

# Management alternativo y maquetas digitales de representación de lo real como herramientas para la práctica de arquitectura

ARQ. ALEJANDRO MOREIRA\*  
Docente investigador FADU/UNL

## El rol del arquitecto

La arquitectura es una disciplina fascinante que combina conocimiento tecnológico, creatividad y talento en el diseño y la construcción; sin embargo, el arquitecto no es la persona que la construye, por lo que el interrogante es cómo comunicar adecuadamente a los constructores las decisiones tomadas (en base a la experiencia de cada uno) a lo largo del proceso de diseño, considerando particularmente la naturaleza desafiante de la práctica global. Comprendiendo que un proyecto de arquitectura es diseñado en semanas o meses (incluso a veces en lugares alejados del sitio de construcción) y construido en años, el desafío va más allá de crear una maqueta digital en tres dimensiones (3D) que incluya toda la información disponible.

En el desempeño de mi profesión, mayormente desarrollada en Santa Fe (Argentina) y Salt Lake City (Estados Unidos), he experimentado entornos de trabajo y posibilidades marcadamente diferentes. Tras varios años en esta labor, me pregunto si el actual rol del arquitecto en un proyecto de arquitectura será el adecuado en el futuro, considerando la totalidad de las fases que involucran a un edificio: anteproyecto, proyecto ejecutivo, construcción y vida útil. ¿El arquitecto debería tener un rol administrador que involucre su conocimiento tecnológico, creatividad y talento?. En este contexto, la responsabilidad del arquitecto es brindar nueva información a medida que el proyecto de arquitectura avanza en las diferentes fases. El desafío es: ¿cómo encarar un proyecto de arquitectura para poder comprenderlo y mantener actualizada la información referente a cada una de sus fases? Más aún, ¿qué herramienta sería útil para esta necesidad?

## El proyecto de arquitectura: un abordaje alternativo

Asumiendo que un proyecto de arquitectura es un *sistema complejo*, es necesario manejar los cambios que se suceden sin afectar en gran medida su diseño, programación y presupuesto.

Existe una marcada diferencia entre el Diseño del Producto (como proyecto o Ideal) y el Diseño del Proceso (como construcción o Real); el primero pondera al pro-

ducto terminado por sobre los eventos que llevaron a su culminación, mientras que el segundo enfatiza los sucesivos pasos que condujeron al producto final. Al igual que el Diseño del Producto, el Diseño del Proceso se basa en conocimiento heurístico, y su resultado es de carácter singular para cada caso. La diferencia reside en que el resultado del primero es una secuencia de eventos, mientras que el segundo tiene una manifestación física y, en consecuencia, es más complejo validarlo y evaluarlo.

En la actualidad, aparentemente, resulta sencilla la incorporación de cambios en el proceso de Diseño del Producto a partir del uso de nuevas tecnologías disponibles (como *Building Information Modeling*, BIM). Sin embargo, durante el proceso de construcción la realidad es diferente; las fuentes de cambios en esta fase pueden ser numerosas, gran parte de los proyectos son difíciles de manejar porque involucran tanto indefiniciones como compromisos divergentes (fecha de finalización, presupuesto e idea). Un adecuado *Management*<sup>1</sup> de la Práctica (un concepto usualmente utilizado en el ámbito de la medicina) juega un rol fundamental, pero la tecnología disponible sólo permite un manejo parcial, ya que la visualización de la información es limitada.

Por definición, el *Management* de Proyecto organiza los recursos de una manera particular para que éste sea culminado en tiempo, calidad, alcance y costo. Pero un proyecto es transitorio e irrepetible, desarrollado para crear un producto o servicio de carácter singular y así proveer una mejoría o valor agregado. Esta característica se opone a la esencia de los procesos, que son tareas funcionales en permanente desarrollo, pensados para crear el mismo producto en forma repetida. El manejo de estos dos sistemas frecuentemente difiere y requiere de heterogéneas capacidades técnicas, por lo que precisa el desarrollo de diferentes abordajes de *Management* de Proyecto. En su abordaje tradicional, se pueden distinguir cinco etapas en el desarrollo de un proyecto: inicio, diseño, ejecución, monitoreo y control, y final de obra. Cabe señalar que no todos los proyectos experimentarán cada etapa, ya que pueden culminar antes o no requerir monitoreo y control, o bien repetir una etapa múltiples veces.

- 1 El presente trabajo adopta el término *management* del idioma inglés, siendo que las traducciones más comúnmente utilizadas en lengua castellana (gestión, manejo, control) no logran delimitar las mismas acciones.
- 2 Este paradigma de la complejidad hace uso del cuestionamiento sistémico para construir representaciones de la realidad difusas, polivalentes y multidisciplinarias. Los sistemas pueden ser comprendidos a partir de la localización de patrones en su complejidad, que describirán evoluciones potenciales del sistema; sus descripciones, por otro lado, son indeterminadas y complementarias, y dependen de cada observador. Los sistemas transitan entre puntos de equilibrio, mediante adaptaciones al medio y auto-organización; su control y orden es más bien emergente, y no predeterminado.
- 3 Abreviación del inglés Program Evaluation and Review Technique, es decir, Técnica de evaluación y revisión de programas.

### Planificación de un proyecto de arquitectura

Tradicionalmente, la planificación de proyectos de arquitectura y construcción constituye estructuras lineales; sin embargo, en las últimas décadas se han concretado numerosas estrategias tendientes a modernizarlas, tales como la incorporación de teorías organizativas de avanzada («pensamiento dinámico», «dinámica de los sistemas», «*soft operation research*», entre otras), permitiendo definir una nueva alternativa, el *sistema complejo*<sup>2</sup>.

Siguiendo esta línea de pensamiento, los métodos tradicionales de *management* de proyectos disponibles son ineficaces, ya que manejan la manera en que las tareas de diseño y proceso de desarrollo son generados, sin tener en cuenta cuál es la fuente de los cambios y qué interacción existe entre las tareas, como tampoco la necesidad de distribuir la planificación. Cuando los cambios en el diseño generan modificaciones en la planificación y el cronograma, el problema es más complejo que simplemente modificar el diseño. Es ésta una de las principales fuentes de costos adicionales de obras.

Si el *management* de la planificación y de la práctica es inadecuado o ineficiente, se suceden costosas repeticiones asociadas principalmente con cambios en la construcción. En consecuencia, la reducción de estos costos agregados requiere una transformación efectiva en dicho *management*, la que debería comenzar con la comprensión de las diferentes características y tipos de comportamiento de los cambios en la construcción. Éstos refieren a fases, procesos o métodos de trabajo que se desvían de la planificación o especificación original de la construcción, existiendo dos tipos de causas: errores de construcción y modificaciones intencionales (por inseguridad proyectual, errores de implementación, cambios en los requerimientos del cliente). Usualmente, la necesidad de rehacer tareas en la construcción está acompañada de algún tipo de demolición (lo que influye en el desempeño del proceso de la construcción); en consecuencia, es substancial considerar los cambios que precisan ser realizados (ya que no todos los cambios son adecuados, sino que por el contrario muchos de estos son provocados por creerlos necesarios, sin consenso de

las partes) documentarlos y resolver a tiempo con los actores involucrados los puntos que podrían ser conflictivos, basándose en información recolectada a partir de fuentes reales (la obra) y fuentes ideales (Maqueta Digital Ideal 3D desarrollada en BIM).

Las teorías de los *sistemas complejos* han sido desarrolladas a lo largo de tres ejes complementarios (si bien distintos): la teoría de sistemas no lineales, el abordaje de redes neurales, y la teoría de sistemas distribuidos o auto-organizados por los individuos involucrados. Bajo esta perspectiva, es posible considerar a los proyectos de arquitectura como una sumatoria de pequeños proyectos (estructura, instalaciones, entre tantos otros). A su vez, comprender a un proyecto de arquitectura como un *sistema complejo* pretende estudiar fenómenos recurrentes y complejos, brindando acciones claves para su abordaje:

- trabajo en equipo siguiendo principios de organización;
- evitar la pérdida de información por exceso de personalismo que no se organiza bajo una estructura;
- manejo de la información a partir de un criterio de utilización.

### Abordaje alternativo del *management* de proyectos: *management flexible de proyectos (el método del Scrum)*

Existen diferencias fundamentales entre el *management* de proyectos convencional y el *management* de proyectos flexible. El presente artículo no pretende subestimar el abordaje tradicional, sino enfatizar las diferencias existentes entre ambos y comprender los ajustes necesarios para lograr una mayor flexibilidad.

En numerosos estudios recientes aplicados a diferentes estrategias de *management* de proyectos se ha verificado que gran parte de ellos (basados en modelos PERT)<sup>3</sup> no están preparados para el contexto contemporáneo, caracterizado por compañías asociadas a proyectos múltiples. El uso de modelos complejos para proyectos o tareas que se desarrollan en pocas semanas ha demostrado ser la causa de costos innecesarios y baja capacidad de manipulación. En su reemplazo, expertos en *management* de proyectos han tratado de identificar diferentes modelos *livianos*, los que pueden ser utilizados en

combinación con los procesos de modelado y principios de *management* propios del *management de interacción humana*. Entre ellos, se destaca el «método del *Scrum*», concepto tomado de la técnica deportiva del *scrum de rugby*<sup>4</sup>. Una clave de este abordaje es el reconocimiento que durante un proyecto los actores involucrados pueden introducir cambios y que los desafíos empíricos no pueden ser exitosamente acometidos desde una perspectiva tradicional, predecible o planeada. Como tal, el «método del *Scrum*» adopta una postura empírica, aceptando que el problema no puede ser definido en su totalidad, y en su lugar se focaliza en la maximización de la capacidad del equipo de responder a requerimientos emergentes de manera rápida.

Para comprender y manejar un proyecto, resulta conveniente establecer una distinción entre la información que se relaciona con los aspectos económico-financieros del proyecto, aquella información que representa los tópicos técnicos y estéticos. Considerando que el «método del *Scrum*» es una técnica de *management* adecuada para controlar procedimientos dinámicos, es necesario crear una herramienta que contribuya a su implementación en un proyecto de arquitectura. Los beneficios inherentes en el desarrollo de aplicaciones apropiadas para la creación de una Maqueta Digital Real 3D desarrollada en BIM (que reproduzca las características del edificio tal como ha sido construido), son significativos, particularmente considerando la futura toma de decisiones: basada en información certera, respuesta rápida, menores errores y omisiones, incorporación de cambios, interoperabilidad estratégica, capacidad de trabajo fluido y colaborativo, etc.

#### **Abordaje de la medicina para el *management* de la práctica profesional**<sup>5</sup>

Los equipos de conforman un proyecto son como un paciente: sus miembros (individuos) son como partes del cuerpo que deben funcionar bien por sí solos y en forma conjunta. ¿Qué se puede aprender de la medicina que pueda ayudar a los administradores a diagnosticar aque-

llo que amenaza a la salud de un proyecto? El rol del médico es identificar las posibles enfermedades y sus síntomas, comprender sus mecanismos y la manera de prevenirlos, tratarlos y / o curarlos. Más aún, el diagnóstico médico implica entender el contexto físico y social del paciente, observar sus síntomas, hacer pruebas, desarrollar hipótesis sobre la enfermedad generadora, implementar un plan de tratamiento, monitorear la evolución y ajustar el tratamiento acorde a los cambios que verifica su condición.

Uno de los desarrollos más importantes en medicina ha sido superar la necesidad de *suponer* en el diagnóstico de situaciones clínicas. Esto es posible gracias a recientes avances tecnológicos, como los rayos X y las ecografías, ya que mediante el uso de estos, aquello que está oculto ya no constituye más un obstáculo para la determinación de un diagnóstico adecuado y para la definición de las acciones requeridas para curar al paciente.

#### **Una Maqueta Digital Real como herramienta para diagnosticar el proceso de la construcción**

Se considera que el desarrollo de una herramienta para la construcción (fácil de usar, intuitiva y dinámica), que se base en los conceptos de «pensamiento dinámico», «arquitectura de la información» y «*management* del conocimiento» mejorará marcadamente la capacidad de diagnóstico. Dicha herramienta cotejará la información disponible en la Maqueta Digital Ideal con aquella que ha sido volcada en la Maqueta Digital Real. La información resultante (numérica y gráfica) brindará una perspectiva estratégica y unificada del edificio, en lugar de un cúmulo de información abstracta, como hojas de cálculo o detalles constructivos.

La Maqueta Digital Real almacenará un registro de lo que ha sido concretado durante el proceso de construcción (lo que no está visible), permitiendo reducir los gastos en posteriores tareas de renovación o reparación del edificio, así como considerar diferentes opciones viables antes de la toma de decisiones. Esta maqueta debe ser actualizada a medida que la construcción avanza, gene-

- 4 Este abordaje fue inicialmente descrito por Takeuchi y Nonaka en *The New Product Development Game*, donde señalaban que aquellos proyectos que utilizaban pequeños equipos «multitareas» históricamente han producido mejores resultados, refiriendo a esto como el «abordaje del rugby». Para una mayor comprensión de la evolución de este concepto ver: [http://en.wikipedia.org/wiki/Scrum\\_%28in\\_management%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Scrum_%28in_management%29) Última visita 28/05/08.
- 5 Lichtig, W. (2007): «Projects as Patients; What Can We Learn from the Medical Profession?» *Practice Management Digest*. AIA, fall.

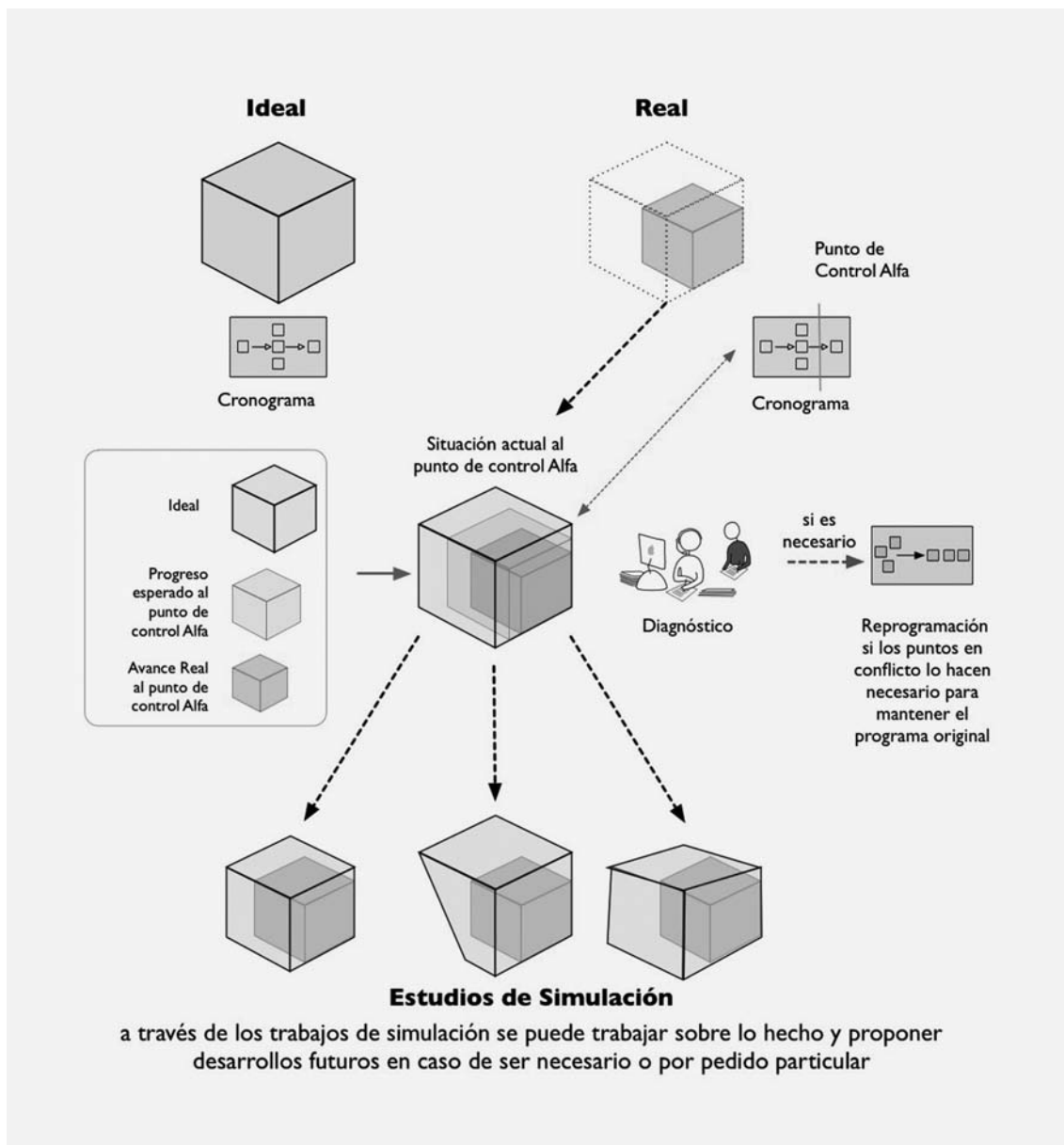


Imagen 1. Diagrama del autor.

rando conocimiento útil para basar las decisiones de diseño sin dilapidar tiempo y dinero adivinando en búsqueda de alternativas.

Las maquetas o modelos digitales siempre han operado con un alto grado de abstracción, no sólo por obvias limitaciones computacionales, sino también porque la información que el arquitecto provee en la obra puede ser intencionada, ya que los constructores experimentados pueden interpretarla y deducir de ella la mejor manera de proceder. Es de prever que una Maqueta Digital Real siga operando con este grado de abstracción (granularidad) pero comience a contener información 4D.

Para mejorar la práctica arquitectónica, un método adecuado pareciera ser la superposición del diseño y la construcción a partir del uso de la Maqueta Digital Real para la documentación de las condiciones reales y para la evaluación de alternativas de diseño y construcción. El beneficio de este abordaje reside en que reducirá la pérdida de tiempo y dinero, ya que incorporar esta información antes de la construcción implica un mínimo esfuerzo, y luego sólo resta actualizar las modificaciones que se concretan en la obra, causadas por condiciones del terreno, nuevos pedidos del comitente, etc.

La información necesaria para realizar la Maqueta Digital Real debe ser provista por el constructor, quien la recolectará a medida que controla el avance de la obra (en diferentes puntos de control, en la imagen: alfa). Existen numerosos avances importantes en cuanto a programas que tienen la capacidad de tomar datos de hojas de cálculo e importarlos a algún sistema BIM<sup>6</sup>, por lo que alguna variación de esta tecnología puede ser utilizada para construir la Maqueta Digital Real. (Ver imagen 1)

Los datos recolectados en la obra, al ser comparados con la Maqueta Digital Ideal, crean nueva información para ser utilizada en el análisis de la Situación Presente. Este nuevo escenario de equipos de diseño y construcción trabajando en forma conjunta, no sólo al inicio de un proyecto sino a lo largo de la totalidad del proceso de construcción, puede ser de gran utilidad en diferentes aspectos. Por ejemplo, si el diagnóstico de la Situación Presente determina que es necesario reprogramar una tarea, ésta puede ser diagramada bajo mejores condiciones si se conoce qué tareas han sido concretadas (las que serían difíciles y costosas de modificar, ya que im-

plicarían demolición y reconstrucción) y cuáles aún restan ser ejecutadas (las que han sido planeadas y programadas). En consecuencia, ciertos cambios pueden ser incorporados, mediando un consenso entre los actores involucrados, y así redireccionar el cronograma al ritmo y presupuesto establecido.

Como ha sido explicitado con antelación, un proyecto de arquitectura puede ser diseñado en semanas o meses, pero construido en años. En este contexto, una Maqueta Digital Real permite la concreción de estudios de simulación para elegir alternativas y actualizar el diseño una vez iniciada la obra. Este concepto se basa en la idea que lo no construido es aún Ideal, y, en consecuencia, puede ser considerado flexible y dinámico hasta su culminación, manteniendo siempre el consenso entre los actores involucrados en relación a la Situación Presente.

La Maqueta Digital Real ayudará a aquellos a cargo de la toma de decisiones a idear soluciones no previstas (en términos de creatividad) a partir de información fidedigna. Siendo que esta nueva información brindada por la Maqueta Digital Real no es en sí misma una solución, una rápida *respuesta a situaciones conflictivas* puede ser desplegada para minimizar la diferencia existente entre lo Ideal y lo Real, utilizando el método del *Scrum* para contribuir en la comprensión de la situación (diagnosticar) y sugerir alternativas.

#### **La tecnología como un posibilitante<sup>7</sup>**

«Un problema nunca es resuelto en el mismo nivel que ha sido creado» (Einstein).

Un gran número de herramientas para *management* hacen uso de la tecnología a fin de dirigir los proyectos a lo largo de sus diferentes fases. Durante el diseño y la planificación, éstas son efectivas; sin embargo, la fase de la construcción frecuentemente se transforma en un esfuerzo de *micromanagement* de tareas de programación, manejando cantidades enormes de datos que son difíciles de relacionar con los problemas que los originan o con vías alternativas para mantener el proyecto en su curso. La tecnología aumenta la capacidad de descomponer el proyecto en una mayor granularidad, pero no permite contextualizar dicha información.

A partir del modelado del proyecto como si fuera un sistema y su utilización como un abordaje alternativo para

- 6 Compañías como ONUMA Inc.<sup>7</sup>:  
<http://onuma.com/index.php>  
 y VICO software:  
<http://www.vicosoftware.com/>  
 Última visita 28/05/2008.
- 7 Debo agradecer la generosa colaboración de Martin E. Calvo, *Microsoft Certified Trainer*, por sus sugerencias en relación con este tópico.
- 8 Para ver un directorio actualizado de programas para *management* de proyectos, ver:  
<http://home.houston.rr.com/interplan/> Última visita 28/05/2008.

relacionar la información existente, se puede recuperar el control sobre el proyecto. Es así que la tecnología se vuelve en un posibilitante, incluso sin ser un componente clave de las teorías del «pensamiento dinámico» o de «*soft operation research*», al permitir que los usuarios comuniquen, modelen, visualicen y resuelvan problemas (a partir de la prueba de diferentes escenarios hipotéticos que fueron elegidos a partir de datos heurísticos o analíticos) en un entorno de usabilidad sencilla y orientada al objeto. La visualización gráfica de los datos permitirá a los actores involucrados interactuar con los sistemas, focalizando en cada desafío inesperado que se produzca en el proyecto, contextualizando la información en el modelo de sistema de modelado definido y contribuyendo a comprender el impacto de cada solución posible. La mejoría en el desempeño de los sistemas de computación ha permitido la multiplicación de los datos que son recolectados, pero su uso se ve reducido ante la dificultad de visualizarlos convenientemente. Recientemente, numerosos estudios cognitivos han estudiado como visualizar en forma efectiva datos complejos, comparando formatos tradicionales (texto o números) con formatos gráficos. Sus resultados indican que la mente huma-

na alcanzó un mejor desempeño con este último tipo de representación.

En la actualidad, se utilizan dos técnicas de *management* de proyectos para visualizar información de planificación de obra, una alfanumérica y otra basada en la abstracción gráfica. Esta última analiza en forma visual los diferentes aspectos de un proyecto y ha sido incorporada en una variedad de paquetes de programas<sup>8</sup>, heredando tanto sus limitaciones (predeterminación de variables, dificultad de incorporar sugerencias, usabilidad compleja, falta de intuición, etc.), como la carencia de criterios analíticos (útiles para evaluar la calidad del cronograma, el costo de secuencias constructivas alternativas, las interferencias entre subcontratistas, los potenciales problemas de seguridad, los inconvenientes constructivos, etc.). Una visualización que sea precisa, consistente e intuitiva es imperativa cuando se están manejando procesos y no información estática ya que demandan el monitoreo de conjuntos de datos de gran magnitud que cambian en tiempo real.

A fin de crear una herramienta que supere las limitaciones actuales, numerosos elementos posibilitantes, basados en nuevas tecnologías, pueden ser involucrados.

Tema	Análisis	Posibilitante
FOCALIZACIÓN POR TEMA	Si bien la importancia del <i>Risk management</i> no debe ser tenida en cuenta al principio, el objetivo principal del management del proyecto en los trabajos de construcción es solucionar los problemas inmediatos.	Visualización. Vectorial y tecnología 3D combinada con interfaces gráficas con información combinada disponible de verificación directa.
SISTEMAS DE PENSAMIENTO	El uso de un modelo interactivo permitirá a cada parte interesada entender como afectará cada cambio propuesto, verificándolo en diferentes formas.	Modelado. Un modelo que contenga <i>metatags</i> y que provea una descripción particularizada de cada objeto y las interacciones de cada uno de estos con otros en forma directa, indirecta, referencia o por resolverse.
SOFT OPERATION RESEARCH	Cualquier modelo rígido no permite cambios inesperados durante un proceso de construcción. Durante el mismo muchas veces los problemas se presentan por caminos no programados e igualmente deben presentarse respuestas.	Modelado. El modelado de un proyecto dentro de células operativas para manejar hechos flexibles y complejos. Esto permite descomponer cada tarea en partes manejables y controlar lo general desde sucesos particulares.
CONTROLAR LO GENERAL SOBRE LOS DETALLES	Mientras los sistemas de <i>Soft Operation Research</i> permiten monitorear y controlar cambios inesperados, un management de células como parte del total, podría hacerse con <i>softwares</i> existentes, evitando caer en complicaciones tecnológicas.	Integración. El uso de estándares para el intercambio de información entre componentes específicos (primarios) y relativos (secundarios).
TENER CONTROL	Cada decisión tomada durante el proyecto tendrá impacto en el mismo en un tiempo específico, con una escala determinado y a un costo difícil de establecer, sin cotejar todas las variables involucradas directa e indirectamente. Cada parte interesada debe estar de acuerdo en cada cambio propuesto y debe ser documentado para poder realizar un posterior análisis y así definir el impacto real de cada una y establecer responsabilidades.	<i>Colaboración.</i> Información vinculada y compartida entre las partes interesadas para tomar decisiones. <i>Integración.</i> Datos precisos en referencia a cada decisión. <i>Modelado.</i> Para evaluar el impacto de cada decisión usando escenario de cambios o alteraciones conocidos como « <i>what if?</i> ».

9 Para un «conocimiento de la situación», *situation awareness*, es imprescindible la comprensión del estado del entorno y de los parámetros relevantes de cualquier incidente, proveyendo las bases iniciales para posteriores tomas de decisiones y desempeño en la correlación de la información.

10 Enfatizando sobre la capacidad posibilitante de la tecnología en la mejoría de los procesos, numerosos autores cuestionan desarrollos recientes que no proveen en realidad ningún avance. Según ellos, los desarrolladores de herramientas deberían preguntarse «¿cómo podemos usar la tecnología para que nos permita hacer cosas que aún no estamos haciendo?» Bedrick, J. *BIM and process improvement*.

### Consideraciones finales

Poniendo especial atención en el *management* de la planificación dinámica y flexible que se pretende, este abordaje posibilitará cambios ágiles en el proyecto de construcción en curso, permitiendo que los actores involucrados controlen dichas desviaciones. La tecnología disponible permite que herramientas de avanzada sean integradas al *management* de la información; de esta manera, decisiones de importancia son realmente compartidas y documentadas entre los diferentes actores, asegurando una base de conocimiento común.

El modelado digital de un sistema, sus actores y sus interacciones es una de las claves para comprender la complejidad del problema; es así que la tecnología de la visualización aumentará la eficacia de la herramienta para comunicar información al usuario, asegurando la capacidad de ver más allá de lo evidente y obtener información valiosa que fue obtenida en las fuentes. A su vez, la integración con otros sistemas y la colaboración entre los distintos actores también contribuirán significativamente en la creación de una nueva solución.

Para que sea posible una Maqueta Digital Real de las características hasta aquí descritas, ciertos factores deben ser posibles: mayor número de diseños originados en BIM, mayor poder computacional (de procesamiento y almacenamiento) para permitir que las maquetas digitales sean más detalladas, actualización de la Maqueta Digital Ideal original a partir de la recolección y cargado de información sobre lo que se va construyendo, y que los arquitectos y constructores se sientan cómodos con abordajes basados en entornos de sistemas de grupos por especialidad. Más aún, cuando una Maqueta Digital Real permita la incorporación de información sobre mantenimiento y reparación (posiblemente a partir de objetivos relacionados con el diseño sustentable) se podrá decir que se ha alcanzado un nuevo estándar de excelencia en nuestra industria.

Siendo que la eficiencia es el primer paso para ser sustentable, para mejorarla es necesario comprender el comportamiento actual del sistema. La falta de optimización y la incorporación precipitada de cambios duran-

te el proceso constructivo son las principales causas de pérdida de dinero y recursos; un Modelo Ideal no contribuirá a reducir el impacto de estas pérdidas, pero sí podrá hacerlo la optimización.

Las herramientas disponibles en el mercado para el *management* de la construcción no han sido pensadas para los arquitectos, particularmente por su representación gráfica, ya que se trata de gráficos (generalmente barras y/o tortas) y conjuntos de números en los que el constructor debe concentrarse para identificar los ítems que deben ser optimizados; la falta de conexión visual entre los números, los gráficos y el edificio es otra brecha que debe ser saldada. Tal como ha sido referido, una Maqueta Digital Real 4D de un edificio, actualizada a medida que la construcción avanza, generará nuevos conocimientos para basar decisiones de diseño. Esta capacidad asigna a la Maqueta Digital Real el valor de optimización, siendo que la optimización implica un proceso constructivo eficiente. Optimización y eficiencia son las bases para cualquier entorno sustentable; más aún, puede ser extremadamente beneficioso diagnosticar el comportamiento del edificio terminado y mantener sus capacidades a lo largo de su vida útil.

Los sistemas de *management* de edificios controlan sus servicios principales; teniendo en cuenta que una construcción es pensada para una vida útil de al menos 30 años, son numerosos los cambios que pueden ser incorporados para extender esta duración en óptimas condiciones y respondiendo a las cambiantes necesidades de nuestra realidad. Todos estos cambios pueden concretarse de manera sencilla, basando las decisiones en información provista por la Maqueta Digital Real. Más aún, este modelo puede ser transferido a cada nuevo propietario y puede ser utilizado en casos de emergencia (incendios, atentados o sismos, entre otros, en que una respuesta rápida es imprescindible<sup>9</sup>) o bien como base de datos para las empresas de servicios y/o para aquellas dependencias a cargo de la inspección de edificaciones. Esta nueva tecnología, basada en un abordaje del *management* flexible, es la solución que *finalmente nos permitirá hacer cosas que aún no estamos haciendo*<sup>10</sup>.

## Bibliografia

- Bedrick, J. (2005): «BIM and process improvement». *AEbytes Viewpoint* 20.
- Berkun, S. (2005): *Art of Project Management*. MA: O'Reilly Media, Cambridge.
- Bradbury, D; McClelland, W. (2001): *Theory of Constraints Project Management. A brief introduction into the basics*. The Goldratt Institute, New Haven.
- Dooley, K; Johnson, T; Bush, D. (1995): «TQM, Chaos, and Complexity». *Human Systems Management* 14.
- Forrester, J. (1994): «Learning through system dynamics as preparation for the 21<sup>st</sup> century». *Keynote address for system thinking and dynamic modeling conference for k-12 education*. Concord Academy, Concord.
- Forrester, J. (1994): «System Dynamics, Systems Thinking and Soft Operation research». *Systems Dynamic Review* 10.
- Lewin, R. (1992): *Complexity: Life at the Edge of Chaos*. MacMillan, New York.
- Waldrop, M. (1992): *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Chaos*. Simon and Schuster, New York.
- Lichtig, W. (2007): «Projects as Patients; What Can We Learn from the Medical Profession?» *Practice Management Digest*. AIA, fall.
- Maccoby, M. (2000): «Understanding the Difference Between Management and Leadership». *Research Technology Management* 43, 1.
- Thomsett, R. (2002): *Radical Project Management*. Prentice Hall, Upper Saddle Creek, New Jersey.
- McKinney, K; Fischer, M; Kunz, J. (1998): «Visualization of construction planning information». *Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces*.
- Moreira, A. (2007): «Re-Thinking Design and Construction». Lecture at College of Architecture and Planning. University of Utah.
- Moreira, A. (2007): «Identification and Significance of Problems and Opportunities». FADU/UNL, Mimeo.
- Ossimitz, G. (2002): «Stock-Flow Thinking and Reading stock-flow related graphs: An empirical investigation in dynamic thinking abilities». *Proceedings of the 2002 International System Dynamics Conference*. System Dynamics Society, Albany, New York.
- Peña-Mora, F; Park, M. (2001): «Dynamic Planning for Fast-Tracking Building Construction Projects». *Journal of Construction Engineering and Management* 127, 6.
- Petric, S; Goldman, A. (1999): *Agent-Based Project Management*. Springer-Verlag, Berlin.
- Retik, A. (1993): «Visualization for decision making in construction planning». *Visualization and Intelligent Design in Engineering and Architecture. Information and Communication Technologies* 5.
- Takeuchi, H; Nonaka, I. (1986): «The new new product. Development Game». *Harvard Business Review*.