

# El BIM como optimizador de Costes en el Ciclo de Vida de un Edificio: Aplicación al Smart Building

**Sanz Izquierdo, Adolfo:** Presidente Ashrae Spain Chapter, Director Analistas EDC Partners. Ingeniero Naval, MBA, DEA Organización de Empresas, MAshrae, Maine. Correo: [asanz@spain-ashrae.org](mailto:asanz@spain-ashrae.org); [adolfo.sanz@grupoedc.net](mailto:adolfo.sanz@grupoedc.net)

**Garcia Ahumada, Francisco Luis.**

Ingeniero Aeronáutico, Licenciado en Físicas, Msc en Sostenibilidad y Responsabilidad Social Corporativa, Mlam MCibse, MAshrae Correo: [ahumadafm@gmail.com](mailto:ahumadafm@gmail.com)

**Resumen:** En esta comunicación, intenta arrojar luz sobre la optimización de Costes en el Ciclo de Vida aplicada a un edificio, comienza analizando algunas definiciones de Smart Building, para pasar a exponer las fases del ciclo de vida de un edificio y a continuación, exponer como mediante los métodos de modelado de un edificio BIM permiten ganar eficiencias en un edificio desde su concepción y añade a ello el papel que el Internet de las Cosas puede desempeñar para optimizar los costes de O&M a lo largo del ciclo de vida del edificio.

## Viaje del Edificio Eficiente al Smart Building

El diseño de un edificio eficiente, en términos de consumo energético se basa en la necesidad de:

1. Reducir la demanda de energía para su funcionamiento.
2. Realizar una integración de las energías renovables,
3. Utilizar equipos más eficientes
4. Usar de forma intensiva los sistemas de control para regulación y monitorización del funcionamiento de los sistemas.

Del edificio eficiente pasamos al edificio inteligente que integra los sistemas del edificio que giran en torno a su operación, un ejemplo claro es el control de iluminación centralizado. La última etapa, de momento, son los “Smart Building”. El concepto de Smart Building no está definido de manera clara y uniforme esto, añade dificultad al desarrollo de los Smart Building por lo confuso del objetivo

Para la GSA (EEUU) un edificio inteligente es **“aquel que integra los principales sistemas del edificio en una red común y comparte información y funcionalidades entre ellos para mejorar las operaciones del edificio”**

Los objetivos perseguidos por la GSA son:

- Eficiencia Energética
- Mejorar su Eficiencia Operacional
- Mejorar la Satisfacción de sus ocupantes.

El programa GSA Building Link utiliza un mínimo de 1000 puntos de datos por edificio para establecer los parámetros de operación y uso de la energía.

Para The Climate Grupo un Smart Building **“es un conjunto de tecnologías usadas para realizar el diseño la construcción y la operación de un edificio nuevo o existente para que funcione de manera más eficiente”**.

Una característica diferencial del Smart Building es la adaptabilidad; el edificio, es capaz de adaptarse a los diferentes requerimientos de confort de los ocupantes en función de las variaciones diarias y estacionales de uso del edificio y optimizar, el uso de la energía a

emplear. De esta forma, se mejoran los parámetros de satisfacción de los ocupantes y un uso eficiente de las energías.

El Smart Building requiere de una aproximación holística a la realidad del edificio, es un todo integrado a lo largo de todo el ciclo de vida de los edificios.

### **El Ciclo de Vida de un Edificio**

Toda construcción tiene un ciclo de vida, la legislación actual nos requiere que se realice analicen diferentes alternativas y se escoja aquella de mejor coste eficiencia, el fundamento de esta obligación se basa en construir un edificio donde sus gastos de operación y mantenimiento se minimicen ya que estos se realizaran a lo largo de la vida del edificio. En la figura 1 se exponen los principales hitos en el ciclo de vida. La etapa de O&M es al que requiere de mayores recursos y estos pueden ser ajustados desde el diseño.



Figura 1 Principales hitos en el Ciclo de Vida. Fuente: Elaboración propia

### **El papel del “Building Información Modeling” (BIM) y del “Internet de las Cosas” en el diseño de los Smart Building**

#### **La metodología BIM y sus niveles:**

BIM, “Es una representación digital compartida de las características físicas y funcionales de cualquier objeto construido (incluyendo edificios, puentes, carreteras, etc.) que forma una base fiable para las decisiones”<sup>1</sup> Es la creación de un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre el edificio que se proyecta y que conforma una base fiable para los procesos de toma de decisiones durante el ciclo de vida del edificio, esto es, desde la concepción hasta su demolición. Es una evolución disruptiva desde los sistemas CAD, así, podemos realizar una aproximación a la evolución de los sistemas de información.

La metodología BIM ocupa un papel importante en el Plan Estratégico de ASHRAE y su visión para el 2020 y se ha desarrollado documentación, entre ellos, el Standard 189.1 (High Performance Green Building Standard), Standard 90.1, y Advanced Energy Design Guide series (AEDG’s). También se ha creado un comité para el lanzamiento del BIM (The BIM Steering Committee) dependiente de Society’s Technology Council. Esto indica el reconocimiento por Ashrae del roll que esta tecnología puede desarrollar para diseñar mejores edificios.

### **El “Internet de las cosas” (IoT) y su aplicación a la Operación y Mantenimiento de los edificios.**

<sup>1</sup> ISO 29481-1 2010 “Building information modelling -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format”

Internet de las cosas se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos a través de internet. El IoT tiene sus propias características y conceptos específicos. El IoT permite compartir un elevado número de conceptos con otros dispositivos y con otras tecnologías con la intención de ofrecer una visión conjunta y de acuerdo a la demanda solicitada. La figura 3 representa las interrelaciones que se pueden desarrollar en el IoT.

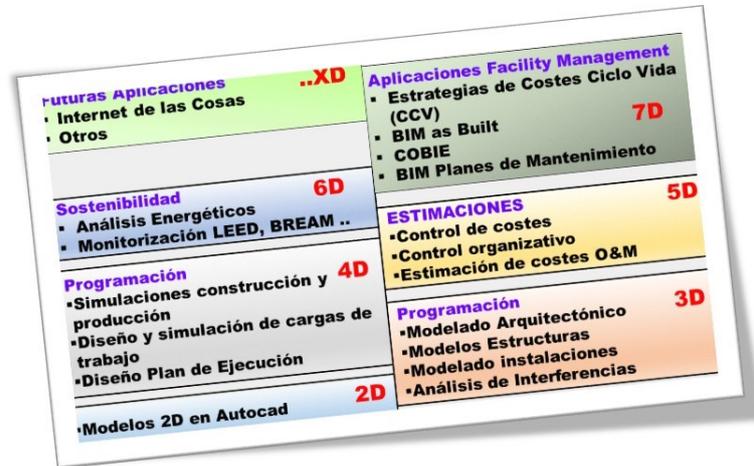


Figura 2 Evolución de niveles del modelado de información del edificio BIM

### Aplicación del BIM y del IoT a la Gestión de la Operación y Mantenimiento de los edificios.

El periodo de mayor extensión en la vida de un edificio es el de ocupación y durante este periodo hay que realizar la gestión de la operación y el mantenimiento de los sistemas del edificio. Si no se desarrolla una adecuada gestión de O&M, el edificio se degradará en el tiempo y sus características diferenciales desaparecerán.

Durante el periodo de diseño y construcción el uso de BIM proporciona información valiosa sobre la localización espacial de los diferentes elementos, y del análisis de interferencias entre los diferentes elementos y sus accesorios y se puede garantizar la accesibilidad para la realización de las operaciones de mantenimiento de los diferentes sistemas e incluso simulaciones que servirán para comparar y conocer las desviaciones entre el proyecto y la realidad. **Todo ello redunda en un ahorro de costes en la etapa de Operación y**

Para realizar el intercambio de información, el IoT se apoya en una serie de tecnologías, las que se están desarrollando las que se están aplicando en la actualidad son 1) Las etiquetas de radio frecuencia RFID. 2) dispositivos ópticos y códigos de respuesta 3) Sistemas de Bluetooth de baja energía.

Las oportunidades que el IoT ofrece a usuarios fabricantes y proveedores de servicio son extraordinarias al igual que los son para otras muchas aplicaciones.

Figura 3 El Internet de las cosas

**Mantenimiento** debido a que, se define de manera exacta la ubicación del elemento, los operarios saben dónde deben acudir evitando tiempos muertos e incrementando la productividad del equipo de mantenimiento. EL análisis de interferencias detecta aspectos que pueden afectar a los elementos, tales como dificultad o imposibilidad de acceso de personas y piezas de repuesto al lugar donde se necesitan y provocando la creación de un acceso que, tiene un coste elevado, que podría haberse evitado desde el diseño.

La figura del gestor de las instalaciones es crítica en la operación y mantenimiento del edificio. La aplicación de la metodología BIM y los datos que se pueden obtener, en tiempo real, tratados de forma adecuada, permiten optimizar la eficiencia en la operación del edificio a través de la mejora en los procesos de decisión que afectan al mantenimiento y a la eficiencia energética del edificio.

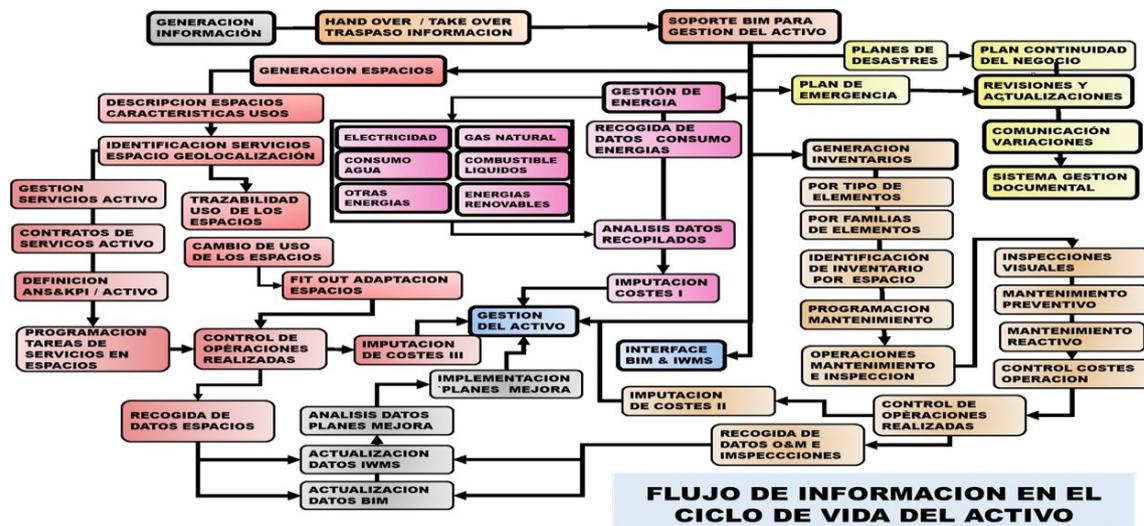


Figura 4 Integración BIM & IWMS. Elaboración propia. Fuente Elaboración Propia

### El Ahorro de Costes en Operación y Mantenimiento y Demolición del Edificio usando BIM.

En la fase de diseño BIM permite el modelado de las instalaciones y el análisis de Interferencias, lo que afecta a la productividad del futuro equipo de mantenimiento, también permite obtener las mediciones de los espacios, y realizar simulaciones, que pueden usarse para optimizar los costes de propiedad.

El sistema también permite ahorrar costes en el periodo de construcción a través de la programación a lo largo de la línea temporal sobre las fases de construcción y producción, y simularlas, así como el diseño y simulación de cargas de trabajo y sirve como herramienta de control del plan de ejecución. Con todo ello, se obtiene una gran cantidad que ayuda al proceso de toma de decisiones y contribuir a la reducción de costes.

### Operación y Mantenimiento

Durante el periodo de Operación y Mantenimiento, parte de los costes provienen de las operaciones de mantenimiento (personas, consumibles y piezas de repuesto) y los de operación que corresponden a gastos de energías requerida para que el edificio cumpla su función y otros costes fuera del ámbito de este análisis. Estos costes forman parte del Coste de Ciclo de Vida de acuerdo con la ISO 15686-5 “Buildings and constructed assets -- Service-life planning -- Part 5: Life-cycle costing”. Y que son necesarios en el caso de proyectos de eficiencia energética de acuerdo con el Reglamento 244/2012 “que

complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, estableciendo un marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos”

La utilización del BIM adecuado, en la fase de diseño permite realizar simulaciones y análisis de sensibilidad de los sistemas que consumen energía (agua, gas, electricidad,..) para **definir qué solución es la más adecuada en términos de costes en el ciclo de vida del edificio**. En la fase de operación se obtienen los costes reales del edificio y se comparan con la simulación realizada en la fase de diseño y se analizan las diferencias y se diseñan soluciones a implementar para corregir las desviaciones que en su caso se produzcan- En esta etapa usaremos la posibilidad de imputar costes, así, podemos usar el sistema para realizar un control de las desviaciones entre costes estimados y reales, tanto de elementos y su consumo como los que se refieren al aspecto organizativo y podemos mantenerlos actualizados en todo momento.

La estimación de los costes operativos permitirá una mayor eficiencia, no solo en el diseño de la organización, también en la toma de decisiones para definir equipos y su seguimiento posterior, así como la estimación de los costes de mantenimiento previstos que nos permitirán conocer las desviaciones entre la previsión y la realidad y a través de ellos implementar medidas para reducir la brecha entre ambos

El realizar un mantenimiento adecuado de todos los sistemas del edificio con los protocolos adecuados permite asegurar la longevidad del edificio y de sus instalaciones, para ello es necesario crear un entorno integrado y una comunicación abierta entre los equipos y una gestión integrada de los proyectos, que den soporte y faciliten las operaciones de mantenimiento, esto lo conseguimos a través de BIM, como antes indicamos.

Las normas de interoperabilidad permiten el intercambio y puesta en común de información de los edificios. Con ellas, se podrá compartir información técnica, e incluso comercial sobre los productos y servicios utilizados para el edificio, el acceso a esta información, facilitara la toma de decisiones y se aumentaran las capacidades de adaptación y aprendizaje del funcionamiento de los sistemas y así, mejorar la respuesta ante incidencias y problemas al tiempo que se garantiza la coherencia.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, es posible realizar análisis energéticos, tanto de forma conceptual como detallada por cada elemento, esto nos permite disponer de una base de comparación para que, cuando tengamos las medidas reales, analizarlas y mejorar la ejecución de los diferentes elementos, obteniendo incluso, la monitorización de los elementos sostenible e incluso de la monitorización de las medidas para certificaciones como LEED y BREAM

Por último en la gestión de las instalaciones (Facility Management), el sistema permite desarrollar estrategias de acuerdo a los costes del Ciclo de Vida de los elementos del edificio, disponer de información precisa “as built”, disponer de un completo inventario de elementos y su localización, lo que optimiza el mantenimiento sin olvidarnos del soporte que ofrece realizar planes de mantenimiento y soporte técnico a los operarios, a través del uso del Internet de las cosas, lo que permitirá que un operario, en tiempo real. Pueda acceder a toda la información de un elemento específico.

Las labores de mantenimiento suponen en primer lugar en conocer los requisitos de los clientes, conocidos estos, se deben de definir las técnicas de mantenimiento a emplear y las opciones de que se dispone para obtener la prestación de los diferentes servicios, con ello debe diseñarse la estrategia de adecuada al edificio particular, desarrollarla e implementarla

una vez que se haya decidido cuál es la opción a aplicar y, desde la experiencia de la ejecución controlar los rendimientos y mejorarlos si es posible

Uno de los aspectos más críticos de los edificios modernos es en el control. Cuando el control se diseña, implementa y se utiliza de forma adecuada el edificio puede estar totalmente automatizado y el edificio es más eficiente que con un control humano, para mantenerlo en el tiempo el sistema deber ser mantenido y actualizado en función de la evolución del edificio. Si el control no se diseña, implementa y utiliza de forma adecuada, en una o más de estas etapas, aparecen riesgos que pueden resultar en un mal funcionamiento del edificio y un bajo rendimiento de los sistemas que, pueden ir asociados a sobrecostes innecesarios.

### **Demolición:**

Al finalizar la vida útil del edificio se procede a su demolición, el uso del BIM abarca el acceso compartido a los activos reutilizables, y las directrices y mejores prácticas para realizarlo, dando soporte al proceso de recuperación de todos los materiales que puedan ser reutilizados y gestionar todos aquellos materiales que puedan suponer un impacto negativo Todo ello supone que hay una generación de valor en la etapa de demolición y se tiene un mayor control de los elementos que requieren de un tratamiento específico para evitar contaminaciones.

### **Conclusiones:**

El objetivo del Smart Building es crear un edificio que cumpla con los requerimientos de los clientes en términos de confort, costes, y eficiencia. Los edificios inteligentes son un sistema en sí mismos, fomentan la interacción entre todos los espacios en el edificio.

La integración de sistemas a través de la, Arquitectura, Ingeniería, Construcción y el periodo de Operación y Mantenimiento y la Demolición, permite ahorrar costes en toda la cadena de suministro del edificio, para ello se requiere el uso de modelos BIM, a través de ellos podemos no solo reducir los costes de construcción, también los de diseño, construcción y la operación y mantenimiento, facilitando la localización de los elementos que deben ser mantenidos y sus rutinas de mantenimiento. Además, el IoT permitirá que los que deben de realizar este trabajo puedan acceder en tiempo real a información relevante para su realización

### **Bibliografía y Referencias**

- ISO 29481-1 2010 “Building information modelling -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format”
- ISO 15686-5 “Buildings and constructed assets -- Service-life planning -- Part 5: Life-cycle costing”.
- Reglamento 244/2012 “que complementa la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo
- Ashrae, (2009) An introduction to Building Information Modeling (BIM)
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*.
- Issa, R. R., & Suermann, P. (2009). Evaluating industry perceptions of building information modeling (BIM) impact on construction. *J. Inf. Technol. Constr*, 14, 574-594.