo	Cantidad	I. Presupuestado	Por Modelo
SCONC250	PUnitario	CONCRETO FC=250 KG/CM2 TMA 3/4" ETC.	M3	Structur...		\$2,500.00	2.260000	\$5,650.00	<input checked="" type="checkbox"/>

**Concepto de Obra**

**Información de Asociación con el Modelo Revit**

**Costo Unitario, Cantidad e Importe**

**Importe del Agrupador / Partida**

Total = 5,650.00  
I.V.A. = 904.00  
Total Neto = 6,554.00

En la Figura 11 se muestra lo mismo que la Figura 10 pero se tiene seleccionada la pestaña con la etiqueta “Elementos”. En esta pestaña se muestran todos los

elementos asociados a la cuenta seleccionada del presupuesto. Esta parte viene a ser los números generadores para la cuenta del presupuesto, solamente que la cantidad total está en función de la suma de las aportaciones de los volúmenes de cada instancia de elemento del modelo Revit asociado a la cuenta. Cabe mencionar que si el modelo cambia las cantidades asociadas también la harán, de esta forma se mantiene la sincronía del modelo con su costo asociado.

Desde esta ventana se puede realizar la asociación de uno o varios elementos del modelo Revit con la cuenta previamente seleccionada del presupuesto. Es importante mencionar que es una de las dos formas que SincoBIM tiene para asociar elementos al presupuesto. En este caso el modelo ya se tiene hecho y solamente se asocian a la cuenta instancias de elementos del modelo Revit que se escojan por el usuario.

**Figura 11: Pantalla del Presupuesto con la pestaña de Elementos seleccionada**

Elemento del modelo Revit asociado a la Cuenta

Información de la Cuenta

Etapa Constructiva de cada Elemento del modelo Revit

Cantidad que aporta el elemento al volumen de la Cuenta

Indica si existe en el modelo Revit

Etapa	Eje	Tramo	Ubicación	Cantidad	Observaciones	Existe	Adicional
Etapa1	A-1			1.1300		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Etapa1	A-2			1.1300		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La segunda forma SincoBIM tiene de asociar instancias de elementos al modelo es mediante el panel de modelado. En la Figura 12 se muestran los comandos disponibles.

**Figura 12: Panel del Modelado**



Para asociar elementos mediante el modelado se necesita primeramente seleccionar una cuenta destino para la asociación de las instancias que el usuario pretenda modelar. Seguidamente, se presiona el comando de “Iniciar modelado...”, esto pone a Autodesk Revit en un estado en el que todas las instancias que se modelen a partir de esta acción se asocien a la cuenta seleccionada. Sin embargo solamente serán asociadas aquellas instancias de elementos que se correspondan con las familias asociadas al estimado de costos que pertenece a la cuenta seleccionada. Una vez que a juicio del usuario se termine de modelar para esa cuenta, se ejecuta el comando de detener modelado y Autodesk Revit deja de asociar los elementos a la cuenta. Al final todo lo modelado de esta forma de forma interactiva se asocia con el presupuesto. Dependiendo de cómo quiera trabajar el usuario puede asociar instancias de elementos de las dos formas descritas.

Finalmente, SincoBIM permite realizar la programación de la obra por el método de precedencias (PDM, por sus siglas en inglés). En la Figura 13 se muestra el Panel del Programa de obra que tiene un solo comando que permite la edición del programa. Otro aspecto importante del recuadro de los elementos asociados a la cuenta del presupuesto es la definición de las etapas constructivas. Es aquí donde

se puede especificar cuáles elementos se construirán en qué etapa ya que de esta forma es posible realizar un programa con suficiente nivel de detalle para ser utilizado durante la construcción del proyecto.

**Figura 13: Panel del Programa de Obra**



Editar Programa de Obra...

Programa de Obra

Al ejecutar el comando de edición del programa de obra se despliega una ventana como la que se ilustra en la Figura 14. Por medio de la interfaz de usuario de esta ventana se pueden definir distintas etapas para cada una de las cuentas del presupuesto de obra. Se pueden definir también las precedencias para conformar la red de actividades para poder calcular la duración y las fechas del programa de obra. Cabe mencionar que se puede definir un calendario personalizado para tomar en cuenta aquellos días que no se trabajan ya sea por costumbre o por ley.

**Figura 14: Pantalla del Programa de Obra**

**Selector de Proyectos**

**Estructura de Desglose**

**Diagrama de Gantt**

**Etapas constructivas de la Cuenta**

**Precedencia**

**Información de la Precedencia**

**Información del Programa de Obra**

[+] Clave	Descripción	Duración	PT	PT
Columnas	Columnas con Revit Str...	12	16/oct/2013	
P-01	ESTRUCTURA	12	16/oct/2013	
SCONC25	CONCRETO f'c=250 KG...	12	16/oct/2013	

**Propiedades**

Cuenta: P-01 ESTRUCTURA  
 Cuenta: SCONC25 - CONCRETO f'c=250 KG/CM2 TMA 3/4" ETC. - M3 (2.260000 + 0.000000 = 2.260000)

**Precedencia**

Etapa Precedente: Etapa1  
 Tipo precedencia: Fin - Principio  
 Lag (días): 2  
 Lag 1 (días): 0

**Etapa**

Nombre: Etapa2  
 Cantidad: 0 M3  
 Modo Duración: Fija  
 Duración (días): 5

Fecha Inicio: 16/10/2013  
 Fecha Terminación: 28/10/2013  
 Duración: 12 días

Las etapas de construcción son las actividades que se programan y para las cuales se definen sus precedencias.

## CONCLUSIONES:

El prototipo presentado en este trabajo es una muestra de lo que se puede lograr al extender la herramienta Autodesk Revit mediante el uso de su RevitSDK y otras herramientas. Las posibles aplicaciones de estas herramientas orientadas a la tecnología BIM son ilimitadas.

Por otro lado queda de manifiesto que las aplicaciones actuales requieren de la conjunción de distintas disciplinas tales como: Arquitectura, Construcción, Ingeniería Civil, Ingeniería de Software, Ingeniería de Procesos, etc.; es decir la multi disciplinariedad y las trans disciplinariedad bases fundamentales de la tecnología BIM mismas que se hacen presentes.

Los autores consideran importante el seguir explorando las capacidades de las herramientas aquí presentadas, sobre todo cuando se hace necesaria la adaptación de procesos de diseño-construcción que son sensibles al contexto donde se llevan a cabo. Es aquí cuando al permitirse la extensión de la funcionalidad de una herramienta; las puertas quedan abiertas al desarrollo especializado para intentar resolver problemas específicos del contexto.

## REFERENCIAS:

- ❖ Pramod K., R. (2012) BIM for Building Owners and Developers Making a Business Case for Using BIM on Projects, Wiley, USA.
- ❖ SincoWfi, 4, México, <http://www.sincowfi.ingenieria.uady.mx/>
- ❖ DXExperience WinForms, 12, EUA, <https://www.devexpress.com/>
- ❖ GTP.NET, 4, Suecia, <http://plexityhide.com>

## ACERCA DE LOS AUTORES

*El M. en Ing. Const. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Actualmente es Profesor de tiempo completo del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.*

*El M. en Ing. Const. Romel Gilberto Solís Carcaño estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Actualmente es Profesor de tiempo completo del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.*

*El M. en Ing. José Antonio González Fajardo estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en la Universidad de Berkeley, California, USA. Actualmente es Profesor de tiempo completo del Cuerpo Académico de Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.*

