



Trabajo Fin de Grado

Aplicación de la metodología BIM a
equipamientos públicos.

Application of BIM methodology to public
facilities

Autor

Diego Peiró García

Director/es

Angélica Fernández Morales

Miguel Sancho Mir

Titulación del autor

Grado en estudios de arquitectura

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen | 3 |
| Abstract..... | 4 |
| Introducción | 5 |
| Consideraciones iniciales..... | 6 |
| Estado de la cuestión | 6 |
| Estructura y metodología | 8 |
| Marco legal, normativa y estándares | 10 |
| Conceptos previos | 10 |
| Norma ISO 19650 | 11 |
| Plan BIM en la contratación pública | 11 |
| Ciclo de vida del modelo | 13 |
| Hospital de Maz | 15 |
| Software..... | 16 |
| Levantamiento | 18 |
| Codificación..... | 24 |
| Conclusiones..... | 27 |
| Análisis DAFO | 28 |
| Futuras líneas de trabajo | 29 |
| Modelo digital | 29 |
| Bibliografía..... | 31 |
| Anexo: Documentación gráfica adicional del hospital de Maz | 33 |

Dedicado únicamente a mi padre.

Porque pese a que no solo él lo merezca, quizás solo él lo necesite.

Resumen

En el marco global actual se detecta una desmejora y mayor dificultad de acceso a ciertos recursos, los cuales se ven atados a eventos esporádicos macroeconómicos que producen un desequilibrio en la cadena de suministro. Se ve un avance sustancial en la digitalización de áreas de la sociedad para tratar de impulsar y optimizar su funcionamiento con el afán de evitar o reducir las consecuencias derivadas de dichos acontecimientos además de una potencial mejora en la operabilidad y gestión de las existencias inmediatas.

El sector de la arquitectura, construcción e ingeniería ha sido particularmente reticente a la digitalización dada la dificultad que supone automatizar muchos de los procesos y trabajos que implica. Se observa un mayor potencial de aplicación por lo tanto en aquellos proyectos de gran envergadura, cuya creación se ve prolongada en el tiempo y puedan hacer un uso de dichos recursos durante mayor cantidad de tiempo.

Estos sistemas de gestión han comenzado a absorber funciones en otras etapas del ciclo de vida del proyecto, incluyendo periodos iniciales que incluyen su concepción y diseño, en consecuencia, han empezado a adquirir un atractivo mayor y sus posibilidades han incrementado altamente.

Se trata de recursos cuyo coste es elevado y son más viables cuanto mayor es el volumen de aplicación. En consecuencia, se deduce que aquellas empresas y organizaciones de mayor tamaño podrán lucrarse en mayor medida de una transformación digital. A raíz de ello, el objetivo de este trabajo es el de estudiar su implementación en el entorno público español a través del caso de estudio del hospital de Maz y otras fuentes documentales de apoyo.

El trabajo crea una imagen inicial del marco legislativo actual y explora el método tradicional para realizar una comparativa objetiva entre métodos, concluyendo las áreas de mejora en su aplicación.

Además, se analiza la metodología y softwares utilizados en la digitalización del hospital, las necesidades para la creación de un sistema de mantenimiento y control energético, así como su posible extensión a otros usos como la de ampliación y validación de la información contenida y existente referente al edificio.

Por último, explora algunas de las aplicaciones futuras que se comienzan a implementar basadas en estos modelos y el futuro de la tecnología, el cual podría vincular de forma centralizada muchas áreas de trabajo que se consideran no relacionadas en la actualidad.

Abstract

In the current global framework, a deterioration and increased difficulty in accessing certain resources is detected, which are tied to sporadic macroeconomic events that cause an imbalance in the supply chain. A substantial advancement in the digitization of societal areas is observed to boost and optimize their functioning, aiming to prevent or reduce the consequences stemming from these events, as well as a potential enhancement in the operability and management of immediate inventories.

The architecture, construction, and engineering sector has been particularly resistant to digitalization due to the challenge posed by automating many of the processes and tasks it entails. Therefore, a greater potential for application is observed in larger-scale projects, whose creation is extended over time and can make use of these resources for a longer period.

These management systems have started to absorb functions in other stages of the project's lifecycle, including initial periods encompassing its conception and design. Consequently, they have begun to gain greater attractiveness and their possibilities have significantly increased.

These are resources with a high cost and are more viable the greater the volume of application. Consequently, it is deduced that larger companies and organizations will be able to benefit to a greater extent from a digital transformation. As a result of this, the objective of this work is to study its implementation in the Spanish public environment through the case study of the Maz hospital and other supporting documentary sources.

The work creates an initial picture of the current legislative framework and explores the traditional method for conducting an objective comparison between methods, concluding the areas for improvement in their implementation.

Additionally, the methodology and software used in the hospital's digitization are analyzed, along with the requirements for creating a maintenance and energy control system, as well as its possible extension to other uses such as the expansion and validation of the contained and existing information regarding the building.

Finally, it explores some of the future applications that are beginning to be implemented based on these models and the future of technology, which could centrally link many areas of work that are currently considered unrelated.

Introducción

El sector AECO (Architecture Engineering Construction and Operations) ha sufrido una transformación reciente significativa debido al desarrollo de las tecnologías de generación de información. Una de ellas es la metodología BIM (Building Information Modeling). Esta tecnología trata de integrar todos los aspectos que componen la vida de un edificio en un solo documento virtual, interrelacionando sus diferentes etapas y fases desde su concepción hasta su futuro mantenimiento, pasando a través de su construcción, medición y funcionamiento.

El uso del BIM es un proceso basado en la creación y gestión de modelos digitales inteligentes y dinámicos, los cuales, a diferencia de los métodos más tradicionales, nos permiten el control de la información de cada elemento desde un solo punto, reflejando dicho cambio en todos aquellos lugares cuya información pudiera verse. Es por lo tanto evidente, el potencial ahorro económico y temporal que ofrece y, por lo tanto, la atracción que ha generado sobre la industria.

Esta centralización de la información ofrece además una serie de ventajas, entre las cuales una de las más interesantes es la facilidad de comunicación y colaboración entre equipos multidisciplinares. Tradicionalmente, el contraste de material y avances entre equipos se producía de forma manual, por lo que era un proceso lento y difícil. BIM funciona especialmente bien en proyectos de gran tamaño, cuya gestión individual es complicada, facilitando la colaboración entre los actores implicados debido a la facilidad de acceso a los modelos a cotejar. De este modo el avance es uniforme, eliminando la dependencia humana para la transmisión de la información.

Dadas las ventajas que la metodología BIM ofrece en el ámbito de la arquitectura y la construcción, se hace evidente su potencial y la importancia de su exploración con más detalle para comprender cómo su implementación en algunos entornos pudiera resultar en grandes beneficios que superen con creces las dificultades que pudiera suponer su puesta en funcionamiento.

Cabe destacar que, de forma opuesta al tratamiento tradicional de la información requerida para la concepción y construcción de un edificio, BIM ofrece un uso recursivo de la información, acompañando a lo largo del ciclo de vida y transformando su uso, resultando en una reducción de costes y recursos a largo plazo.



1 Infografía tipo de un edificio ejemplar basado en tecnología BIM (Just Crea)

Consideraciones iniciales

Dada la magnitud y escala del sistema público español, es razonable considerar las grandes aportaciones y mejoras que pudiera suponer una transformación a un sistema de estas características a lo largo del ciclo de vida del edificio.

"El sector público generalmente no está impulsado por la rentabilidad ni por la ventaja competitiva, sino más bien por el enfoque en la experiencia del ciudadano."¹

BIM es capaz de aportar estas optimizaciones y mejoras sin perder ni transformar la experiencia ciudadana resultante necesariamente, por lo que es evidente cómo esta tecnología podría cambiar el paradigma de funcionamiento actual y mejorar la accesibilidad ciudadana a estos servicios. La propuesta no es reducir servicios para alcanzar los mismos niveles de producción sino mantener los niveles de producción actuales mejorando la velocidad y el estándar del servicio.

Para ello será necesario no solo construir a partir de este momento a través de sistemas BIM todo edificio de nueva planta, sino realizar levantamientos y registros de toda la red preexistente. Es un esfuerzo de digitalización enorme que llevará décadas completar, por lo que, pese a que los sistemas de uso de estas digitalizaciones necesitan mejorar y expandirse, es un momento ideal para comenzar a realizar esta digitalización en previsión de los grandes resultados que pudiesen ser obtenidos en un futuro.

La motivación de este trabajo de final de grado es exponer y estudiar estos factores dada mi firme creencia en las posibles mejoras de calidad que pudieran suponer sobre el sistema público. Personalmente he dedicado los últimos dos años de mi vida a la creación de levantamientos y edificios de nueva planta a través de Revit y el entorno de programas de Autodesk y tras esta etapa, me resultan evidentes los puntos de mejora además de las extensas posibilidades de recorrido a futuro.

He observado un interés en el ámbito tanto público como privado, nacional e internacional y es un interés que comparto. Una vez integrados los sistemas en tu método de trabajo resulta extremadamente difícil volver a sistemas de trabajo anteriores.

Por otro lado, tras la etapa del coronavirus he observado la fragilidad del sistema actual y me preguntó de qué forma pudiéramos mejorarlo. Para ello, es necesario conocer de qué forma se está aplicando BIM y cuál es el avance y estado actual de la tecnología en su implementación.

Estado de la cuestión

Los orígenes de BIM se remontan a las décadas de 1960 y 1970, cuando los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) comenzaron a utilizarse en la industria. Estos sistemas permitían crear representaciones virtuales de los planos que hasta el momento se realizaban a mano.

Este gran avance supuso una revolución, dado que permitió no solo una mayor precisión en la creación y diseño de planos, sino la posibilidad de corregir, rectificar, trabajar y revisar el dibujo original de manera casi inmediata, frente al esfuerzo de redibujado desde el inicio que era requerido tradicionalmente.

¹ Building Industrial Digital Twins: Design, develop, and deploy digital twin solutions for real-world industries using Azure Digital Twins (Shyam Varan Nath, y otros, 2 nov 2021 pág. 113)

Supuso además una mejora de colaboración dado que los planos podrían transmitirse con mayor frecuencia, trabajando sobre una información más actual y mejorando su eficiencia.

Durante esta transformación y paso al uso del CAD, comenzaron a desarrollarse los sistemas tridimensionales, los cuales permitieron una mejor visualización y compresión de las geometrías que se estaban representando. Sustituyendo parcialmente el uso de maquetas, las cuales tienen un gran coste económico y poca posibilidad de modificación, al igual que los planos dibujados a mano.

Por último, a finales de la década de 1990 aparecieron las primeras herramientas BIM que extendían los usos y funcionamientos de los sistemas de representación tridimensional otorgando la posibilidad de integrar información sobre ellos y combinando de ese modo ambos conceptos en un solo archivo de trabajo.

Tras la comprensión del público de su potencial comenzó su expansión, en un inicio de forma sutil y poco organizada, rápidamente comenzaría la aparición de entidades organizativas cuyo objetivo sería la estandarización y expansión de la metodología.

La existencia de diversos programas supuso dificultades para la colaboración entre equipos y empresas cuyo programa de uso diario era diferente, lo cual contrastaba completamente con las ideas generadoras de la tecnología BIM, la de unir y vincular toda la información existente a un solo archivo de gestión única. Por ello en 1995 sería creada la IAI (Industry Alliance for Interoperability), la cual tendría por objetivo implementar un terreno común para la comunicación entre diferentes programas archivos, siendo uno de los precursores del formato IFC.

Estos avances unidireccionales hacia la colaboración y comunicación empresarial supondrían la creación de organizaciones cuya intención sería ya no solo la facilitación de uso de archivos de otras procedencias sino la estandarización del método de trabajo, para poder utilizar un solo sistema de gestión sea cual sea la procedencia original del mismo, además de divulgar y compartir información para la expansión de la tecnología

Una de estas organizaciones es EUBIM, el cual realiza una serie de congresos periódicos a través de los cuales podemos conocer mejor la situación actual y la forma de uso que se está dando al BIM, además de la dirección que está tomando.

Algunos de los casos más interesantes que podemos observar en las ponencias de mayo de 2023 son “Cómo optimizar la gestión de instalaciones con la integración de datos habilitada para BIM” de Víctor Duarte y Carlo Cosoleto ², en la cual explicaron las intenciones de la OTAN para la transformación digital en la gestión de instalaciones a través de BIM en su nueva sede. Se trata de un caso interesante dada la repercusión que pudiera suponer para el gasto operacional de mantenimiento del edificio, situación transponible al marco público español ya citado, al constar de una red edificada de gran envergadura que pudiera ser conectada y gestionada de forma localizada.

Para poder utilizar estos sistemas de gestión necesitamos sin embargo un modelo que contenga la información requerida, por suerte, los avances tecnológicos en la generación de

² Cómo optimizar la gestión de instalaciones con la integración de datos habilitada para BIM (Duarte, y otros, 2023)

nubes de puntos son elevados como nos mostraron Fernando Delgado Hernández y Rodrigo García Roldán en su ponencia ³, en la que se explicaron su utilización.

*"[...]La aplicación más generalizada de las nubes de puntos ha sido para la medición y documentación de edificaciones existentes, como referencia para el desarrollo de proyectos de reforma. [...]"*⁴

Por último, necesitamos conectar nuestra red para incluir una gestión única. La organización ACCA software nos mostró de qué forma podemos crear un modelo digital geoespacial y referenciado para unir todos los edificios e infraestructuras del territorio a través de un sistema de comunicación en la nube basado en GIS y OpenBIM ⁵.

Estructura y metodología

Este documento se encuentra dividido en cinco grandes apartados además de la introducción inicial. La tecnología BIM es un sistema complejo y denso, por lo que hay diversas cuestiones contextuales que son requeridas para la comprensión de esta.

Es necesario, por lo tanto, realizar un primer acercamiento a los conceptos iniciales asociados a BIM, dado que contiene una gran cantidad de vocabulario, siglas y acrónimos que a lo largo del documento aparecerán de forma recurrente y merecen una explicación. Se incluye pues un apartado que las defina basado en entidades y organizaciones que aportan rigor en sus definiciones, además de la dirección que estas están tomando, ya que tienen un importante papel en el desarrollo e implementación de la tecnología sobre la sociedad.

A continuación, se explican los puntos de aplicación de la tecnología y sus áreas de uso con el objetivo de comprender sus diferencias con los métodos más tradicionales.

A través de esta documentación previa se crea un marco contextual completo que se compara con un caso de estudio, para el cual se ha optado por realizar un análisis de los sistemas y métodos utilizados en la actualidad mediante libros especializados que albergan los temas tratados en el trabajo. Se realiza una comparativa con los conocimientos que he obtenido a través de mi paso por el mundo laboral mediante el caso de estudio expuesto.

Por último, se exponen las conclusiones y líneas de trabajo futuras basadas en toda la información recopilada anteriormente.

Existen varios softwares en el mercado capaces trabajar en entornos colaborativos bajo las necesidades definidas previamente. Sin embargo, con el objetivo de buscar aquellos cuya implementación sea quizás más relevante en el entorno español. El caso de estudio aquí presentado se ha realizado con programas de Autodesk, los cuales suponen un mayor porcentaje de uso en el país. Algunos ejemplos son Revit, BIM360 y Naviworks para todos aquellos procesos relacionados con la creación, gestión y colaboración del modelo. Dynamo para los casos de gestión de información y/o diseño generativo. Por último, Forma para los estudios relacionados con la sostenibilidad e impacto sobre la ciudad.

³ LEICA GEOSYSTEMS - *Nubes de puntos para el control e inspección de obra* (Delgado Hernández, y otros, 2023)

⁴ <https://www.eubim.com/programa.html> (EUBIM, 2023)

⁵ ACCA SOFTWARE - *El OpenBIM para la creación de gemelos digitales de edificaciones e infraestructuras y para la integración dinámica del BIM con IoT, Facility Management y GIS* (Natale, y otros, 2023)

Otros programas interesantes más habituales en el entorno internacional son Archicad, en países francófonos principalmente, o Allplan, el cual es más frecuente en países de habla alemana. Existen además un sinfín de programas de cálculo específico para determinar desde el cálculo estructural al posicionamiento de las luminarias.

Existe por lo tanto una gran variedad de software, el cual no tiene una fácil curva de entrada. En este análisis se utiliza un caso de estudio para la comprensión del software y la metodología, el levantamiento del hospital de Maz, realizado en la empresa atBIM, en la cual llevo empleado dos años. Este edificio, digitalizado durante el 2020, se modeló con el uso simultáneo de una nube de puntos y planimetrías asociadas, cotejando ambas informaciones con el objetivo de representar una información actualizada y verídica. Los hospitales son equipamientos con un ciclo de vida rico en constante transformación, por lo que se optará por este estudio previo, con el objetivo principal de confirmar y catalogar todas las modificaciones no registradas en la información planimétrica existente.

Personalmente no he tenido participación directa sobre el levantamiento del edificio, sin embargo, he participado en otros levantamientos y edificios existentes y de nueva planta de características similares en dimensión, función y objetivos, como centros comerciales, de datos, logísticos, hospitalares. No ha sido posible presentarlos como casos de estudio, debido a que la procedencia de su información es privada. En consecuencia, he optado por un ejemplo cuya información no suponga un problema legal de cesión de datos.

Se utiliza, por lo tanto, el hospital de Maz como fuente de datos y explicación del método que he aprendido y desarrollado en base a diversos proyectos durante los dos últimos años, realizando una comparativa con los métodos existentes de fuentes documentales de referencia, como las obtenidas en EUBIM y completando aquellos aspectos cuyo objetivo del proyecto no llegan a profundizar en la medida necesaria para generar una imagen completa de la metodología necesaria de un edificio de equipamientos de uso público.

Para ello, es necesario analizar en primer lugar el marco legal existente, el cual toma un papel preponderante dentro de un edificio de carácter público. Se introducen además algunos conceptos previos que facilitarán la comprensión de estos documentos y los objetivos expuestos más adelante.

Marco legal, normativa y estándares

Conceptos previos

EIR o Employer's information requirement, "*[...] es un documento que aglutina los requisitos de información establecidos por el cliente en un proyecto desarrollado bajo metodología BIM. En España, en una licitación, están incluidos en el Pliego de Bases que regula el contrato. [...]”⁶*

BEP o BIM Execution Plan, "*[...] es un documento contractual en el que se definen las bases, reglas y normas internas de un proyecto que se va a desarrollar con BIM, para que todos los implicados hagan un trabajo coordinado y coherente. [...]”⁷*

IFC o Industry Foundation Classes, es un formato de archivo que permite la interoperabilidad entre diferentes programas de la industria. Es un estándar abierto que tiene por objetivo combinar y colaborar entre todas las disciplinas independientemente de la procedencia del modelo.

"BuildingSMART International es el líder a nivel mundial en la creación de estándares relacionados con la digitalización del sector AECO, tales como el modelo de datos IFC, que sirve como formato de intercambio de datos entre agentes, procesos y aplicaciones, y que viene definido por la Norma ISO 16739:2013.”⁸

LOD o Level Of Development, es una cifra estandarizada que define la precisión y detalle objetivo del modelo, ya que en numerosas ocasiones no es requerido un nivel de detalle elevado para alcanzar los objetivos de previsión del proyecto. Es importante definir el nivel LOD antes de comenzar el trabajo para evitar el uso innecesario de recursos.

COBie o Construction Operations Building Information Exchange, es una especificación que permite la importación rápida de un programa de mantenimiento asistido por ordenador.

Existen una gran cantidad de estándares y codificaciones. Ninguna de ellas es superior a otra actualmente, sin embargo, en dependencia de los objetivos buscados, algunas se adaptarán mejor o peor a los objetivos finales. Por lo tanto, se explorará una de ellas dado que las bases y conceptos son extrapolables a las demás. Algunos ejemplos son NRM, Ominclass, Uniclass, buildingSMART, Uniformat...

Estas codificaciones nos permitirán realizar una catalogación de los elementos contenidos en el modelo para posteriormente realizar mediciones, filtrados, exportaciones, presupuestos, distribución en fases, control de construcción en obra, mantenimiento, control de funcionamiento y domótica... Son por lo tanto parte del corazón del método BIM y uno de sus principales atractivos.

⁶ <https://www.espaciobim.com/eir-bim> (Ander Esarte Eseverri, 2017)

⁷ <https://www.espaciobim.com/eir-bim> (Ander Esarte Eseverri, 2017)

⁸ <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/> (BuildingSMART)

Norma ISO 19650

"La norma ISO 19650 es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido utilizando el modelado de información para la edificación [...] Contiene todos los mismos principios y requisitos de alto nivel que Ciclo de vida de Activos BIM y está estrechamente alineado con los estándares británicos actuales 1192." ⁹

Esta normativa está muy extendida en el marco global y ha supuesto una referencia de origen para muchos métodos utilizados en la actualidad y para la creación de otros marcos de referencia. Es, sin embargo, una normativa que no tiene validez legal en muchos casos, pero si define unos buenos estándares.



2 Jerarquía de los requisitos de información según EN-ISO 19650 – 1 (Building SMART, 2021 pág. 15)

Plan BIM en la contratación pública

"El Plan BIM en la contratación pública fue aprobado en Consejo de Ministros en fecha 27 de junio de 2023, conforme a la propuesta elaborada por la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública [...]"¹⁰

Esta normativa tiene por objeto mejorar la eficiencia del gasto público y abrir la posibilidad de transformar el sector a través de la innovación digital. Se trata de un plan impuesto que entrará en vigor en abril de 2024 y se implementará de forma gradual hasta integrarse por completo en el 2030.

La apuesta por el entorno público, el cual se encamina de forma unidireccional hacia ella, crea una evidente necesidad por transformar los patrones y métodos tradicionales del sector, no solo para cumplimentar las obligaciones impuestas por el mismo sino para explorar las significativas mejoras a la eficiencia que puede suponer.

"[...]apoyar la transición hacia una economía más ecológica, más innovadora y circular, en particular invirtiendo en infraestructuras sostenibles, en productos reutilizables, reciclables, reparables y eficientes

⁹ <https://www.bsigroup.com/es-ES/iso-19650> (British Standards Institution, 2023)

¹⁰ Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. (Secretaría General Técnica, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023 pág. 0)

en el uso de los recursos, así como en la renovación de edificios públicos para mejorar su sostenibilidad y optimizar los costes del ciclo de vida.”¹¹

En el documento se exponen las problemáticas y ventajas potenciales de la tecnología y reitera la ausencia actual de personal preparado experimentado con ella, por lo que se considera inviable la imposición inmediata de la misma. La relajación de los objetivos a corto plazo es consecuencia pues de la necesidad de formar al personal y no la falta de necesidad.

Entrando a considerar el alto interés generado por la tecnología se busca estandarizar y desarrollar unos criterios comunes a todo el órgano público que puedan resultar en una futura referencia a la industria, incentivando el desarrollo y la transición a métodos más efectivos y sostenibles.

Por otro lado, en base a las estimaciones realizadas se considera un ámbito más propicio de aplicación los proyectos de mayor tamaño, por lo que se considerarán diferentes objetivos en función del umbral económico determinado por cada uno, imponiendo una mayor exigencia a estos en su aplicación.

Pese a los beneficios ya expuestos de la adaptación BIM dentro del ámbito público, se menciona además la importancia reguladora del organismo, que tiene por objeto crear un marco nacional aplicable, que promueva la utilización de la tecnología y se recoja dentro de la Ley de Contratos del Sector Público. A través de ella se impulsará la fácil comunicación entre empresas permitiendo una aceleración en la implementación de los estándares y la transformación de la industria

Por otro lado, serán definidos unos procesos de gestión para la contratación pública que servirán como guía en la generación de documentación con carácter legal en sus diferentes procesos, documentos de similar carácter al EIR o BEP, además de una guía para la estandarización de requisitos BIM, relacionada con los estándares LOD.

Por último, expone la necesidad de crear un estándar de codificación común para los elementos BIM, el cual podría entenderse como cualquiera de los expuestos anteriormente (NRM, Ominclass...)

Tal y como se define en la norma ISO 19650, es una normativa alineada con los estándares británicos. Este hecho junto con la existencia de otros muchos tipos de estándares supone una dificultad a la hora de interpretar de qué forma deberíamos trabajar y en una mayor medida cuando una necesidad primordial de la industria es colaborar con otras disciplinas y equipos.

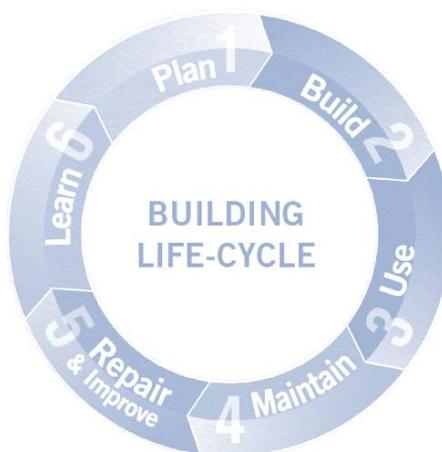
Es por lo tanto muy necesario el desarrollo de un estándar final único en el entorno público que evite este tipo de discrepancias en metodologías de trabajo.

¹¹ Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. (Secretaría General Técnica, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023 pág. 15)

Estos procesos y estándares aplican además de forma unísona sin conllevar una dependencia del estado actual del edificio, pudiendo intervenir en un edificio de planta nueva o uno preexistente y obteniendo en el proceso el mismo resultado exacto. Podemos, sin embargo, hacer uso de ellos de formas diferentes en cada una de estas etapas y es por ello por lo que un modelo BIM puede tener un uso muy diferente y extenso en cualquiera de sus estados.

Ciclo de vida del modelo

La introducción de BIM en el sector de la construcción ha revolucionado no solo la forma en la que se diseña y planifica un proyecto de construcción, sino también el modo de comprender, utilizar y transformar el entorno construido en el tiempo. El proyecto pasa de ser un dibujo estático a un modelo en constante cambio que lo acompaña a lo largo de todo su ciclo vital. Se compone de un enfoque colaborativo y multidisciplinar que permite atar e integrar diversas fuentes de información en un solo elemento de control y recepción.



3 - Ilustración representativa del ciclo de vida de un edificio (Fowler, 2014)

Planificación:

Durante este periodo, BIM, a través de masas conceptuales representa las ideas básicas geométricas del proyecto. El objetivo es valorar el encaje y funcionamiento sobre el contexto inmediato y evaluar el funcionamiento y viabilidad de las propuestas. En este aspecto no supone una mejora sobre métodos tradicionales, sin embargo, a través de Forma, BIM abre una nueva vía de comunicación con el resto de las disciplinas, que permite mantener un constante flujo de cambios, mejoras y optimizaciones basadas en datos objetivos. Nos permite iterar para buscar el punto de correlación adecuado entre forma y función dentro del conjunto contextual, analizando las repercusiones climáticas que las decisiones suponen sobre estos objetos iniciales.

Diseño:

En esta fase se desarrollan las masas iniciales con más profundidad, se definen sus materiales y componentes y sus distribuciones internas detalladas. Se diseñan además los sistemas que las acompañan. En ella se genera información precisa y contrastada que asegure la viabilidad de la propuesta y se realiza una labor de estudio profunda para la evasión y reducción de errores además de generar toda la documentación necesaria para su propio desarrollo en obra.

Ejecución:

Durante esta etapa, BIM se transforma en una herramienta de control y planificación. En ella simulamos de qué modo el edificio ha de ser construido y se realiza además una medición del edificio que permite de forma precisa prever no solo la cantidad de materiales sino gestionar cuándo deben llegar a obra. Buscamos diferenciar los diferentes procesos que las componen y qué necesitamos en cada uno de ellos. Para ello utilizaremos la herramienta además como un control de obra, diferenciando aquellos elementos ya construidos de los que no.

Mantenimiento:

El alcance tradicional del uso de CAD se remite hasta el apartado anterior, sin embargo, BIM propone continuar el uso utilizándolo como una fuente de información, en la que se aglutina todo dato relevante y necesario a lo largo de la vida útil del edificio para pasar a ser el documento de referencia para consulta.

Desmantelamiento:

Durante su etapa final, BIM proporciona datos relevantes de composición del edificio, montaje y proporciones residuales, que pueden cambiar significativamente la forma en la que se aborda el trabajo.

Tal y como se expone previamente BIM abre una vía de comunicación y colaboración enorme, e incluso estas diferentes fases están interrelacionadas. Es habitual recibir edificios entregados en fases que requieran una coexistencia entre todas ellas simultánea y es algo que la tecnología ofrece en todo momento.

Por otro lado, no es extraño encontrar proyectos en los que estas diferentes fases no están definidas ni tienen barreras claras. BIM permite trabajar e iterar sobre la información obtenida con rapidez y permite reducir los costes temporales al trabajar de forma unísona en todos ellos, ya que la mejora comunicativa y la reducción en los envíos de información se ha transformado a un acto instantáneo que elimina toda necesidad de trabajar de forma concatenada. Todo se trabaja a la vez.

En este trabajo se toma como referencia el hospital de Maz de Zaragoza, construido en la avenida de la Academia General Militar 74, en Zaragoza. La etapa correspondiente del edificio será por consiguiente la de mantenimiento, saltando sus fases de planificación, diseño y ejecución por el momento.

Hospital de Maz

El proyecto del Hospital General MAZ, diseñado por José de Yarza García y José de Yarza Nordmark, “[...] se inauguró en 1977 como centro de rehabilitación destinado a la recuperación de trabajadores accidentados, sobre todo con lesiones de traumatología. [...] Constaba de un volumen inicial constituido por dos plantas bajo rasante, una planta baja y seis alzadas. Además, contaba con un edificio para zona de hidroterapia, un bloque de dos niveles con consultas y despachos, un pabellón destinado al gimnasio y una cafetería.”¹²

“Una de sus grandes innovaciones fue el uso pionero en Zaragoza de unas enormes planchas prefabricadas de hormigón pretensado, de solo cuatro centímetros de espesor, que colocadas como si fueran tejas conforman la techumbre del gimnasio. Unas gradas laterales pensadas para una posible cancha de baloncesto para minusválidos- y una serie de escaleras constituyen recorridos que formaban parte del criterio que entonces se tenía de la rehabilitación? . Este mismo criterio dominó en la creación del resto de elementos, como el diseño original de la piscina localizada en el ala de hidroterapia.

En cuanto a las formas, además de depender de la orientación, tan importante en Zaragoza por el cierzo, son las que han salido del organigrama. Este salir de dentro hacia fuera adquiere vistosidad en el exterior, siendo cada cara diferente por esconder una función interior también distinta. Tal vez la única concesión hayan sido las curvas que alivian y dan relieve a las fachadas que cuentan con una gran masa saliente. Este aspecto pintoresco luce aún más por el excelente mantenimiento de materiales modernos como la gravilla lavada, el hormigón cara vista o los aglomerados de resinas.”¹³



4 - Imagen exterior del hospital de Maz. (Hospital de Maz, 2018)

¹² <https://ingennus.com/proyectos/reforma-del-hospital-general-maz/> (INGENNUS, 2020)

¹³ https://www.maz.es/Documents/Centenario/los_cien-evolucion-arquitectura_hospital.html (El periódico de Aragón, 2000)

El proyecto consiste en la digitalización del hospital de Maz¹⁴ con el principal objetivo de mejorar y mantener de forma más eficiente las instalaciones actuales, así como de abrir posibilidades a futuros estudios de eficiencia energética y mejora sostenible. Además, se contempla realizar un estudio para una ampliación futura del edificio.

Todo proyecto BIM ha de comenzar con unos objetivos claros para el uso del modelo, ya que la tarea de digitalización tiene un coste elevado y no en todas las circunstancias tiene sentido una inversión económica y temporal si no se va a realizar uso razonable del producto obtenido.

Bajo estas premisas es posible determinar que es necesario un modelo detallado en el apartado funcional, sin embargo, no lo es el aspecto para representación gráfica como pudiera ser la obtención de infografías. No es necesario un producto de venta sino un producto de alta utilidad.

La información obtenida y el estudio realizado a continuación es procedente de la empresa atBIM, la cual ha proporcionado la formación y documentación asociada.

Software

Deben considerarse algunos puntos para la comprensión de varias facetas y manierismos específicos de cada software o cada método de trabajo. Revit y el entorno de Autodesk están compuestos de programas altamente complejos que en ocasiones no valoran las necesidades del usuario en todo momento por lo que es necesario realizar algunas interpretaciones creativas de las herramientas que ofrece para tratar de exprimir todo el potencial de su uso. Son softwares en constante cambio y evolución que quizás en un futuro cubran incluso esas dimensiones de trabajo todavía no consideradas por su equipo de desarrollo.

Forma

Forma es un servicio web en la nube, capaz de ayudar a los equipos de planificación y diseño a generar geometrías iniciales en el emplazamiento para analizar las repercusiones geográficas y climatológicas del lugar y el contexto, iterando de forma rápida hasta lograr un resultado optimizado y sostenible. Realiza por lo tanto cálculos casi a tiempo real para mejorar el diseño conceptual y predecir las necesidades geométricas del proyecto para un mejor aprovechamiento de las cualidades del lugar.

Revit

Revit es el software principal de modelado y, por lo tanto, la herramienta principal de trabajo. Nos permitirá generar las geometrías y los planos asociados a ellas.

Autodesk Connector

Autodesk Connector es una herramienta que abre la posibilidad al trabajo colaborativo. A través de ella varios ordenadores de forma simultánea son capaces de trabajar sobre el mismo modelo, aumentando la producción y la velocidad de trabajo altamente.

BIM360

BIM360 es un entorno web, que permite coordinar y gestionar documentos, los cuales están directamente conectados a Revit. Nos permite observar, analizar y criticar la información contenida en los modelos para su mejora progresiva sin necesidad de abrir los modelos, lo cual en ocasiones puede ser un proceso lento.

¹⁴ Maz: Mutua de Accidentes de Zaragoza

Navisworks

Navisworks es el programa principal de análisis de colisiones y de medición de materiales para la generación de presupuestos.

Dynamo

Dynamo es un software integrado en Revit, que nos permite gestionar a través de programación visual basada en nodos información y modelo. Permitiendo de ese modo la posibilidad de diseñar de forma generativa, pero, ante todo gestionar la información de forma global en todos los documentos de forma rápida, aumentando la eficiencia altamente.

Recap:

Recap es un programa de procesado de nubes de puntos para su preparación y optimización.

Levantamiento

Para un uso eficiente de los recursos y alcanzar unos niveles de producción adecuados se hace uso de BIM360 y Autodesk Construction Cloud.

Por un lado, existe un trabajo de recopilación de información para la creación del modelo. Necesitamos conocer el edificio actual para poder analizarlo y utilizarlo. Para ello, recurrimos a todo plano preexistente del edificio, así como toda su información asociada, complementada con una toma de datos in situ. Nuestro objetivo es integrar cualquier elemento necesario dentro de un mismo archivo centralizado, desde una ficha técnica para la sustitución de una máquina, hasta una transmitancia térmica para el análisis funcional de un muro. Buscamos por consiguiente un nivel de detalle LOD 300¹⁵.



5 - Planimetría de la planta primera existente del hospital de Maz en formato CAD

"BIM propone un cambio del modelo de trabajo de una organización, pasando de trabajar con un conjunto de planos individuales a trabajar sobre diferentes modelos digitales donde cada agente aporta sus datos." ¹⁶

Importación de nubes de puntos:

Para lograr este nivel de detalle nos servimos de la información proporcionada por el personal competente encargado del mantenimiento del edificio, así como la realización de una nube de puntos para certificar la correspondencia de la información obtenida con la realidad construida. Este segundo paso se realiza primordialmente debido a las transformaciones que un edificio sufre a lo largo de su vida. Es habitual en las tecnologías tradicionales la pérdida de correspondencia entre la realidad construida y la planteada en el plano, ya que es complicado sintetizar soluciones perfectamente plausibles a cada punto cuando no tenemos una imagen completa de todo el conjunto. A consecuencia de ello los técnicos encargados

¹⁵ LOD 300: en este nivel los elementos ya incluyen funciones determinadas, además de sus dimensiones geométricas y corresponde a un 60% de la cantidad de información total posible. (BIMND, 2022)

¹⁶ Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública (Secretaría General Técnica, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2023 pág. 52)

del montaje tienden a realizar soluciones que no se corresponden en algunos casos con la solución original, dificultando el control a futuro.



6 - Nube de puntos de un hospital (Versician, 2015)

Geolocalización del modelo:

Con estas misiones en mente se realiza la apertura del proyecto con la creación de un modelo. Una de las premisas plantea el análisis energético, por lo que será particularmente importante en este caso la integración de unas coordenadas para poder geolocalizar con precisión el edificio y obtener información climática acertada posteriormente. Es una buena práctica sin embargo realizar este procedimiento para todo proyecto dado que el coste es relativamente bajo y pudiera resultar problemático en un futuro.

Project Address:

Av. de la Academia Gral. Militar, 74, 50015 Zaragoza

Weather Stations:

- 138733 (0,00 kilometres away)
- 138494 (9,01 kilometres away)
- 138732 (9,01 kilometres away)
- 138493 (12,71 kilometres away)
- 138495 (15,61 kilometres away)



7 - Panel de indicación del punto de localización geográfico del proyecto en Revit

Para ello definimos a través de tres puntos nuestra zona de trabajo. Un punto de referencia local del proyecto o punto de reconocimiento, un punto de referencia global cartográfico o punto interno y un punto base, el cual se puede modificar en cualquier momento y nos permitirá mover la geometría por el modelo, permitiéndonos realizar correcciones a futuro si es requerido o comprender dos partes del modelo con sus propias referencias individuales, existiendo unas coordenadas compartidas que los sitúan entre sí.

Subdivisión de modelos:

Dada la propuesta participación simultánea de varias personas, se plantea además una serie de pequeñas adaptaciones que permitirán la rápida gestión y separación de funciones entre trabajadores. La propuesta contempla la creación de modelos individuales para cada disciplina, obteniendo las siguientes: arquitectura, fachada, urbanización, estructura, protección contra incendios, mecánica, electricidad y fontanería. Además, crearemos un

archivo central de control de rejillas y niveles, el cual facilita ciertas gestiones y labores de coordinación y, por último, un modelo de coordinación, el cual es el encargado de contener toda la información relacionada con planos y entregables.

Estas separaciones nos permiten una división de trabajo más natural y evitar de ese modo la interferencia de unos trabajos con otros. Además, existen otras motivaciones para procesos posteriores de medición, representación y uso de la información que pueden verse beneficiados de una separación efectiva de los mismos.



124_MAZ_ARQ.rvt



124_MAZ_COO.rvt



124_MAZ_DATUM.rvt



124_MAZ_ELE.rvt



124_MAZ_EST.rvt



124_MAZ_FAC.rvt



124_MAZ_FON.rvt



124_MAZ_MEC.rvt



124_MAZ_PCI.rvt



124_MAZ_URB.rvt

8 - Sistema de distribución de modelos

Preparación de familias:

Dotamos en este momento de toda la información necesaria en cada uno de los modelos individuales para el desarrollo del trabajo referente a familias¹⁷ de forma mínima. El objetivo es desarrollar un catálogo de piezas para que el modelador encargado sea capaz de trabajar con la mayor eficacia posible sin tener por ello que detallar excesivamente los elementos. Es importante en este punto analizar qué necesidades futuras se van a dar para poder preverlas y minimizar los tiempos de estudio durante el proceso o las modificaciones sobre lo ya trabajado. No es relevante en este estado, sin embargo, la integración de información específica funcional de cada elemento, únicamente geométrica básica que asegure el funcionamiento de la pieza o elemento en su posición. Podremos en cualquier caso volver sobre nuestros pasos y continuar detallando estos elementos sin repercutir al funcionamiento global del modelo o al esfuerzo ya integrado.

| | | | |
|---|------------------|-------------------------|----------|
| ATB_MO Carro De Paro Con Monitor Desfibrilad... | 21/10/2022 8:40 | Familia de Autodesk ... | 1.056 KB |
| ATB_MO Carro Emergencia RCP.rfa | 21/10/2022 11:22 | Familia de Autodesk ... | 4.472 KB |
| ATB_MO Carro Esteril.rfa | 21/10/2022 11:23 | Familia de Autodesk ... | 540 KB |
| ATB_MO Carro Fungibles.rfa | 21/10/2022 8:41 | Familia de Autodesk ... | 1.716 KB |
| ATB_MO Carro Urgencias.rfa | 21/10/2022 11:42 | Familia de Autodesk ... | 828 KB |
| ATB_MO Conjunto Mesa Consulta.rfa | 21/10/2022 8:48 | Familia de Autodesk ... | 628 KB |
| ATB_MO Conjunto Sillas Espera.rfa | 21/10/2022 8:50 | Familia de Autodesk ... | 640 KB |
| ATB_MO Cuna.rfa | 21/10/2022 8:42 | Familia de Autodesk ... | 668 KB |

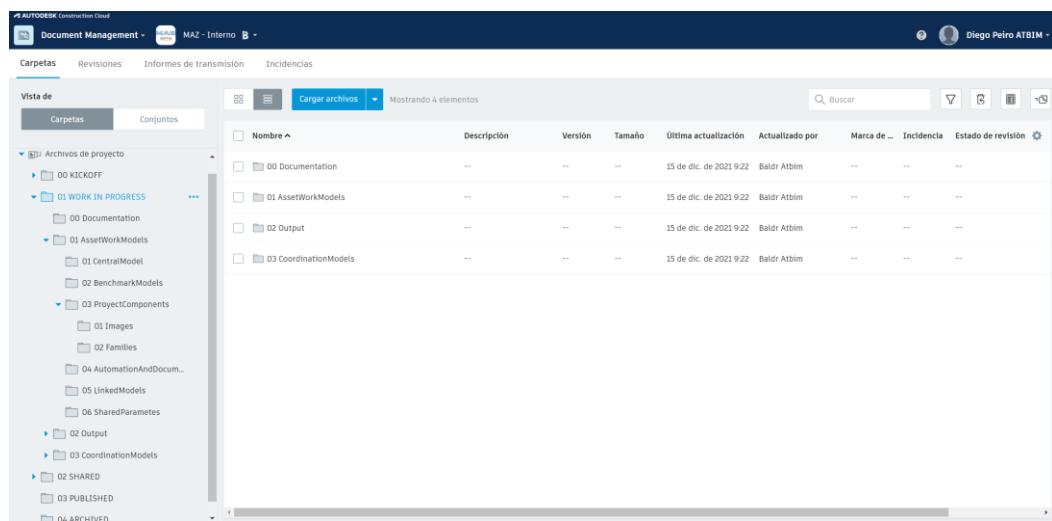
9 - Listado de algunas de las familias de mobiliario requeridas para implementar en el modelo

¹⁷ Las familias de Revit son todos los elementos que podemos añadir a nuestro proyecto, son la base de la estructura de Revit. Tienen una información que se desarrollará mediante una serie de parámetros modificables, dependiendo del tipo de familia. Las familias adquieren una información en el modelo, a modo de contenedor virtual, donde volcar los datos. Gracias a éstos, se pueden realizar análisis, mediciones, presupuestos y mucha más documentación esencial para la elaboración del proyecto. (MURALIT, 2019)

Organización del equipo:

Estas tareas iniciales son recogidas por una sola persona, sin embargo, de forma simultánea un equipo de dos trabajadores es enviado al lugar para realizar un levantamiento con escáner terrestre Leica con el que se obtiene, tras su posterior registro, una nube de puntos con la información geométrica del edificio. Será necesario recorrer el edificio completo habitación por habitación, tarea que puede resultar compleja en un hospital en constante movimiento por lo que todo punto que resulte imposible de visitar se verá reforzado con la información 2D proporcionada restante. Esta tarea pudiera requerir varios días. De forma periódica, la información es enviada de vuelta para su procesado y diezmado, aumentando la eficiencia de su uso y mejorando la información contenida en ella.¹⁸

La cuarta persona, encargada de la gestión y análisis de la información, recoge esta labor de forma simultánea. Se encarga además de la introducción de las informaciones relevantes dentro del modelo, vinculando CADs, fotografías, detalles o nubes si así se considera necesario, además de generar una estructura de carpetas en la nube para consulta de toda la información recopilada.



The screenshot shows the Autodesk Construction Cloud Document Management interface. On the left, there's a sidebar titled 'Carpetas' (Folders) which lists a hierarchy of project files: 'Archivos de proyecto' (Project Files) containing '00 KICKOFF', '01 WORK IN PROGRESS' (which further contains '00 Documentation', '01 AssetWorkModels', '02 Output', and '03 CoordinationModels'), '02 SHARED', '03 PUBLISHED', and '04 ARCHIVED'. On the right, there's a main panel titled 'Carpetas' (Folders) showing a list of 4 items: '00 Documentation', '01 AssetWorkModels', '02 Output', and '03 CoordinationModels'. Each item has columns for Nombre (Name), Descripción (Description), Versión (Version), Tamaño (Size), Última actualización (Last Update), Actualizado por (Updated by), Marca de... (Marked by...), Incidencia (Incident), and Estado de revisión (Review status). The 'Última actualización' column shows '15 de dic. de 2021 9:22' and 'Actualizado por' shows 'Baldr Atbim' for all items.

10 - Sistema de carpetas basado en la nube para el registro y organización de la información del proyecto

Tras completar este primer episodio se considera el proyecto preparado para comenzar a trabajar y desarrollarlo. Tenemos unos modelos en la nube, un catálogo de elementos componentes del edificio, una nube de puntos y planos que nos definen geométricamente el modelo.

Definición de la arquitectura y estructura:

Comenzamos separando funciones. Asignamos una persona dedicada al modelo de estructura, dos al de arquitectura y mantenemos un gestor que continúa desarrollando aquellos aspectos más coordinativos, como rejillas, niveles y análisis específicos para el correcto desarrollo del proyecto.

Nos servimos de los planos originales para la creación del modelo base certificando constantemente en la nube de puntos la coincidencia real del modelo, corrigiendo aquellos

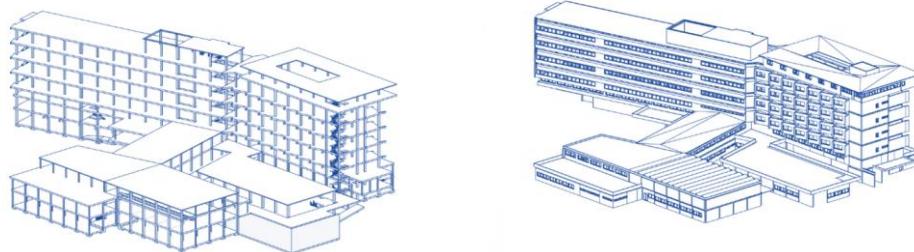
¹⁸ Los sistemas basados en nubes de puntos contienen una cantidad de información muy elevada basada en millones de puntos con información de color, por lo que, para su utilización a tiempo real, es necesario que un técnico realice una optimización de la información y reduzca su densidad a la mínima necesaria para alcanzar la suficiente escala de detalle como para poder comprender y cotejar la geometría. Este proceso se conoce como diezmado.

errores asociados a la construcción y recomponiendo aquellos puntos que por cambios distributivos se han modificado.

En este momento el trabajo se bifurca en dos vertientes simultáneas: estructura y arquitectura. Pese al peligro de ser acusados de comenzar la casa por el tejado este es uno de los beneficios que otorga el uso del BIM. No somos dependientes de la estructura para comenzar a modelar arquitectura, ya que son labores que se dan en archivos independientes y no intervienen la una sobre la otra. Si bien es cierto que corremos el riesgo de que la correspondencia entre ambas disciplinas no coincida a la perfección, el coste temporal inicial para generar el modelo es mucho mayor que el supuesto coste de modificación de este. Es por ello por lo que, pese a que nos suponga en un futuro modificar y remodelar algunos sectores específicos, pierde el sentido esperar y concatenar cada disciplina una tras otra, dado que es posible trabajar todas a la vez y de forma iterativa sintetizar con cada revisión una versión más definitiva y precisa.

"The advent of BIM is revolutionary and exciting because of how quickly you can manipulate the model with different concepts and ideas. However, this ability can be both a blessing and a curse." ¹⁹

Se modela por consiguiente todo de vez. Tras esta primera etapa, obtenemos un primer estadio del modelo. En este momento disponemos de una estructura definitiva y una arquitectura cuyo encaje sobre la anterior no es perfecto. Sin embargo, la labor de corrección es muy inferior a la de modelado, por lo que podemos comenzar a redefinir la arquitectura para mejorar progresivamente su resultado. Tenemos, sin embargo, una primera plantilla sobre la cual trabajar y seguir avanzando tareas futuras incluso no tratándose de la versión definitiva.



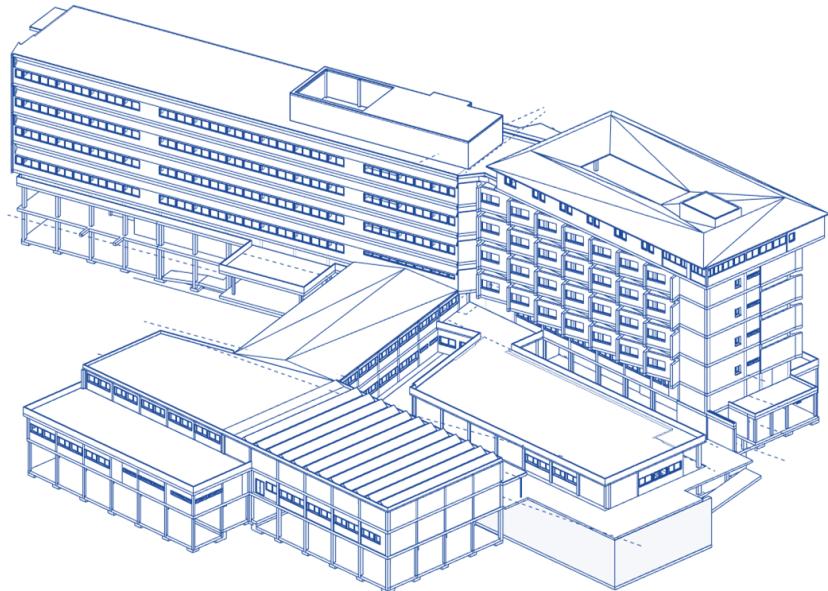
11 - Primeros modelos obtenidos de estructura y arquitectura

El objetivo primordial de esta primera versión de arquitectura y estructura es comenzar a generar revisiones de la información representada. Para ello, el encargado de desarrollar la estructura pasa a generar planos dentro del modelo de coordinación que contiene todos los modelos vinculados de cada una de las disciplinas, las cuales podemos recargar constantemente si lo requerimos para mantener la información actualizada.

Definición de las instalaciones:

Una vez conseguida la suficiente madurez en arquitectura, estructura y planos, es posible comenzar a definir los sistemas de instalaciones. Una de las ventajas del desarrollo de un proceso de modelado por un solo equipo es la facilidad de comunicación entre todos ellos. En el caso estudiado el equipo pertenece a una sola empresa por lo que la dificultad comunicativa se reduce altamente.

¹⁹ BIM and Construction Management: Prove Tools, Methods, and Workflows (Hardin, y otros, 2015 pág. 134)



12 - *Modelo obtenido tras la implementación de arquitectura y estructura*

Es habitual, sin embargo, la existencia de diversos equipos encargados de diferentes sistemas en el mismo modelo o varios de ellos, lo cual complica las labores de coordinación. Es importante para proyectos con gran variedad de equipos la existencia de una o varias personas encargadas de realizar una labor de estudio y coordinación constante para evitar descontrol, ya que la pertenencia del error de coordinación puede ser atribuido a ambas partes y ser de carácter subjetivo, además de la ignorancia de cada uno de los equipos de la necesidad del otro, complicando labores de cesión de espacios entre sí.

Por otro lado, es muy común la designación de un equipo de modelado encargado de todas ellas para facilitar estos aspectos. Recibiendo la labor de modelado un mismo equipo por parte de todas las ingenierías simultáneamente. Se buscan equipos altamente especializados en todas las disciplinas, que conozcan los manierismos y necesidades de todas ellas para que entren en consideración y favorezcan a la disciplina necesaria en cada encuentro y caso de estudio. Se convierte, por lo tanto, en una labor de encaje para satisfacer los criterios del diseñador de la instalación, que permita un montaje adecuado, al tiempo que favorezca un mantenimiento y no genere conflictos con otras disciplinas.

Dado que en esta primera fase se realiza un estudio de una preexistencia no trabajada con BIM, encontramos muchas de estas discrepancias de información entre los planos recibidos y la realidad construida, los cuales son resueltos a través de la nube de puntos.

Se comienza a trabajar con una primera planta, habitualmente la planta calle. Esta primera planta permite analizar el funcionamiento básico del edificio. Vemos una primera distribución de un sistema de incendios, climatización, ventilación, saneamiento, pluviales, agua potable, electricidad, telecomunicaciones, gas... Vemos además algunas de las necesidades específicas del hospital, como pudieran ser líneas neumáticas, gases medicinales o sistemas de comunicación. El modelado de esta primera planta tiene por objetivo generar el primer catálogo de elementos, al igual que se ha realizado en el caso de arquitectura. Este catálogo de piezas tendrá que ser, sin embargo, algo más detallado que en el caso de arquitectura, al ser muy importantes los diámetros y tamaños de las máquinas y accesorios de la instalación, así como las necesidades de espacio libre alrededor de las mismas.

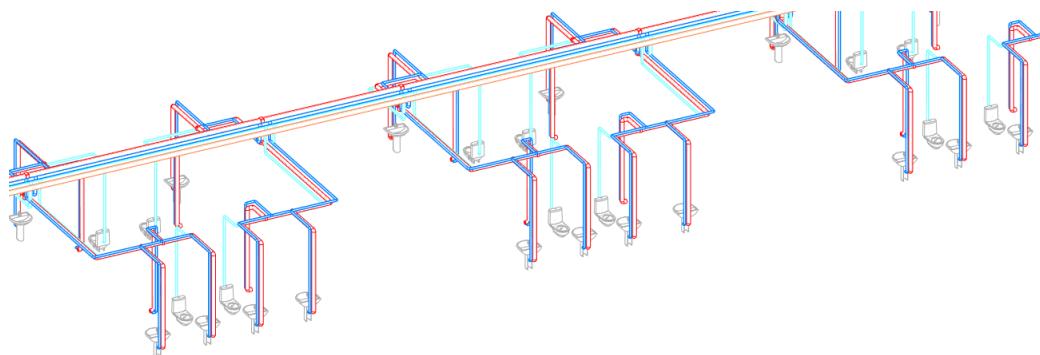
Se trata pues, de una planta lenta de modelar, sirve en cambio, como puente para el desarrollo del resto del edificio eficazmente. Es habitual permitir que los componentes del equipo más preparados sean los que realicen este arranque, preparando el terreno para los demás.



13 - Agua potable correspondiente a los baños de las habitaciones de enfermos, diferenciando agua caliente, fría, fluxor y retorno de agua caliente

Se continúa desarrollando el edificio utilizando estos primeros criterios mientras se desplaza a la parte del equipo más experimentado la función de comprender el funcionamiento global del edificio y los puntos de mayor conflicto, como pudieran ser las salas de máquinas, las cuales son altamente complejas de realizar y comprender incluso con una nube de puntos detallada sin los conocimientos adecuados.

Este proceso es largo y complejo y requiere múltiples revisiones, no solo por el coordinador del modelo sino también por el ingeniero encargado del mantenimiento. Es muy habitual encontrar soluciones creativas y poco ortodoxas que pueden ser difíciles de comprender o estar mal registradas debido a la dificultad de implementar una adecuada por motivos económicos o puramente geométricos. En ocasiones no existe el espacio suficiente para transformar y dar servicio a un espacio de forma óptima. En este proceso de iteración encontramos además puntos conflictivos de arquitectura y estructura que se continúan puliendo. Para este proceso de revisión se desarrollan unos planos que, al igual que en el proceso de arquitectura y estructura, se continúan trabajando y mejorando.

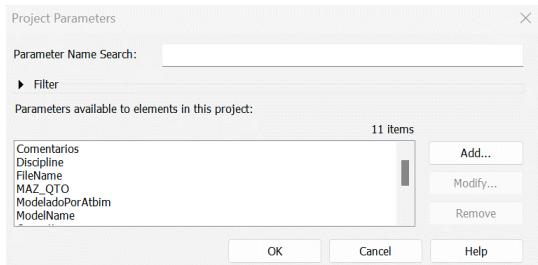


14 - Axonometría de agua potable correspondiente a baños de las habitaciones de enfermos

Codificación

Una vez obtenido un modelo final con toda la instalación definida de la realidad construida, entramos en el proceso de integración de información. Para ello se utilizan parámetros compartidos. Estos parámetros nos permiten integrar información la cual es importante leer y registrar de alguna manera sobre el plano o el elemento, como pudieran ser datos geométricos, diámetros, alturas, transmitancias, enlaces a fichas técnicas, números de contacto, codificaciones... Todos estos datos tienen por objetivo eliminar toda la información

alternativa cuyo formato no es un plano e integrarla sobre el mismo. Pudiendo eliminar numerosos documentos desligados del mismo.



15 - Panel de parámetros de proyecto, en el que deben asociarse los parámetros compartidos

Para ello, es posible utilizar varias metodologías, entre las cuales destaca Dynamo y Python. Estos sistemas, los cuales se encuentran más cerca de la programación que de la arquitectura y la ingeniería, pueden resultar altamente útiles para la lectura e integración de la información de forma completamente automatizada, eliminando gran parte de los esfuerzos manuales que tuvieran que realizarse. Son tareas repetitivas y temporalmente extremadamente costosas que pueden ser eliminadas casi al completo. Estos sistemas de programación pueden ser utilizados en más aspectos, como el diseño generativo, sin embargo, en esta ocasión su uso quedará prácticamente restringido a la gestión de información.

Entre la información a integrar, nos centramos particularmente en el desarrollo de una codificación NRM²⁰, la cual tiene numerosas ventajas. Algunas de las ventajas de este sistema son poder hacer estimaciones económicas del coste del edificio, medir los materiales o elementos y crear un informe de costes del mantenimiento de este.

Dado que, en esta primera fase, el edificio ya existe, la obtención del coste del edificio o la medición de los materiales puede no resultar tan atractiva, sin embargo, uno de los objetivos primordiales es la centralización de la información para la manutención del hospital y estos códigos nos permiten realizar esa función con mayor facilidad. Se pueden utilizar sin embargo el resto de las funciones en una fase posterior para la ampliación posible y el análisis de la viabilidad de la propuesta. Una posibilidad es el cálculo del coste aproximado del metro construido final para su cotejo con la nueva superficie construida necesaria, obteniendo una guía aproximada de la posibilidad de realizar la obra.

Con la integración de la codificación se abre además una vía adicional, la cual es el análisis del modelo para la búsqueda de conflictos por categorías de elementos. Es un proceso que puede ser realizado sin codificar, sin embargo, NRM permite más precisión a la hora de catalogar la importancia del error y en la mayor parte de los casos la disciplina a la que pertenece el fallo.

Es importante hacer una revisión y confirmación de la calidad del producto final por lo que utilizaremos Navisworks para realizar esta labor. Para ello, introduciremos las catalogaciones de NRM sobre una matriz de interferencias que a través de un sistema automatizado generan un informe de todos aquellos encuentros geométricos y colisiones físicas que los elementos modelados contienen catalogados por tipo. Cabe destacar en este punto, que no todos los errores obtenidos son ciertos, dado que el programa no discierne aquellas colisiones que se

²⁰ NRM (New Rules of Measurement): es un sistema de codificación que proporciona un conjunto estándar de reglas de medición y orientación esencial para la gestión de costos de proyectos de construcción y obras de mantenimiento.

NRM 1: Orden de estimación de costos y planificación para la construcción.

NRM 2: Medición detallada para obras de construcción.

NRM 3: Orden de estimación de costos y planificación para el mantenimiento de edificios.
(RCIS, 2021)

consideran correctas, como pudiera ser una tubería enterrada sobre el terreno. Existe por lo tanto un trabajo de filtrado posterior de un técnico para filtrar y eliminar aquellos encuentros cuya colisión resulte ser un falso positivo.

```

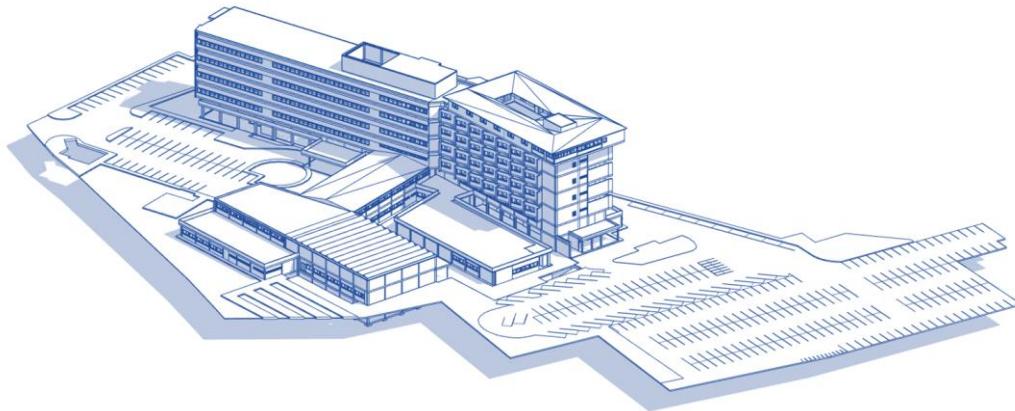
37 #LECTURA DE DATOS INICIAL Y CREACIÓN DEL LISTADO BÁSICO
38 n = 3
39 data = []
40 p = str(wc.cell(row=n,column=1).value)
41 c = str(wc.cell(row=n,column=2).value)
42 d = str(wc.cell(row=n,column=3).value)
43 k = len(c)
44 d = {"Priority": p, "Code": c, "Description": d, "KeyByLength": k, "IsSearchable": False, "Hierarchy": 0, "Folder": "Unknown", "CreationOrder": 0}
45 data.append(d)
46 while c != "None":
47     l = len(data)
48     for x in range(0,l):
49         if d["Code"] == data[x]["Code"]:
50             break
51         elif x == l - 1:
52             data.append(d)
53     n = n + 1
54     p = str(wc.cell(row=n,column=1).value)
55     c = str(wc.cell(row=n,column=2).value)
56     d = str(wc.cell(row=n,column=3).value)
57     k = len(c)
58     d = {"Priority": p, "Code": c, "Description": d, "KeyByLength": k, "IsSearchable": False, "Hierarchy": 0, "Folder": "Unknown", "CreationOrder": 0}
59 data = sorted(data, key=itemgetter("KeyByLength"))
60
61
62 print("Leyendo atributos del .xlsx...")

```

16 - Automatización programada sobre Python para generar una matriz de interferencias basada en un Excel de referencia

Este informe es distribuido en el equipo para solventar cada uno de ellos hasta llegar a un punto objetivo. Es poco habitual solucionar a la perfección un modelo completo dadas las limitaciones temporales, sin embargo, se considera que, llegado a un cierto nivel de adecuación, los últimos errores de menor tamaño puedan ser solventados directamente en obra. En este caso, el informe permite buscar los puntos conflictivos del edificio donde no se ha llevado el criterio definido por la nube en su totalidad.

Por último, y con todo este desarrollo, queda por realizar un modelo contextual de la urbanización, el cual aporta información de iluminación y sombras proyectadas por otros elementos, ruido, vientos y otros aspectos asociados a la parcela. Es realizado a través de Forma, un sistema web que permite el estudio de todos ellos basado en la localización geográfica del proyecto. Es este punto, es necesario además utilizar los sistemas automáticos proporcionados por Revit en el modelo para calcular los costes y gastos energéticos del edificio basados en toda la información integrada y el uso del espacio.



17 - Modelo final obtenido

El resultado obtenido es un modelo de alta fidelidad arquitectónica y cobertura geométrica moderada de los elementos de instalaciones, con alto detalle en su funcionamiento que alberga además distancias necesarias de mantenimiento, además de una alta precisión con la realidad construida, lo cual facilita la manutención y control de la preexistencia.

Conclusiones

Muchos de los estándares existentes en la actualidad procedentes de organismos no regulados son altamente válidos y se pretenden implementar y adaptar a las necesidades del ámbito público español. Estos estándares, se han considerado de uso común y comenzado a implementar de forma masiva por usuarios BIM a consecuencia de las ventajas que han supuesto y al ser de uso totalmente libre.

A través del uso y la experiencia la industria ha filtrado progresivamente aquellos que han resultado ser más efectivos y la integración y adoptación legislativa de un marco nacional toma por ventaja la existencia de técnicas que se consideran buenas costumbres dentro del sector.

Dada la ausencia de un marco más definido en este documento se han explorado esas técnicas y quizás en un futuro puedan ser contrastadas y aceptadas por la normativa impuesta que actualmente se encuentra en desarrollo en el Plan BIM en la contratación pública.

La mayor transformación observada es la referente al método de interacción con la información, la cual hasta la previa obtención del modelo implicaba una navegación a través de cientos de documentos para tratar de localizar la documentación concreta relativa al objeto de la búsqueda. Ahora pasa a ser cuestión de segundos y desde un solo archivo. Por otro lado, se abre la puerta a interrelacionar todos estos datos y utilizarlos de un modo que previamente no era posible.

En lo referente a la posible ampliación propuesta, los esfuerzos implicados en ello se verán reducidos debido a que ya existen un primer modelo y gran parte de la información pueda ser reutilizada.

Es interesante realizar una comparativa con modelos más tradicionales de trabajo, en los que ante la inexistencia de un equipo de modelado que absorba la función de delineado y coordinación, se distribuye y comparte la labor entre el ingeniero y el montador. Invirtiendo una mayor cantidad de tiempo diseñando la instalación y asegurando su encaje. Es necesario además profesionales a la hora de resolver el montaje, ya que tendrán que utilizar la información obtenida e implementarla de forma creativa, resolviendo todos aquellos aspectos que el ingeniero haya sido incapaz de percibir debido a la falta de información que supone no trabajar con un modelo de información centralizada.

BIM nos permite por lo tanto no solo la liberación de estas funciones del ingeniero, sino una mejor previsión de estas consiguiendo en todo momento un mejor encaje de los sistemas y reduciendo las alturas necesarias para la introducción de los elementos, resultado en un abaratamiento de costes. Por otro lado, reduce los tiempos necesarios para el montador y la resolución creativa de la propuesta, dado que un buen modelador, con un conocimiento apropiado de las necesidades tanto del montador como del ingeniero podrá obtener soluciones óptimas para ambos, reduciendo pérdidas de material, creando la posibilidad de prefabricar en taller todos los elementos y acelerando significativamente el proceso en obra.

En lo relativo a las mejoras operacionales del edificio, la existencia de un solo punto de acceso de información tiene un valor inestimable, el proceso de seguimiento de un levantamiento de estas características, saca a la luz la dificultad por parte de los organismos de mantener y

encontrar la información relativa al edificio organizada, accesible y actualizada. Siendo habitual la pérdida parcial de datos relevantes para etapas posteriores del edificio.

Análisis DAFO

Fortalezas:

1. Mejora las capacidades de colaboración y comunicación entre equipos, facilitando una mejor coordinación y una toma de decisiones más rápida y eficaz.
2. Permite una gestión eficiente de los proyectos al cotejar informaciones multidisciplinares y centralizarlas en un solo archivo virtual, interrelacionando todo el edificio digitalmente.
3. Facilidad para el análisis del conjunto construido al disponer de un solo acceso de contenido.
4. Permite la detección de errores temprana minimizando las pérdidas temporales y económicas que ello implica.

Debilidades:

1. Las inversiones temporales para la creación del modelo son habitualmente más elevadas que otros métodos tradicionales de forma individual para cada disciplina. Por lo que existe una reticencia por aquellos equipos que no vayan a continuar utilizando el modelo una vez cumplida su labor al aumentar su coste económico.
2. La curva de aprendizaje es elevada y el dominio de las herramientas poco habitual, dada la juventud de la tecnología. Es habitual la falta de personal capaz para cubrir la demanda e inversión que conlleva.

Oportunidades:

1. Proporciona una reducción de costes a largo plazo. La implementación de cambios es muy sencilla y eficiente, por lo que, en un entorno de la construcción, donde la adaptación del proyecto es constante, se vuelve un proceso sencillo y muy eficiente.
2. El auge de la metodología nos permite el acceso a nuevas tecnologías e ideas innovadoras que no llegan o no llegarán a las partes más tradicionales de la industria.
3. Ofrece una mayor competitividad. La creación y aprobación del nuevo plan BIM para la contratación pública aprobada el 27 de junio de 2023, por el cual se incorpora la metodología de forma progresiva desde el 2024 hasta el 2030 implicará una mayor atención y recursos dirigidos a ella.

Amenazas:

1. La juventud de la tecnología supone una falta de estandarización concreta homogénea para todo el mundo, la cual se encuentra en constante evolución y cambio para tratar de llegar a un punto común utilizable por todo trabajador en la industria. La falta de conocimiento en todas las disciplinas por los generadores de estas, favorecen en ocasiones unas disciplinas sobre otras y por consiguiente todavía le queda recorrido y madurez.
2. La fuerte y rápida adopción del BIM en la industria consecuencia de las grandes ventajas que ofrece junto con la dura curva de aprendizaje, ha dificultado la transición a ella por parte de aquellas medianas y pequeñas empresas incapaces de reinventar y recomponer sus equipos de producción, dificultando su participación y competición en el mercado.

Para concluir, pese a todas las evidentes ventajas que supone un modelo BIM en todas las etapas existentes del edificio, se observa que no en todos los casos podría tener sentido implementarlo dados sus costes y dificultades de implementación, sin embargo, tal y como se define en el Plan BIM en la contratación pública, su aplicación es en parte una apuesta a futuro por todas las potenciales mejoras y usos que puedan surgir en un futuro dado que su potencial y creación resulta evidente.

Futuras líneas de trabajo

Modelo digital

El modelo digital es un concepto que hace referencia a un modelo virtual basado en BIM que contiene la suficiente información y software asociado como para realizar un control operacional de los diferentes aspectos del edificio a través de una información basada en tecnologías de la información o IT. Es decir, podemos controlar el edificio y cómo opera a través de un ordenador, que bien puede ser controlado por una persona o de forma automática a través de un programa informático.

El Gemelo Digital es un concepto que ha ganado mucha popularidad recientemente. Muchos analistas, proveedores y clientes coinciden en que está listo para proliferar a medida que se reconoce y comprende su valor, especialmente en entornos industriales.²¹

Un ejemplo de este tipo de sistemas podrían ser pequeñas automatizaciones utilizadas en domótica, en las que se realizan lecturas y mediciones del entorno de una vivienda para controlar a través de unos sensores higrotérmicos la temperatura y humedad de una estancia y se valora la posibilidad de realizar aportaciones de aire alcanzando una calidad del aire ideal objetivo.

Otro ejemplo con unas características más cercanas a la idea de gemelo digital podría ser un aparcamiento de un centro comercial. Se sitúan una serie de sensores que comprueban la existencia de un vehículo en cada una de las plazas de garaje, y en función de su uso existe un software asociado que determina el grado de ocupación de la zona y aconseja a los usuarios una ruta u otra para encontrar una plaza de forma ordenada.

La conexión entre modelo y software es evidente. Podemos determinar cuántas plazas disponibles quedan por ocupar en cada una de las regiones compositivas del aparcamiento directamente a través del modelo y realizando cálculos y asociaciones geométricas basadas en los datos ofrecidos por el modelo. Si extendemos estos mismos sistemas a todo el centro comercial, obtendremos un modelo gemelo.

Se trata de una tecnología particularmente interesante en el ámbito industrial, sin embargo. Con el desarrollo de las inteligencias artificiales se abre un nuevo portal de uso quizás incluso más interesante que los ejemplos anteriores. Presupongamos que existe una planta de fabricación de vehículos que consta de un sistema de producción eléctrica sostenible propio que consta de trescientos paneles solares y sirve de apoyo a su consumo directo de la red eléctrica de la ciudad. Consta además de un sistema de baterías que recogen la producción eléctrica y la gestionan.

Tenemos por otro lado un modelo predictivo, que dadas las publicaciones de la compañía eléctrica define que el coste de producción de cuatro a ocho de la tarde aumentará

²¹ Building Industrial Digital Twins: Design, develop, and deploy digital twin solutions for real-world industries using Azure Digital Twins (Shyam Varan Nath, y otros, 2 nov 2021 pág. 31)

extremadamente. Somos capaces en este caso de optimizar el edificio y su consumo para reducir los costes eléctricos en esos tramos horarios.

El edificio recibe la orden de cargar las baterías al máximo en la franja horaria previa durante los costes eléctricos menores, se reduce la potencia de consumo de los sistemas de HVAC y se limita principalmente en las áreas de servicio y oficinas, se reduce la velocidad de producción si así se considera razonable y se consigue con ello una optimización de recursos.

Estos son solo algunos pequeños ejemplos teóricos de posibles sistemas de unión entre modelos y softwares adicionales para su control y gestión.

El sector público generalmente no está impulsado por la rentabilidad ni la ventaja competitiva, sino más bien por el enfoque en la experiencia de los ciudadanos. Como resultado, los líderes en el sector público pueden considerar el uso de Gemelos Digitales para mejorar la salud pública, la seguridad y la comodidad de sus constituyentes.²²

Algunos ejemplos reales de aplicación en el entorno público son las propuestas europeas para la gestión de ciudades, como el análisis de tráfico o calidad del aire.

Este tipo de sistemas tienen un recorrido muy largo dado que todavía no se han explorado sus opciones, sin embargo, lo que resulta evidente es que sin la existencia de los modelos virtuales basados en BIM, no será posible en un futuro realizar las adaptaciones necesarias para la implementación de estas automatizaciones y mejoras.

La creación de un modelo BIM no es un proceso ni barato ni sencillo, por lo que comenzar a realizar esfuerzos y trabajos para su implantación en la actualidad, facilitará y aplanará la dificultad requerida para su implementación en el futuro.

Es nuestra responsabilidad blindarnos para el futuro utilizando las mejores prácticas que seamos capaces y lo más estandarizadas posibles para tratar de evitar volver a modificar constantemente estos modelos por falta de información adaptada a las necesidades del software para su lectura o control.



18 - Esquema explicativo de las aplicaciones empresariales de un modelo gemelo (NORLEAN, 2021)

²² Building Industrial Digital Twins: Design, develop, and deploy digital twin solutions for real-world industries using Azure Digital Twins (Shyam Varan Nath, y otros, 2 nov 2021 pág. 113)

Bibliografía

- Ander Esarte Eseverri.** 2017. EspacioBIM. *EspacioBIM*. [En línea] 26 de oct de 2017. <https://www.espaciobim.com/eir-bim>.
- BIMND.** 2022. <https://www.bimnd.es>. [En línea] 2022. <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>.
- British Standards Institution.** 2023. *BSI Group*. [En línea] 2023. <https://www.bsigroup.com/ES/iso-19650/>.
- Building SMART.** 2021. *Introducción a la EN-ISO 19650*. 2021.
- BuildingSMART.** *BuildingSMART*. [En línea] <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/>.
- Crotty, Ray.** 2012. *The impact of building information modelling transforming construction*. Nueva York : Routledge, 2012.
- Delgado Hernández, Fernando y García Roldán, Rodrigo.** 2023. *LEICA GEOSYSTEMS - Nubes de puntos para el control e inspección de obra*. 2023.
- Duarte, Víctor y Cosoleto, Carlo.** 2023. *Cómo optimizar la gestión de instalaciones con la integración de datos habilitada para BIM*. 2023.
- El periódico de Aragón.** 2000. https://www.maz.es/Documents/Centenario/los_cien-evolucion-arquitectura_hospital.html. [En línea] 13 de feb de 2000.
- EUBIM.** 2023. EUBIM. *EUBIM*. [En línea] 2023. <https://www.eubim.com/programa.html>.
- Fowler, Pete.** 2014. <https://www.petefowler.com>. [En línea] 09 de jun de 2014. <https://www.petefowler.com/blog/2014/06/09/bim-and-blm>.
- Hardin, Brad y McCool, Dave.** 2015. *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. Indianapolis : John Wiley & Sons, 2015.
- Hospital de Maz.** 2018. <https://www.maz.es/Actualidad/Paginas/20180817-eficiencia-energetica-hospital-maz-zaragoza.aspx>. [En línea] 17 de ago de 2018.
- INGENNUS.** 2020. <https://ingennus.com/proyectos/reforma-del-hospital-general-maz/>. [En línea] 2020.
- Just Crea.** <https://justcrea.com>. [En línea] <https://justcrea.com/articulos/bim/bim-en-la-industria-de-la-construcion>.
- Klaschka, Robert.** 2014. *BIM in Small Practices Illustrated Case Studies*. Newcastle : NBS, 2014.
- Kumar, Prof. Bimal.** 2015. *A practical guide to adopting BIM in construction projects*. Scotland : Whittles Publishing, 2015.
- Lea, Perry.** 2020. *IoT and Edge Computing for Architects*. Birmingham : Packt Publishing, 2020.

MURALIT. 2019. <https://muralit.es>. [En línea] 28 de mar de 2019. <https://muralit.es/familias-de-revit-muros/#:~:text=Las%20familias%20de%20Revit%20son,dependiendo%20del%20tipo%20de%20familia..>

Natale, Roberto y Furcolo, Nicola. 2023. *ACCA SOFTWARE - El OpenBIM para la creación de gemelos digitales de edificaciones e infraestructuras y para la integración dinámica del BIM con IoT, Facility Management y GIS*. 2023.

NORLEAN. 2021. <https://norlean.com>. [En línea] 2021. <https://norlean.com/es/tipos-gemelos-digitales/>.

RCIS. 2021. <https://www.rics.org>. [En línea] 1 de dic de 2021. <https://www.rics.org/profession-standards/rics-standards-and-guidance/sector-standards/construction-standards/nrm>.

Secretaría General Técnica, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. 2023. *Plan de incorporación de la metodología BIM en la contratación pública*. s.l. : Centro de publicaciones, 2023.

Shyam Varan Nath y Peter van Schalkwyk. 2 nov 2021. *Building Industrial Digital Twins: Design, develop, and deploy digital twin solutions for real-world industries using Azure Digital Twins*. Birmingham : Packt Publishing, 2 nov 2021.

Smart, Gary. 2020. *Practical Python Programming for IoT*. Birmingham : Packt Publishing, 2020.

Versician. 2015. <https://www.veriscian.com>. [En línea] 01 de sep de 2015. <https://www.veriscian.com/blog/2015/1/09/narrogan-hospital-redevelopment>.

Anexo: Documentación gráfica adicional del hospital de Maz

La documentación referente a este anexo ha sido obtenida a través de la empresa atBIM, la cual ha permitido su uso explícitamente para fines académicos.

La información contiene un paquete de algo más de cien planos, los cuales definen los resultados arquitectónicos y estructurales del proyecto utilizado para el caso de estudio de este trabajo.