

4



INTRODUCCIÓN AL MODELO INTEGRADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

I.C. JULIO R. BAEZA PEREYRA
ING. NICOLÁS ZARAGOZA GRIFFÉ



INTRODUCCIÓN

La idea de productos CAD basados en Modelos Integrados de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) no es nueva, pero fue aplicable para los productos comerciales hace relativamente poco tiempo. El sector de la construcción tradicionalmente ha comunicado la información de proyectos de edificación mediante dibujos con notas y especificaciones. Sin embargo, el software para costeo y planeación no es parte integral del CAD. Esto generalmente conduce a problemas tales como falta de detalles tanto constructivos como de procedimientos durante la fase de construcción. En este trabajo se presentan los resultados al conjuntar herramientas de software disponibles en el mercado con la finalidad de desarrollar un proyecto con una perspectiva global: diseño gráfico, costos y planificación. Se pueden observar las ventajas de dicha tecnología, no sólo para los arquitectos e ingenieros, sino también para el propio cliente, ya que se pueden conocer por adelantado muchos aspectos del proyecto y el impacto económico que pueden producir los pequeños y grandes cambios en la obra.

INTRODUCCIÓN AL MODELO INTEGRADO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La idea de productos CAD basados en BIM no es nueva. Los primeros ejemplos que se pueden encontrar en la literatura corresponden al uso de modelos similares para calcular las dimensiones de elementos estructurales a partir de planos digitales. Uno de estos programas data de finales de la década de 1980 y principios de 1990.

Para entonces se tenían sistemas residentes en supercomputadoras. En 1993 ya existían productos que guiaban al usuario desde las propuestas arquitectónicas, mostradas mediante planos en formato electrónico en dos dimensiones, hasta la selección de elementos que soportasen los requerimientos del edificio, junto con volumetrías, todo esto englobado en una interfaz de usuario. Dichos productos se presentaron en la Quinta Conferencia Internacional de la ICCCBCE, ASCE (Fink, 2004). Las versiones de las aplicaciones tales como SOFiSTiK® (Fink, 2004) son descendientes de aquellas primeras propuestas de la década de 1980. Otros ejemplos en esta línea son programas tales como CYPECAD (Montero, *et. al*, 2002), el paquete Object ARX® (AutoDesk, 2000), etcétera.

Sin embargo, los productos presentados anteriormente no se pueden considerar sistemas de modelado integral de edificios puesto que, aunque son capaces de producir memorias de cálculo estructural, volumetrías y especificaciones de diseño, aspectos tales como la planificación y control de obra no son transparentes para el usuario. Con la actual generación de sistemas BIM/CAD, la información puede describir tanto la geometría como los materiales, las especificaciones, los requerimientos de códigos, los procedimientos de ensamble, los precios de fabricantes y distribuidores, así como algunos otros datos relacionados con la manera en que son utilizados en realidad. Por ejemplo, una puerta, como un objeto

inteligente dentro de un software BIM, tiene que conocer sus interrelaciones con los muros, cerramientos, etcétera, y reaccionar de manera acorde.

Las principales ventajas del uso de software BIM/CAD son:

- **Mejor Coordinación:** Cuando hay varios especialistas trabajando sobre un mismo proyecto, la coordinación no es difícil como con los dibujos en 2D o 3D. Un software de BIM puede destacar interferencias en rojo, inmediatamente.
- **Aumento productividad, menos horas-hombre:** Esto se traduce a menores costos o en mejores honorarios.
- **Diseño y mejor calidad de detalle:** Con este sistema se puede dedicar más tiempo al diseño ya que se reduce el tiempo en que hay que pasar los bosquejos iniciales a CAD. Además, este sistema exige pensar y diseñar todos los detalles, ya que de no hacerlo, el modelo queda inconcluso.
- **Control de la información del proyecto:** La base de datos de BIM, cuando se utiliza de una forma óptima se convierte en la fuente central para toda la información del proyecto, dando costos, cubicaciones, etc.
- **Abrir nuevos mercados para los arquitectos/ingenieros:** La base de datos que en definitiva es el modelo da lugar a nuevos servicios que los arquitectos pueden aprovechar, como por ejemplo estimar costos de forma más detallada, programar el administración de la obra, o generar imágenes a partir de un solo modelo.
- **Educativo para los arquitectos/ingenieros jóvenes:** Estos programas al exigir mayor cantidad de detalle, obligan a los arquitectos jóvenes que trabajan en grandes proyectos a tomar decisiones de proyecto, o sea, fuerza a arquitectos jóvenes encontrar respuestas inmediatamente.
- **Facilita la relación con el cliente:** poder mostrarle al cliente cómo va avanzando el diseño de la obra en 3D sin duda es un valor agregado indiscutible.

DE LAS ENTIDADES A LOS OBJETOS CONSTRUCTIVOS

Se tiene que aclarar la diferencia entre objetos y entidades. Un objeto, desde un punto de vista informático, es un procedimiento independiente que contiene las instrucciones y los datos para realizar una cierta tarea, así como el código de programación necesario para manejar los diversos mensajes que puede recibir. La industria y la academia han dedicado esfuerzos para investigación y desarrollo en torno al problema de descripción de la geometría de manera digital, así como la de almacenar, presentar y manipular en una computadora la información que no es gráfica. Los software para el manejo de información geométrica vectorizada --conocidos como "máquinas geométricas"-- los resultantes de estos esfuerzos son el corazón de los productos disponibles actualmente (Autodesk Revit, 2000).

AutoCAD© es un ejemplo de una aplicación escrita en C++, lenguaje orientado a objetos que utiliza un concepto general de objetos para crear, mediante "elementos bosquejo" o de "primitivas de dibujo", líneas y arcos. En este punto es donde la confusión comienza. Mientras que AutoCAD mismo es un programa orientado a objetos, los objetos que provee sólo son objetos gráficos o "entidades".

Aunque tales objetos tienen todos los conceptos de objetos de programación, son utilizados principalmente para dibujar una representación de la información altamente simbólica sobre el edificio. Los diseñadores y constructores deben interpretar su significado exactamente de la misma manera como se haría con los

dibujos (planos, bosquejos, etcétera.) en papel. No es otra cosa que una reproducción de los dibujos hechos a mano, pero ahora creados usando la computadora como sistema de bosquejo. Aun con la creación de una librería de símbolos o bloques en AutoCAD se depende mucho del conocimiento previo de símbolos, que en la construcción no están bien estandarizados. Muchos de estos dibujos no son lo bastante detallados como para inferir costos, procedimientos de construcción, planificación, representación de instalaciones especiales de manera espacial, etcétera. Dado lo anterior, es muy probable que se incurra en errores en la fase de construcción, así como en desperdicio de mano de obra, tiempo y materiales (Ibrahim y Schipporiet, 2004).

DE LA REPRESENTACIÓN CAD A LA BIM

Utilizando BIM con CAD, los componentes de una edificación se vuelven objetos digitales con información añadida. Dicha información está disponible para que otras aplicaciones tengan acceso a ella. Así pues, en teoría, con una aplicación de bases de datos u hojas de cálculo se puede intercambiar información acerca de los datos guardados en dichos objetos. Todos los objetos están codificados en sus tres dimensiones espaciales en el momento en que son colocados, entre otras cosas, de la manera más real que sea posible. Por ejemplo, un objeto de tipo pared entiende las características de las paredes y actúa como una. En vez de representar un muro en dos dimensiones, como dos líneas paralelas, el objeto muro tiene propiedades que describen no sólo sus dimensiones geométricas (longitud, ancho y altura), sino también los materiales e inclusive los acabados, las especificaciones de los diseñadores y los precios unitarios. De igual forma, un objeto de tipo escalera proporciona información particular de la misma manera que un objeto muro. Un objeto puede tener un sistema finito de parámetros que dictan su forma; la codificación del objeto tiene que incluir estos parámetros. Asimismo, dicha información requiere de un conocimiento previo de los parámetros implicados en la creación del objeto físico (Ibrahim, Krawczyk y Schipporiet, 2004b).

LA FINALIDAD DE LA TECNOLOGÍA BIM EN LA CONSTRUCCIÓN, COMO UN PROCESO INTEGRADO

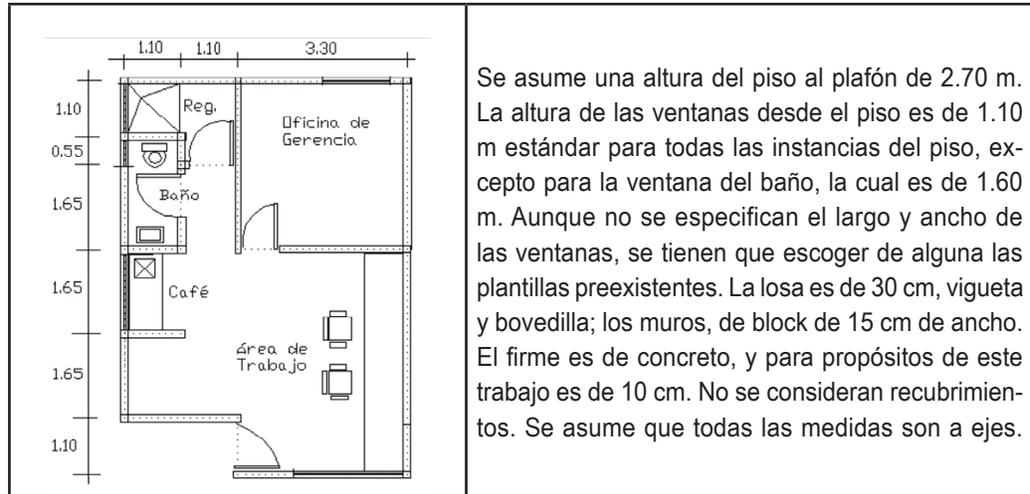
La meta principal del concepto BIM es crear un modelo digital completo de la obra para asegurar la generación volumétrica exacta y costos de materiales, junto con dibujos y detalles coordinados entre los diferentes participantes en el proyecto. Esta meta requiere la contribución de varias disciplinas al momento de proporcionar el nivel necesario para la información. El desarrollo de los sistemas especializados capaces de modelar elementos específicos del edificio complementa definitivamente los sistemas CAD arquitectónicos (Cornick, 1996). El nivel de especialización de estos sistemas permitirá satisfacer las necesidades genéricas de diseñadores y constructores. Esto conducirá a la industria CAD a la creación de sistemas o metodologías integradas de gran alcance que puedan manejar toda la información requerida por los diferentes grupos involucrados en el equipo de trabajo, o de sistemas que permuten información entre sistemas BIM para pasar la información a otros programas -y a gente- que sean capaces de manejar tareas específicas de manera más eficiente (Ibrahim y Krawczyk, 2003). La figura 1 presenta una idealización del proceso asistido por herramientas BIM

Sin embargo, la filosofía de la construcción como un proceso integrado, que tiene su inicio en el diseño, con participación de diseñadores y constructores, apenas está siendo implantada y utilizada en el medio (Fink, 2004).

en el mercado, en nuestro medio es el que más se acomoda a los usuarios de AutoCAD. Para este curso no se tiene previsto un estudio a fondo de las capacidades de dicho software; más bien se deja que los participantes experimenten con el sistema y vean las posibilidades para aprovecharlo en diversas facetas de conocimiento en la empresa.

EJEMPLO DE PRESENTACIÓN DEL SISTEMA BIM

Supóngase que se tiene el siguiente problema: se debe modelar y construir la siguiente obra:



(Nota: el plano puede contener errores y no se consideran los muebles).

Lo primero que se tiene que hacer es iniciar Autodesk Revit. Una vez iniciado, se mostrará la pantalla para inicio (Fig. 1).

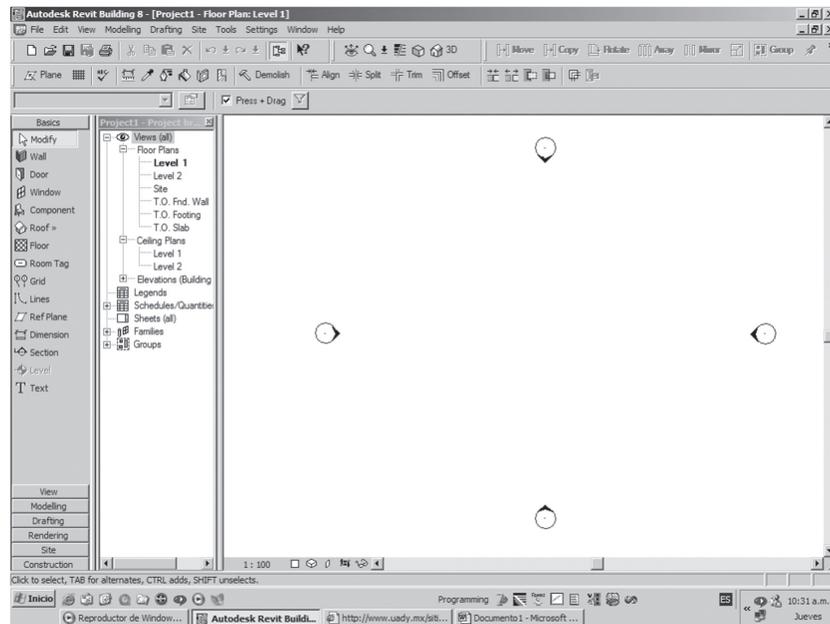


Fig. 1 Modelo en blanco

De la barra de selección de objetos (la que se localiza a la izquierda), seleccione la que corresponde a la colocación de ejes (“Grid”, en la sección de objetos “Basic”). Cuando se selecciona un objeto de dicha barra, de manera automática se despliegan en la barra de herramientas sus propiedades. Además, se despliegan en la caja de selección de la barra de herramientas todas las posibles de la clase de objeto. A esto se le conoce como “Family” (familia). Una de las opciones de dicha barra consiste en desplegar las propiedades del objeto seleccionado y las correspondientes a sus “parientes”. En sí, la barra consta del selector de objetos y el de edición de propiedades. Al accionar el selector de objetos se escoge uno de la lista de las posibilidades. Al accionar el editor de propiedades se pueden modificar los valores de dicho objeto (Fig. 2).

Se procederá a colocar los ejes de referencia; así será más fácil la distribución de muros. Para ello, se colocan los ejes horizontales y verticales como corresponde al croquis que se proporcionó. Al final de este proceso se deberá obtener la siguiente distribución de espacios (Fig. 3a).

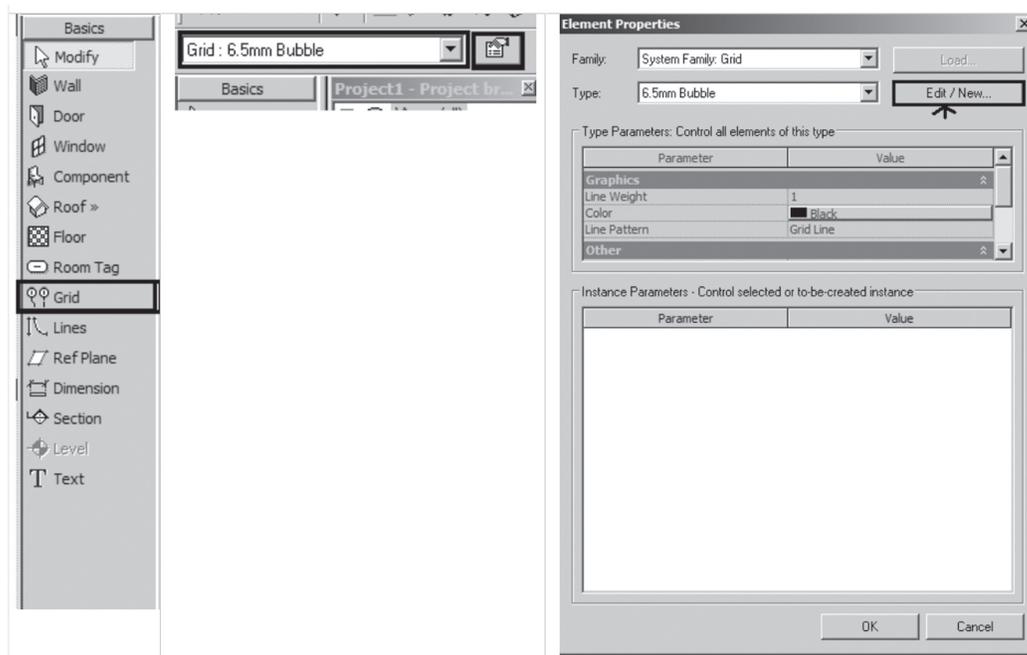


Fig. 2 Modificación de propiedades de objetos

Para dimensionar espacios es necesario tener bien definidos los ejes. Una vez definidos se acciona el comando “Dimension” de la barra “Basic”. Dicho objeto también se encuentra como comando en la barra de menú “Drafting”. Al insertar el objeto dimensión se debe tener en claro *cuál es el eje de referencia en la dirección que se elija*. Una vez definido, al seleccionar el eje, el inicio se ancla automáticamente a éste y se puede extender al siguiente eje. Para detener el comando basta con apretar el botón del ratón en un lugar donde no halla eje alguno. Hágase esto en las direcciones que se tienen disponibles (Fig. 3b).

Se debe notar que las dimensiones están en milímetros (Fig. 3b). Si es necesario utilizar metros, se pulsa el botón de propiedades y se elige la opción *Edit/New* para tener acceso a las propiedades de este elemento. Entre los parámetros a modificar se selecciona el de “Units Format” para desplegar las opciones de formato (Fig. 4).

Seleccione "Meters" en el cuadro "Units" y 2 en el "Rounding" y obtendrá medidas en metros, redondeadas a dos decimales. También se puede desplegar esta información junto con el número; para ello se selecciona la opción "Unit suffix".

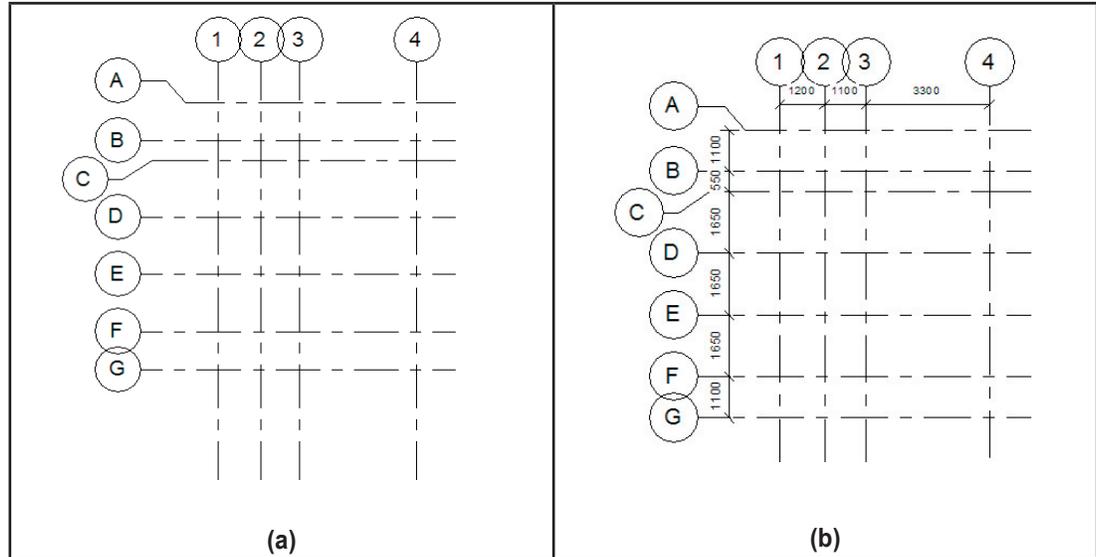


Fig. 3 Distribución de ejes y dimensiones en planta

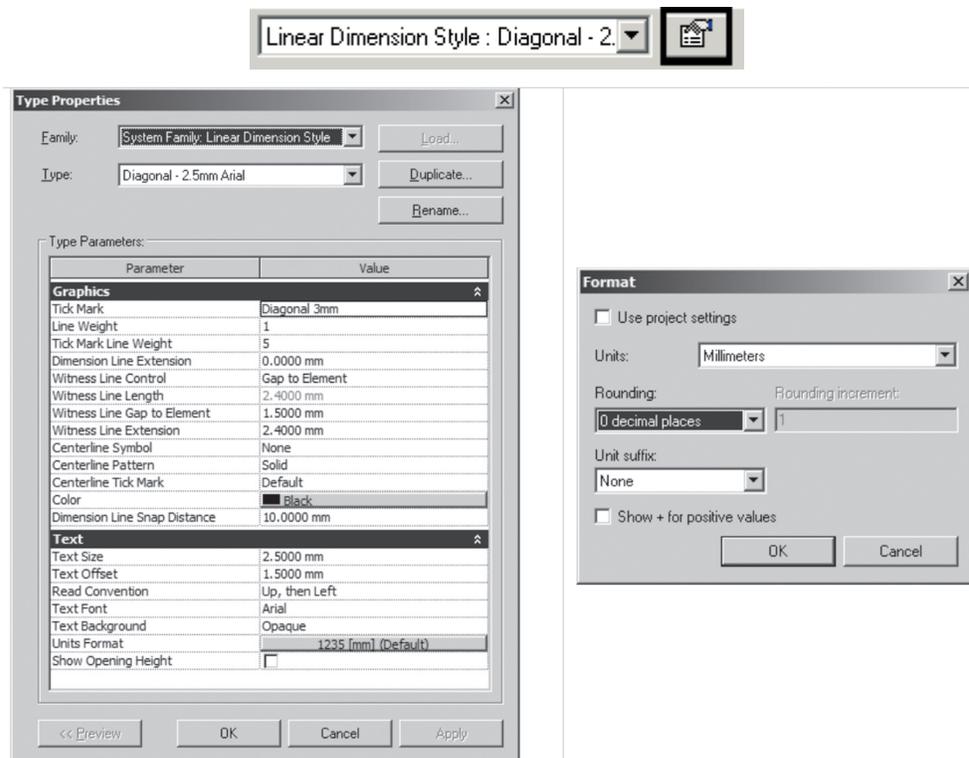
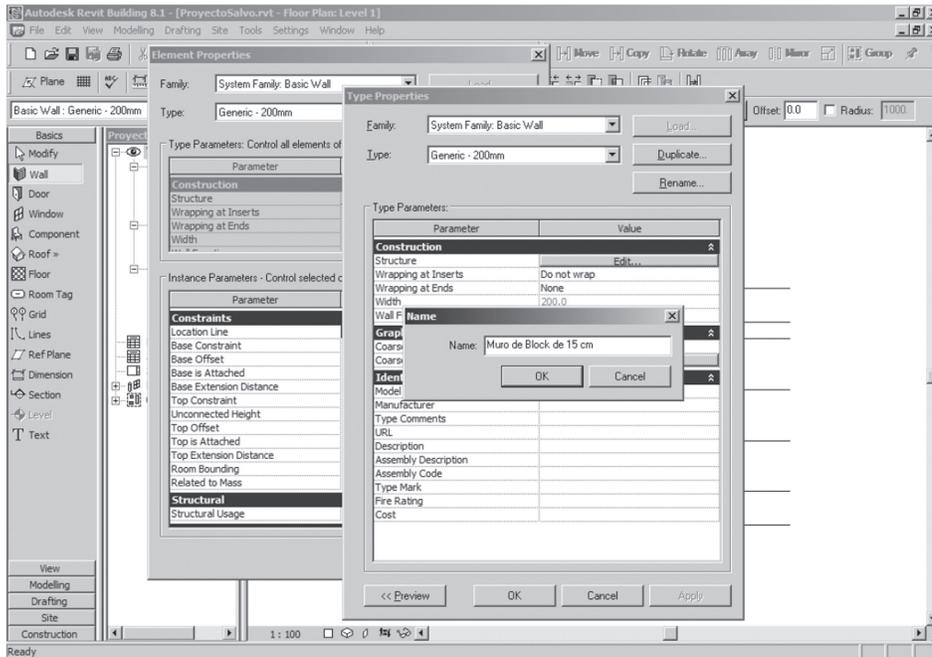
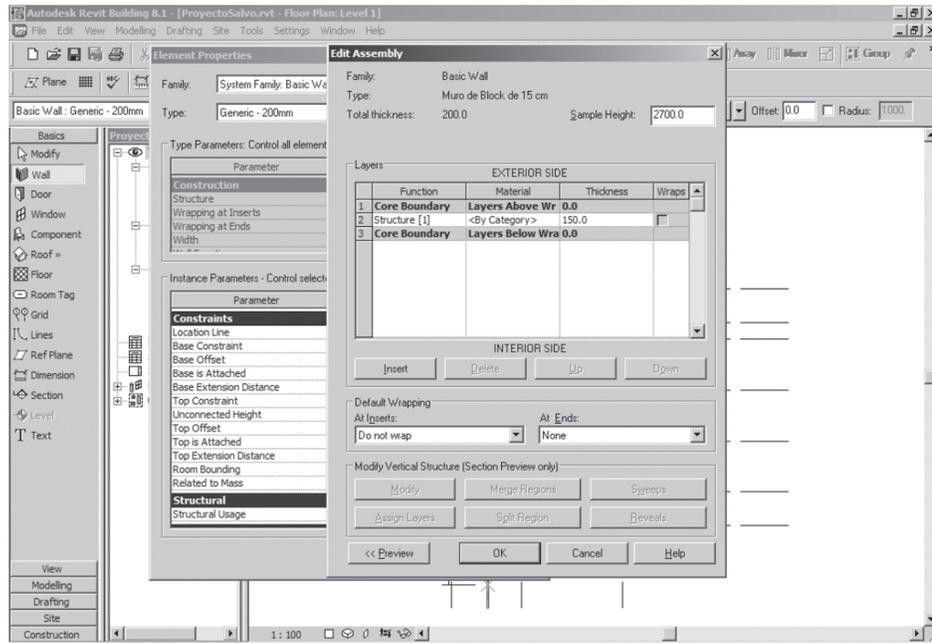


Fig. 4 Propiedades de las medidas del proyecto

Hecho lo anterior, asegúrese de que en la barra de propiedades del objeto (en la parte superior), se muestre “Basic Wall: Generic-200mm”. Modifique las características del muro mediante duplicación (*Edit/Duplicate*), para que se ajusten a las especificaciones (Fig. 5a). Para modificar la estructura del muro se usa “*Edit Structure*” (Fig. 5b).



(a)



(b)

Fig. 5 Modificación de las propiedades de los muros

Una vez editada la estructura se puede agregar más información. Elija un punto de inicio y comience a trazar el muro exterior del edificio. Con ello se asegura de delimitar el espacio en el cual se va a trabajar. No se detenga por detalles como puertas y ventanas. Luego dibuje los muros interiores. Posteriormente se trabajarán los detalles arquitectónicos (Fig. 6a y b).

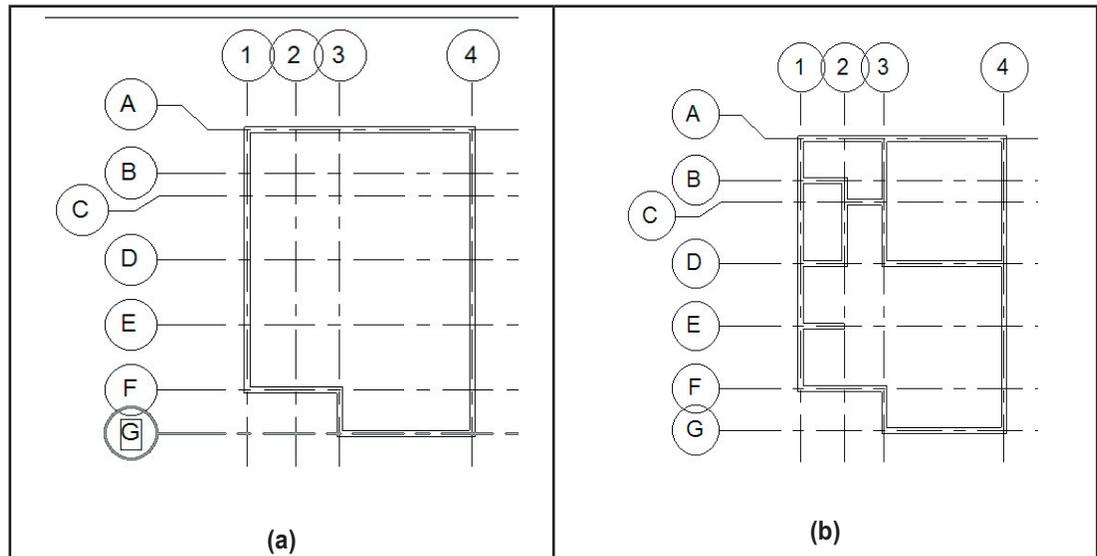


Fig. 6 Colocación de muros

Ya con los muros completos se agregarán las puertas correspondientes. Ahora se podrá ver el edificio con sus muros interiores y exteriores en 3D (Fig. 7 a y b). Se colocarán las ventanas donde corresponden; para ello se usarán las vistas 3D. Además, se escogerán de la familia de ventanas disponibles las que más se aproximen a las dimensiones del croquis original.

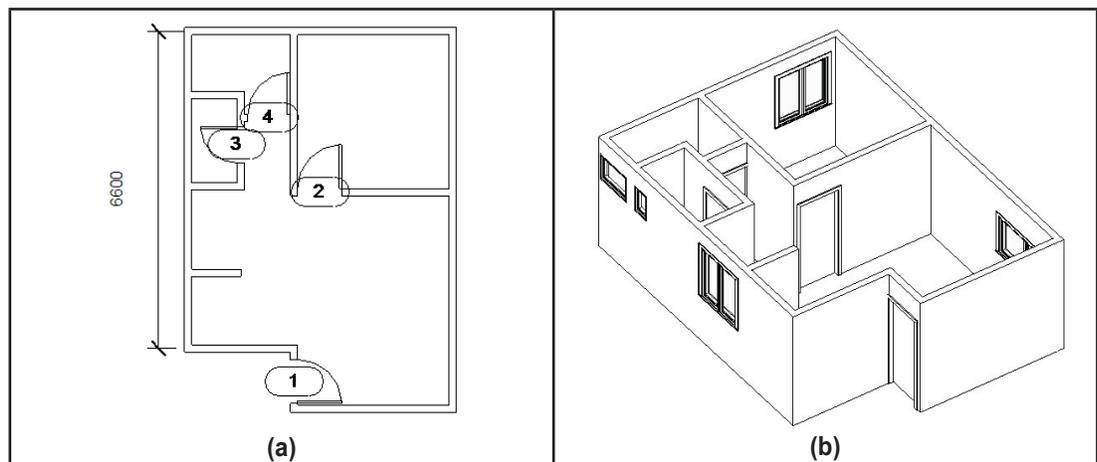


Fig. 7 Colocación de muros

Para añadir la losa es necesario saber dónde se encuentra posicionado el usuario. Se necesita que la losa se encuentre en el nivel superior al cual se ha trabajado y a qué altura se encuentra dicho nivel. Para ello se requiere de utilizar una de las vistas de fachada, ya sea la norte, sur, este u oeste: Por defecto, el nivel 2 se encuentra a 4 metros de la cota del nivel 1. Seleccionando dicho nivel y arrastrándolo hasta hacerlo coincidir con la altura de los muros, se soluciona la discrepancia (Fig. 8).

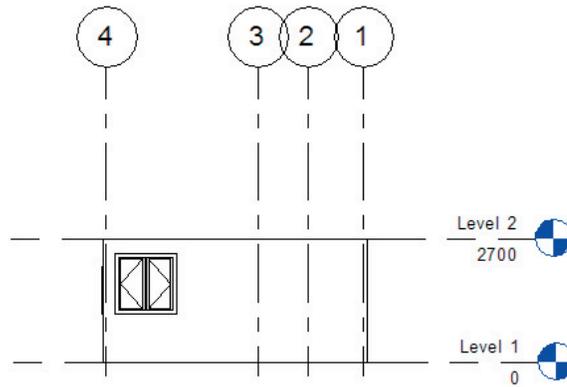


Fig. 8 Ajustando las alturas de los niveles

Por último, se agregará la losa del edificio. Para ello, se situará en el nivel 2 del dibujo y se escogerán los muros limítrofes con el comando “Roof”. Para ello se elige el nivel 2 (Level 2) y se selecciona la opción “Roof by Footprint” (Fig. 9). Para esta operación se seleccionan los muros limítrofes de la estructura y se acciona el comando “Finish Roof”.

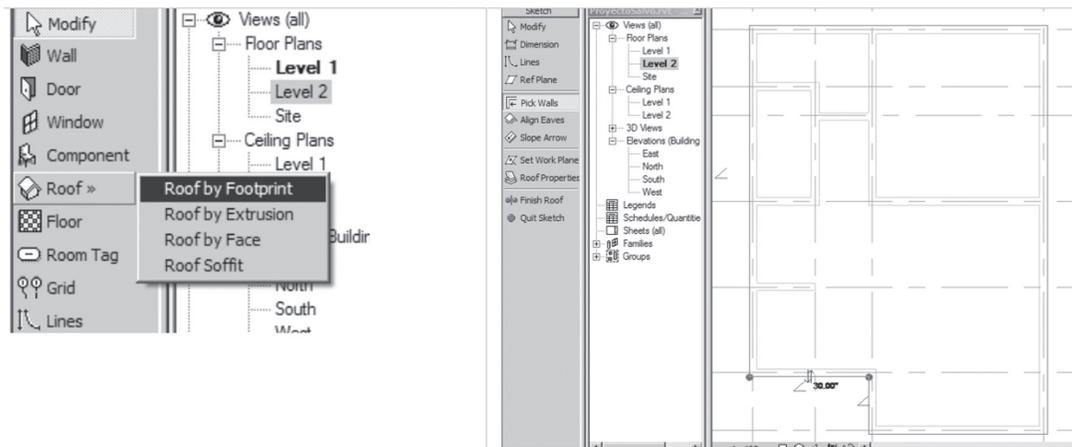


Fig. 9 Colocación de losas

El resultado final es la estructura con techo. El procedimiento para hacer pisos es similar (Fig 10). Se seleccionan los muros limítrofes en el nivel (Level 1, para este caso) y después se selecciona el comando “Finish Floor”. Para crear una cimentación es necesario seleccionar el nivel correspondiente para ello y adaptar el alzado a las necesidades del proyecto. Para el ejemplo que se ha desarrollado en clase, el nivel correspondiente a CimentacioneS (Foundation Walls) está asignado por defecto al nivel “T.O. Footing”, “T.O. Slab” o “T.O. Fnd Wall”.

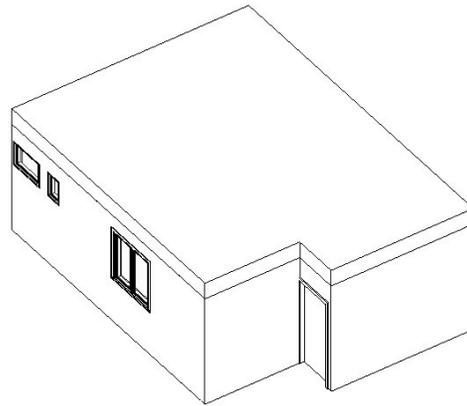


Fig. 10 Estructura completa (muros, losa, pisos, ventanas y puertas)

El Muro de Cimentación ahora tendrá como límites los niveles "T.O. Fnd. Wall" y "T.O. Slab". Se trazará a continuación el plano de las cimentaciones siguiendo los contornos del muro de block que se trazó anteriormente en el nivel "Level 1", pero, a diferencia de esos muros, los de cimentación se trazarán en el nivel "T.O. Slab" (Fig. 11).

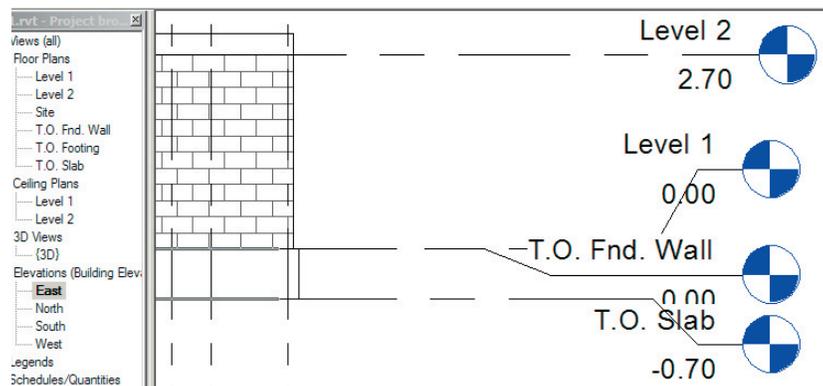


Fig. 11 Alineación de niveles para cimentaciones

En vista 3D se puede observar de la siguiente manera la estructura con cimentaciones (Fig. 12).

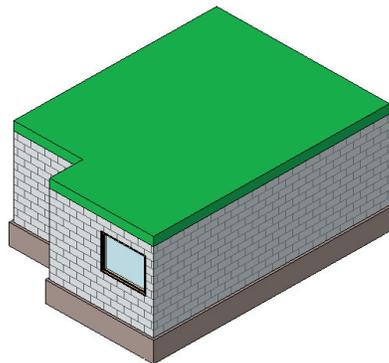


Fig. 12 Modelo 3D con cimentaciones

COSTOS

Por defecto, cada uno de los elementos que se agregan al modelo es contabilizado. La manera en la que dichos objetos se cuentan depende de la familia en la que se crearon o modificaron. Por ejemplo, las puertas suelen contabilizarse por piezas, mientras que los pisos y techos se cuentan por metro cuadrado. Muros y cimentaciones pueden contabilizarse tanto por metros cuadrados como por metros cúbicos.

Los diseñadores de Revit tomaron en cuenta las características propias de cada cuantificación, por lo que proveyeron diversas alternativas ello. Así, un muro puede ser contabilizado por su longitud, ancho, altura, metraje cuadrado, cúbico, etcétera. Esta información se encuentra en el rubro “*Schedules/Quantities*”.

Por defecto, se muestran junto con la descripción del ensamblaje las dimensiones y algún comentario sobre los elementos enlistados. Lo que se debe procurar es el establecer CUÁLES columnas se van a mostrar por cada concepto. Revit proporciona una página por cada concepto definido (familia), de tal forma que cada página que se presenta se puede modificar para requisitos particulares. Con el botón derecho del ratón aparecen las opciones de vista para cada página (*View Properties*). Cuando se selecciona la Opción de campos para ordenar (*Fields*) se escogen los que se desean mostrar; aquí se eligen las columnas que se muestran y la manera en que se ordenan. Si es necesario desglosar subtotales, como al separar los muros de cimentación de los de muros de 15 cm, se selecciona la lengüeta “*Sorting/Grouping*” y los cuadros “*Header*” and “*Footer*”. Por defecto, estos cuadros están sin selección, mientras que los muros están ordenados según su longitud (Fig. 13 y 14). Dicha información puede exportarse a texto y para que una hoja de cálculo la manipule.

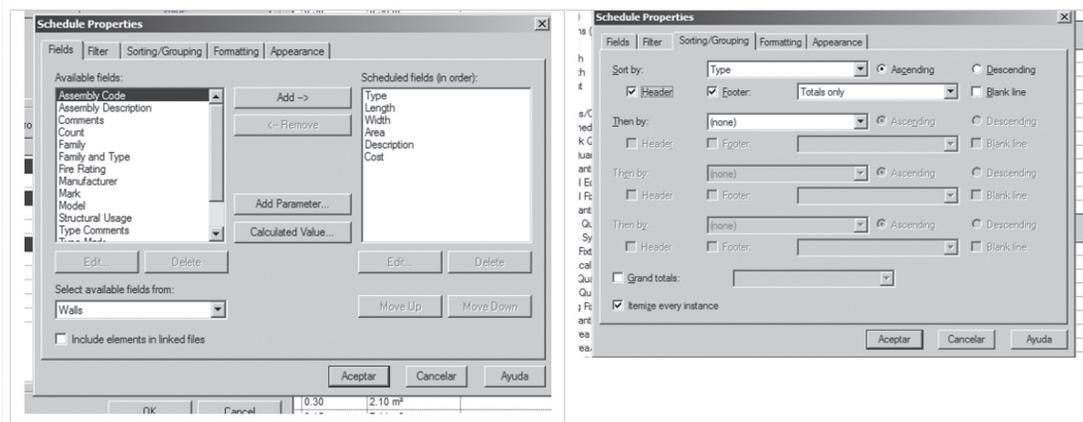


Fig. 13 Campos y agrupamiento

Wall Assembly	Length - Center To Center	Width	Calculated To Butt-End Area	Description	Cost
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra					
Foundation - Ciment	5.60	0.30	4.03	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	7.70	0.30	5.39	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	3.30	0.30	2.31	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	1.10	0.30	0.77	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	2.30	0.30	1.61	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	6.60	0.30	4.41	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	3.30	0.30	2.31	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	3.30	0.30	2.10	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	1.01	0.30	0.71	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	2.20	0.30	1.54	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	1.08	0.30	0.55	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	1.10	0.30	0.56	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Ciment	1.34	0.30	0.83	\$136.5/M3 -650M	136.50
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra: 13			27.12		
Generic - MURO DE BLOCK 15CM					
Generic - MURO DE	5.60	0.15	13.70		148.00
Generic - MURO DE	7.70	0.15	20.79		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	7.11		148.00
Generic - MURO DE	2.30	0.15	6.62		148.00
Generic - MURO DE	1.10	0.15	0.61		148.00
Generic - MURO DE	6.60	0.15	15.03		148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	3.04		148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	3.24		148.00
Generic - MURO DE	2.20	0.15	4.31		148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	2.84		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	7.28		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	8.51		148.00
Generic - MURO DE	1.10	0.15	0.61		148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15			148.00

Fig. 14 Información sobre costos, según el grupo

Wall Assembly	Length - Cent	Width	Calculated To Butt-End Area	Description	Cost
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra					
Foundation -	5.6	0.3	4.03	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	7.7	0.3	5.39	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	3.3	0.3	2.31	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	1.1	0.3	0.77	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	2.3	0.3	1.61	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	6.6	0.3	4.41	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	3.3	0.3	2.31	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	3.3	0.3	2.1	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	1.01	0.3	0.71	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	2.2	0.3	1.54	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	1.08	0.3	0.55	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	1.1	0.3	0.56	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation -	1.34	0.3	0.83	\$136.5/M3 -6	136.5
Foundation - Cimentación de Mampostería			27.12		
Generic - MURO DE BLOCK 15CM					
Generic - MU	5.6	0.15	13.7		148
Generic - MU	7.7	0.15	20.79		148
Generic - MU	3.3	0.15	7.11		148
Generic - MU	2.3	0.15	6.62		148
Generic - MU	1.1	0.15	0.61		148
Generic - MU	6.6	0.15	15.03		148
Generic - MU	1.2	0.15	3.04		148
Generic - MU	1.2	0.15	3.24		148

Fig. 15 Exportando a hoja de cálculo

CREANDO FASES DE CONSTRUCCIÓN

Del menú “Settings”, elegir “Phases”. La caja de diálogo “Phasing” se abre con la opción “Project Phases”. Por defecto, cada proyecto tiene fases llamadas “New Construction” y “Existing”; usted puede retitularlas. Seleccione la caja de número al lado de la caja “Phase 1”. Revit Building selecciona la fila entera de la fase. Si lo desea, elija “Name Text Box for New Construction” para retitular la fase. De manera similar, haga click en la caja de “Description” para editar la descripción.

Para insertar una fase antes de la fase seleccionada, haga click en “Insert Before”; para insertarla después, seleccione “Insert After”. Revit Building nombra las fases secuencialmente de acuerdo al orden en que se agregan, por ejemplo: *Phase 2*, *Phase 3*, *Phase 4*, y demás. Si así se desea, se puede renombrar las fases y agregar descripciones específicas para cada una.

Ulteriormente, se puede decidir combinar fases. Seleccione una fase y haga click en “Combine with Next” o “Combine with Previous” para combinar fases. Al hacerlo, una de las fases originales se pierde; esto significa que todos los componentes que tenían que algún valor en la fase posterior a la actual se agregan a la vigente para actualizar el nuevo valor de los objetos en la fase combinada. Esto es muy útil si se pretende hacer un seguimiento de obra usando el modelo 3D (ahora 4D).

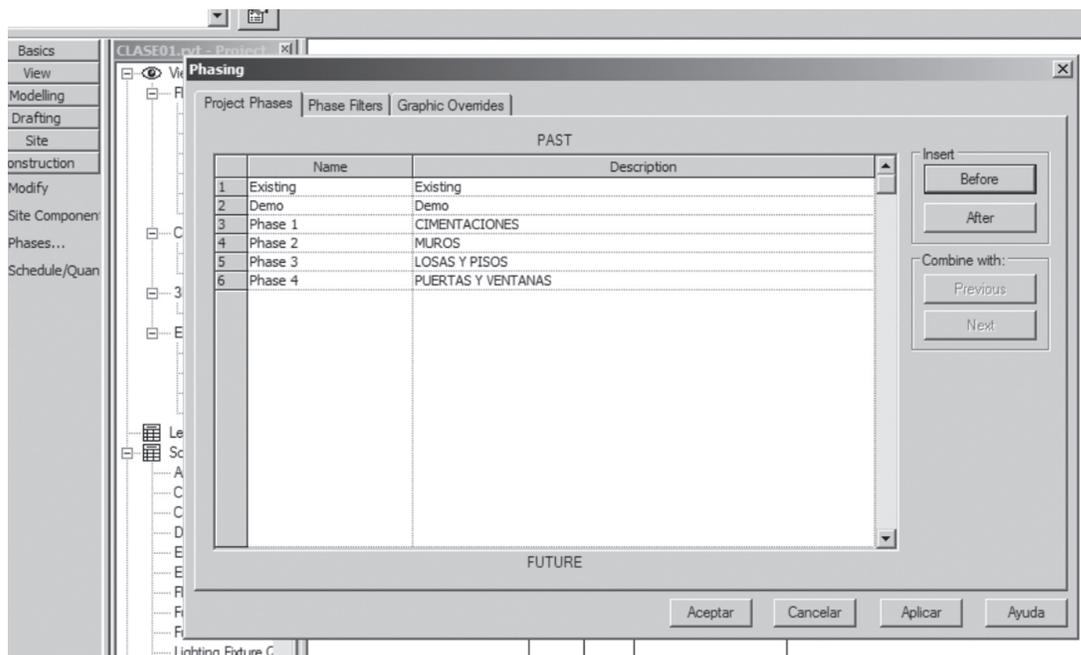


Fig. 16 Creando fases de construcción

Una vez definidas las fases de construcción, se seleccionan los elementos que corresponden a cada fase. Tras elegir los objetos y sus fases correspondientes, se pueden desplegar como se muestra en la figura 17.

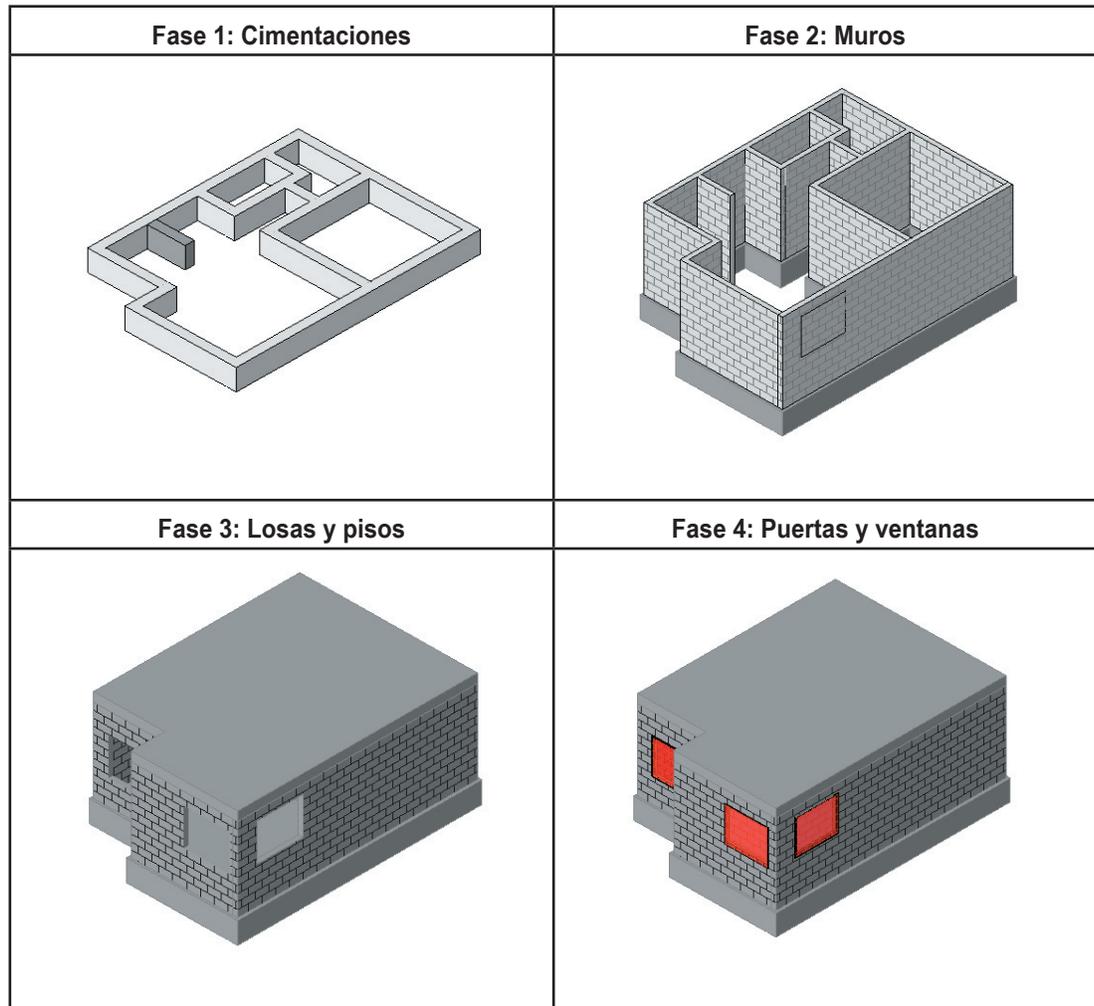


Fig. 17 Fases de construcción y sus elementos

COSTEO EN LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN

El despliegue de fases de construcción en 3D también se ve reflejado en el costo de los elementos. Así, si se asigna correctamente a qué fase de construcción corresponde cada elemento, se puede desplegar la información económica a lo largo del tiempo. Suponiendo los siguientes costos de para los conceptos que se han manejado, se tiene lo siguiente:

MURO BLOCK HUECO DE CONC.15x20x40 CM 0-6 MTS:	\$ 148.00/M2
CIMIENTO Y DESPLANTE DE MAMPOSTERIA:	\$ 650.00/M3

Nótese que el precio de la cimentación como muro no está dado en metros cuadrados, sino en metros cúbicos. Esto debe tenerse en cuenta al momento de cuantificar. Así pues, se puede considerar que un metro lineal de cimiento tiene 0.30x0.70 metros cúbicos, o bien se pueden exportar sólo las cantidades a Excel© y desde allí escoger cuál columna usar (Área o Volumen).

Para desplegar los costos --si ya se definieron las fases-- en las ventanas donde se encuentran las volumetrías ("Schedule/Quantities"), se puede manipular la presentación de la información.

Tómense como ejemplo los muros: tanto los de cimentación como los de block de 15 cm se presentan en una sola página. Las propiedades de la ventana ("View Properties") se muestran en la Figura 18.

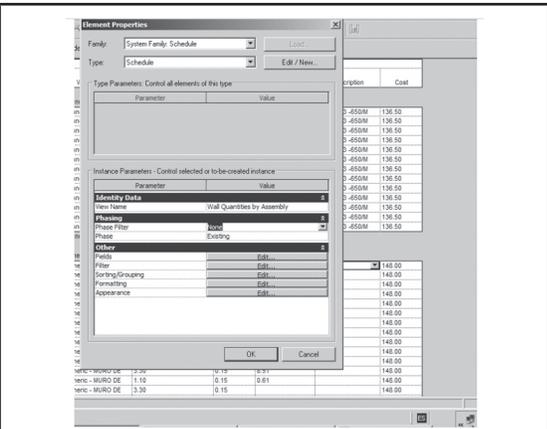


Fig. 18 Programación de los costos según las etapas constructivas

Para la fase 1

Wall Quantities by Assembly						
Wall Assembly	Length - Center to Center	Width	Calculated To Butt-E	Area	Description	Cost
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra						
Foundation - Cement	5.60	0.30	4.03		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	7.70	0.30	5.39		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	3.30	0.30	2.31		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.10	0.30	0.77		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	2.30	0.30	1.61		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	6.60	0.30	4.41		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	3.30	0.30	2.31		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	3.30	0.30	2.10		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.01	0.30	0.71		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	2.20	0.30	1.54		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.08	0.30	0.55		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.10	0.30	0.56		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.34	0.30	0.83		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra: 13				27.12		
Grand total: 13				27.12		

Para la fase 2

Wall Quantities by Assembly						
Wall Assembly	Length - Center to Center	Width	Calculated To Butt-E	Area	Description	Cost
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra						
Foundation - Cement	5.60	0.30	4.03		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	7.70	0.30	5.39		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	3.30	0.30	2.31		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.10	0.30	0.77		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	2.30	0.30	1.61		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	6.60	0.30	4.41		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	3.30	0.30	2.31		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	3.30	0.30	2.10		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.01	0.30	0.71		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	2.20	0.30	1.54		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.08	0.30	0.55		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.10	0.30	0.56		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cement	1.34	0.30	0.83		\$136.5M2-650M3	136.50
Foundation - Cimentación de Mampostería de Piedra: 13				27.12		
Generic - MURO DE BLOQUE 15CM						
Generic - MURO DE	5.60	0.15	13.70		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	7.70	0.15	20.79		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	7.11		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	2.30	0.15	6.62		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	1.10	0.15	0.61		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	6.60	0.15	15.03		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	3.04		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	3.24		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	2.20	0.15	4.31		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	1.20	0.15	2.84		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	7.28		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15	8.51		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	1.10	0.15	0.61		MURO BLOCK HUECO	148.00
Generic - MURO DE	3.30	0.15			MURO BLOCK HUECO	148.00

CONCLUSIÓN

El conocimiento de los beneficios de la filosofía integral BIM va más allá de los aspectos meramente arquitectónicos. En este trabajo se mostró que la tecnología puede proporcionar una solución a los problemas de comunicación, es decir, tanto de información como de interacción de las personas involucradas en el equipo de trabajo: diseñadores, dueños y contratistas. Asimismo, es importante definir la potencialidad del paradigma que ofrece BIM, así como la implementación de objetos en CAD arquitectónico, a la par de la implementación de herramientas o metodologías que puedan hacer posible el intercambio de información no gráfica entre ellas. El edificio que se construirá ya no debe considerarse como un conjunto de planos en 2D, sino como un grupo de objetos que contienen información en más dimensiones. Sistemas basados

en BIM ofrecen beneficios que dependen del nivel de comprensión de los modelos que se producen por parte de cada miembro del equipo de trabajo. Al poner más atención a los problemas potenciales que se pueden presentar en la obra al momento del diseño se logrará que estos sistemas integrados sean más exitosos en el futuro, tanto desde el punto de vista económico, como por el ahorro de tiempo al evitar futuras correcciones al trabajo ya hecho.

BIBLIOGRAFÍA

- AutoDesk Inc. (2000), ObjectARX for AutoCAD 2000, Publication 00120-010000-5060
- Autodesk Revit (2000), "Autodesk Revit for AutoCAD Users", White Paper, versión contenida en el disco de instalación.
- Fink, Thomas (2004) "Structural analysis, design and detailing using standard CAD software and standard Building Information Model", the German Chapter of the IAI (Industry Alliance for Operability), en http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/280/pdf/icccbe-x_164.pdf.
- Ibrahim, Magdy M., Krawczyk, Robert J., Schipporet, George, (2004) "Architectural information to the construction site based on the BIM object concept", CAADRIA 2004 Conference, Seoul, South Korea, College of Architecture, Illinois Institute of Technology, en <http://www.iit.edu/~krawczyk/miccad04.pdf>.
- Ibrahim, Magdy, Krawczyk, Robert, Schipporet, George (2004b) "Two Approaches to BIM: A Comparative Study", College of Architecture, Illinois Institute of Technology, eCAADe Conference, Copenhagen, Denmark, en <http://www.iit.edu/~krawczyk/miccad04.pdf>.
- Ibrahim, Magdy, Krawczyk, Robert (2003) "The Level of Knowledge of CAD Objects within the Building Information Model", Association for Computer-Aided Design in Architecture, ACADIA 2003 Conference, Muncie, Indiana, en <http://www.iit.edu/~krawczyk/miacad03.pdf>.
- Montero, Jesús, Galletero, Pablo, Neumeister, Carlos, Díaz, Fausto, (2002) "Optimization Of Rigid Frame Bays Using Harp Bracings", *Proceedings of the 2002 American Society of Agricultural Engineering*, Annual Meeting, Paper number 024027
- Cornick, Tim (1996). *Computer Integrated Building Design*, E & FN Spon.

