

Ge-conservación
Conservação | Conservation

Propuesta metodológica de integración de la gestión del mantenimiento asistido por ordenador con el modelo 3D de la Capilla de la Universidad de Sevilla

María del Rosario Chaza Chimeno, Fernando Rico Delgado, Miguel Rojas Sandoval

Resumen: La fase de uso y mantenimiento de un edificio se enmarca en el Facility Management (FM), encargado de gestionar activos, mantenimiento y servicios para asegurar su funcionalidad y eficiencia. Aunque BIM ha transformado la gestión del entorno construido, su aplicación se ha centrado en obra nueva. En edificios patrimoniales, HBIM ofrece gran potencial para su conservación, pero su integración en FM aún es limitada. El trabajo analiza esta integración mediante un prototipo de plan de mantenimiento basado en un modelo 3D de la Capilla de la Hermandad de los Estudiantes de Sevilla. Esta disciplina está experimentando transformaciones significativas impulsadas por la adopción creciente de la metodología Building Information Modelling (BIM) principalmente desarrollada para los proyectos de construcción e ingeniería civil. En el caso de los edificios existentes de valor cultural, el uso de Heritage Building Information Modelling (HBIM) está ganando terreno, aunque su implantación aún es incipiente. Este trabajo analiza la interrelación del FM y el BIM, con las particularidades del patrimonio construido. Como caso de estudio, se desarrolla un prototipo de Plan de Gestión del Mantenimiento, tomando como base el modelo 3D de la Capilla de la Hermandad de los Estudiantes de Sevilla. Este inmueble patrimonial, se localiza en el Rectorado de la Universidad, antigua Real Fábrica de Tabacos de Sevilla.

Palabras clave: Gestión de inmuebles, HBIM, gestión del mantenimiento, edificio patrimonial

Methodological proposal for integrating computer-aided maintenance management with the 3d model of the chapel of the University of Seville

Abstract: The operation and maintenance phase of a building falls within the scope of Facility Management (FM), which is responsible for managing assets, maintenance and services to ensure their functionality and efficiency. Although BIM has transformed the management of the built environment, its application has focused on new-build projects. In heritage buildings, HBIM offers great potential for conservation, but its integration into FM remains limited. This study analyses this integration through a prototype maintenance plan based on a 3D model of the Chapel of the Brotherhood of Students in Seville. This discipline is undergoing significant changes driven by the growing adoption of Building Information Modelling (BIM), a methodology primarily developed for construction and civil engineering projects. In the case of existing buildings of cultural value, the use of Heritage Building Information Modelling (HBIM) is gaining ground, although its implementation is still in its infancy. This study analyses the interrelationship between FM and BIM, taking into account the specific characteristics of built heritage. As a case study, a prototype Maintenance Management Plan is developed, based on the 3D model of the Chapel of the Hermandad de los Estudiantes in Seville. This heritage building is located in the University Rectorate, the former Royal Tobacco Factory of Seville.

Keywords: Facility management, HBIM, maintenance management, heritage building

Proposta metodológica de integração da gestão da manutenção assistida por computador com o modelo 3D da capela da Universidade de Sevilha

Resumo: A fase de utilização e manutenção de um edifício enquadra-se no Facility Management (FM), responsável pela gestão de ativos, manutenção e serviços, com o objetivo de assegurar a sua funcionalidade e eficiência. Embora o BIM tenha transformado a gestão do ambiente construído, a sua aplicação tem-se centrado sobretudo em novas construções. Nos edifícios patrimoniais, o HBIM apresenta um elevado potencial para a sua conservação, embora a sua integração no FM seja ainda limitada. O presente trabalho analisa esta integração através de um protótipo de plano de manutenção baseado num modelo 3D da Capela da Irmandade dos

Estudantes de Sevilha. Esta área tem vindo a sofrer transformações significativas, impulsionadas pela crescente adoção da metodologia Building Information Modelling (BIM), desenvolvida principalmente para projetos de construção e de engenharia civil. No caso dos edifícios existentes com valor cultural, a utilização do Heritage Building Information Modelling (HBIM) tem vindo a ganhar importância, embora a sua implementação seja ainda incipiente. Este trabalho analisa a inter-relação entre FM e BIM, considerando as especificidades do património construído. Como caso de estudo, é desenvolvido um protótipo de Plano de Gestão da Manutenção, tendo por base o modelo 3D da Capela da Irmandade dos Estudantes de Sevilha. Este imóvel patrimonial localiza-se no edifício da Reitoria da Universidade, antiga Real Fábrica de Tabacos de Sevilha.

Palavras-chave: Gestão de imóveis, HBIM, gestão da manutenção, edifício patrimonial

Introducción

España, y especialmente Sevilla, cuenta con un patrimonio arquitectónico excepcional que requiere una gestión preventiva de su mantenimiento. Con más de dos mil años de historia, su legado incluye restos romanos, islámicos y ejemplos renacentistas, barrocos y contemporáneos. La Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (Boletín Oficial del Estado, núm. 155, de 29 de junio de 1985) y la Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 248, de 19 de diciembre de 2007) proporcionan el marco normativo para su conservación. Sin embargo, el siglo XXI introduce nuevos retos como la presión turística, el cambio climático y la necesidad de equilibrar modernización y autenticidad, haciendo indispensable una gestión integral y efectiva de cada activo patrimonial para garantizar la salvaguarda de sus valores culturales y materiales.

En este contexto, se plantea la adopción de tecnologías digitales basadas en la metodología BIM (Building Information Modelling o Modelado de Información de la Construcción), un sistema que permite centralizar toda la información de un edificio en un modelo tridimensional inteligente y dinámico a lo largo de su ciclo de vida. Cuando esta metodología se adapta específicamente a edificaciones con valor histórico o monumental, se denomina HBIM (Heritage Building Information Modelling), una variante orientada a documentar, gestionar e interpretar las particularidades geométricas e históricas del patrimonio edificado. No obstante, persisten dudas sobre el uso efectivo de estos sistemas para el mantenimiento continuo, la evaluación energética o la trazabilidad de las intervenciones. Muchos proyectos modelados en entorno BIM/HBIM no se aprovechan plenamente tras su ejecución debido a la falta de conexión con las estrategias operativas de FM, encargadas de la gestión técnica y el mantenimiento de las instalaciones inmuebles.

Para Penjor (Penjor *et al.* 2024), la captación de datos, el modelado 3D y las herramientas de análisis y visualización evidencian el gran potencial del HBIM para la preservación patrimonial. Sin embargo, Lovell (Lovell, Davies and Hunt 2024) señala que las principales barreras para integrar HBIM y FM son la falta de formatos de intercambio, la escasa integración intersectorial y la carencia de estándares.

Salzano (Salzano *et al.* 2023) por su parte, señala que BIM debe contribuir efectivamente al mantenimiento, una tarea condicionada por la complejidad decisional y la limitación de recursos económicos.

Otro aspecto relevante es la falta de información para la gestión de proyectos de conservación patrimonial. Khan (Khan *et al.* 2022) aclara que la gestión de edificios patrimoniales enfrenta ineficiencias críticas y retrasos derivados del uso de métodos tradicionales y documentación desactualizada. La fragmentación de la información en múltiples formatos obstaculiza la colaboración interdisciplinar y la interoperabilidad necesaria en proyectos complejos.

Por ello, resulta fundamental investigar cómo implementar de manera efectiva el FM en entornos BIM cuando los activos construidos poseen valores patrimoniales singulares. En este escenario, la literatura científica reciente destaca que los gemelos digitales (Digital Twins) constituyen modelos tridimensionales dinámicos que ya se integran de forma operativa con el HBIM. Estos sistemas son capaces de evolucionar en tiempo real a partir de datos continuos capturados mediante sensores de Internet de las Cosas (IoT), optimizando actividades críticas de conservación preventiva como la detección automatizada de anomalías, la monitorización estructural y ambiental, y la gestión predictiva de materiales (Hou *et al.* 2024).

Marco teórico

—Caso de estudio: la capilla de la hermandad de los estudiantes de sevilla

La Capilla, situada en el edificio del Rectorado de la Universidad de Sevilla —antigua Real Fábrica de Tabacos—, simboliza la unión entre patrimonio industrial, tradición religiosa y vida universitaria. Su origen data del siglo XVIII, cuando se construyó la Real Fábrica de Tabacos (1728-1771), destacada obra de la arquitectura industrial borbónica proyectada por ingenieros militares como Sebastián Van der Borcht. (Morales Sánchez 1988).

Este espacio, donde convergen el barroco industrial del siglo XVIII y la devoción contemporánea, se ha consolidado como símbolo de la identidad universitaria sevillana y ejemplo de la adaptación del patrimonio cultural a nuevos usos que respetan su esencia original.



Figura 1.- Imagen de la Capilla del siglo XVIII. Fuente: Hermandad de los Estudiantes de la US.



Figura 2.-Capilla de la Hermandad de los Estudiantes de la U. de Sevilla. Fuente: Elaboración Autores.

— Facility management y la gestión de la información aplicados al patrimonio

El FM, definido internacionalmente por la norma UNE-EN ISO 41011:2024 como la función organizativa que integra personas, lugares y procesos dentro del entorno construido con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas y la productividad del negocio principal, constituye una disciplina integral enfocada en la gestión operativa y estratégica de instalaciones e inmuebles. Aunque su conceptualización moderna se ha estandarizado recientemente, el FM surgió en Estados Unidos y Reino Unido durante las décadas de 1970 y 1980 para optimizar el uso de edificios, infraestructuras y recursos, mejorando su eficiencia, confort y seguridad, e integrando la gestión de servicios y activos dentro de una estrategia empresarial. El Project Management, entendido como la disciplina de gestionar de manera integral el alcance, los plazos, los costes y los recursos de un proyecto mediante metodologías estructuradas, fue clave en su desarrollo al establecer un marco de referencia para la administración eficaz de activos construidos. Según la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK Guide, por sus siglas en inglés: Project Management Body of Knowledge) editada por el Project Management Institute (PMI 2017), la gestión por procesos aplica estos principios organizativos a lo largo de todo el ciclo de vida del activo, extendiendo su utilidad operativa hacia las fases críticas de operación y mantenimiento.

A nivel internacional, destacan los trabajos de Volk (Volk, Stengel and Schultmann 2014), sobre la aplicación de BIM en edificios existentes y su relación con el FM, y a nivel local el de Barrón (Barrón Lara 2017), que compara el mantenimiento tradicional con el basado en BIM en la Universidad de Sevilla, resaltando el valor del modelo virtual como "libro del edificio".

De la revisión de la norma se pueden considerar las siguientes funciones en un inmueble no histórico (ver Figura 3).

Pero un inmueble patrimonial requiere otro tipo de gestiones. A continuación, se detallan las funciones



Figura 3.- Funciones del Facility Management en inmueble no histórico. Fuente: elaboración propia.



Figura 4.- Funciones del Facility Management en inmueble histórico. Fuente: elaboración propia.

que se pueden considerar para el caso de un inmueble histórico emplazado en Andalucía (ver Figura 4).

El HBIM (Heritage Building Information Modelling) surgió a inicios de los años 2000 como una extensión del BIM aplicado al patrimonio histórico. En España, su desarrollo comenzó en 2000 con proyectos pioneros como la Sagrada Familia de Barcelona (desde 2001) y la Alhambra de Granada (2012), impulsados por el IAPH y Universidades, como la de Sevilla. De esta última institución destacan trabajos como el de Nieto-Julián (Nieto-Julián, Bruno and Moyano 2024), quien desarrolla una metodología para ejecutar los procesos de conservación del patrimonio en BIM. También resulta interesante el estudio de Moyano (Moyano *et al.* 2023), enfocado en comparar escáneres de luz de alto y bajo costo, para el modelado de objetos de museos en entorno BIM. Por último, resalta el trabajo de Gámiz-Gordo (Gámiz-Gordo, Antón and Barrero-Ortega 2025), el que, a partir de imágenes históricas, realiza una reconstrucción gráfica tridimensional de la Puerta de la Carne, en Sevilla.

En cuanto a normativa, las UNE-EN ISO 19650 (2020–2025) actualizan la gestión del mantenimiento, incluyendo el patrimonio, mediante un marco estandarizado para la organización de la información BIM/HBIM. La UNE-EN ISO 19650-3 mejora el mantenimiento preventivo y predictivo al estructurar la información del edificio e integrar estándares como ISO 55000 e ISO 21500. Pese a estos desafíos, el balance final de la ISO 21500 es positivo. El verdadero valor de la norma reside en su capacidad para transformar edificios históricos en activos digitales bien documentados.

La UNE-EN ISO 7817-1, define los principios para determinar el nivel de información necesario en proyectos BIM/HBIM. Compatible con la ISO 19650 y el plan BIM español, se basa en tres pilares: información geométrica, alfanumérica y documental, y permite adaptar los niveles de información según el tipo de proyecto. Al ser reciente, su implementación aún debe evaluarse frente a posibles dificultades. Su relación con la norma ISO 19650 se muestra en la Figura 6.



Leyenda:

A: Inicio de la fase de desarrollo – transferencia de información relevante del Modelo de Información del Activo (AIM) al Modelo de Información del Proyecto (PIM).

B: desarrollo progresivo del modelo de diseño inicial en el modelo de construcción virtual

C: Fin de la fase de desarrollo – transferencia de información relevante del PIM al AIM

Figura 5.- Alcance de la norma ISO 19650. Fuente: UNE-EN ISO 19650-1Asociación Española de Normalización (UNE), 2020.

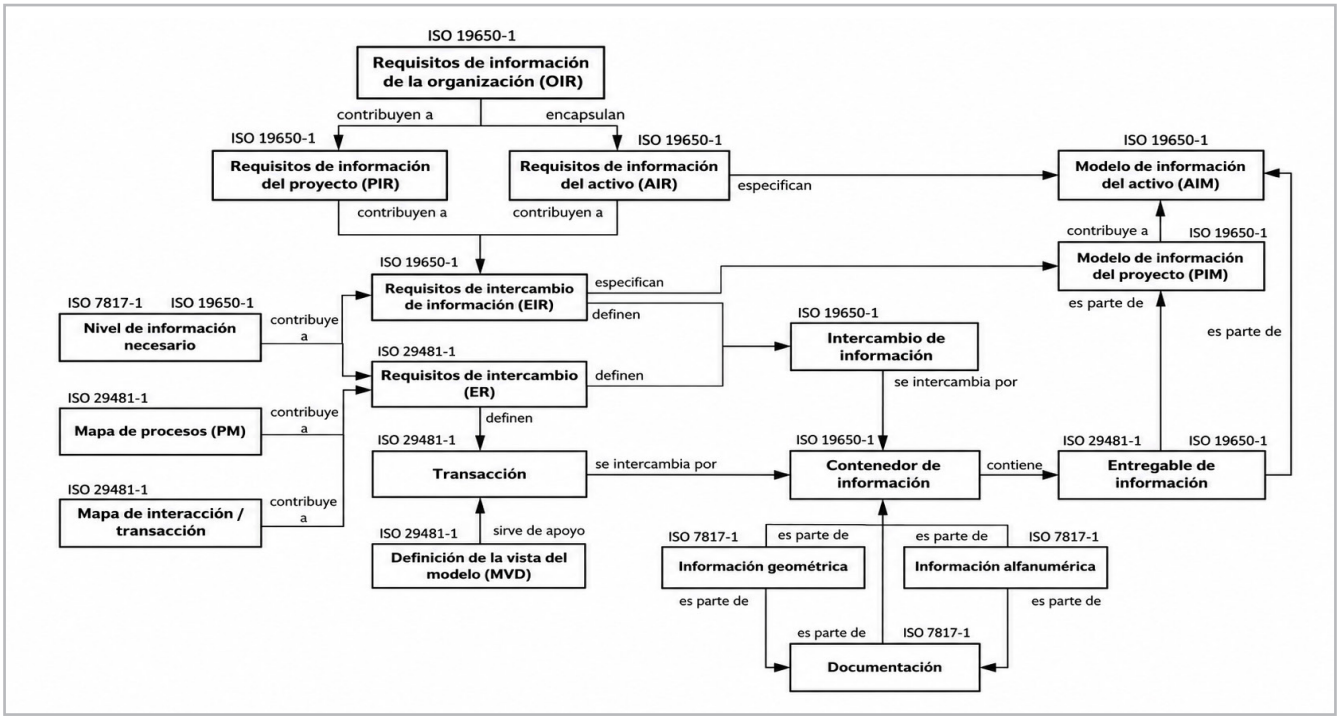


Figura 6.- Alcance de la norma ISO 19650. Fuente: UNE-EN ISO 19650-1Asociación Española de Normalización (UNE), 2020.

— *Oportunidad de investigación*

Aunque la metodología BIM está ampliamente implantada en el diseño y la construcción, su aplicación en FM sigue siendo limitada por la falta de evidencia empírica y validación de usuarios finales. Según Mannino (Mannino, Dejaco and Re Cecconi, 2021), los estudios suelen centrarse en la transferencia de datos a sistemas tradicionales como COBie (acrónimo en inglés de Construction Operations Building Information Exchange, en español Intercambio de Información de Construcción y Operaciones), perdiendo ventajas del 3D.

El patrimonio construido presenta desafíos adicionales —geometrías irregulares, restricciones para sensores, ausencia de modelos anteriores— que dificultan el uso del BIM y HBIM en FM. Para Pinti (Pinti, Codinhoto and Bonelli, 2022), se requieren estudios cuantitativos, herramientas interoperables y normas adaptadas, además de la participación temprana de los usuarios para garantizar soluciones útiles.

Finalmente, la gestión de edificios patrimoniales demanda profesionales especializados con dominio técnico del mantenimiento e intervención en instalaciones.

Metodología

— *Enfoque de la investigación*

El estudio se centra en la capilla de la Universidad de Sevilla y combina análisis cualitativo (documentación y conservación patrimonial) y cuantitativo (parametrización y automatización) de los elementos que requieren mantenimiento. Dada la relevancia del deterioro, se focaliza en las fachadas perimetrales, con el objetivo de desarrollar un prototipo de plan de mantenimiento basado en el modelo 3D elaborado por los profesores Rico Delgado, F. y Chaza Chimeno, M.

- Interoperabilidad, formatos abiertos (IFC) y dinámica de transferencia de datos (ROUND-TRIP)

El principio fundamental de la dimensión BIM 7D (gestión de inmuebles y servicios de soporte) radica en la transferencia íntegra y transparente de información a lo largo del ciclo de vida del edificio. Aunque la operativa práctica de esta investigación se sirve de herramientas de sincronización bidireccional (como ParaManager) para articular un puente directo y de baja fricción técnica entre el entorno nativo (Autodesk Revit) y entornos de datos accesibles (como las hojas de cálculo automatizadas), el sistema se ha estructurado bajo las directrices del formato de estándar abierto IFC (Industry Foundation Classes).

La arquitectura de los parámetros compartidos diseñados (categorías AA100, BA200, CA100) ha sido parametrizada siguiendo la lógica de los conjuntos de propiedades estándar (Property Sets). Mediante el mapeo de tablas de exportación IFC, los datos de diagnóstico patrimonial y planes de mantenimiento preventivo se asocian a entidades estandarizadas como IfcBuildingElement o IfcTask (para las órdenes de trabajo). Esto asegura que la base de datos relacional del HBIM pueda ser exportada de forma íntegra a visores de código abierto u otras plataformas interoperables, mitigando el riesgo de pérdida de datos históricamente asociado al software propietario.

Asimismo, la dinámica de "ida y vuelta" o round-trip para los agentes del FM que operan a pie de obra se resuelve delegando la edición de datos a interfaces ligeras. El flujo no exige que el gestor técnico manipule el software de modelado arquitectónico; en su lugar, las actualizaciones del estado de conservación e inspecciones digitales en campo alimentan una matriz de datos que reescribe de forma automatizada los parámetros del modelo HBIM centralizado, garantizando un ciclo cerrado, ágil y continuamente actualizado.

— Flujo de trabajo

El flujo de trabajo se compone de cuatro fases:

a) Un sistema de parametrización en Revit para documentación general y patrimonial, el cual incluye la recolección de datos que se incorpora al modelo 3D mediante la creación de parámetros compartidos.

b) Un sistema de diagnóstico del edificio histórico que incluye la parametrización específica para cada elemento y el seguimiento del deterioro.

c) Herramientas de visualización mediante vistas filtradas dinámicas, generación de tablas vinculadas a las vistas filtradas y automatización de tablas al actualizar los controles realizados.

d) Análisis de resultados y retroalimentación del plan de mantenimiento.

— Recopilación de datos e incorporación al modelo

- Escaneo 3d de la edificación

El trabajo de campo en la capilla comenzó en diciembre de 2019 con un escáner 3D Leica BLK360 G1. Los datos se registraron en Cyclone Register, se procesaron en Autodesk Recap Pro y se modelaron en Revit durante el año 2020. Debido a la complejidad geométrica, se empleó ampliamente el modelado in situ para reproducir fielmente elementos ornamentales. En enero de 2024 se inició el análisis del modelo 3D para desarrollar un prototipo de plan de mantenimiento de los paramentos y ornamentos exteriores del edificio histórico.



Figura 7.- Flujo de trabajo de la investigación. Fuente: elaboración propia.

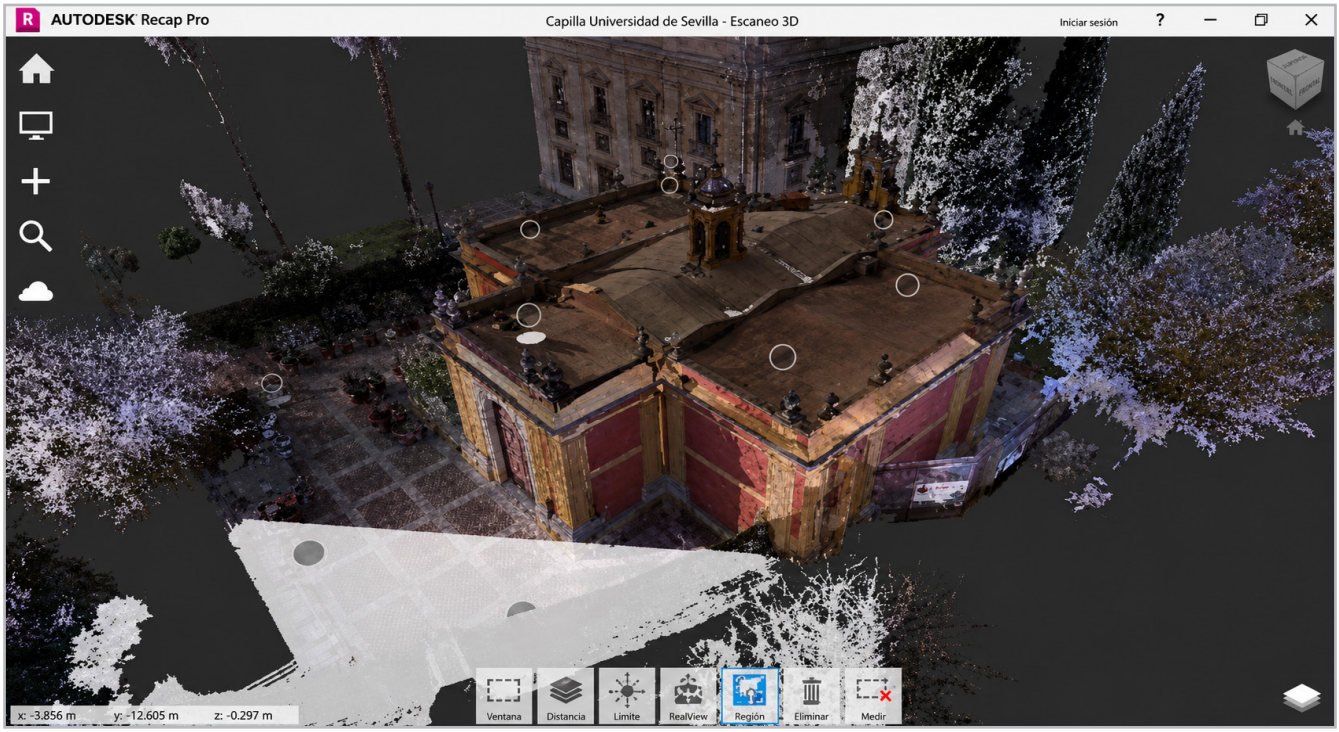


Figura 8.- Imagen Autodesk Recap Pro utilizado para el modelado de la capilla de la Hermandad de los Estudiantes de la Universidad de Sevilla. Fuente: Rico Delgado, F. y Chaza Chimeno M.

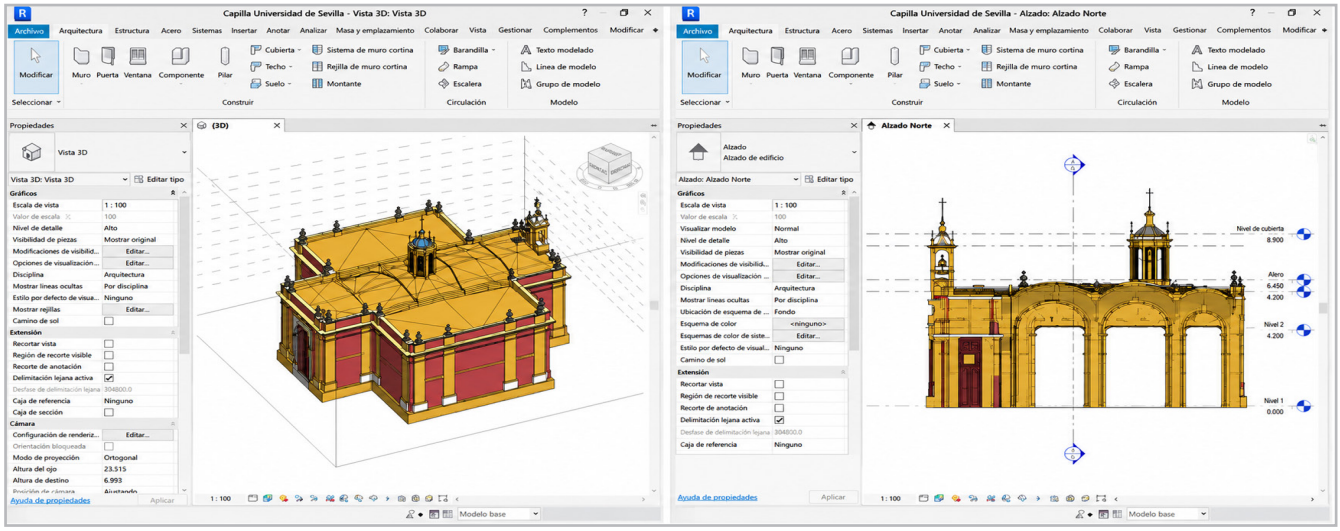


Figura 9 y 10.- Imágenes de modelo 3D en Revit de la Capilla de la Hermandad de los Estudiantes de la US. (Fuente: Rico Delgado, F. y Chaza Chimeno M.

- Información del edificio

La información del edificio se integró en el modelo 3D mediante parámetros compartidos organizados con códigos estructurados. Se establecieron dos grupos principales: uno para la información del proyecto (datos generales, técnicos e históricos) y otro para la información de los elementos constructivos (estado, inspecciones y mantenimiento individual de cada componente).

Estos parámetros compartidos serán agregados en la sección "Información del Proyecto". Como es una gran cantidad de información que se puede incluir, es fundamental agrupar los datos en categorías para un ingreso ordenado de ésta. Las tablas 1 y 2 muestran parte de la estructura que se empleará.

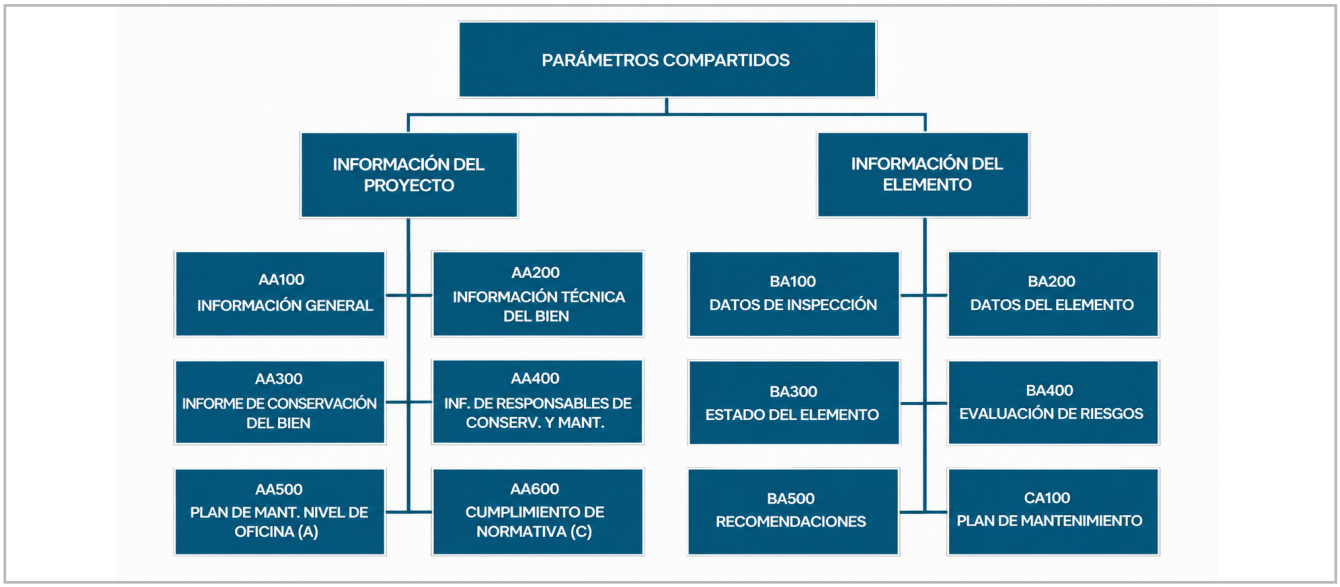


Figura 11.- Esquema de agrupación de parámetros compartidos y sus códigos. Fuente: elaboración propia.

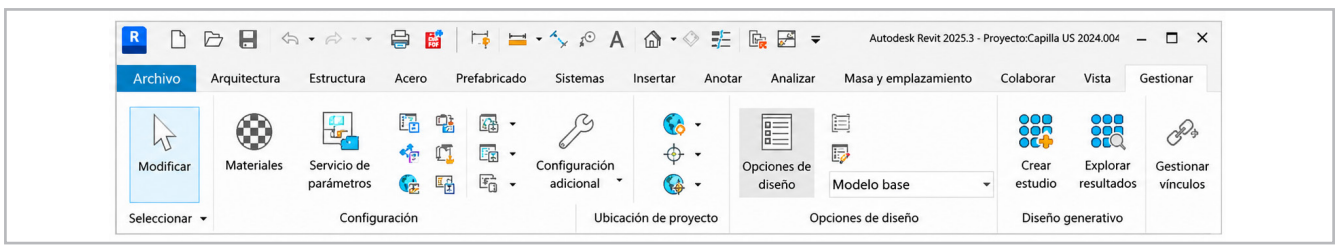


Figura 12.- Incorporación de datos de la edificación en el apartado "Información del Proyecto" de Revit. Fuente: elaboración propia.

CÓDIGO	INFORMACIÓN DE AREA
AA100	INFORMACIÓN GENERAL
AA101	DATOS GENERALES DEL ÁREA
AA102	DATOS DEL EQUIPO (CÓDIGO / UBICACIÓN / ÁREA)
AA200	ESTÁNDARES
AA201	DEFINICIONES
AA202	NORMATIVAS
AA300	INFORMACIÓN CATASTRAL
AA301	TOPOGRAFÍA
AA302	ACCESOS / VÍAS DE TRANSPORTE
AA400	CONSTRUCCIÓN

CÓDIGO	INFORMACIÓN DEL BIEN
AA200	INFORMACIÓN TÉCNICA DEL BIEN
AA201	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (MATERIALES / ACABADOS / CAPACIDAD / DIMENSIONES)
AA202	LISTA DE REPUESTOS / COMPONENTES / PARTES
AA203	DIAGRAMAS / ESQUEMÁTICOS
AA204	MANUALES E INSTRUCTIVOS
AA205	HISTORIAL DE OPERACIÓN / USO
AA300	ESTADO DEL BIEN / CONDICIÓN ACTUAL
AA301	REGISTRO DE INSPECCIONES
AA302	REGISTRO DE MANTENIMIENTO
AA400	EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Tablas 1 y 2.- Detalle de la estructura de códigos de algunas categorías. Fuente: elaboración propia

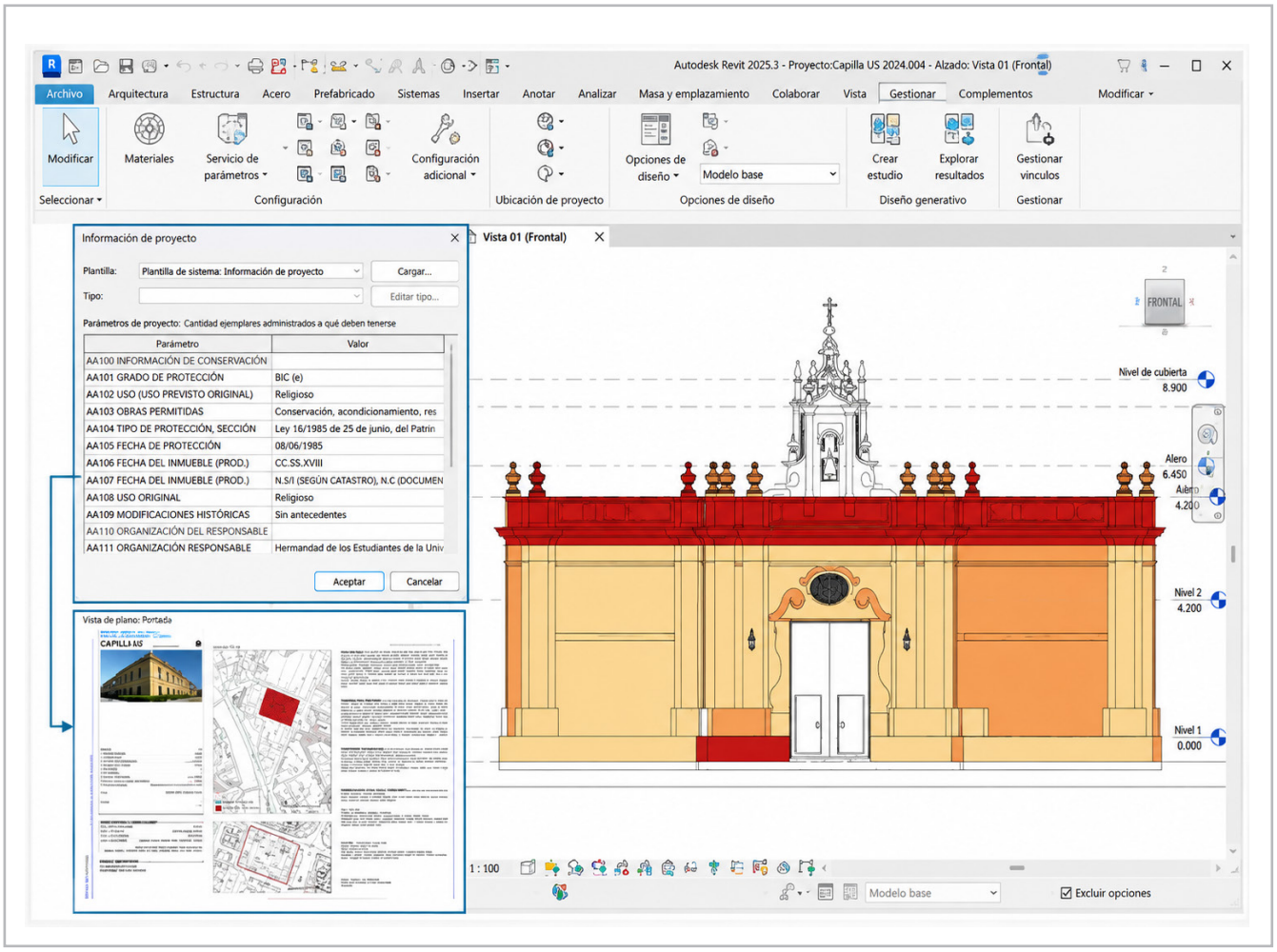
- Información de conservación del edificio

Para una adecuada conservación del bien, se debe incorporar la información disponible y relevante. Es fundamental agregar el grado de protección, la legislación que la regula y su ficha de protección. Además de datos y condiciones legales, se pueden vincular estudios, artículos, páginas web y archivos. La figura 13 muestra la información de conservación del bien, en especial el parámetro que abre la ficha de protección del edificio, que es un documento PDF.

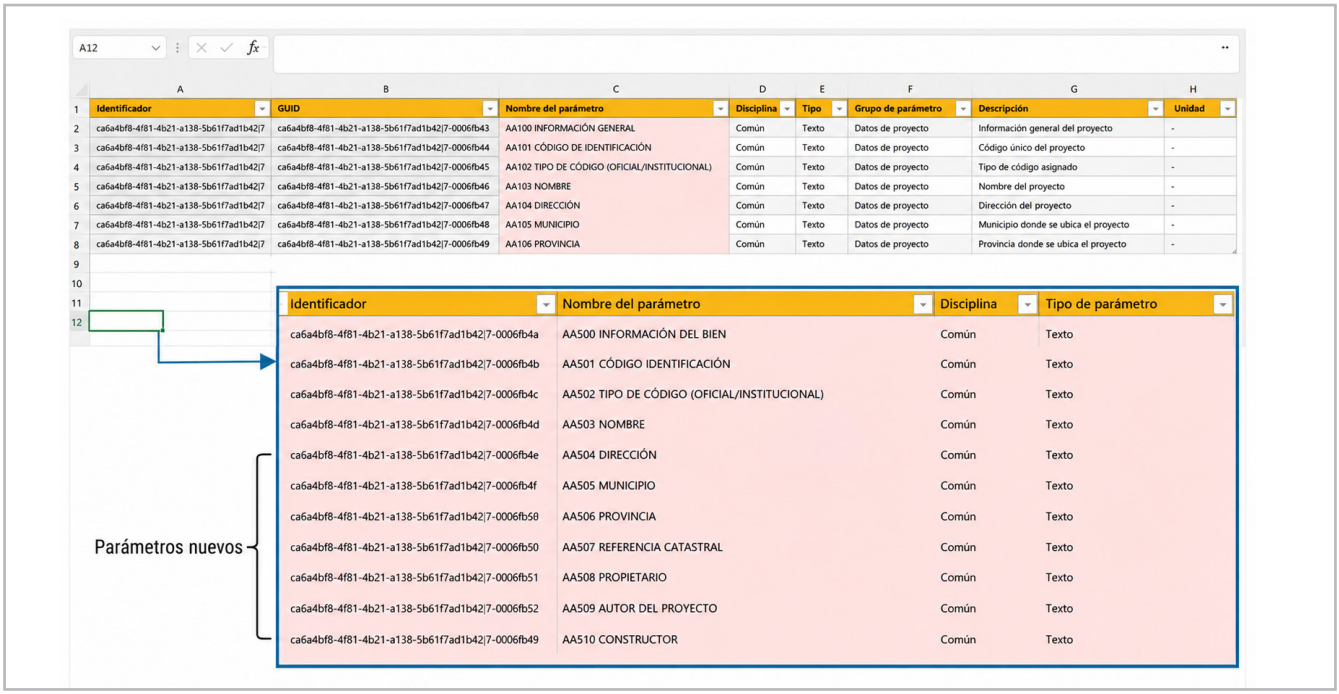
- Uso de "plugins" para la gestión de la información

El uso de complementos acelera significativamente la carga de datos. En este caso se implementó DiRootsOne, mediante su componente gratuito ParaManager, para incorporar parámetros desde Excel.

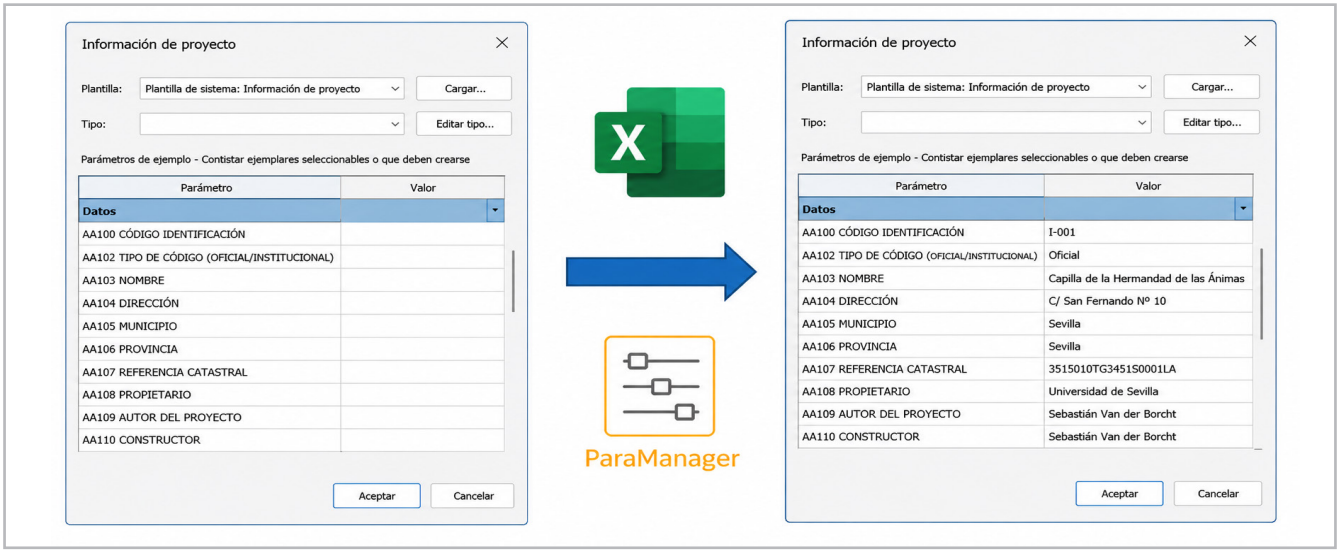
Tras importar la planilla de Excel mediante ParaManager, los nuevos datos se integran automáticamente en el cuadro de "Información del Proyecto" (ver figura 15).



Tablas 13.- Vista de parámetros con información de conservación del edificio y su vínculo automático con la ficha de protección del edificio. Fuente: elaboración propia.



Tablas 14.- Parámetros compartidos exportados de Revit a Excel, con el uso de ParaManager del plugin DiRootsOne. Fuente: elaboración propia



Tablas 15.- Datos de la edificación incorporados a la Información del Proyecto. Fuente: elaboración propia.

— Diagnóstico y parametrización

Dado que la edificación es un patrimonio cultural, se incorporará al modelo una inspección del estado estructural siguiendo la Norma UNE-EN 16096:2016 (Asociación Española de Normalización (UNE), 2016), que orienta el mantenimiento y diagnóstico de daños como primera fase del plan de conservación.

La claridad en los conceptos a utilizar es muy relevante. La tabla 3 muestra algunos términos y definiciones que se van a considerar en la inspección del edificio patrimonial.

Término	Norma	Definición
Estado	UE-EN 15898:2020	Condición física en que se encuentra un bien en un momento determinado
Síntoma	UE-EN 16096:2016	Indicador de cambio en su **estado**.
Lesión; daño	UE-EN 15898:2020	**Alteración** perjudicial, donde "alteración" es el cambio en el **estado**, beneficioso o no, intencional o no.
Inspección del estado	UE-EN 16096:2016	Reconocimiento para evaluar el **estado**.
Informe del estado	UE-EN 16096:2016	Constancia del estado realizada con un propósito específico, con fecha y autor. Normalmente es el resultado de una inspección del **estado**.

Tabla 3.- Términos y definiciones para considerar en la inspección del edificio histórico. Fuente: elaboración propia.

Clase de estado (CC)	Síntomas
CC 0	Ningún síntoma
CC 1	Síntomas menores
CC 2	Síntomas moderadamente altos
CC 3	Síntomas mayores

Clase de urgencia (UC)	Urgencia
UC 0	Largo plazo
UC 1	Plazo intermedio
UC 2	Plazo corto
UC 3	Urgente e inmediata

Clase de recomendación (RC)	Posibles medidas
RC 0	Ninguna medida
RC 1	Mantenimiento/conservación preventiva
RC 2	Reparación moderada y/o más investigación
RC 3	Intervención importante basada en un diagnóstico

Tablas 4, 5 y 6.- Clasificaciones por considerar en la inspección del edificio histórico. Fuente: UNE-EN 16096:2016.

Las tablas 4, 5 y 6 muestran las clasificaciones que establece la norma para identificar el estado de los elementos, la urgencia del riesgo y la clase de recomendación.

Los síntomas y lesiones observadas se respaldan mediante fotografías, las que se pueden incorporar al modelo como parámetro compartido de cada elemento.

La figura 16 muestra algunas fotografías de zonas con síntomas menores y moderadamente altos.

La figura 17 detalla como la información recolectada durante la inspección se muestra en Revit como parámetro compartido en las propiedades del elemento "Cornisa Capilla".

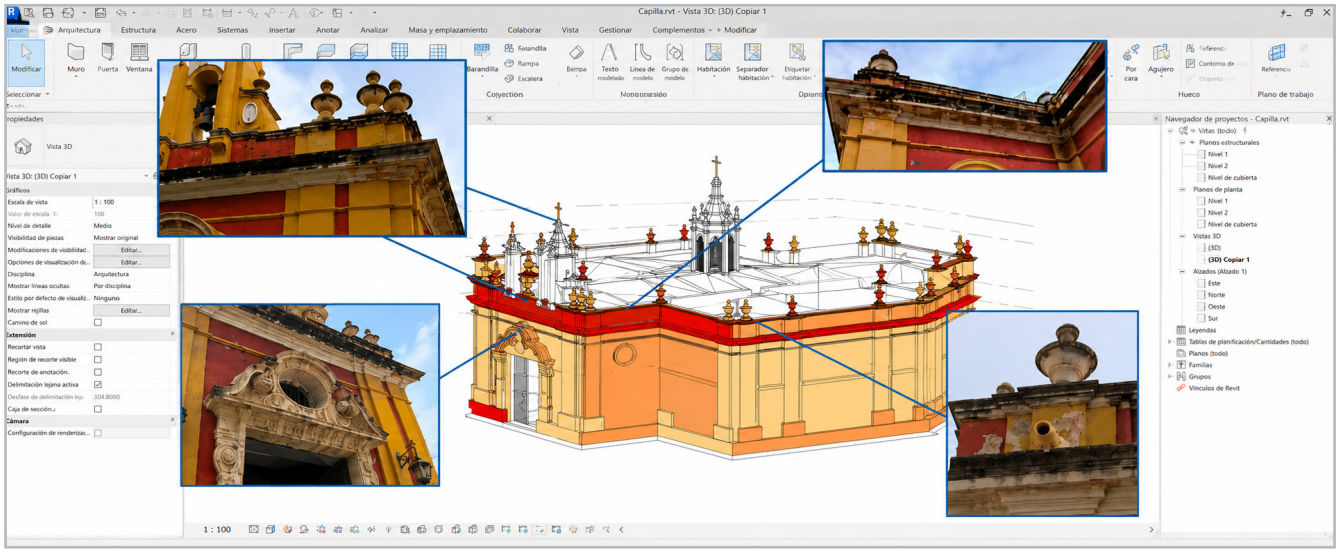


Figura 16.- Fotografías de la inspección incorporadas al modelo. Fuente: elaboración propia.

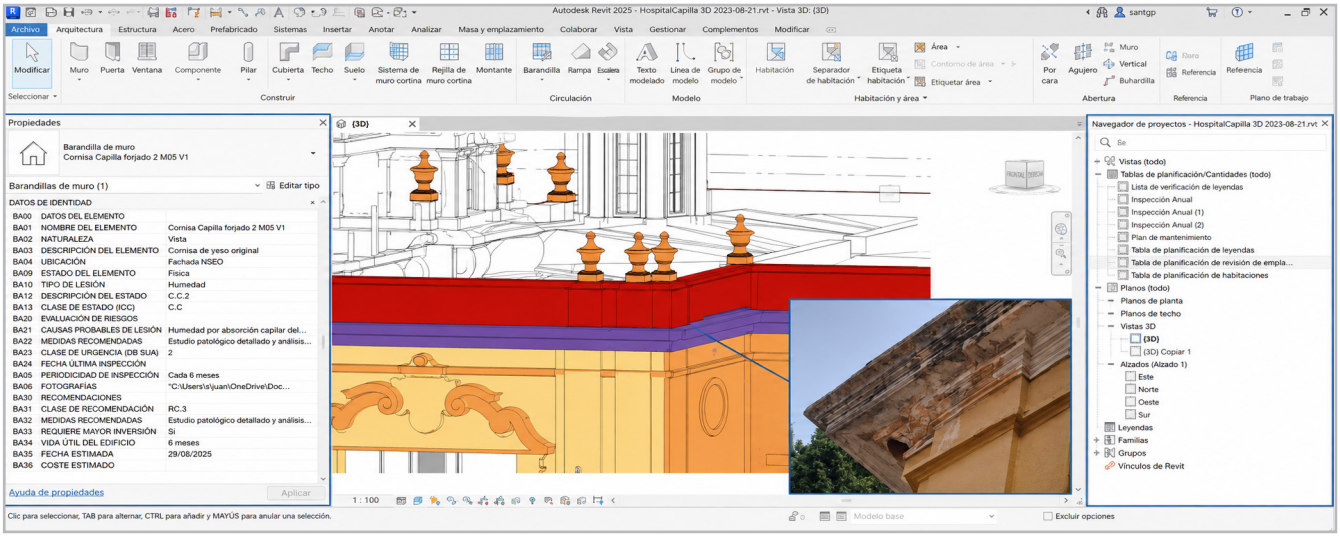


Figura 17.- Parámetros compartidos de la inspección realizada al elemento "Cornisa Capilla". Fuente: elaboración propia.

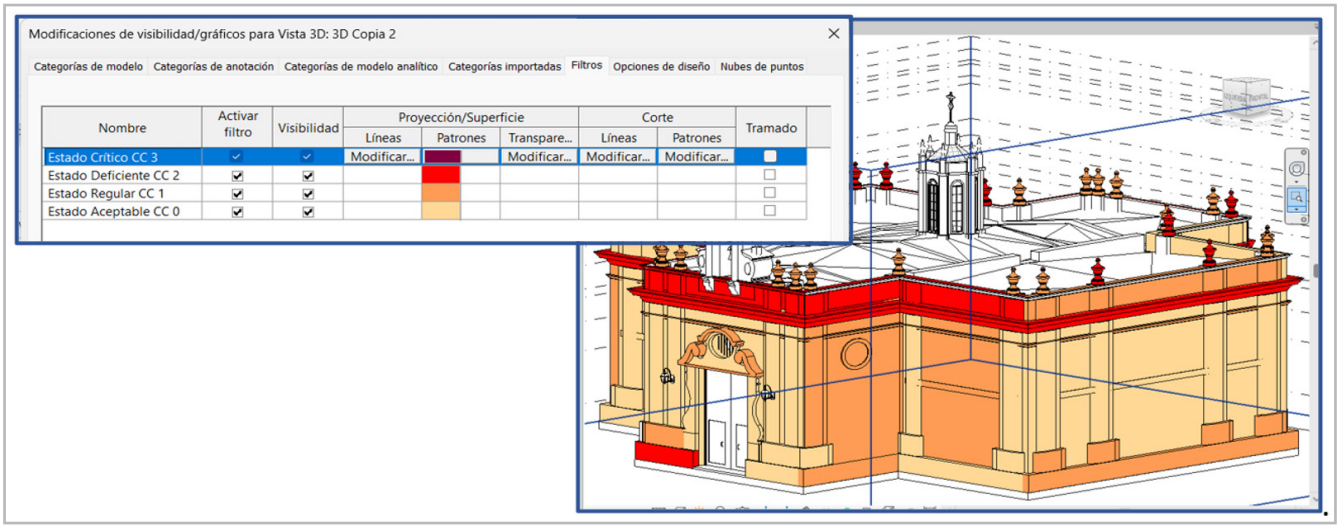


Figura 18.- Modelo 3D visualizando el estado de sus elementos. Fuente: elaboración propia.

Con esta información podemos crear tablas para visualizar las patologías y su clase de estado con colores, en el modelo 3D, tal como lo evidencia la figura 18.

La graduación del color muestra el elemento con mayor deterioro con un color más intenso (rojo) y, conforme disminuyen las lesiones, se muestra un color más claro.

— *Ejecución del plan de mantenimiento y automatización*

• Estrategia de mantenimiento

Con el diagnóstico, la parametrización y los datos incorporados al modelo 3D, podemos elegir las estrategias de mantenimiento más adecuadas. Estas son fundamentales para garantizar la durabilidad, funcionalidad y conservación de los edificios, especialmente cuando se trata de bienes culturales protegidos. En este estudio se va a considerar como estrategia el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, las que están en línea con lo establecido en la norma UNE-EN 15331:2012 (Asociación Española de Normalización (UNE), 2012) y la UNE-EN 13306:2018 (Asociación Española de Normalización (UNE), 2018). Sin embargo, el mantenimiento predictivo no se va a desarrollar en este estudio, pero es importante mencionarlo ya que tiene varias ventajas. Se va a considerar en los protocolos como opción para futuras incorporaciones. La tabla 7 muestra los tipos de mantenimiento, su definición, su compatibilidad con HBIM y un ejemplo de su uso.

Estrategia de mantenimiento	**Definición UNE-EN 13306:2028**	**Compatibilidad con uso de HBIM**	**Ejemplo de uso**
Mantenimiento preventivo	Mantenimiento llevado a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y reducir la probabilidad de fallo de un elemento.	Es compatible con el uso de HBIM ya que los modelos digitales permiten programar y registrar las tareas de mantenimiento preventivo, asociándolas a elementos específicos del edificio.	Inspecciones periódicas: Realizar inspecciones regulares para identificar posibles problemas estructurales, humedades, grietas, o degradación de materiales.
Mantenimiento correctivo	Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.	Compatible con el uso de HBIM ya que se puede actualizar el modelo digital con las intervenciones realizadas, creando un "historial de vida" del edificio.	Degradación de elemento por falta de mantención: Análisis patológico detallado del elemento dañado incluyendo ensayos y análisis de especialistas.
Mantenimiento predictivo	Mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.	Permite el uso de sensores inalámbricos y sistemas de monitorización en tiempo real los que se pueden integrar a modelos HBIM visualizando el estado del edificio y planificar intervenciones.	Sensores IoT: Instalación de sensores para monitorizar parámetros como vibraciones, humedad, temperatura o deformaciones en estructuras.

Tabla 7.- Estrategias de mantenimiento consideradas en el estudio. Fuente: elaboración propia.

— *Plan de mantenimiento*

La norma UNE-EN 13306:2018 define el plan de mantenimiento como el conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento.

Para incorporarlo en el modelo 3D seguiremos el mismo procedimiento que el realizado para los parámetros compartidos. De esta manera podremos visualizar el plan en las propiedades de cada elemento, tal como se ilustra en la figura 19.

En la figura 20 se muestra un extracto del plan de mantenimiento creado en Revit y completado en una planilla Excel. Esta planilla posteriormente será exportada a Revit para que automáticamente el plan quede incorporado al modelo 3D.

• Generación de tablas y exportación de revit a excel

La posibilidad de exportar tablas de planificación de Revit a Excel genera varios beneficios que permiten optimizar el tratamiento de los datos recolectados.

En este estudio se realizó la exportación de tablas de Revit a Excel mediante el componente Modifier Schedule del plugins MLabs. La figura 21 evidencia el proceso de exportación.

La exportación de datos se guarda en una carpeta a elección. El archivo resultante en Excel se detalla en la figura 22.

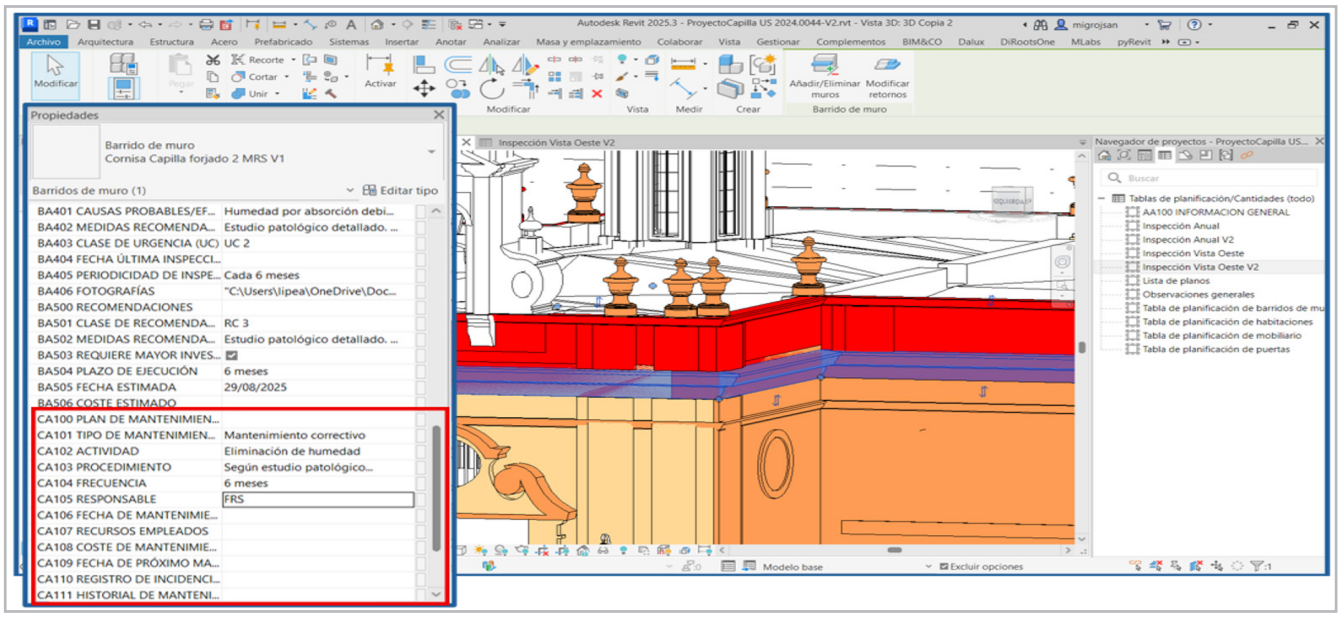
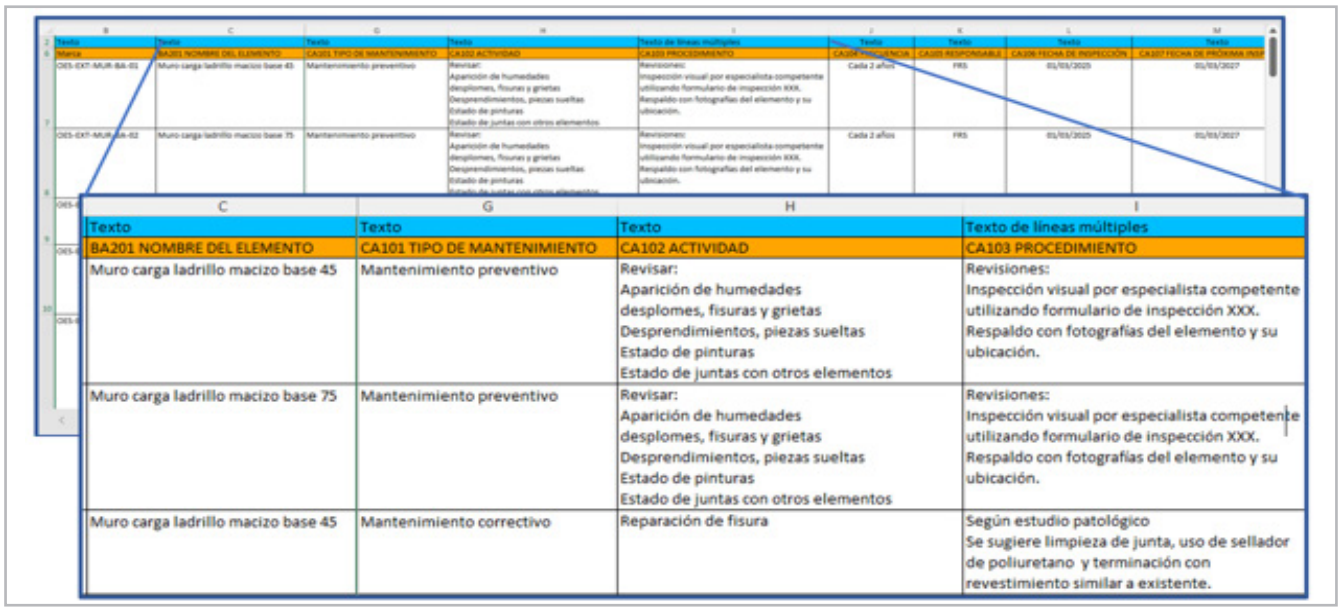


Figura 19.- Estructura de códigos para el mantenimiento de cada elemento. Fuente: elaboración propia.



C	G	H	I
Texto	Texto	Texto	Texto de líneas múltiples
BA201 NOMBRE DEL ELEMENTO	CA101 TIPO DE MANTENIMIENTO	CA102 ACTIVIDAD	CA103 PROCEDIMIENTO
Muro carga ladrillo macizo base 45	Mantenimiento preventivo	Revisar: Aparición de humedades desplomes, fisuras y grietas Desprendimientos, piezas sueltas Estado de pinturas Estado de juntas con otros elementos	Revisiones: Inspección visual por especialista competente utilizando formulario de inspección XXX. Respaldo con fotografías del elemento y su ubicación.
Muro carga ladrillo macizo base 75	Mantenimiento preventivo	Revisar: Aparición de humedades desplomes, fisuras y grietas Desprendimientos, piezas sueltas Estado de pinturas Estado de juntas con otros elementos	Revisiones: Inspección visual por especialista competente utilizando formulario de inspección XXX. Respaldo con fotografías del elemento y su ubicación.
Muro carga ladrillo macizo base 45	Mantenimiento correctivo	Reparación de fisura	Según estudio patológico Se sugiere limpieza de junta, uso de sellador de poliuretano y terminación con revestimiento similar a existente.

Figura 20.- Plan de mantenimiento por elemento en Excel. Fuente: elaboración propia.

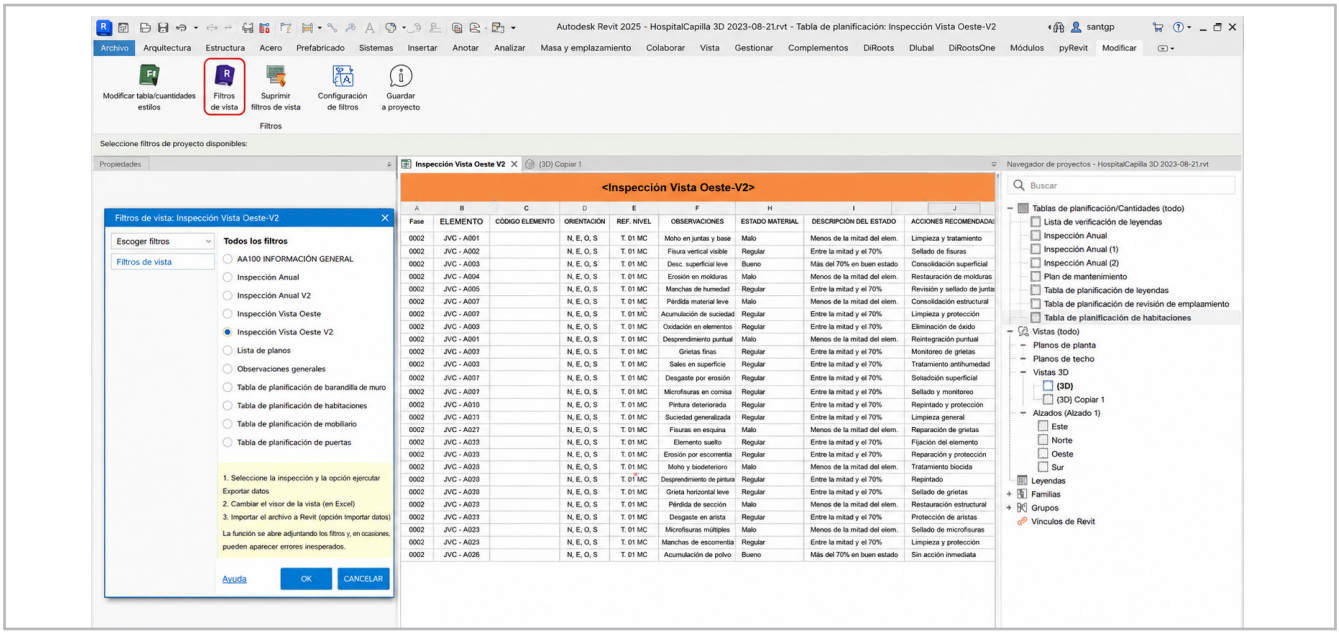


Figura 21.- Exportación de tabla de inspecciones, con el uso de Modifier Schedule del plugin MLabs. Fuente: elaboración propia

	A	B	C	D	E	F	G	H	L	M
1	Fecha	Resto	Texto	Texto de revisiones/ejecuto	Texto de medida existente	Texto de medida existente	Texto de vista múltiples	Texto	Texto	Texto de vistas múltiples
2	01/03/2025	OBS-GET-MUR-BA-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
3	01/03/2025	OBS-GET-MUR-BA-03	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
4	01/03/2025	OBS-GET-MUR-BA-02	Microfisica	Fisura	CC 1	Reparación por escorrentía de	Estudio patológico detallado y repa	LIC 1	Cada 1 año	Fisura leve que evidencia a antigüedad
5	01/03/2025	OBS-GET-MUR-SOP-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
6	01/03/2025	OBS-GET-MUR-SOP-02	Fisica	Humedad	CC 2	Humedad por absorción delc	Estudio patológico detallado, verific	LIC 2	Cada 6 meses	Se observa humedad a lo largo del ar
7	01/03/2025	OBS-GET-PIL-BA-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Daño por humedad en pintura
8	01/03/2025	OBS-GET-PIL-BA-03	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
9	01/03/2025	OBS-GET-PIL-BA-04	Microfisica	Fisura	CC 1	Humedad por capilaridad de	Estudio patológico detallado, Realiz	LIC 1	Cada 1 año	Desprendimiento de pintura en zona
10	01/03/2025	OBS-GET-PIL-BA-05	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
11	01/03/2025	OBS-GET-PIL-BA-06	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
12	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
13	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-02	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
14	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-SOP-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
15	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-03	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
16	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-04	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
17	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-05	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
18	01/03/2025	OBS-GET-PIL-ME-06	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
19	01/03/2025	OBS-GET-PIL-SUP-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
20	01/03/2025	OBS-GET-PIL-SUP-02	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
21	01/03/2025	OBS-GET-PIL-SUP-03	Sin observación	Sin observación	CC 0	Sin observaciones	Mantenimiento preventivo	LIC 0	Cada 2 años	Sin observaciones
22	01/03/2025	OBS-GET-PIL-SUP-04	Sin observación	Sin observación	CC 0	Humedad por absorción delc	Estudio patológico detallado, verific	LIC 2	Cada 6 meses	Daño por humedad en pintura
23	01/03/2025	OBS-GET-PIL-SUP-05	Fisica	Humedad	CC 2	Humedad por absorción delc	Estudio patológico detallado, verific	LIC 2	Cada 6 meses	Daño por humedad en pintura
24	10/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-01	Sin observación	Sin observación	CC 0	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Antes de limpieza superficial
25	10/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-02	Sin observación	Sin observación	CC 0	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Después limpieza superficial
26	10/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-03	Sin observación	Sin observación	CC 0	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Después limpieza superficial
27	10/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-04	Fisica	Humedad	CC 1	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Después limpieza superficial
28	30/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-01	Fisica	Humedad	CC 1	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Después limpieza superficial
29	30/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-02	Fisica	Humedad	CC 1	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Después limpieza superficial
30	30/03/2025	OBS-GET-PAN-SUP-03	Fisica	Humedad	CC 1	Humedad por absorción y sal	Estudio patológico detallado, Limpie	LIC 1	Cada 1 año	Después limpieza superficial

Figura 22.- Vista de la tabla de inspecciones en Excel. Fuente: elaboración propia

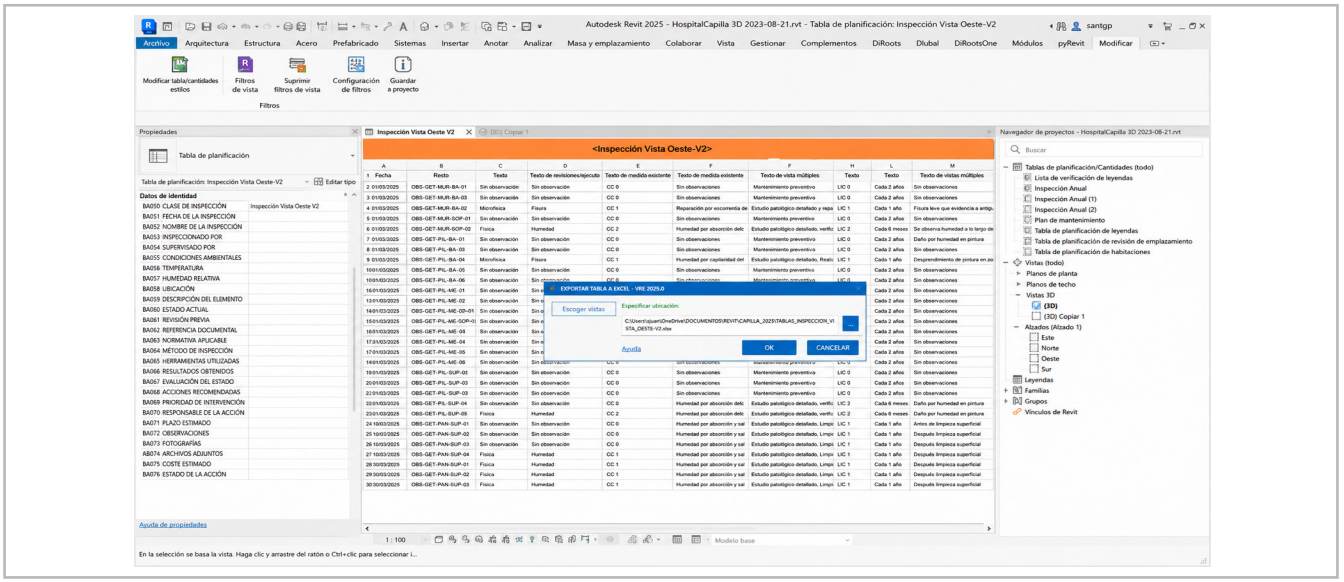


Figura 23.- Tabla de planificación importada de Excel a Revit con plugin MLabs. Fuente: elaboración propia

• Automatización e importación de tablas a revit desde excel

La importación de planillas de Excel a Revit se realizó con el complemento MLabs, que ofrece un proceso sencillo sin necesidad de programación, a diferencia de Dynamo. Su componente Modifier Schedule permite actualizar automáticamente los datos y visualizar en tiempo real los cambios en el modelo 3D, mostrando el estado, mantenimiento y urgencias de conservación de los elementos constructivos.

Los procesos detallados en los puntos 3.5.3 y 3.5.4 se muestra la figura 24, como diagrama de procesos.

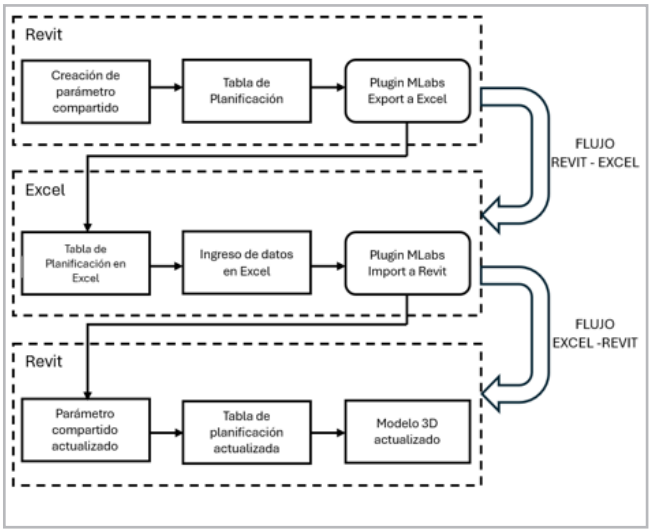


Figura 24.- Diagrama de proceso automatizado con plugin MLabs. Fuente: elaboración propia.

— *Análisis de resultados y retroalimentación*

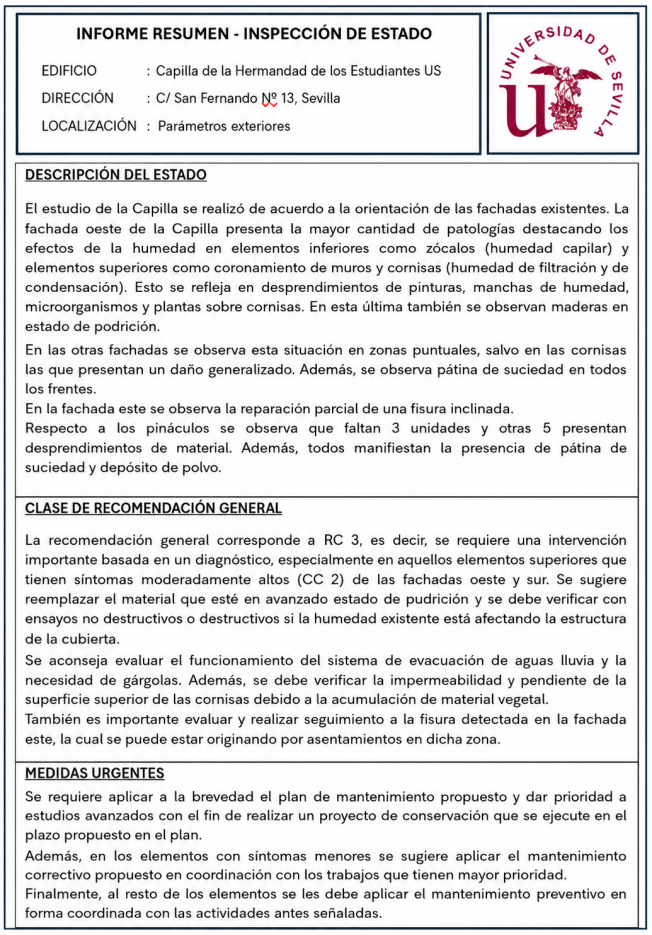
Con el plan de mantenimiento generado, obtenemos como resultado elementos con prioridades de intervención, definidos en el parámetro Clase de Urgencia (UC).

Estos elementos con mayores daños tienen medidas recomendadas, plazo de ejecución y costos estimados, los cuales también se pueden incorporar en el modelo y las tablas anteriormente descritas.

De esta manera, podemos generar informes de evaluación por elemento y un informe resumen con el análisis de los resultados obtenidos.

La figura 25 muestra el informe resumen generado, en línea con lo indicado en la norma UNE-EN 16096:2016.

A medida que se cumplan las fechas establecidas para los mantenimientos preventivos y correctivos o la necesidad de realizar estudios patológicos avanzados, podemos generar indicadores de cumplimiento de procedimientos, plazos y costes, los que permitirán alertar posibles desviaciones del plan. Esto también se puede registrar en el modelo 3D.



INFORME RESUMEN - INSPECCIÓN DE ESTADO

EDIFICIO : Capilla de la Hermandad de los Estudiantes US
DIRECCIÓN : C/ San Fernando Nº 13, Sevilla
LOCALIZACIÓN : Parámetros exteriores

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO

El estudio de la Capilla se realizó de acuerdo a la orientación de las fachadas existentes. La fachada oeste de la Capilla presenta la mayor cantidad de patologías destacando los efectos de la humedad en elementos inferiores como zócalos (humedad capilar) y elementos superiores como coronamiento de muros y cornisas (humedad de filtración y de condensación). Esto se refleja en desprendimientos de pinturas, manchas de humedad, microorganismos y plantas sobre cornisas. En esta última también se observan maderas en estado de podrición.

En las otras fachadas se observa esta situación en zonas puntuales, salvo en las cornisas las que presentan un daño generalizado. Además, se observa pátina de suciedad en todos los frentes.

En la fachada este se observa la reparación parcial de una fisura inclinada.

Respecto a los pináculos se observa que faltan 3 unidades y otras 5 presentan desprendimientos de material. Además, todos manifiestan la presencia de pátina de suciedad y depósito de polvo.

CLASE DE RECOMENDACIÓN GENERAL

La recomendación general corresponde a RC 3, es decir, se requiere una intervención importante basada en un diagnóstico, especialmente en aquellos elementos superiores que tienen síntomas moderadamente altos (CC 2) de las fachadas oeste y sur. Se sugiere reemplazar el material que esté en avanzado estado de pudrición y se debe verificar con ensayos no destructivos o destructivos si la humedad existente está afectando la estructura de la cubierta.

Se aconseja evaluar el funcionamiento del sistema de evacuación de aguas lluvia y la necesidad de gárgolas. Además, se debe verificar la impermeabilidad y pendiente de la superficie superior de las cornisas debido a la acumulación de material vegetal.

También es importante evaluar y realizar seguimiento a la fisura detectada en la fachada este, la cual se puede estar originando por asentamientos en dicha zona.

MEDIDAS URGENTES

Se requiere aplicar a la brevedad el plan de mantenimiento propuesto y dar prioridad a estudios avanzados con el fin de realizar un proyecto de conservación que se ejecute en el plazo propuesto en el plan.

Además, en los elementos con síntomas menores se sugiere aplicar el mantenimiento correctivo propuesto en coordinación con los trabajos que tienen mayor prioridad.

Finalmente, al resto de los elementos se les debe aplicar el mantenimiento preventivo en forma coordinada con las actividades antes señaladas.

Figura 25.- Informe con análisis de resultados. Fuente: Elaboración propia.

Con estos análisis podremos realizar las siguientes acciones que permitirán mantener o mejorar el mantenimiento del edificio histórico:

a) Determinar la necesidad de un proyecto de conservación que se ejecute en un plazo determinado según la clase de urgencia.

b) Mantener actualizado el modelo 3D y la visualización del estado de sus elementos.

c) Actualizar el plan de mantenimiento a medida que se realicen las intervenciones establecidas en las recomendaciones y minimizar el mantenimiento correctivo.

d) Evaluar la asignación de los recursos establecidos para el mantenimiento preventivo y correctivo del edificio.

e) Verificar el beneficio económico del mantenimiento preventivo.

f) Verificar los beneficios económicos del plan de mantenimiento integrado con BIM y otras alternativas de gestión.

g) Definir aquellas zonas donde se requiere mantenimiento predictivo, en especial para determinar los efectos de la temperatura y humedad en fachadas.

Resultados y hallazgos

Utilizar un modelo 3D para FM tiene un gran potencial de desarrollo en el mantenimiento y conservación de edificios históricos.

Uno de los principales resultados fue verificar la posibilidad de incorporar en el modelo 3D, información histórica y ordenada del edificio existente, así como imágenes y parámetros que describen las características y el estado actual del bien. Esta característica, junto con la posibilidad de vincular documentos, permite que el modelo sea no sólo información geométrica, sino que también una base de datos que incorpora información relevante para su conservación y mantenimiento.

Al realizar esta investigación se pudo verificar una serie de dificultades para recolectar información, principalmente debido a su dispersión. Este síntoma es generalizado en edificios históricos. Con el uso del modelo es mucho más simple concentrar esta información.

Comprobar que el modelo puede ser un repositorio que entrega y recibe información trazable, le da vida permitiendo su integración con otras áreas como la gestión del mantenimiento de inmuebles.

Sin embargo, las aplicaciones de modelado 3D aún no están adaptadas para incorporar información masiva y de manera rápida, por lo que requieren el uso de plugins y aplicaciones que garanticen la vigencia y persistencia de los datos a lo largo del tiempo.

Con la ayuda de plugins como ParaManager (de DiRootsOne) y MLabs, que a la fecha de esta publicación son gratuitos, se pudo trabajar de manera fluida con aplicaciones como Excel. Esto permitió un ahorro de tiempo importante al momento de describir el estado de los elementos constructivos. Con estos plugins se verificó la posibilidad de automatizar información tanto desde Revit a Excel como de Excel a Revit.

Otro resultado importante fue verificar la posibilidad de automatizar las inspecciones de los elementos constructivos. Al efectuar una nueva inspección o mantenimiento desde un formulario digital, se puede automatizar su incorporación al modelo 3D en Revit y visualizar los resultados. Esto permite crear alertas de elementos que no se han mantenido oportunamente o reflejar el adecuado avance del mantenimiento del bien.

Fundamental fue la visualización 3D del modelo codificando su estado por colores. Esto permite observar el estado general de la edificación y las zonas donde se concentran las lesiones detectadas. Los filtros incorporados permiten actualizar los colores a medida que cambia el estado de los elementos según las intervenciones realizadas.

Sobre el caso en estudio se pudo determinar que las patologías se concentran en la base y en la zona superior de los paramentos, en las fachadas oeste y sur (zonas con poca luz natural), cuyo principal factor de deterioro es la concentración de humedad en los elementos ya sea por absorción desde el terreno, la humedad ambiente, la evacuación inadecuada de aguas lluvia o la falta de mantenimiento periódico. Se determinó la necesidad de ampliar la investigación con estudios de diagnóstico detallados en aquellos elementos que requieren medidas urgentes.

Un hallazgo importante que se pudo detectar fue el avance normativo que actualmente se está desarrollando en el área de FM y BIM. Las normas juegan un rol muy importante ya que establecen estándares internacionales y una terminología común sobre estas materias y sus procesos. Además, para este caso, son esenciales para realizar auditorías en las organizaciones que implanten sistemas de FM y planes de mantenimiento de edificios patrimoniales.

Al simplificar la transferencia de información y adaptarla a lo que necesita el usuario, se genera una alternativa innovadora de gestión del mantenimiento en edificios de valor patrimonial, situación que los sistemas consolidados de Computer-Aided Facility Management (CAFM) o de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO) genéricos no siempre cubren de forma nativa. Para contextualizar la viabilidad y pertinencia de la solución propuesta, la Tabla 8 establece una comparación crítica con las operativas comerciales e industriales más extendidas en el sector de la gestión de activos.

Criterio de Evaluación	Sistemas CAFM / GMAO Tradicionales	Metodología HBIM-Propuesta Ligera Interoperable
Vínculo Geométrico-Patológico	Alfanumérico predominante. La vinculación con modelos 3D complejos o nubes de puntos suele requerir módulos adicionales costosos.	Directo y nativo. Las patologías históricas se mapean tridimensionalmente sobre el elemento arquitectónico degradado.
Interoperabilidad y Formatos	Dependiente de APIs específicas de integración o bases de datos SQL rígidas.	Basada en flexibilidad de parámetros mapeables directamente a estándares abiertos (IFC).
Coste y Accesibilidad	Elevados costes de licenciamiento y consultoría de implantación, restrictivos para presupuestos públicos de patrimonio.	Alta eficiencia económica; utiliza plugins de libre distribución y flujos de transferencia de datos ágiles.
Curva de Aprendizaje para los Agentes	Requiere personal especializado en la suite de software específica del CAFM.	Muy baja en campo; los operarios interactúan con planillas visuales y formularios simplificados que actualizan el modelo.
Adaptabilidad Normativa Cultural	Estructuras rígidas orientadas al activo industrial estandarizado.	Totalmente personalizable según las normativas de conservación (ej. Ley de Patrimonio Histórico, UNE-EN 16096).

Tabla 8.- Comparación ventajas y desventajas sistema CAFM/GMAO vs Metodología propuesta. Fuente: elaboración propia.

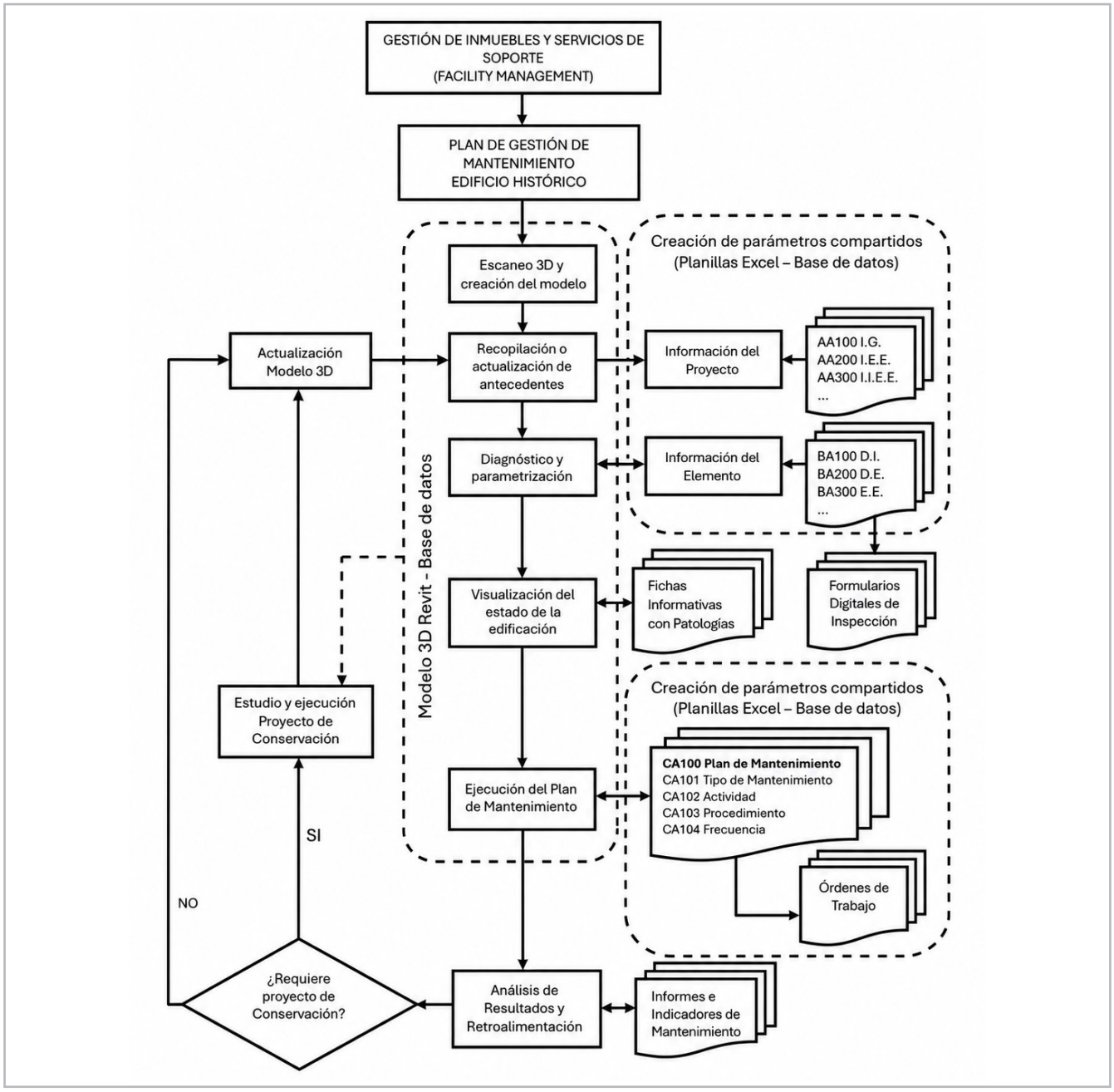


Figura 26.- Estructura del plan de mantenimiento con el modelo 3D. Fuente: elaboración propia

Como resultado del presente estudio la figura 26 muestra el plan de mantenimiento propuesto del edificio histórico como proceso en su conjunto integrado con el modelo 3D desarrollado por los profesores Rico y Chaza.

Conclusiones y futuras líneas de investigación

Con el plan de mantenimiento desarrollado para la Capilla de la Hermandad de los Estudiantes de la US, se logró demostrar la posibilidad de integración de HBIM y FM en edificios históricos.

Se consiguió incorporar información histórica a los modelos 3D con el fin de utilizarla en la gestión del mantenimiento de bienes culturales. Asimismo, mediante parámetros compartidos se pudo agregar en forma ordenada la información del proyecto y de los elementos constructivos.

Otro objetivo alcanzado fue visualizar mediante patrón de colores el estado de los elementos constructivos lo que permite una visión general de los daños en la edificación. Con la visualización y el detalle de las lesiones se definió una estrategia y un plan de mantenimiento, el cual también se incorporó al modelo.

De esta manera el trabajo demuestra en un caso práctico la posibilidad de emplear nuevas tecnologías en la preservación del patrimonio cultural, lo que permitirá un adecuado control preventivo de su deterioro, su consumo energético y las emisiones de CO_2, colaborando con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) pertenecientes a la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

Por otra parte, con este trabajo se destaca el rol que puede alcanzar el profesional de la edificación en el FM y la gestión del mantenimiento de edificios. El estudio del edificio existente debe ser una constante en centros de investigación.

Finalmente, se pudo verificar el potencial que existe para la investigación en esta área. Sin analizar el comportamiento y mantenimiento de los edificios existentes difícilmente se podrá avanzar en el desarrollo de ciudades sustentables. Algunas opciones interesantes de investigación son las siguientes:

a) Realizar un trabajo de investigación para crear modelos 3D de los edificios existentes de la Universidad de Sevilla como base de datos histórica (repositorio) y trazable, sentaría las bases para una gestión integrada de FM y BIM generando las condiciones para el adecuado mantenimiento y conservación de los bienes de la Universidad. Se debería documentar en forma digital tanto los bienes muebles relevantes como inmuebles.

b) Otro estudio interesante sería analizar la aplicabilidad, con casos reales, de las últimas normas relacionadas con HBIM y el patrimonio histórico construido, como las normas UNE-EN ISO 19650-3 y la UNE-EN ISO 7817-1.

c) Es fundamental realizar estudios de mantenimiento predictivo utilizando datos dinámicos (sensores IoT: Internet of Things) en edificios históricos con el fin de evaluar el consumo energético y posibles riesgos de deterioro. Los edificios públicos deberían estar abiertos a este tipo de estudios y el análisis cuantitativo.

d) Un área importante por investigar es el desarrollo de indicadores clave de rendimiento (KPI: Key Performance Indicator) especialmente diseñados para el mantenimiento y consumo energético de edificios existentes. La Universidad de Sevilla y su gran cantidad de inmuebles debe ser un centro de investigación permanente en esta materia.

Referencias

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN (UNE) (2012) *Criterios para el diseño, la gestión y el control de servicios de mantenimiento de edificios* (UNE-EN 15331). Disponiblen en: www.aenor.es. (Último acceso 01/ 02/2026).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN (UNE) (2016) *Conservación del patrimonio cultural: Inspección del estado e informe del patrimonio cultural construido* (UNE-EN 16096). Disponiblen en: www.aenor.es. (Último acceso 01/ 02/2026).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN (UNE) (2018). *Mantenimiento: Terminología del mantenimiento* (UNE-EN 13306). Disponiblen en: www.aenor.es. (Último acceso 01/ 02/2026).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN (UNE) (2020) *Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling): Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling): Parte 1: Conceptos y principios* (UNE-EN ISO 19650-1). Disponiblen en: www.aenor.es. (Último acceso 01/ 02/2026).

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN (UNE) (2025). *Modelado de la información de construcción (BIM): Nivel de información necesario: Parte 1: Conceptos y principios* (UNE-EN ISO 7817-1). Disponiblen en: www.aenor.es. ((Último acceso 01/ 02/2026).

BARRÓN LARA, P. (2017) TFM - *Análisis y propuesta de mejora del mantenimiento de los edificios basados en la tecnología BIM - Aplicación sobre las carpinterías del Edificio de Laboratorios de la E.T.S.I.E.* Universidad de Sevilla.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (1985) *Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español*.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (2008) L*ey 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía.*

GÁMIZ-GORDO, A., ANTÓN, D. AND BARRERO-ORTEGA, P. (2025). "GRAPHIC RECONSTRUCTION OF A VANISHED ARCHITECTURAL HERITAGE: THE 'PUERTA DE LA CARNE' IN SEVILLE," *Virtual Archaeology Review,* 16(33): 65–81. https://doi.org/10.4995/var.2024.22578.

HOU, H. (CYNTHIA) *et al.*(2024) "Digital twin application in heritage facilities management: systematic literature review and future development directions," E*ngineering, Construction and Architectural Management*, 31(8): 3193–3221. https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2022-0596.

KHAN, M.S. *et al.* (2022). "An Integrated HBIM Framework for the Management of Heritage Buildings," Buildings, 12(7). https://doi.org/10.3390/buildings12070964.

LOVELL, L.J., DAVIES, R.J. AND HUNT, D.V.L. (2024). "Building Information Modelling Facility Management (BIM-FM)," *Applied Sciences* (Switzerland), 14(10). Available at: https://doi.org/10.3390/app14103977.

MANNINO, A., DEJACO, M.C. AND RE CECCONI, F. (2021). "Building information modelling and internet of things integration for facility management-literature review and future needs," *Applied Sciences* (Switzerland), 11(7). Available at: https://doi.org/10.3390/app11073062.

MORALES SÁNCHEZ, J. (1988). *Arquitectura, territorio y ciudad en la Sevilla del XVIII proyectos y construcción de las Nuevas Fábricas de Tabacos de Sevilla*. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla.

MOYANO, J. *et al.* (2023). "Evaluation of Geometric Data Registration of Small Objects from Non-Invasive Techniques: Applicability to the HBIM Field," *Sensors*, 23(3). Available at: https://doi.org/10.3390/s23031730.

NIETO-JULIÁN, E., BRUNO, S. AND MOYANO, J. (2024). "An Efficient Process for the Management of the Deterioration and Conservation of Architectural Heritage: The HBIM Project of the Duomo of Molfetta (Italy)," *Remote Sensing*, 16(23). Available at: https://doi.org/10.3390/rs16234542.

PENJOR, T.*et al.*(2024). "Heritage building information modelling (HBIM) for heritage conservation: Framework of challenges, gaps, and existing limitations of HBIM," *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 35. Available at: https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00366.

PINTI, L., CODINHOTO, R. AND BONELLI, S. (2022). "A Review of Building Information Modelling (BIM) for Facility Management (FM): Implementation in Public Organisations," *Applied Sciences* (Switzerland), 12(3). Available at: https://doi.org/10.3390/app12031540.

SALZANO, A. *et al.* (2023). "Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools," *Automation in Construction*, 149. Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104788.

VOLK, R., STENGEL, J. AND SCHULTMANN, F. (2014). "Building Information Modelling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs," *Automation in Construction*, 38, pp. 109–127. Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023.

Autor/es



María del Rosario Chaza Chimeno
chaza@us.es
Universidad de Sevilla
https://orcid.org/0000-0002-1791-8008

Doctora Arquitecta y Arquitecta Técnica por la Universidad de Sevilla, donde es Profesora Titular en el Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación. Desarrolla su actividad docente desde 1989, principalmente en asignaturas relacionadas con la representación gráfica, los proyectos de edificación y la gestión técnica y supervisión de obras. Ha ocupado diversos cargos de gestión universitaria, entre ellos la Dirección de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, la Dirección del Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación, la Dirección del Secretariado de Infraestructuras, así como responsabilidades en Extensión Universitaria y Secretaría de Departamento. Su trayectoria investigadora se inicia con la tesis "La arquitectura Neomudéjar en Sevilla (1880-1930)", orientándose posteriormente hacia el estudio del patrimonio arquitectónico, la rehabilitación y la aplicación de metodologías innovadoras en la edificación. Sus líneas actuales se centran en la metodología BIM, la gestión integral de la edificación y la energética, ámbitos en los que ha dirigido proyectos de investigación, Trabajos Fin de Máster y Tesis Doctorales y en los que cuenta con numerosas publicaciones y contribuciones a congresos nacionales e internacionales.



Fernando Rico Delgado
fricodel@us.es
Universidad de Sevilla
https://orcid.org/0000-0002-2390-8949

Doctor en Bellas Artes y Arquitecto Técnico por la Universidad de Sevilla, e Ingeniero de la Edificación por la Universidad Camilo José Cela. Actualmente, es Profesor Contratado Doctor adscrito al Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería de la Edificación de la Universidad de Sevilla, donde ejerce desde el año 2000. Su labor docente e investigadora se especializa en representación gráfica y la integración de tecnologías emergentes en proyectos de edificación, colaborando igualmente con el Centro Internacional de Postgrado. En gestión universitaria, destaca su dirección departamental durante los últimos ocho años. Su trayectoria investigadora, iniciada en 2009 con la tesis "Modelo de Diagnóstico por Imágenes en Edificación mediante la aplicación de Tecnologías Avanzadas", prioriza el patrimonio arquitectónico, la rehabilitación y la innovación metodológica. Sus líneas actuales convergen en metodologías BIM, HBIM y eficiencia energética, ámbitos en los que ha dirigido numerosos Trabajos Fin de Máster y Tesis Doctoral. Posee proyección internacional mediante estancias de investigación en Inglaterra e Italia, respaldada por contribuciones en congresos y diversas publicaciones en revistas indexadas nacionales e internacionales del área.



Miguel Rojas Sandoval
mrojassanm1@gmail.com
Universidad de Sevilla

Constructor Civil de la Universidad Técnica Federico Santa María de Chile, Diplomado en Eficiencia Energética para la Edificación de la Universidad Católica de Chile y Máster Universitario en Gestión Integral de la Edificación de la Universidad de Sevilla de España, desarrollando su carrera principalmente en el área pública y privada. Desde el año 1999 ha participado en desarrollo de proyectos públicos para organismo como la Ilustre Municipalidad de Arica, el Servicio de Salud y el Servicio de Vivienda y Urbanismo. Entre el año 2004 y 2006 ha asumido puestos de jefatura en IDIEM (Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales) de la Universidad de Chile, específicamente en áreas de ensayo de materiales de hormigón, suelos, áridos y asfalto. Desde el año 2007 al 2011 ha realizado asesorías en inspección técnica de obras para diferentes organismos públicos como el Servicio de Vivienda y Urbanismo, la Dirección de Obras Portuarias y el Comando de Infraestructura del Ejército de Chile. Desde el año 2012 a la fecha se ha desempeñado como director de obras en empresas privadas, relacionados con la edificación residencial, educacional y urbana.

Artículo enviado23/03/2026
Artículo aceptado el 18/06/2026

CC BY NC ND

https://doi.org/10.37558/gec.v30i1.1495