

<b>TÍTULO</b>	LA INTEGRAL TRIPLE: BIM, TIEMPO, COSTE
<b>ÁREA TEMÁTICA</b>	Casos de éxito de implantación BIM
<b>AUTOR / ES</b>	VALDERRAMA, Fernando; SÁNCHEZ ACOSTA, Enrique
<b>INSTITUCIÓN</b>	Presto ; Universidad Europea de Madrid, Departamento de Informática, Automática y Comunicaciones
<b>DIRECCIÓN</b>	Manuel Silvela 15, 5º
<b>E-MAIL</b>	fernando.valderrama@presto.es
<b>TELÉFONO</b>	667 667 053
<b>FAX</b>	

### LA INTEGRAL TRIPLE: BIM, TIEMPO, COSTE

**Valderrama, Fernando (1)**  
**Sánchez Acosta, Enrique (2)**

- (1) Presto. fernando.valderrama@presto.es.  
(2) Universidad Europea de Madrid. esacosta@gmail.com

## RESUMEN

La tecnología para integrar el modelo tridimensional enriquecido con los tiempos de ejecución y los costes ya existe; existen los programas necesarios por separado y los canales para comunicar la información entre ellos. Como es conocido, la mera existencia de una posibilidad técnica no implica que se utilice automáticamente. Requiere afrontar y resolver primero los distintos intereses, responsabilidades y necesidades de cada uno de los agentes, generar una cultura de cambio y obtener un eco-sistema en el que todos los nichos estén cubiertos.

En el 5D el sector de la construcción tiene que recorrer un camino: primero, adquirir soltura colectivamente en el modelado, en la gestión de costes y en la planificación. En segundo lugar, entender que la integración requiere un esfuerzo previo, social, mediante la normalización y la utilización de los estándares, e individual, durante la puesta en marcha de cada proyecto. Sólo en último lugar es necesario ajustar los detalles pendientes de la tecnología, cuando estén claros los procesos de los usuarios y sus capacidades.

Esta comunicación demuestra que la integración 5D es posible utilizando programas comerciales y está a la espera de que el sector recorra primero los pasos anteriores, en su orden.

**Palabras clave:** planificación, BIM, integración, coste, tiempo

## **1 DISEÑAR Y PLANIFICAR**

Los profesionales de la construcción, especialmente los que han sido formados desde el punto de vista del desarrollo del proyecto, tienden a considerar el diseño como la definición más o menos exhaustiva del objeto que hay que construir, tal y como quedará cuando haya sido finalizado. Una vez alcanzado este objetivo, en forma de documentación gráfica y escrita, suelen pensar que la tarea fundamental del proyecto está terminada [1].

Esta simplificación, fundamental para que el profesional de proyectos se centre en su tarea sin estar continuamente pensando en la viabilidad de la construcción, se apoya en que por sus conocimientos y su experiencia asume que existen procedimientos que permitirán alcanzar este estado final. No es necesario pensarlos ni explicitarlos en el proyecto, puesto que existen otros profesionales que los desarrollarán cuando sea necesario.

En palabras de Simon [2]: "Planteamos un problema proporcionando la descripción del estado final de la solución. La tarea es descubrir una secuencia de procesos que llevará a ese estado meta a partir de un estado inicial. La conversión de la descripción del proceso a la descripción del estado nos permite reconocer que hemos acertado. La idea es: dado un plano, encontrar la receta."

Esta secuencia de procedimientos no es única. Depende del contexto, como las características del lugar y del momento, de los condicionamientos de coste y plazo, de los recursos disponibles, de los conocimientos, experiencia y personalidad de los agentes implicados.

### **1.1 Planificación**

La obtención de un procedimiento así, cuyo resultado final sea el proyecto, en términos de Simon, se llama planificación, o a veces programación de la obra. Debe quedar especialmente visible el hecho de que planificar no es asignar unos tiempos a unas tareas que de alguna manera están predeterminadas, sino tomar decisiones sobre la forma de construcción más adecuada, sobre los equipos y los recursos que se van a utilizar y, sucesivamente, decidir la estructura de descomposición en actividades adecuada al proyecto, asignar sus duraciones y situarlas en el tiempo.

## **2 OBJETOS Y PROCESOS**

Una vez obtenida una planificación es importante observar las significativas diferencias que hay entre su contenido de información respecto del contenido del proyecto, tal y como lo hemos descrito más arriba.

## 2.1 Diferencias entre objetos y procesos

En primer lugar, el procedimiento se describe en términos de procesos, tareas o actividades (verbos), no de objetos (sustantivos), y no existe una relación biunívoca entre los objetos del proyecto y las actividades de los procesos.

- Algunos objetos, que se definen eficientemente desde el punto de vista del proyecto como una sola entidad, requieren procesos claramente separados en el tiempo que son ejecutados por distintos equipos, siendo el muro multicapa el caso más evidente.
- Algunos objetos tienen suficiente entidad como para disponer de procesos específicos, como puede ocurrir con un componente importante de las instalaciones, pero otros necesitan agruparse con otros similares para dar lugar a tareas que merezca la pena considerar en la planificación, como ocurre con todos los pilares de una misma planta.
- Otros subsistemas de la edificación no se planifican uniendo exclusivamente objetos del mismo tipo, sino que se agrupan todos los objetos de un mismo subsistema, como puede ser la urbanización exterior.

Además, desde el punto de vista de la planificación, algunas de las agrupaciones de objetos anteriores se separan a su vez por plantas, por viviendas o por otros criterios.

En cualquier edificación, por sencilla que sea, aparecen las posibilidades anteriores y otras muchas.

## 2.2 Diferencias entre costes directos e indirectos

De la observación inicial sobre lo que es un proyecto se desprende que ningún proyecto contiene la totalidad de los objetos necesarios para ejecutarlo. Cuando el proyectista define o modela lo que constituye su edificio, está definiendo en realidad exactamente aquello que el promotor está dispuesto a pagar, que es lo que permanecerá al final en la obra. Los medios no interesan a ninguno de estos dos agentes, sólo los fines.

Por tanto, el proyectista no modela el encofrado, ni los puntales, ni los demás medios auxiliares necesarios para ejecutar la obra, que se denominan en general como costes indirectos. La legislación española contiene una curiosa anomalía respecto a este criterio, al haber convertido los costes de seguridad y salud, control de calidad y gestión de residuos en costes directos y como tales, certificables para su abono por el promotor. Pero esta obligación no conlleva que los componentes de estas tres facetas de la ejecución queden modeladas en el proyecto, ya que se contienen en estudios o proyectos autónomos que no necesariamente se van a incorporar al modelo BIM del equipo de proyecto a medio plazo. Basta con que figuren en el presupuesto.

### 2.3 Diferencias entre actividades de ejecución y de gestión

Una proporción muy alta de las actividades que componen una planificación útil y práctica son actividades de gestión, no relacionadas directamente con la ejecución de un componente físico del proyecto. Las obtenciones de permisos y licencias, las aprobaciones diversas por la dirección de obra, por las autoridades o por el cliente mismo, los tiempos que hay que prever para pedidos y entregas, boletines, inspecciones, puesta en marcha, desarrollo de detalle los subsistemas del proyecto, etc., son actividades que consumen mucho tiempo y, a diferencia de las actividades de ejecución, no se pueden acelerar mediante solapes ni añadiendo recursos.

### 2.4 Diferencias entre alcance y BIM

El alcance del proyecto, es decir, los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido para completarlo con éxito [3], debe formar parte del procedimiento de gestión del proyecto y se verá reflejado específicamente de la Estructura de Desglose de Trabajos o EDT. Pero esto no implica que todo el proyecto, con todo su detalle, se inserte en una única base de datos y menos aún de un programa informático único. Por ejemplo, el sistema BIM permitirá conocer el estado final del terreno con la mayor de las precisiones, pero no necesariamente esa misma base de datos tiene que contener la información geológica del terreno en la forma necesaria para presupuestar, planificar o ejecutar el movimiento de tierras. Otros agentes tomarán esas decisiones combinando informaciones que vienen de diferentes orígenes. Tampoco es práctico incluir detalladamente en ese modelo BIM los componentes tecnológicos de alto coste que no ocupan un espacio significativo en la construcción, como las centrales de control de seguridad, energía o comunicaciones. Todo ello estará, necesariamente, en la EDT del proyecto, en el presupuesto, en la memoria, en el pliego de condiciones y en la planificación, pero no necesariamente en el modelo BIM.

Basta con observar cómo el uso de plantas o habitaciones tipo simplifica la realización del proyecto y sería poco práctico modelarlas todas, con todo su detalle, sólo para facilitar la obtención del presupuesto o de la planificación.

## 3 DEL BIM AL 5D

Todas estas consideraciones anteriores son relevantes cuando reflexionamos sobre el objetivo de la integración entre BIM y planificación, que se ha dado en llamar 4D, en alusión natural a la cuarta dimensión *einsteniana* del tiempo. Esta integración trata de mejorar de alguna manera los procedimientos y los resultados de la planificación en un proyecto que se desarrolla mediante sistemas BIM respecto a la situación anterior, mejoras que se pueden resumir en dos metas:

- Dado el modelo, facilitar la generación de una planificación.

- Dada una planificación, comprobarla en el modelo.

Abordaremos los dos objetivos en orden.

Utilizar la información contenida en el modelo BIM, que se supone veraz, más completa y más accesible que la que figura en planos digitales convencionales, es siempre una ayuda y una mejora. Al mismo tiempo, la obtención directa de una planificación basada en procesos a partir de un modelo de objetos aparece como casi imposible, siguiendo el razonamiento de los apartados anteriores. Sin embargo, existe un paso previo que puede ayudar a conseguirlo.

### **3.1 El presupuesto**

A diferencia de la planificación, el presupuesto sí es una colección de objetos, exactamente los mismos que componen el modelo BIM, pero reclasificados de otra manera [4].

El proceso de obtención del presupuesto requiere añadir un nuevo tipo de información a los objetos, seleccionando la unidad de obra a la que pertenecen. Esta tarea implica una continua toma de decisiones, ya que es cuando se relaciona un tipo o familia ideal con un producto o sistema constructivo concreto. A partir de esta decisión, cada objeto puede recibir una nueva información asociada, la que corresponde a su unidad de obra, que puede estar predefinida en un cuadro de precios genérico, específico de la empresa que construye o incluso particular de un proyecto.

La estructura de la EDT del presupuesto propuesto es la siguiente:

- Capítulos: generados agrupando unidades de obra similares
- Unidad de obra: asignada al tipo o familia de la entidad
- Línea de medición: cada uno de los objetos

Al extraer estos objetos del modelo para formar el presupuesto se incluye información complementaria a la estrictamente necesaria para este fin, con su identificación geométrica, geográfica (como plantas, viviendas o zonas) y otros parámetros relevantes, convirtiendo así el presupuesto en un paso intermedio muy conveniente para obtener la planificación.

### **3.2 Dificultades superadas**

El paso previo por el presupuesto resuelve gran parte de las dificultades enunciadas anteriormente.

La descomposición tradicional de la unidad de obra permite el desglose automático de objetos que contienen sub-objetos, como el muro multicapa citado como ejemplo.

Una nueva descomposición complementaria, orientada a los procesos, puede añadir actividades que requieren tiempo pero no coste directo, como el apuntalamiento, el

encofrado o el fraguado. Esta descomposición puede figurar en el cuadro de precios y actuar de forma similar a la aplicada para obtener los costes.

Las posibilidades de los programas de gestión del coste existentes, como actualizar la información respecto de un cuadro de precios, reemplazar en bloque unidades de obra, desglosarlas o refundirlas, generar variantes paramétricas o relacionar unidades de obra deduciendo unas mediciones a partir de otras, son ayudas muy importantes en este proceso, que no están disponibles en los sistemas BIM existentes.

En cuanto a los componentes de la EDT que por cualquier razón no se hayan incluido en el modelo BIM habrán sido añadidos al presupuesto en algún momento por el equipo de proyecto o por el responsable del coste. Faltarán las actividades de coste indirecto y las de gestión, pero son precisamente las que se definen y añaden durante la etapa de planificación.

## 4 DEL 5D AL 4D

Una vez asignados los objetos a unidades de obra y reclasificados en el presupuesto, para obtener una planificación falta por analizar las distintas formas de relación entre los objetos de cada una de estas unidades de obra y los procesos.

### 4.1 Comportamientos

Para ello, se han predefinido los siguientes comportamientos, o formas de relacionar las unidades de obra con las actividades a que corresponden:

Tabla 1. Comportamientos

	DESGLOSE	POR PLANTA	POR ZONA
La unidad de obra equivale a una actividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La unidad de obra se desglosa en sus inferiores de tipo actividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cada objeto de la unidad de obra equivale a una actividad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La unidad de obra se refunde con las demás de su capítulo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La combinación del comportamiento básico y el desglose resuelve las formas de relación más habituales en una obra de edificación. Por ejemplo:

- La instalación de los ascensores es una actividad única, que se puede desglosar en sus inferiores si se desea (guías, puertas, cabina, maquinaria, pruebas, permisos).
- En los soportes de hormigón la actividad se obtiene desglosando la unidad de obra por plantas (o plantas y zonas si el tamaño del edificio lo requiere)

- Las unidades de obra de electricidad que no tienen otro comportamiento más específico se refunden en el capítulo y se desglosan por plantas y zonas.

El comportamiento más habitual de cada unidad de obra puede quedar también predefinido en el cuadro de precios, por lo que sólo es necesario modificar los casos que se aparten de la regla. Los objetos que tengan un comportamiento no reglado se pueden asociar manualmente a cualquier actividad deseada, quedando marcados para que el proceso automático, si se realiza de nuevo, no altere esta decisión del usuario.

Esta clasificación en comportamientos permite generar la estructura de la planificación inicial de forma completamente automática, incluyendo las actividades y su organización jerárquica. Es necesario, no obstante, aplicar las mismas consideraciones que las tenidas en cuenta en su momento para generar el presupuesto: esta planificación no es completa.

#### **4.2 Duraciones y recursos**

El paso intermedio por el presupuesto y las posibilidades de los cuadros de precios permiten conocer también el consumo de recursos de las actividades generadas, facilitando por tanto el cálculo de las duraciones y equipos y con ello la programación de la obra. En este sentido, la costumbre del uso de cuadros de precios en España resuelve de forma natural un problema que parece insalvable en otros países, donde no existen o no se utilizan habitualmente.

### **5 LA INTEGRAL TRIPLE**

La búsqueda de un mecanismo automático de generación de actividades a partir de las unidades de obra basado en reglas, además de ser un objetivo importante en sí mismo, por el ahorro de trabajo inicial, es crucial para que la información entre el modelo, el presupuesto y la planificación quede realmente integrada.

En este sentido, es habitual encontrar demostraciones de programas comerciales en los que una planificación queda aparentemente vinculada a un modelo BIM. Existe, sin duda, una planificación y existe una tabla de relaciones entre sus actividades y los objetos del modelo BIM. Gracias a ella, en el mismo modelo, o más frecuentemente en un programa de visualización auxiliar, se puede visualizar la secuencia temporal de la ejecución. Pero esta tabla de relaciones entre objetos y actividades es estática, ya que se ha realizado manualmente. No puede actualizarse a medida que el modelo se desarrolla y cambia, puesto que no existe un procedimiento para relacionar los nuevos objetos con las actividades correspondientes.

En el proceso que hemos descrito hay una tabla visible de asociaciones, mantenida en el mismo programa que gestiona el coste, pero se genera y se actualiza automáticamente a través de la definición de comportamientos.



## 5.4 De vuelta al modelo BIM

La comprobación de la planificación en el modelo BIM, segundo objetivo de la integración que quedó pendiente de análisis, se basa en la asignación de cada objeto con la actividad a que ha correspondido finalmente, que en este caso es una propiedad más de la línea de medición, más la vinculación entre la línea de medición y el objeto original a través de un identificador unívoco de tipo IFC\_Guid o su equivalente.

El programa de gestión del coste, en base a esta estructura de información, puede leer las fechas calculadas por el programa de planificación para cada objeto, utilizarlas para sus propias tareas de cálculo de recursos, costes y certificaciones y facilitarlas al sistema BIM o a cualquier otro programa de visualización que las utilice.

## 6 CONCLUSIONES

La integración 3D+4D+5D sólo es viable y práctica si se realiza en orden inverso: 3D+5D+4D. La EDT de costes se obtiene con relativa facilidad a partir del modelo BIM y la estructura básica de la EDT de tiempos se obtiene a partir de la EDT de costes mediante la asignación de comportamientos. El mantenimiento de un sistema de reglas y de elementos de identificación cruzada entre familias, objetos, unidades de obra y actividades permite una integración real, bidireccional, dinámica, permitiendo el uso de distintos programas especializados y la colaboración entre los distintos agentes del proceso de proyecto y ejecución.

Hay que insistir una vez más en que la mera existencia de posibilidades tecnológicas prácticas y fiables para esta integración no garantiza que vayan a ser usadas en un futuro próximo, ya que previamente es necesario que estos agentes que deben colaborar adquieran ventajas que compensen su coste del cambio, o se vean obligados a hacerlo por estímulos exteriores. Una infraestructura tecnológica no tiene éxito hasta que se genere un eco-sistema que la soporte y una cultura que la aproveche.

## 7 REFERENCIAS

- [1] Valderrama, F., Mattos, A.D. (2014). Planificación y control de obras. Sistemas de gestión y técnicas. Barcelona: Editorial Reverté.
- [2] Simon, H. A. (1966). The Sciences of the Artificial. Cambridge, MA: MIT Press.
- [3] Project Management Institute (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). NewtonSquare, PA: Project Management Institute.
- [4] Valderrama, F., Sánchez Acosta, E. (2013). Algunas experiencias, tres claves y una propuesta para integrar el modelo BIM y el presupuesto. Valencia: 1º Congreso Nacional BIM EUBIM 2013.