



Modelado HBIM del Monasterio de San Millán de la Cogolla de Yuso: fase metodológica y conceptual

Jaione Korro Bañuelos (1); Francisco Pinto-Puerto (2); Manuel Castellano-Román (2); José M. Valle-Melón (1);
Álvaro Rodríguez Miranda (3)

(1) Depto. Ingeniería Minera Metalúrgica y Ciencias de los Materiales, Universidad del País Vasco (UPV/EHU); (2) Depto. Expresión Gráfica y Arquitectónica, Universidad de Sevilla; (3) Depto. Matemática Aplicada, Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

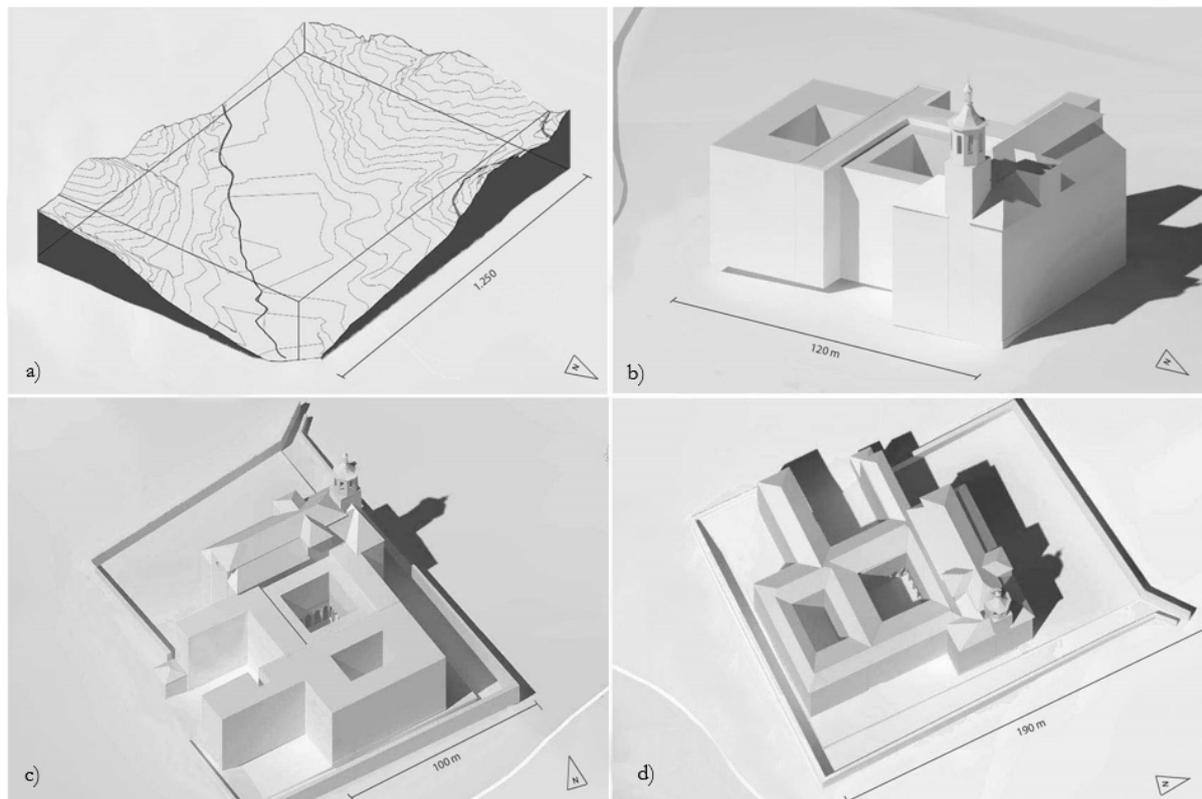


Figura 1. Vistas del desarrollo por fases constructivas del modelo básico HBIM del Monasterio de San Millán de la Cogolla: a) relieve del entono b) principios del siglo XVII c) finales del siglo XVIII d) siglo XXI (imágenes de los autores).

Resumen / Abstract

El Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja- España), Patrimonio de la Humanidad desde 1997, es el resultado de diversas intervenciones arquitectónicas. El trabajo que se presenta es parte de un análisis de los modelos digitales de información que se centrará en el modelado HBIM de este monasterio en base a su proceso de construcción, como aspecto sustancial que lo caracteriza. La interpretación del monumento se fundamenta en el análisis de las fuentes documentales manuscritas y gráficas, que se desarrolla en paralelo a la modelización tridimensional. Para ello se integrarán cuatro enfoques analíticos complementarios: 1) masivo: relativo a las masas conceptuales que representan las relaciones hipotéticas de vinculación con otros edificios, 2) espacial: de ubicación, orientación y configuración de los espacios y sus relaciones, considerando tanto el espacio natural como el habitado, 3) temporal: la comprensión de la evolución constructiva del edificio según los estudios históricos previos y 4) funcional: relativo a la función y modo de uso actual de las dependencias del monasterio. Esta metodología de elaboración se convierte así en un instrumento válido para ilustrar las hipótesis sobre la historia constructiva y asegurar el entendimiento de manera global de la información asociada a este patrimonio.

Palabras clave / Key words

HBIM; patrimonio arquitectónico; modelado 3D; documentación histórica; preservación digital

1. Introducción

El trabajo que aquí se expone forma parte de una investigación sobre métodos para gestionar documentación referente al proceso de restauración, que permita recuperar, registrar y preservar de manera dinámica toda la información empleada y creada en las acciones de restauración, para que pueda interactuar de manera coordinada con otras fuentes de datos relativas a los bienes patrimoniales. Entre los modelos digitales de información útiles a este objetivo, se ha planteado el HBIM, y los sistemas de trabajo y estrategias vinculados a los mismos.

Al hablar de un modelo HBIM de un monumento histórico, se podría establecer una analogía respecto del levantamiento arquitectónico (Almagro, 2004), ya que en ambos no sólo se debe pensar en el resultado final como producto, sino, más bien, en una metodología que permite recoger, integrar y compartir el conocimiento disponible sobre el mismo de un colectivo disciplinar amplio. En el presente trabajo se ilustra este enfoque a través de la creación de un modelo digital del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso, localizado en La Rioja (España), el cual forma parte del conjunto declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1997. El monasterio es el resultado de un dilatado proceso constructivo acometido desde el siglo XVI —en que se establece el núcleo original de la obra que actualmente es visible— hasta las restauraciones que se están realizando en la actualidad. Una secuencia de estratos temporales al que no puede ser ajeno el propio modelo.

2. Objetivos

El objetivo del trabajo que ahora se presenta es, por consiguiente, elaborar un modelo digital de información que abarque tanto el conjunto edificado del monasterio como su relación con el entorno territorial en el que se sitúa. Este modelo es en sí una base de datos espacial que podrá ser fácilmente consultada y, en su caso, actualizada por los usuarios.

No obstante, el énfasis de esta comunicación no recae en el producto final, que queda abierto a futuros desarrollos, sino en el propio proceso de generación de conocimiento necesario para la creación del modelo, ya que es éste el que posibilitará hacer un uso provechoso tanto del modelo como del propio elemento patrimonial.

3. Metodología

El trabajo se estructura en cuatro fases de carácter cíclico:

a) **Fase cognitiva:** consistente en el análisis de las fuentes históricas y trabajos desarrollados previamente (documentos de archivo, planimetrías, proyectos de restauración, fotografías, etc.). A su vez, se ha analizado el edificio a nivel formal, mediante la realización de bocetos y dibujos (Fig.2), que han posibilitado visualizar tanto las partes como el conjunto en toda su extensión.



Figura 2. Bocetos y dibujos elaborados como parte del proceso de entendimiento del monasterio y su posterior modelado (imagen de los autores).

La utilización de bocetos para el modelado HBIM establece un vínculo con la reconstrucción virtual que resulta especialmente interesante ya que hay diversos aspectos de esta disciplina que son pertinentes para el HBIM, como la trazabilidad de los procesos deductivos y creativos o la convivencia de diferentes grados de verosimilitud de los elementos representados (Aparicio-Resco, *et al.*, 2021).

En este momento se cruza la información aportada por los análisis de la evolución constructiva del conjunto desde el punto de vista histórico, el razonamiento constructivo y espacial aportado desde la arquitectura y la evaluación formal y estado material contemplado por la restauración. Como resultado de estos intercambios surgen estos dibujos, aproximaciones sucesivas que han ayudado a concretar los objetos a modelar, su consideración genérica o específica.

Esta etapa ha determinado que el modelo se desarrolle a un nivel de definición básico, donde la secuencia temporal estuviera representada.

b) **Fase de levantamiento:** relativa a la adquisición de la información geométrica y material del estado actual del monumento. Parte de esta información se ha recuperado de trabajos previos, la cual se va completando con nuevos trabajos que combinan topografía clásica, fotogrametría y escaneado láser.

c) **Fase de reconstrucción digital:** todos los datos recogidos se combinan en un solo modelo que describe la sucesión diacrónica de las transformaciones del monasterio a través de elementos masivos. Se desarrolla más detenidamente en el apartado 4. *Criterios de modelado.*

d) **Fase de transferencia:** el proceso de modelado supone una generación de conocimiento que debe ser coherente al objetivo inicialmente planteado y, a su vez, integrada en las organizaciones que lo van a desarrollar y utilizar; por este motivo, resulta de gran interés que estos usuarios puedan participar en todo el proceso desde las fases iniciales y no se les considere sólo en la utilización (una vez que el modelo ya ha sido generado). Asimismo, la inclusión de nuevos usuarios requerirá de procesos de transferencia que, por un lado, les proporcionen los conocimientos técnicos necesarios para el manejo de los modelos y la base

de datos asociada, pero también del conocimiento del elemento patrimonial sobre el que está fundado.

4. Criterios de modelado

Según esta propuesta conceptual, se ha generado el modelo HBIM del monasterio mediante la utilización de *Autodesk Revit® 2020*. Para su consecución, se ha trabajado con los siguientes criterios:

4.1. **Masivo.** Definición de las masas conceptuales de las relaciones hipotéticas de vinculación con otros edificios. Esta escala ofrece un variado rango de situaciones dignas de registro, como son los edificios circundantes —algunos de los cuales desaparecidos en la actualidad— relacionados con la vida monástica (molinos, hospital, huertas, etc.) (Fig.3).

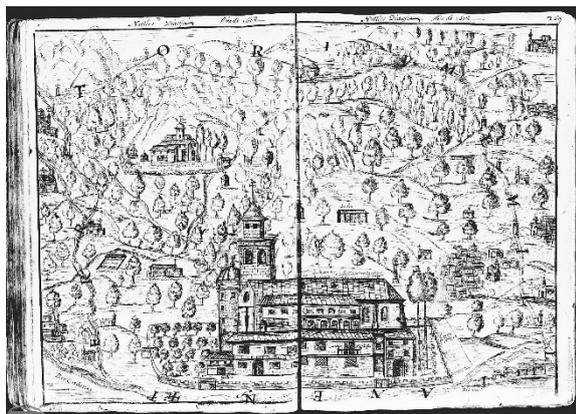


Figura 3. Grabado del monasterio y su entorno, año 1618 (Cadiñanos, 1998).

La representación de estos elementos desaparecidos en el modelo se plantea como hipotética, ya que la localización espacial en las fuentes no está basada en coordenadas sino en relaciones topológicas. Todos estos elementos, con independencia de que gocen de reconocimiento patrimonial propio, son imprescindibles para una interpretación integral del monasterio.

4.2. **Espacial.** La interpretación del monasterio va más allá de la estricta delimitación de su área monumental ya que una de las características que define el monumento es su ubicación y las relaciones con el entorno (Castellano-Román y Pinto-Puerto, 2019; Di Stefano, 2021). Esta ubicación proporciona una dimensión territorial y paisajística que, en el caso San Millán de Cogolla de Yuso, está asociada a su conexión estratégica en referencia al vecino monasterio de San Millán de la Cogolla de Suso o la vega del río Cárdenas. Esta compleja red de relaciones se ha modelado a través de sistemas SIG y exportado al software de modelado 3D.

4.3. **Temporal.** Un requisito previo al modelado es la elección del número de fases constructivas a considerar dentro del HBIM. En una primera aproximación, las fases del modelo se han constituido como una cronología basada en el estudio de la historiadora B. Arrúe (1997). En total, se han determinado 19 fases constructivas y cada fase se ha dividido en un proyecto separado, vinculado a un modelo central, para asegurar su interactividad en posibles

desarrollos futuros (Fig.1).

4.4. **Funcional.** Relativo a los usos actuales de las dependencias del monasterio, compaginando así la estrecha relación que se tiene la comprensión pasada con la actual (Arrúe, 2014). Este propósito del modelo condiciona a su vez, el nivel de detalle utilizado para la reconstrucción digital que, para el caso concreto del monasterio, se implementa mediante los niveles de conocimiento o *Level of Knowledge* (Castellano-Román, 2017). En concreto, se han utilizado los niveles LOK300 para las zonas de detalle del claustro y LOK100 para las generales (Fig.4). Este último nivel se debe a que se cuenta con más información y a que se está trabajando sobre detalles de sus paramentos. Esta acción específica requiere un desarrollo autónomo dentro del proyecto de modelado del monasterio.

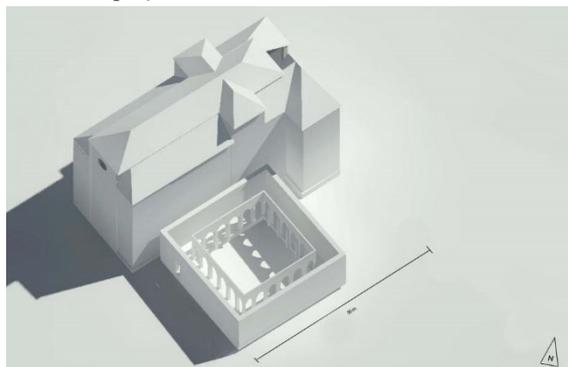


Figura 4. Dos niveles de desarrollo en la primera mitad del siglo XVI: LOK100 del cuerpo de la iglesia y LOK 300 para el claustro bajo (imagen de los autores).

5. Conclusiones

Hasta la fecha, el desarrollo de los HBIM se ha basado principalmente en las tecnologías, relegando aspectos fundamentales para su aplicación práctica como son los propios valores de la arquitectura histórica como base para la organización del modelo (Martín Talaverano et al., 2021).

Frente a esta situación, el presente trabajo, pone de manifiesto la importancia de los procesos cognitivos y el valor del modelado HBIM como proceso canalizador que permite la generación de conocimiento sobre los elementos patrimoniales y que va más allá del producto final generado (entendido como un fichero informático). Por este motivo, la investigación ofrece una interpretación general de la realidad patrimonial como pieza destacada de su paisaje cultural —relacionada sobre la base de su consideración monumental— que ha ayudado a despejar, en parte, la complejidad de la estructura monástica. Este trabajo está en desarrollo, por lo que el nivel de definición irá aumentando, así como la función del modelo HBIM. Como próximos pasos, se pretende ampliar el uso del modelo más allá de la representación de la evolución histórica para que integre el registro de las intervenciones de conservación y restauración que se acometieron desde 1997 hasta la fecha, y como se podría gestionar para futuras acciones de documentación, mantenimiento o difusión.

Referencias

Almagro, A., 2004. *Levantamiento arquitectónico*. Universidad de Granada.

Aparicio-Resco, P., García Álvarez-Busto, A., Muñiz-López, I. y Fernández-Calderón, N., 2021. Reconstrucción virtual en 3D del castillo de Gauzón (Castrillón, Principado de Asturias). *Virtual Archeology Review*, 12.

Arrúe, B., 1997. Valoración del patrimonio arquitectónico del Monasterio de San Millán de la Cogolla de Yuso. *Berceo*, pp. 111-140.

Arrúe, B. 2014. Entorno histórico y destrucción de la zona conventual del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Suso (La Rioja). *Brocar: Cuadernos de investigación histórica*, 38, pp. 257-280.

Cadiñanos, I., 1998. El Monasterio de San Millán según un dibujo de comienzos del siglo XVII. En Gil-Diez Usandizaga I. (coord.) "Los monasterios de San Millán de la Cogolla: VI Jornadas de arte y patrimonio regional [San Millán de la Cogolla; 6, 7 y 8 de noviembre de 1998]", pp. 275-282.

Castellano-Román, M., 2017. *La Cartuja de Nuestra Señora de la Defensa en Jerez de la Frontera: Un modelo digital de información para la tutela de bienes inmuebles del patrimonio cultural*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.

Castellano-Román, M. y Pinto-Puerto, F., 2019. Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 14.

Di Stefano, F., 2021. The last decade development of the project data management through the BIM. En Lerma J.L. y Cabrelles M.: "Proceedings of the ARQUEOLÓGICA 2.0 – 9th International Congress & 3rd GEORES", pp. 261-266.

Martín Talaverano, R., Murillo Fragero, J. I. y Utrero Agudo, M.^a Á., 2021. Reflexiones y criterios relativos a la creación de modelos BIM de edificios históricos, *Arqueología de la Arquitectura*, (18), pp. e113.

Datos biográficos de los autores

Jaione Korro Bañuelos

Dpto. Ingeniería Minera Metalúrgica y Ciencias de los Materiales, Universidad del País Vasco (UPV/EHU); mirenjaione.korro@ehu.eus

Conservadora-Restauradora de Bienes Culturales por la UPV/EHU (2016), Máster Universitario en Rehabilitación, Restauración y Gestión Integral del Patrimonio Construido en la E.T.S de Arquitectura en la misma Universidad y postgrado en Tecnologías Digitales de Documentación Geométrica del Patrimonio. Actualmente investigadora en formación, gracias a la obtención de la beca para estudios de doctorado. Miembro del Grupo de Investigación de Patrimonio Construido (GPAC) donde realiza la tesis doctoral sobre "La gestión documental de los proyectos de conservación-restauración del patrimonio arquitectónico".

Francisco Puerto-Pinto

Dpto. Expresión Gráfica y Arquitectónica, Universidad de Sevilla; fspp@us.es

Doctor Arquitecto por la E.T. S de Arquitectura de Sevilla. Catedrático de Universidad, desarrolla su actividad en el ámbito del análisis gráfico y modelización del patrimonio, así como en el estudio de sistemas geométricos de control formal de la arquitectura histórica. Desarrolla su actividad docente en primer y segundo ciclo del grado Fundamentos de Arquitectura, varios másteres y el doctorado en arquitectura de la U. de Sevilla. Hasta 2020 desarrolló actividad en rehabilitación y restauración del patrimonio arquitectónico a través de contratos 68/83 LOU. IP de tres proyectos I+D del Plan Nacional.

Manuel Castellano-Román

Dpto. Expresión Gráfica y Arquitectónica, Universidad de Sevilla; manuelcr@us.es

Doctor Arquitecto por la E.T.S de Arquitectura de Sevilla (2017), Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico (1999) y profesor contratado doctor por el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la misma Universidad. Desarrolla experiencias docentes relacionadas con BIM en las asignaturas de Dibujo 3 y Dibujo y Máquina del DEGA en la ETSAS. Su línea de investigación está relacionada con la tutela del patrimonio histórico y con la metodología BIM.

José Manuel Valle-Melón

Dpto. Ingeniería Minera Metalúrgica y Ciencias de los Materiales, Universidad del País Vasco (UPV/EHU); jm.valle@ehu.eus

Ing. Téc. en Topografía, Licenciado en Geografía y Doctor con la tesis "Documentación Geométrica del Patrimonio: Propuesta conceptual y metodológica". Profesor titular de universidad, ha desarrollado su actividad investigadora en el ámbito de la Documentación Geométrica del Patrimonio desde el año 1991. Miembro de ICOMOS, CIPA Heritage Documentation y de la Academia del Patal.

Álvaro Rodríguez Miranda

Dpto. Matemática Aplicada, Universidad del País Vasco (UPV/EHU); alvaro.rodriguez@ehu.eus

Ingeniero en Geodesia y Cartografía y Doctor con la tesis "Documentación espacial del patrimonio: preservación de la información. Necesidades, posibilidades, estrategias y estándares". Desde el año 2000 ha desarrollado su actividad profesional en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), participando en diversos proyectos de documentación geométrica, tarea que compagina desde 2007 con la de docente en la misma universidad. Sus áreas de investigación actuales incluyen, las técnicas de documentación geométrica aplicadas al patrimonio y, la preservación y reutilización de la información sobre elementos patrimoniales.