




ESTUDIO CONSTRUCTIVO DEL PALACIO DE LOS NIÑOS DE DON GOME (ANDÚJAR, JAÉN), GESTIONADO DESDE EL PROYECTO HBIM

CONSTRUCTION STUDY OF THE PALACE OF THE CHILDREN OF DON GOME (ANDÚJAR, JAÉN), MANAGED THROUGH THE HBIM PROJECT

Enrique Nieto* , Juan José Moyano , Álvaro García

Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación, Universidad de Sevilla, Avda. Reina Mercedes 4A, 41012 Sevilla, España. jenieto@us.es; jmoyano@us.es; alvaro_andj@hotmail.com

Lo más destacado:

- Estudio constructivo mediante tecnología BIM que desarrolla la clasificación tipológica de los elementos singulares de valor histórico en el patrimonio arquitectónico.
- Registro, organización de datos y marcadores de revisión que identifican las fases de intervención en el Proyecto HBIM.
- Análisis del proceso constructivo de la rehabilitación de 1989 del Palacio de los niños de Don Gome en Andújar bajo un enfoque BIM.

Abstract:

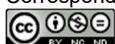
Building Information Modelling (BIM) is a collaborative system used extensively in the design and management of the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industries. Current platforms manage the information as data centres (i.e. databases) related to graphical representations located in 3D parametric models. Today, these new technologies are nowadays being incorporated in heritage assets. This paper aims to establish a methodology, based on these efficient platforms, for studying built heritage, including historical and construction aspects by adding the chronology of those interventions made in the historic building. This case study is focused on the Palace of the Children of Don Gome, a historic building located in the city of Andújar, in Jaén (Spain). The interest of this case study lies in the historic innovations and areas added to this palace. Likewise, the collection and manipulation of the graphic information and data related to the interventions have been based on an interoperable 3D graphic model, which allows users to include all the related documentation from different disciplines associated with the conservation and heritage restoration processes. In this paper, the construction process carried out during the last restoration of the building is studied. Specifically, it analyses the last building intervention in 1989, in particular an area of the coffered ceiling slab in the northern nave, located on the first floor. Within this model, all the elements that constitute the roof of the tower, mudwall walls, slabs and coffered ceilings of the northern nave have been studied, using photogrammetry for data acquisition and 3D modelling, and these data are included in a 3D digital model of the building generated using ArchiCAD software. Moreover, the system will be used to improve the management of the information obtained during heritage maintenance, creating a record of the whole building life cycle. As well as the historical documentation and graphical research, and the analysis of the procedures carried out during the last refurbishment of the building, new building construction system proposals have arisen which have been modelled to fulfil the Level Of Development (LOD) 300. Further analysis of these construction solutions used provides knowledge of how large 16th century palaces were built, and the kind of restoration conducted by architects at the end of the 20th century. The results obtained show how current BIM platforms are able to record construction and evolutionary aspects of a building's history, by identifying all the original elements and classifying them before their demolition. Also, by making a detailed inventory of the whole coffered ceiling in which the position and the temporal order (original – later addition) of the elements are included, it is possible to virtually replace those elements in their original positions, reducing the visual impact of the intervention. On the other hand, multiple errors in projects based on graphical systems of representation, mainly Computer-Aided Design (CAD), may derive from contradictions in the official sources consulted, such as the plans of the cadastre, the city council, and those produced through manual measurement procedures. However, in this paper, real graphical documentation has been generated using specific 3D surveying techniques for capturing geometry and accurate measurements, as well as by utilising the BIM system.

Keywords: HBIM (Historic Building Information Modelling) Project; heritage information model; photogrammetry; archaeology of architecture; BIM

Resumen:

El presente documento pretende exponer una metodología eficiente para el estudio del patrimonio construido que englobe aspectos históricos y constructivos al incorporar la cronología de las intervenciones realizadas en el edificio histórico. El caso de estudio se centra en el Palacio de los niños de Don Gome, un edificio histórico situado en la

*Corresponding author: Enrique Nieto, jenieto@us.es



localidad de Andújar, en Jaén (España). La recopilación y manipulación de la información gráfica y de datos relacionados se sustentará en un modelo gráfico 3D interoperable, que permita una gestión de toda la documentación integrada en el mismo desde todos los campos disciplinares relacionados con el proceso de conservación y rehabilitación patrimonial. Además, el sistema permitirá ampliar la gestión de la información que se obtiene en el mantenimiento del patrimonio, cumpliendo así su ciclo de vida. En el trabajo expuesto se analiza el proceso constructivo llevado a cabo en la última rehabilitación del edificio. En concreto, se analiza la fase realizada en la última intervención del edificio en el año 1989 y en una zona puntual del artesonado del forjado de la Nave Norte, situada en la primera planta. Estos datos se incluyen en un modelo digital 3D de información del edificio generado mediante el software ArchiCAD. Dentro del propio modelo se han estudiado en profundidad todos los elementos que conforman la cubierta de la torre, los muros de tapial, forjados, cubiertas y artesonados de la nave norte, empleando en esta última zona la fotogrametría como técnica de adquisición de datos y reproducción en 3D. Se lleva a cabo una clasificación tipológica de los elementos singulares de los canes originales del siglo XVI en el modelo 3D y se implanta un nuevo procedimiento de marcadores de revisión que identifican tanto las omisiones del proyecto como las intervenciones a lo largo de la historia del edificio patrimonial en el Proyecto HBIM.

Palabras clave: Proyecto HBIM (Modelado Histórico de Información para la Construcción); modelo de información patrimonial; fotogrametría; arqueología de la arquitectura; BIM

1. Introducción

El Modelado de Información para la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés *Building Information Modelling*) es un sistema colaborativo que actualmente está plenamente desarrollado en el diseño y la gestión de las industrias involucradas en el sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés *Architecture, Engineering and Construction*). El sistema BIM permite un flujo de trabajo organizado durante las diferentes etapas de un proyecto: concepto, diseño, construcción, zoperación y demolición (Eastman, Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011). Por tanto, facilita la gestión de la información durante el ciclo de vida del edificio. Asimismo, hay que concebirlo como un núcleo contenedor de datos (*database*) relacionado con una representación gráfica asentada en un modelo 3D paramétrico. Esto permite no solo una mejor visualización, sino la coordinación entre vistas y la gestión eficiente del edificio tanto en proyectos de edificación como de mantenimiento, con una reducción de costes considerables (Lee, Sacks, & Eastman, 2006) y el ajuste de los estándares de edificios de nueva planta que se gestionan en BIM a los edificios patrimoniales (Barbosa, Pauwels, Ferreira, & Mateus, 2016).

No obstante, su aplicabilidad al patrimonio arquitectónico se encuentra condicionada debido a las peculiaridades propias del edificio histórico. La principal desventaja de las construcciones históricas es su complejidad al introducir geometrías irregulares, materiales no homogéneos y alteraciones en paramentos por el transcurrir del tiempo. Estas formas geométricas alteran el estudio y la transformación a metodologías BIM, como los estudios de las formas geométricas en el siglo XV (Moyano, Barrera, Nieto, Marín, & Antón, 2017) o las formas del siglo XIX basadas en movimientos culturales y estilísticos de fachadas decorativas (Cicaló, 2016). Las plataformas de CAD-BIM enfocadas a la representación del edificio han estado dirigidas, hasta este momento, a la creación de un modelo que visualice una arquitectura contemporánea, con una geometría de contornos sencillos, o que visualice las diferentes etapas de la historia del edificio (Angulo, 2013).

Por esta razón, se plantean nuevos desafíos en el modelado digital 3D y en la simulación de actuaciones estructurales en función de las diferentes hipótesis

(Barazzetti et al., 2015). Asimismo, la constante evolución del sistema BIM ha introducido capacidades avanzadas para incorporar información proveniente de otros sistemas fiables y de alta precisión para la adquisición de una geometría con rigor métrico: las técnicas fotogramétricas y el escaneado 3D (Nieto, Moyano, Rico, & Antón, 2013). Las nubes de puntos generadas por estas técnicas proporcionan una imagen tridimensional (3D) formada por puntos en el espacio que permite la captación de las superficies externas con sus anomalías geométricas (Nieto, Moyano, & Fernández-Valderrama, 2014b). Como consecuencia, es necesario readaptar las técnicas actuales de modelado en busca de una metodología más eficaz en la generación de un modelo HBIM (*Historical Building Information Modelling*) (Murphy, McGovern, Pavia, & Sara, 2013). No obstante, la creación de bibliotecas paramétricas que incorporen las variantes de los estilos clásicos arquitectónicos o HBIM requiere de bastante tiempo, y nunca se representará el estado más fiel a las particularidades del patrimonio examinado.

Cada vez son más los trabajos de intervención en el patrimonio arquitectónico que se sustentan en un modelo HBIM basados en la información geométrica suministrada por los equipos de escaneado o fotogrametría (Dore, Murphy, & Dirix, 2015). Además, son muchas las investigaciones científicas sobre los modelos de información aplicados al patrimonio (López, Leronés, Llamas, Gómez-García, & Zalama, 2018; Bruno, De Fino, & Fatiguso, 2018; García, García-Valdecabres, & Viñas, 2018).

La utilización de nuevas técnicas de adquisición de datos mejoran la resolución de las imágenes y el texturizado de los paramentos, permitiendo un estudio estratigráfico y evolutivo del edificio (Nieto & Moyano, 2014a). En algunos casos se ha encaminado a una simplificación de la geometría del elemento escaneado, siempre que proporcione un nivel de detalle suficiente para la documentación y el análisis de la conservación (Brumana et al., 2014). Este procedimiento suele emplearse más por motivos de operatividad del hardware que por productividad, siendo conscientes de que los avances en rendimiento de los equipos computacionales son rápidos y constantes.

Las metodologías de *Scan-to-BIM*, interpretadas como un conjunto de acciones encaminadas a un seguimiento en los trabajos de edificación o ingeniería civil, constituyen parte del estado de construcción de

las obras públicas (Bosché, Ahmed, Turkan, Haas, & Haas, 2015). Las mejoras en la utilización del software son una parte importante en la creación de modelos de información histórica de edificios, como los resultados obtenidos en proceso de deformaciones de mallas generadas de manera automática (Antón, Medjdoub, Shrahily, & Moyano, 2018).

Así pues, la evaluación y la documentación de los edificios históricos requieren de una constante integración entre el análisis geométrico, la observación estructural, la investigación de su evolución y la decadencia constructiva y social, y el análisis económico (Logothetis, Delinasiou, & Stylianidis, 2015).

Por su parte, el sistema BIM se ha tomado como sustento de una metodología eficiente en cuanto a la gestión de la información multidisciplinar que se genera en un proyecto, sea de edificación o de obra civil. Asimismo, requiere una interoperabilidad eficaz que no excluya a los operadores ni a los participantes en el proyecto de actuación. Así pues, esta fase del proceso de actuación es la que presenta un inconveniente complejo de resolver. Actualmente, existen proyectos que intentan aunar la información de los distintos operadores que trabajan en el sector de la rehabilitación, entre ellos el equipo de la Universitat Politècnica de València (García-Valdecabres, Oliver, & Palomar, 2016) que han creado una base de datos a través de un portal web que permite introducir, compartir y visualizar la información almacenada en la plataforma. En otra línea, PetroBIM (visor tecnológico que opera con modelos procedentes de software de diseño 3D) pone a disposición de los usuarios y administraciones públicas una nueva herramienta de trabajo que interactúa con las especificaciones técnicas y las propiedades de los materiales del modelo.

Sin embargo, para aplicar el término de eficiencia en el HBIM en su totalidad, habría que incluir el mantenimiento del edificio que, en muchos casos, supone una rehabilitación integral o la reutilización y adecuación de la edificación a otros usos. En este punto entrarían las construcciones históricas con un valor patrimonial que debemos proteger para redescubrir y preservar las costumbres y saberes de nuestros antepasados, así como las técnicas empleadas que nos han precedido.

2. La información gráfica fiel al patrimonio arquitectónico

La información gráfica con resultados de calidad métrica y visual en la obra arquitectónica y patrimonial es obligatoria en los proyectos de construcciones existentes. Las vistas métricas ortogonales, junto con perspectivas 3D del modelo y los esquemas de datos relacionados con los elementos representados, son fundamentales para los proyectos de intervención (rehabilitación, restauración y reconstrucción) basados en la tecnología BIM y que definimos como Proyecto HBIM (Niето *et al.*, 2014a; Niето *et al.*, 2016).

Por lo general, esta información gráfica es insuficiente y es necesario integrar nuevos documentos con datos aportados en la elaboración del proyecto y durante la misma intervención. Por tanto, deben surgir estudios multidisciplinarios del edificio histórico para completar la falta de información en ciertas áreas específicas, así como corregir imprecisiones de las planimetrías

existentes (Fai, Graham, Duckworth, Wood, & Attar, 2011; Fai, Filippi, & Paliaga, 2013). La protección del patrimonio arquitectónico y arqueológico debe basarse en una colaboración efectiva entre los distintos agentes especialistas en diversas disciplinas. Exige, además, involucrar en la cooperación a las administraciones públicas, universidades, empresas privadas y al público en general.

En el campo de la preservación histórica del edificio, el proyecto debe sustentarse en un modelado 3D que refleje la geometría real de los elementos arquitectónicos y arqueológicos. Las medidas tomadas con herramientas tradicionales de medición (flexómetros, medidores láser de distancia, etc.) se deben complementar con las técnicas de levantamiento mediante nubes de puntos tridimensionales adquiridas por escaneado 3D (óptico o láser) y complementadas con la fotogrametría precisando los detalles de relieves y texturas del material. El término Scan-to-BIM incorpora el proceso de exploración mediante escaneado láser. La salida del proceso de exploración arroja unos datos en forma de nubes de puntos (PCD, por sus siglas en inglés, *Point Cloud Data*) que contiene información geoespacial del edificio y su entorno. Una vez procesados los datos de las nubes de puntos, estos se exportan a un entorno CAD y se ajustan a primitivas (esferas, cilindros, etc.) de CAD utilizando algoritmos de ajustes (Hajian & Becerik-Gerber, 2010).

En la actualidad, este procedimiento se emplea en la mayoría de los casos de estudio a la hora de trabajar en edificios de carácter patrimonial. A través de la adquisición de datos y el modelo, la variabilidad de los espacios geométricos se puede verificar, principalmente para el análisis estructural (Bassier, Hadjidemetriou, Vergauwen, Roy, & Verstryne, 2016).

Hoy en día, la mayoría de las plataformas BIM incorporan herramientas de importación de nubes de puntos, como es el caso de ArchiCAD, AECOSim, Revit y Vectorworks. Estas herramientas pueden insertar las nubes de puntos como referencia en la fase de modelado agregando (vinculando) la nube de puntos desde el propio interfaz, aunque el formato del archivo para su inserción difiere según la plataforma de modelado: .XYZ, .e57 para ArchiCAD y el formato .RCP, generado previamente desde Recap, para vincular posteriormente la nube de puntos en Revit (Niето *et al.*, 2014b). El fabricante Bentley comercializa el software Pointools para la edición y visualización de nubes de puntos, e interopera con AECOSim (*Building Designer*) para referenciar el modelado a la nube de puntos. Scalypso® es una suite de software para el análisis y la reconstrucción del edificio a partir de datos de escaneado láser terrestre 3D, permitiendo la gestión de la información del escáner en la plataforma BIM Allplan, del desarrollador Nemetschek.

Existen aplicaciones específicas que incorporan herramientas adicionales capaces de reducir el modelado con una referencia manual a los puntos escaneados, al captar geometrías de piezas completas, aunque solamente detectan formas regulares (cilindros, esferas y cubos). En cambio, existen otras cuestiones que resolver, como las propiedades físicas de los materiales. La creación del modelo 3D debe superar una mera representación virtual del edificio histórico, y

considerar la tecnología BIM como eficiente y contrastada en el sector AEC.

Por su parte, las técnicas actuales permiten la creación de bibliotecas de objetos modelados paramétricos (GDL) con la geometría y textura no manipulada, las cuales constituyen una base documental disponible para futuras investigaciones o intervenciones en el mismo patrimonio arquitectónico. En estudios anteriores (Nieto et al., 2013), se ha experimentado con equipos manuales de escáner 3D (Artec) y el programa de fotogrametría (123DCatch de Autodesk y PhotoScan de Agisoft) para la toma de la geometría de piezas arquitectónicas de gran valor (capiteles y tallas de carpinterías del Cenador de Carlos V, situado en Sevilla). En dicho trabajo, fue necesario la simplificación de polígonos de las mallas 3D procesadas antes de la inserción del objeto en la plataforma BIM, operación que apenas supuso pérdida de las profundidades y resaltes de los motivos decorativos. Antón et al. (2018), defienden el uso del escaneado 3D láser y óptico para la reconstrucción virtual de edificios patrimoniales, incluyendo en los modelos las deformaciones que los elementos presentan.

El modelo es el núcleo capital del proyecto en el que los diferentes elementos del edificio se convierten en objetos paramétricos que sustentan información multidisciplinar, determinante en la investigación de los operadores que intervienen en la restauración. Asimismo, en el proyecto BIM los objetos del modelo tienen relaciones con otros objetos y atributos. Los elementos pueden ser modificados fácilmente con una actualización automática de las vistas (proyecciones ortogonales, perspectivas 3D, entre otras); y la información siempre estará estructurada en una base de datos completa del edificio.

La gestión de todos los cambios sustanciales a lo largo de la historia, así como su registro mediante la vinculación a una base de datos actualizable es fundamental para el mantenimiento y la protección del patrimonio (Brumana et al., 2013). Así pues, es importante que el análisis histórico-constructivo contenga las sucesivas etapas de construcción detectadas en la evolución del edificio. Por tanto, este artículo se centra en el estudio constructivo de un edificio de carácter patrimonial.

Este trabajo constituye un análisis de compilación y ordenación de datos basados en el Modelado de Información Patrimonial del Edificio Histórico, denominado Proyecto HBIM. La creación del modelo paramétrico ha tenido en cuenta los requisitos de un proyecto BIM para la restauración y la conservación (HBIM). La investigación se realizó íntegramente desde la plataforma ArchiCAD V.19/20 de Graphisoft, implementando técnicas de fotogrametría para la captación de geometrías complejas y el texturizado de paredes, techos y pavimentos. Las herramientas que se utilizaron en el levantamiento del modelo virtual de información patrimonial están basadas en tecnologías fáciles de usar y de bajo costo. En nuestro caso, se utilizaron una estación total Leica TCR 1200 para verificar las dimensiones planimétricas aportadas por la casa consistorial, un medidor láser Disto 500 3D de la marca Leica y un GPS Trimble S6. Para el caso de los detalles arquitectónicos, se utilizaron soluciones fotogramétricas automatizadas basadas en el programa PhotoScan v. 1.3.5.

3. Historia del Palacio de los niños de Don Gome

El edificio analizado, conocido popularmente como "la casa de los niños de Don Gome", se encuentra en el municipio de Andújar, en la provincia de Jaén (España). El edificio es la casa principal que la familia Gome de Valdivia construyó en el siglo XVII, situada al comienzo de la calle Maestra junto a lo que, en su día, fue la entrada a la muralla y conocida como puerta de la Virgen María. Actualmente, cuenta con una superficie construida de 2124 m², y su uso local principal es cultural.

Su último poseedor fue el Marqués de Valencia, quien la vendió al Ayuntamiento de Andújar tras su aprobación en pleno municipal celebrado el 8 de febrero de 1989 (Domínguez, 1999). Una de las leyendas populares más extendidas en Andújar es el motivo por el que el acceso principal al edificio permaneció tapiado durante más de tres siglos, en la torre-portada (Fig. 1a). Don Gome formaba parte de los capitanes del rey Pedro I de Castilla. La historia narra que el rey ordenó que, para escarmentar a Don Gome por perder una batalla frente a los moros, este debía por lo que le quede de vida, entrar por la puerta falsa destinada a los criados y que, hasta el momento de su muerte, la puerta principal pertenezca tapiada. A su muerte, sus hijos, lejos de abrir la puerta principal, ordenaron colocar los dos atlantes que custodian la puerta principal con el fin de que nunca fuese abierta. Otros documentos exponen que el tapiado de la puerta fue motivado por no ser Don Gome partidario de Felipe V, sino del archiduque Carlos, durante el enfrentamiento dinástico al trono de España, tras la muerte de Carlos II (el cual no tenía descendencia). Algo que por cronología tuvo que sucederle a su nieto, Don Gome José Valdivia Cárdenas y Guzmán, confundido en la historia con su abuelo, Don Gome Valdivia Cárdenas, mecenas del edificio en cuestión y protagonista de esta pequeña biografía. La puerta se abriría de nuevo en el siglo XX, y más concretamente en el año 1989, año de la última intervención, aunque a día de hoy el acceso principal al palacio sigue siendo la puerta secundaria, ya que el proceso de restauración interior de la torre no se ha completado y no se posee aún el permiso real para su reapertura (Fig. 1b). El palacio andujareño es el resultado de innovaciones históricas y espacios añadidos. La primera construcción de estilo manierista fue la torre, fechada por Domínguez Cubero en la primera mitad del siglo XVII. Después le siguió el primitivo palacio configurado bajo una simetría de un eje axial, en cuya dirección se alinean la entrada principal y el patio. A principios de siglo XVIII, el Ayuntamiento concedió la licencia para adherir un parte de la calle al palacio, y se construyeron ciertas dependencias y caballerizas, siendo estas últimas de cierto empaque (Domínguez, 1999).

4. Ubicación y linderos de la Casa-Palacio

La casa-palacio de los niños de Don Gome se encuentra ubicada al fondo de una amplia parcela de polígono irregular, precedida de un espacio, ahora privado, a modo de compás. Se orienta al nordeste y sus laterales posteriores se adosan, en gran parte, a la muralla medieval de la calle Silera, en la que perduran dos torreones y sus paños correspondientes (Fig. 2).

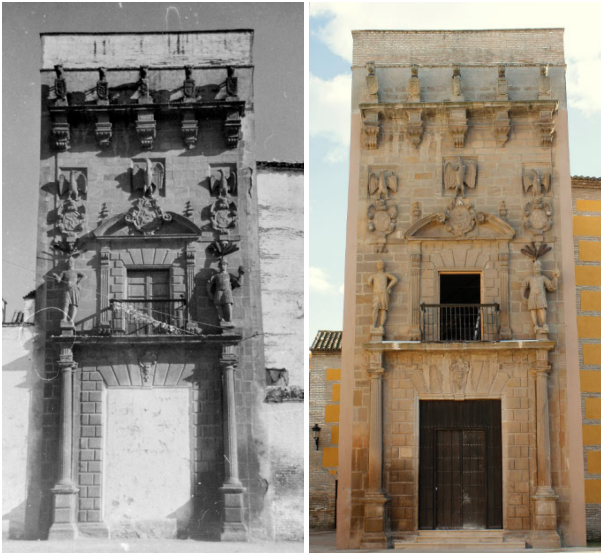


Figura 1: a) Fachada con el vano de la puerta tapiada, principios del siglo XX, autor desconocido; b) Imagen reciente con la puerta ya incorporada en el vano tapiado.

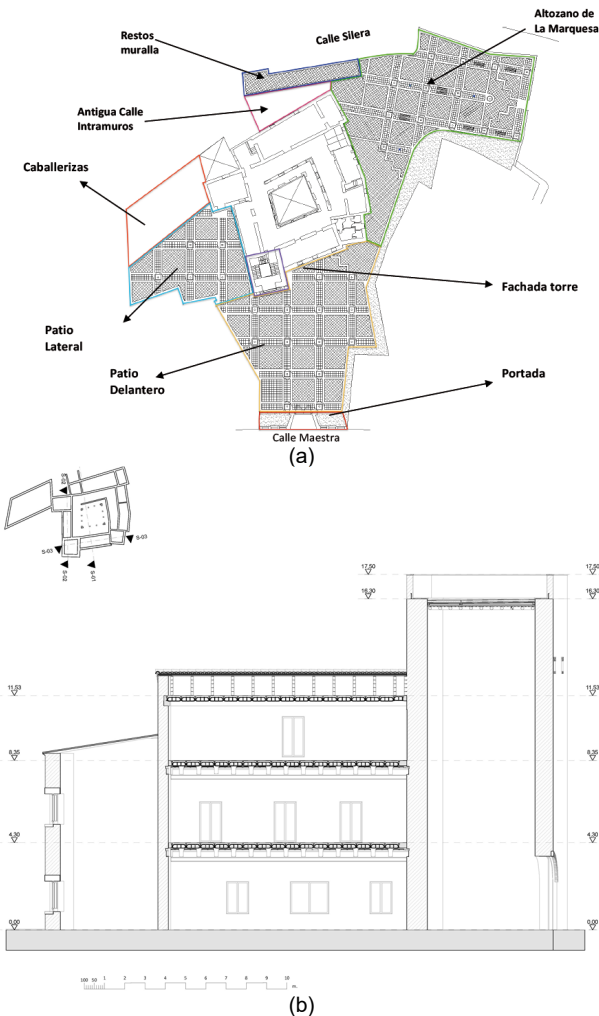


Figura 2: a) Plano del palacio, con identificación de las construcciones aledañas; b) Sección 03 del sector analizado.

Por sus costados se adosa a un edificio de tipo popular, mezclado con otro de ajeño sabor noble, el palacio de los Coello de Portugal, transformado hoy día en conservatorio. Todo esto constituye la línea de la acera izquierda de la calle Maestra, en la que se

encuentra la cara principal del edificio. Tipológicamente, corresponde a la casa noble urbana, organizada de acuerdo con los parámetros de la arquitectura doméstica de la época. De esta forma, encontramos junto al material noble (esto es, la piedra, empleada en los lugares por excelencia y soportes de arquerías) el uso del ladrillo, en numerosas ocasiones, en combinación con el tapial, sin olvidar la teja de las cubiertas, el enjalbegado a la cal o los enmaderamientos de las techumbres.

La parte central de la casa es una Portada-Torre que articula todo el conjunto del edificio, de indudable valor castrense e impropio para el momento, dispuesta en el extremo septentrional y que coincide con la perpendicular de la calle Maestra. Se encuentra en el límite entre el manierismo y el barroco, aunque su enmarque estilístico es simplemente anecdótico, ya que lo que realmente interesa son las novedades que aporta frente a la arquitectura civil de la época.

5. Cronología de las reformas del Palacio

Hasta nuestros días no han perdurado numerosos documentos que den prueba del origen del palacio, aunque algunos restos, como los pilares ochavados de material cerámico, lo datan en la primera mitad del siglo XVI. A esta cronología se ajusta la planta de lo que fue el original palacio, ordenado a construir en torno a un eje de simetría axial en cuya dirección se alinea la entrada principal y el patio. Esta unidad constructiva se va a ver alterada por posteriores transformaciones y añadidos. La primera y principal intervención queda documentada cronológicamente el 5 de octubre de 1621, fecha en la que Don Gome colará *“el adorno de la dha plazuela y fabrica que va obrando en las casas de su morada, lo que quisiere y le pareciere, as almenas como otras cosas”*¹. Este hecho hizo que el conjunto estuviese almenado, tal y como podemos ver hoy en día (Fig. 3).



Figura3: Blasones con los apellidos Guzmán, Valdivia, Cárdenas, Nicuesa y Figueroa. Imagen de www.andujar.es [6/13, 2016].

La otra gran reforma la llevó a cabo Don Gome José de Valdivia después del 26 de marzo de 1706, fecha en la que solicita al ayuntamiento la cesión del callejón de ronda de la muralla que la envolvía con el fin de incorporarlo a la vivienda en su mayorazgo, dando varios motivos, entre ellos, la falta de tráfico, estar llena de inmundicias y el que se cometieran ofensas de día y de noche. Asimismo, se comprometió a consolidar el aspecto ruinoso de la muralla colindante, y alegó como argumento principal que existieran antecedentes de haberse suprimido varias callejas con similares características (de Torres, 1981). El ayuntamiento cedió

¹ A.H.P.J., leg 2.056, f.726, 1621, del 5 de octubre.

a sus peticiones, y la calleja pasó a ser parte de la hacienda. Aún quedan restos de la calle arcaica que forma una zona libre de corrales (Fig. 4). Otra parte sirvió para elevar algunas dependencias en torno a un patio de servicios que, antes de esta transformación, debió ser una explanada o un altozano de la fachada principal.

En 1805 se hizo una intervención de poca trascendencia, ya que apenas afectó al conjunto: se abrió una puerta secundaria y se instaló una reja cercana al suelo, al lado izquierdo de la portada. No obstante, y aunque es una restauración parcial, en el año 1989 se realiza una última intervención de mayor calado y muy discutida por los trabajos llevados a cabo².

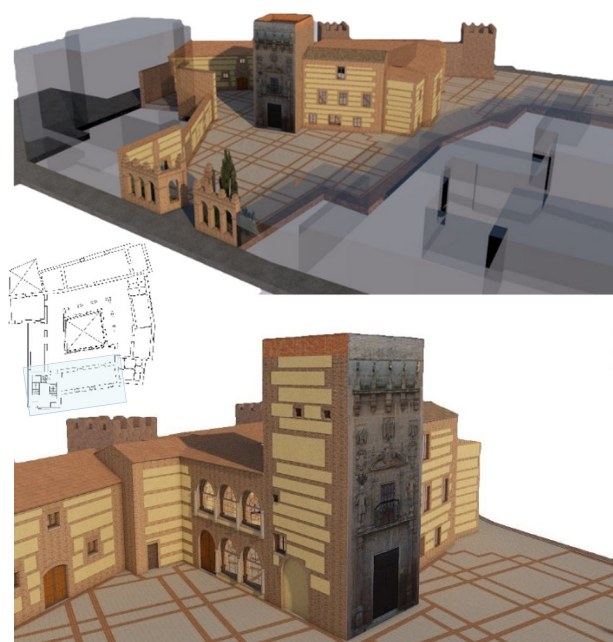


Figura 4: a) Conjunto palaciego, con la zona marcada modelada a LOD 350-400; b) Vistas noreste y suroeste empleando el Motor gráfico de ArchiCAD Cine renderizado por MAXON (García, 2015).

5.1. Análisis de la rehabilitación en 1989

El promotor plantea la restauración del edificio desde el punto de vista constructivo, atendiendo casi de manera exclusiva a fines estructurales con el fin de consolidar el edificio y evitar así su progresivo deterioro³.

5.1.1. Estado de partida del Palacio

La edificación, antes de la intervención, se encuentra en un estado de deterioro considerable: varias cubiertas se hallan colapsadas, una porción del forjado de la planta primera está destruida e incluso se han eliminado o arrancado elementos decorativos, sin carpintería interior y exterior, sin solados y sin ningún tipo de instalación (Fig. 5).



Figura 5: Patio interior y cubiertas antes de la intervención en 1989. Fuente: "Andújar en el arte y la historia" y "Proyecto de Rehabilitación de la Casa-Palacio".

El sistema constructivo empleado es el muro de tapial con verdugadas de ladrillo por cada hilada y trabazones en esquina con el mismo ladrillo, encontrándose los huecos enmarcados con dicha fábrica, a excepción del torreón cuya fachada principal es de piedra. Los forjados están constituidos por vigas de madera y, en algunos casos, de rollizo, que forman entrevigados de bóveda de cascajos y yesos y, a veces, con escuadría rectangular labrada. En el proyecto de restauración en 1989 consta la existencia de zapatas en los encuentros con los muros y el armazón de madera vista. La cubierta está formada por formeros de rollizo de madera, sustentados por un tablero de madera sobre el que se apoya la teja árabe; y el techo de la última planta lo forma un cañizo clavado a los tirantes con capa de yeso.

6. Análisis de la documentación

El análisis de la planimetría se lleva a cabo a través de la documentación del proyecto de intervención realizado por los arquitectos D. José Siles Fernández y D. Julio Álvarez Martín. En el estudio se tomaron como referencias las litografías de 1856 realizadas por Julio Navarro. Una vez recopilada toda la información disponible, nos encontramos con ciertas dificultades que han trabado el proceso de modelado y el vuelco de información. Son problemas característicos de los trabajos realizados con sistemas de CAD, pues las medidas entre los diferentes planos o vistas y las citadas litografías no se corresponden. Los documentos del proyecto de restauración han servido como fuente para el análisis y el conocimiento de la intervención de los distintos agentes. A partir de esto, se han ido modelando las fases constructivas.

Uno de los puntos conflictivos ha sido la cubierta de la nave norte debido a la incongruencia de los documentos gráficos disponibles. Su diseño varía en función del análisis entre el proyecto de restauración y las litografías. Otra de las cuestiones por resolver ha sido la realización del entorno, especialmente del pavimento del mismo, puesto que en la comparativa de la ficha catastral y la planimetría en CAD se apreciaba una variación importante en los límites del altozano de la Marquesa. No obstante, el catastro tampoco queda excluido de errores al no mostrar una porción del edificio que, en realidad, sí existe y figura en la planimetría general. Así pues, para obtener un modelo fiel, la planimetría 2D se completa con la toma de

² Basado en "Sobre la construcción del andujareño palacio Los niños de Don Gome". Domínguez Cubero, José. Año 1999.

³ Dirección General de la Conserjería de Cultura de la Junta de Andalucía, escrito nº 2635 del 5 de mayo de 1989 de la Dirección General de Bienes Culturales.

medidas *in situ* y con fotografías de archivo y actuales. Actualmente, el proceso general del modelado en plataformas BIM pasaría por el automatizado de la nube de puntos a través de Scan-to-BIM, obteniendo datos 3D con medición directa y comparando el estado actual con la planimetría histórica existente. En otro sentido la literatura científica más reciente, expone que se está llevando a cabo grandes esfuerzos en el reconocimiento automático para generar geometrías 3D, pero ésta carece de los detalles válidos para ser aplicados en el área patrimonial (Dore & Murphy, 2017).

7. Proceso del Modelado BIM

El ciclo de vida de un proyecto de intervención o restauración, de la misma manera que en nueva planta, presenta distintas fases de desarrollo: el estudio de viabilidad, el diseño conceptual, la autorización, el diseño detallado, la construcción y el mantenimiento. Dichos procesos siguen una lógica de interacciones de los usuarios (Mediavilla, Izkara, & Prieto, 2013). La información de los agentes se interopera especificando el nivel de desarrollo o LOD (*Level Of Development*) de dichos modelos. Es, por tanto, un término que hace referencia a la cantidad de información que contienen los elementos que forman parte del BIM. Según la guía uBIM, los niveles de desarrollo (LOD) sistematizan y unifican el grado de fiabilidad de la información contenida en el modelo HBIM. Estos también permiten definir la complejidad y la calidad del modelo (Banfi, Fai, & Brumana, 2017).

Para el procedimiento de modelado del conjunto palaciego, se ha optado por un nivel LOD 100 para todo el entorno (Fig. 4), aunque la definición de los cerramientos y las cubiertas del palacio se ubican en un LOD 200. Aquí el elemento está ya determinado por su posición exacta y con una definición geométrica global, aunque precisa de dimensiones, forma, ubicación y orientación. En cambio, para la cubierta de la torre y los forjados, muros, artesanado y cubierta de la nave norte, zona delimitada en la Fig. 10, se ha optado por superar el nivel LOD 300.

Esta región reúne todos los elementos a nivel constructivo que podemos encontrar en el resto del palacio; por tanto, es posible mostrar soluciones constructivas empleadas en la restauración que se llevó a cabo en 1989.

7.1. Modelado del artesanado de la nave norte

Tanto para la realización de las vigas principales del artesanado de la nave norte como para las secundarias y perimetrales, se ha optado por la herramienta de generación de perfil, ya que genera una sección de corte (2D) que después se utilizará para la extrusión de la pieza con la herramienta Viga (Fig. 6). Las medidas se han tomado *in situ* en el edificio para una mayor precisión. Dado que en su origen se trataba de un elemento estructural, el material seleccionado ha sido la madera estructural, creando así una superficie exclusiva (textura) del material.

Para el caso de los canecillos que decoran las vigas principales, se ha empleado una técnica distinta para su representación 3D debido a la complejidad de los detalles que harían imposible llegar al modelado preciso.

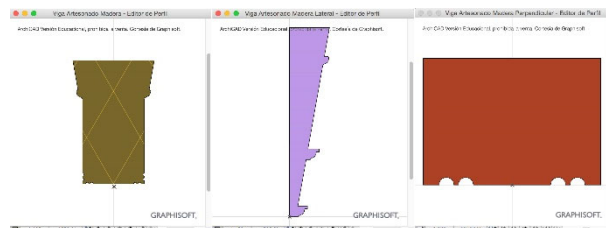


Figura 6: Perfiles (sección 2D) de los tipos de formas creados para la generación del artesanado de madera.

7.1.1. Realización de los canecillos

Los elementos singulares (Fig. 7), como las molduras de los artesanados de madera o los canecillos localizados en la planta baja y primera de la nave norte, se han modelado empleando técnicas fotogramétricas. Esto ha facilitado la obtención de la geometría real de las piezas en forma de nube de puntos que, de otra manera, serían imposibles de modelar con exactitud.

Se ha empleado el programa Photoscan, ya que permite, a partir de la toma de una serie de fotografías, la generación de un modelo 3D que se exporta después al Proyecto HBIM. De este modo, se han realizado diferentes tomas fotográficas que envuelven al elemento y que evitan zonas no barridas. Así pues, se disminuye la fase de cierre de huecos para facilitar al programa la generación de una malla más aproximada a la realidad del objeto. Una vez importadas las imágenes, se ha aplicado una máscara a cada una de ellas con el fin de impedir que durante el proceso se tomen puntos que no nos son relevantes. Para la obtención del canecillo del artesanado (Fig. 8) se han utilizado 53 fotografías.



(a)



(b)

Figura 7: Estado de la nave norte, planta 1ª: a) Antes de 1989; b) Después de la rehabilitación (2015). Fotos: Iván Jimenez.

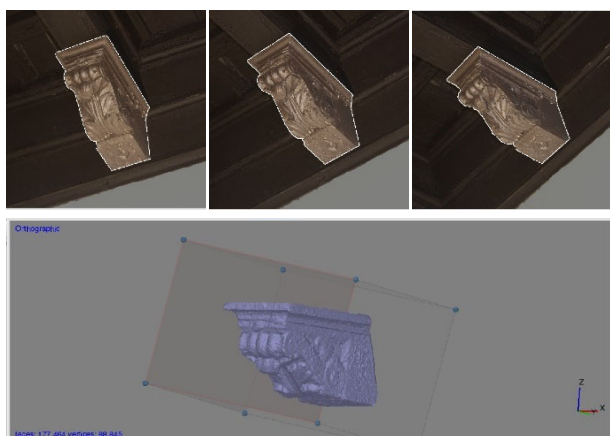


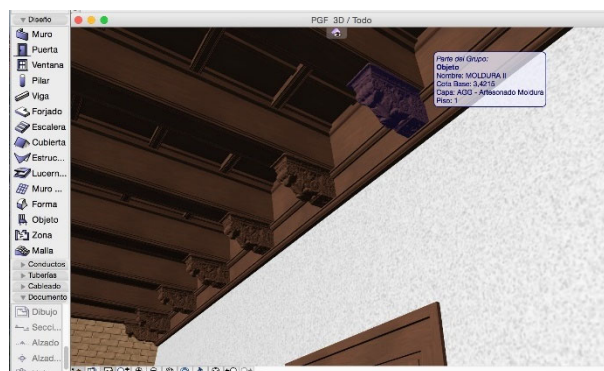
Figura 8: Proceso de creación de la máscara en las fotografías a los canecillos del artesanado, y una vista de la malla procesada en PhotoScan (García, 2015).

Después de ser tratadas las imágenes, se ha seguido el flujo de trabajo preestablecido: orientar las fotografías, crear la nube de puntos, mallar y texturizar. Los seis puntos de apoyo han facilitado el proceso de escalado con el fin de generar un objeto digital texturizado, importado después desde el Proyecto HBIM del palacio. Para la exportación a ArchiCAD, previamente desde el software de procesado PhotoScan, se ha generado un objeto con extensión .3DS. Posteriormente, la inserción en el Proyecto HBIM se ha realizado con la herramienta Objeto de ArchiCAD, donde el elemento mallado en PhotoScan ha sido convertido en un objeto paramétrico (.GSM) e insertado en la biblioteca incrustada. Una vez en su posición, se ha modificado el material de la superficie de los canecillos y el resto de los elementos del artesanado (vigas y molduras del techo) con el objetivo de que se asemeje lo más posible al modelo real (Fig. 9).

Según lo expuesto, el procedimiento elegido ha permitido llegar al LOD 400, o nivel de desarrollo as *built*, en las dos salas de la nave norte del palacio, desarrollando con detalle y exactitud los componentes de vigería y forjados. El elemento introducido en el proyecto HBIM está definido geoméricamente con un detallado completo, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación, y su puesta en obra. Por tanto, listo para ser validado. Y con la información no gráfica vinculada, como es la datación histórica, que podrá ser incrementada en posteriores fases de estudio e intervención. En este momento, se dispone en realidad de un modelo BIM fiel a su reconstrucción, alcanzando un LOD 500 válido para la fase de mantenimiento y gestión de los servicios del edificio histórico (*Facility management* o FM).

8. Tablas de inventario del artesanado

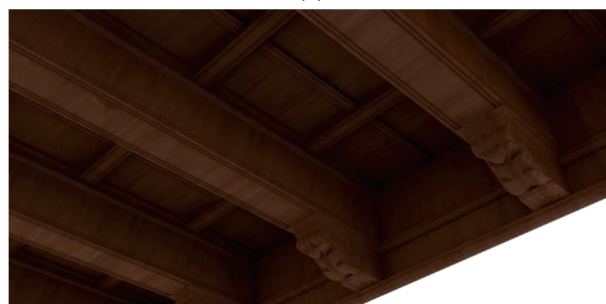
Gracias a la incorporación del primer elemento en el Proyecto HBIM, se dispone de datos alfanuméricos vinculados a la representación gráfica y se obtiene al final la medición de todos los elementos integrados en el modelo BIM que componen el edificio histórico. Para este proyecto, se ha generado un inventario de todos los elementos del artesanado de la planta baja y primera. Se trata de una clasificación tipológica contenida en el modelo que comprende elementos singulares de gran



(a)



(b)



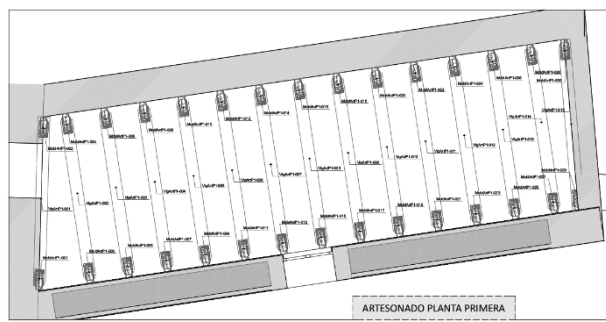
(c)

Figura 9: a) Selección del canecillo en una exploración del modelo; b, c, d) Secuencia del montaje del artesanado y del canecillo en su encuentro con la moldura perimetral del salón de la nave. Modelado y renderizado en ArchiCAD (García, 2015).

valor histórico, como los canes originales datados del siglo XVI

Con un total de 60 canecillos (30 en la planta baja y 30 en la planta superior), se ha procedido a la identificación individual al asociar un código distintivo (ID) para generar un inventario de las mismas, además de facilitar la localización en el Proyecto HBIM. En el caso de las molduras de la planta baja, la codificación será MoldArtPB-000, y para el caso de las que estén en la planta primera será MoldArtP1-000. El ID actuará de vínculo en un listado de datos a modo de tabla en la que se recogerá la información relevante asociada al elemento identificado. Dicha tabla de datos, al contrario de ser un elemento estático, se actualizará de forma simultánea al modificar en el modelo la pieza (objeto) seleccionada y viceversa (Fig. 10).

En el campo de la práctica, este procedimiento abre una ventana de grandes posibilidades, ya que, como se sabe, los edificios necesitan un mantenimiento constante para garantizar su vida útil, y en especial los edificios de carácter patrimonial en los que el proceso de conservación y rehabilitación es continuo. Este sistema va dirigido a implantar un modelo gráfico de información actualizado en tiempo real de todos nuestros edificios históricos, con el que se pueda



INV-003 Inventario de Vigas Planta Primera

ID	Cantidad	Longitud Derecha	Ancho	Altura	Estado Conserva...	Datación	Patologías
VigArtPB-001	1	3,67	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-002	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-003	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-004	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-005	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-006	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-007	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-008	1	3,63	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-009	1	3,62	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-010	1	3,62	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-011	1	3,62	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-012	1	3,62	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-013	1	3,62	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-014	1	3,62	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-
VigArtPB-015	1	3,76	0,26	0,40	Bueno	Siglo XVII	-

Figura 10: Identificación de las vigas y canchillos del artesonado de la planta 1ª, Nave Norte. Planimetría del HBIM.

obtener un flujo retroactivo de información, con reducción de costes de mantenimiento, de personal y de tiempo.

Las tablas generadas en HBIM incorporan un ítem de información por columna en referencia a los objetos que están incluidos en la misma: el ID, la cantidad, la longitud, la anchura, la altura, el estado de conservación, la datación, las patologías y las vigas soportadas. Uno de los objetivos de este proyecto es demostrar la eficiencia de este sistema de gestión de datos que, al apoyarse en un grupo multidisciplinar de profesionales, nos arrojará de manera instantánea toda la información vital de nuestro inmueble para llegar a convertirse en interoperable con plena eficacia.

Con objeto de caracterizar los elementos arquitectónicos y proceder a la gestión de la intervención, la rehabilitación de los sistemas constructivos y la sustitución de piezas originales datadas, es necesario proceder a un primer reconocimiento "visual" de los elementos dentro del modelo 3D. La plataforma BIM ArchiCAD incorpora una herramienta denominada "marcador de revisión" que, mediante un cuadro de estilos, permite definir y editar atributos. Los elementos quedan identificados con un color preestablecido en el proyecto BIM representados en planta, alzado, secciones y tablas de esquemas. Asimismo, la función que ejerce esta aplicación permite que cualquier colaborador externo, en una fase de revisión o mantenimiento, detecte el marcado de corrección, y de esta manera evita omisiones en la restauración. Aunque la herramienta ha estado experimentada en la intervención de la Cárcel de la Real Fábrica de Tabaco (Niето, 2012), esta se ha implementado con nuevas versiones del software que agilizan la identificación del modelo de información.

9. Actuaciones recogidas en el HBIM

Una vez que se han finalizado las intervenciones de la última rehabilitación del palacio, es el momento de plantearse qué sistemas alternativos están enfocados a la mejora de soluciones constructivas con el fin de evitar ciertas patologías características de estos edificios.

Para la reposición de los forjados se emplearon viguetas IPN-200 que, según lo establecido en el proyecto de rehabilitación, se encuentran apoyadas sobre un zuncho perimetral (como es el caso de la última planta). En la planta baja y primera están empotradas directamente en el muro de tapial con verdugadas de ladrillo macizo.

Asimismo, hay que recurrir a mejorar el apoyo de los nuevos elementos estructurales en los muros. Para ello, en el último forjado bajo cubierta se instaló una plancha metálica de acero sobre el zuncho perimetral, la cual estaría retenida por soldadura a las barras corrugadas del mismo. Para resolver el apoyo entre la plancha y las viguetas metálicas, se ha colocado una lámina de un material elastómero, como es el neopreno, al objeto de solucionar los empujes laterales que puedan ocasionar la dilatación de los materiales, principalmente del acero. Además, se ha colocado a modo de tope una lámina de 3 cm de espesor de poliestireno en los encuentros de las viguetas con el paramento vertical.

Es necesario solucionar la transmisión de cargas de las viguetas de los forjados intermedios al paramento vertical, compuesto por un muro de tapial y verdugadas de ladrillo macizo en el exterior del edificio. Las cargas podrían ocasionar el desprendimiento de partes de las hiladas de tapial, ya que este tiene menos resistencia a la compresión que las verdugadas de ladrillo macizo. Una solución podría ser ejecutar un zuncho perimetral de 25x15 cm en la cara superior de la hilada de ladrillo macizo, ya que el encuentro del perfil metálico se encuentra a más altura. Se colocaría un pequeño murete, realizado con ladrillo macizo, desde el perfil hasta la cara superior del zuncho, y sobre este murete se colocaría una lámina de neopreno para absorber futuros desplazamientos. De esta forma, conseguiríamos una transmisión de forma homogénea y no puntual a un elemento que sí es capaz de transmitir las cargas, como por ejemplo la hilada de ladrillo macizo.

Para el muro interior no existe el problema del desprendimiento, pues se trata de un muro que está realizado en su totalidad con ladrillo macizo. Aun así, es recomendable ejecutar el zuncho perimetral de las mismas dimensiones, aunque sin necesidad de colocar en esta ocasión muretes de ladrillo macizo para la transmisión de las cargas. En la siguiente figura se puede apreciar la evolución del proceso constructivo de la reposición del forjado, el apoyo en el muro exterior y su encuentro con el faldón de cubierta (Figs. 11 y 12).

El modelo HBIM experimentado converge con la dinámica del proceso de ejecución y restauración "Modelar a través de la *tectografía secuencial*" (Ortega, Moyano, Rico, Marín y Fresco, 2014) y utiliza un sistema de representación donde el modelo tome secuencias gráficas del proceso de restauración o construcción.

10. Discusión de los resultados del modelo

El BIM está cambiando los conceptos de intercambio de información de modelos geométricos. Los estándares BIM están desarrollados mediante guías, normas y protocolos que permiten el flujo de trabajo entre las distintas disciplinas de la industria y la construcción (Jerónimo, Pauwels, Ferreira, & Mateus, 2016). El nuevo paradigma constituye una nueva concepción de

ESTUDIO CONSTRUCTIVO DEL PALACIO DE LOS NIÑOS DE DON GOME (ANDÚJAR, JAÉN), GESTIONADO DESDE EL PROYECTO HBIM

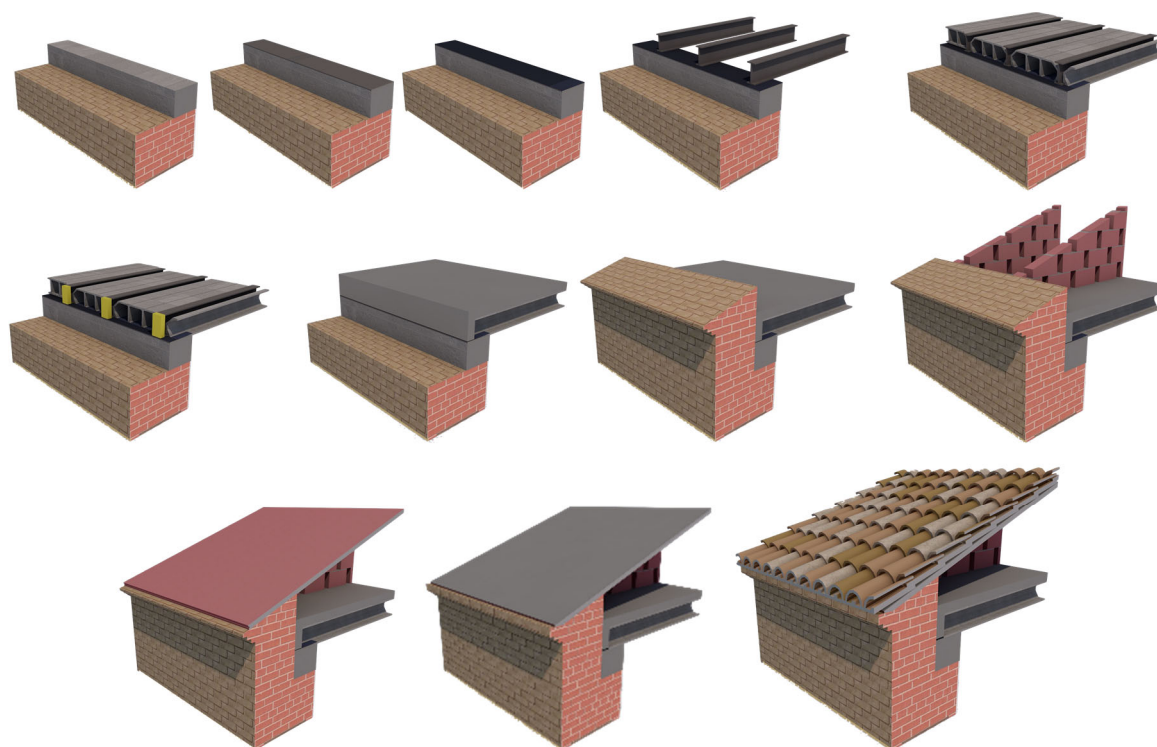


Figura 11: Fases de la solución constructiva alternativa al último proyecto de intervención (1989). Modelado y renderizado en ArchiCAD (García, 2015).

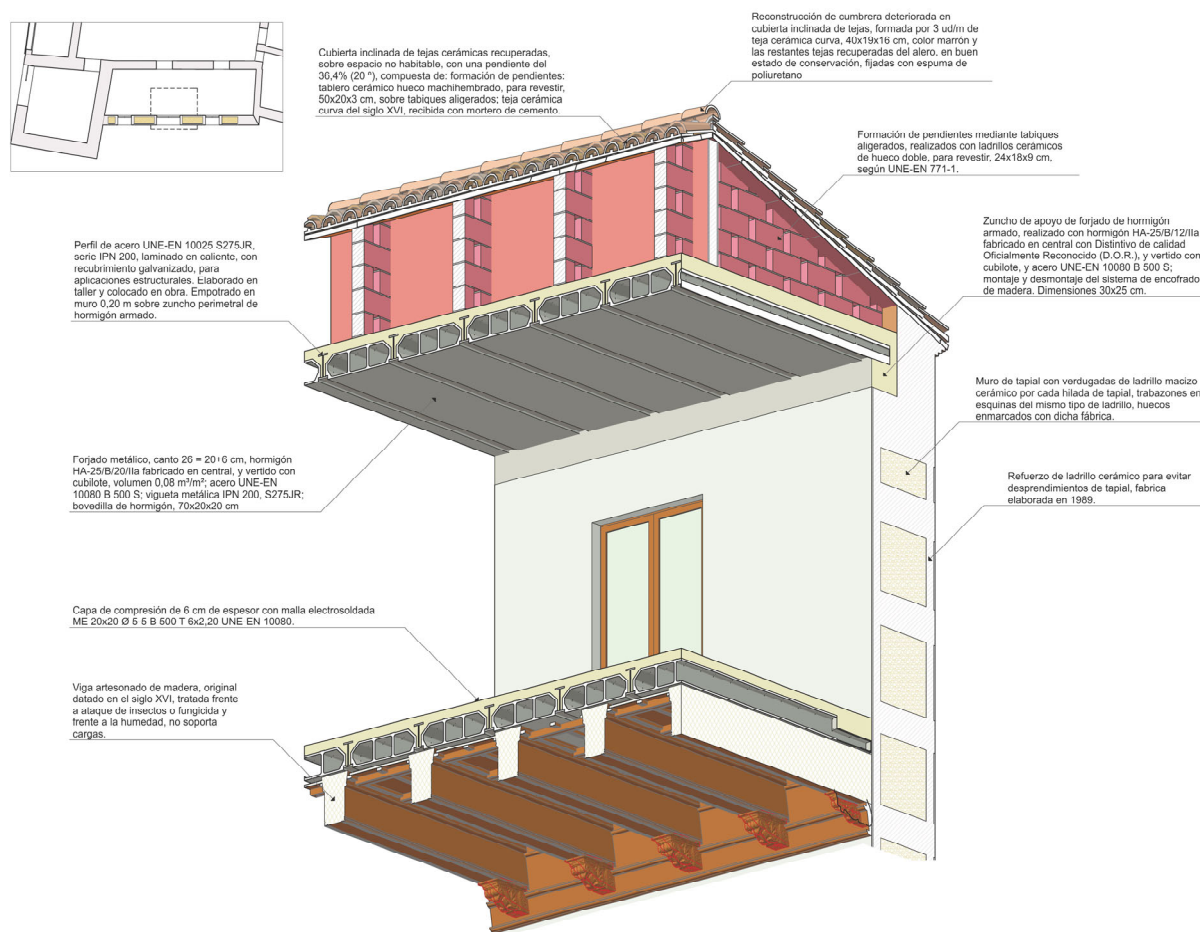


Figura 12: Documento 3D con especificaciones, incorporado en el Proyecto HBIM de la Casa-Palacio (García, 2015).

entender la forma de proyectar e intervenir en el patrimonio cultural. Catalogar, registrar datos y configurarlos en un modelo 3D para el conocimiento de las actuaciones constructivas de los edificios patrimoniales son aspectos importantes en el área de la arquitectura. Las acciones constructivas que se recogen en el modelo HBIM experimentado en este trabajo hace posible que el propio modelo sea un contenedor de metadatos que va de lo general a lo particular. El sistema asume unos niveles de desarrollo propios de un proyecto desarrollado a su máxima expresión y fiel a la rehabilitación. La manera de comprender el modo de construcción y las intenciones del restaurador no solo está motivada por el interés académico, sino que está fundamentada por el interés económico y proyectual (Oriol & Clare, 2015). De esta manera, con los LOD *As-built* empleados en la cubierta, el forjado y el artesonado, es posible desarrollar las soluciones constructivas empleadas en los grandes palacios del siglo XVI, así como el tipo de restauración empleada por los arquitectos a finales del siglo XX. También la identificación de los sistemas constructivos recogidos en las tablas de inventariados y el máximo LOD 400 alcanzado en este trabajo hace posible la implementación de estudios científicos más avanzados, y de trabajos de procedimiento, que son esenciales para investigar acciones futuras.

11. Conclusiones

La investigación histórica, documental y gráfica es fundamental e indispensable para la correcta elaboración de un proyecto de rehabilitación del edificio patrimonial o HBIM, con la obtención de un modelo gráfico de datos fiel a la realidad. Del análisis de los procedimientos que se llevaron a cabo en la última reforma del edificio, han surgido nuevas propuestas a los sistemas constructivos empleados, las cuales han sido modeladas inicialmente a un LOD 300. Paralelamente, al disponer de objetos fieles a los existentes, generados desde técnicas fotogramétricas, y modelar sistemas constructivos ya incorporados en el edificio intervenido, se puede afirmar que se ha conseguido en el Proyecto HBIM un LOD 400, pues engloba Geometría, Precisión e Información real (LOD= *LOGeometry* + *LOAccuracy* + *LOInfomation*). Ahora el proyecto HBIM estará preparado para un flujo de gestión de las instalaciones o servicios y su mantenimiento, consiguiendo el LOD 500 al asociarse a un modelo de "campo verificado" o "cómo se construyó".

En los últimos años se ha abierto un debate, entre los agentes del sector AECO de obra nueva, entorno a una nueva redefinición del LOD 500. Desde su creación en 2004, se ha considerado el LOD como una progresión fija ascendente (de 100 a 500) que requerirá más elementos, más detalles, más precisión a medida que se eleve el nivel. Pero en el campo del FM, es muy frecuente solicitar una información gráfica básica que no debería superar un LOD 250. Mientras se elimina objetos que no son necesarios, sí se requiere aumentar información específica para el mantenimiento y reajustar el nivel de precisión utilizado (LOA, según lo define la U. S. *Institute of Building Documentation*, USIBD). En cambio, en Patrimonio sí se requiere un alto nivel de definición de los objetos

integrantes, sobre todo en aquellos que tienen altos valores arquitectónicos, escultóricos e históricos, y que pudieran servir de réplica para su posterior estudio y protección.

Hoy en día, las actuales plataformas BIM recogen los procedimientos que engloban aspectos constructivos y crono-evolutivos de la historia del edificio. Por lo tanto, todos los elementos originales estarían catalogados previamente a su demolición, pasando por el tamiz crítico del grupo de trabajo multidisciplinar y optimizando la conservación de todas aquellas piezas arquitectónicas susceptibles de ser recuperadas. Del mismo modo, con la realización de un inventario completo de todo el artesonado en el que conociésemos su posición y los elementos que lo componen, se podrían colocar en la misma posición que permanecen desde hace siglos, y de esta manera conseguir un menor impacto visual una vez terminada la intervención.

Se ha podido constatar la cantidad de errores que se localizan en proyectos realizados con sistemas gráficos de representación basados en CAD, en gran parte debido a las incongruencias de las fuentes oficiales consultadas, como pueden ser la planimetría del Catastro, la documentación del archivo municipal y las aportadas mediante procedimientos de medición manual. Con el uso de técnicas de levantamiento precisas para la captación de la geometría y la toma de medidas, así como con el empleo del sistema BIM se ha generado una documentación gráfica real y precisa que mejora, en gran medida, las existentes.

Queda demostrado, por tanto, que la implantación de esta metodología de trabajo en el sector de la construcción y, concretamente, en el campo de la restauración y conservación del patrimonio es plausible, ya que se aporta una mejora sustancial a los sistemas o los flujos de trabajo con los que se ha venido trabajando a lo largo de los últimos años. Por supuesto, este sistema requiere una mayor inversión de tiempo para la elaboración inicial del proyecto, pero esta característica hace que, por el contrario, los costes propios del proyecto a lo largo de su ejecución queden acotados de una manera más exacta, ya que la mayoría de los problemas que podrían acontecer durante su ejecución quedan subsanados en la fase de diseño.

Asimismo, al tratarse de un sistema de trabajo multidisciplinar, la riqueza de los datos implantados en el modelo no tiene comparación con los métodos actuales. Su fácil modificación y el hecho de fusionar los datos aportados en cualquier listado con los propios del elemento al que están referenciados hacen que los procesos de mantenimiento se lleven de una manera más ordenada, clara, fácil y en tiempo real.

Por último, si abundamos en las fortalezas que poseen estos sistemas, la nueva metodología conduce a la recuperación de elementos singulares difícilmente encontrados en bibliotecas de objetos estándar paramétricos, en la misma plataforma BIM o desde la nube, generándose gran cantidad de objetos incluidos en bibliotecas en la nube que son útiles para futuros proyectos de rehabilitación en edificios patrimoniales.

Referencias

- Angulo Fornos, R. (2013). Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas. *Arqueología de la Arquitectura*, 9, 11-25. <https://doi.org/10.3989/arqarqt.2012.10005>
- Antón, D., Medjdoub, B., Shrahily, R., & Moyano, J. (2018). Accuracy evaluation of the semi-automatic 3D modeling for historical building information models. *International Journal of Architectural Heritage*, 12(5), 790-805. <https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1415391>
- Banfi, F., Fai, S., & Brumana, R. (2017). BIM automation: advanced modeling generative process for complex structures. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/W2, 9-16. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W2-9-2017>
- Barazzetti, I., Banfi, F., Brumana, R., Oreni, D., Previtali, M., & Roncoroni, F. (2015). HBIM and augmented information: towards a wider user community of image and range-based reconstructions. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 35-42. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-35-2015>
- Barbosa, M. J., Pauwels, P., Ferreira, V., & Mateus, L. (2016). Towards increased BIM usage for existing building interventions. *Structural Survey*, 34(2), 168-190. <https://doi.org/10.1108/SS-01-2015-0002>
- Bassier, M., Hadjimetriou, G., Vergauwen, M., Van Roy, N., & Verstryngge, E. (2016). Implementation of Scan-to-BIM and FEM for the documentation and analysis of heritage timber roof structures. In M. Ioannides, E. Fink, A. Moropoulou, M. Hagedorn-Saupe, A. Fresa, G. Liestøl, V. Rajcic, & P. Grussenmeyer (Eds.), *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection. EuroMed 2016. Lecture Notes in Computer Science*, 10058, 79-90. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_7
- Bosché, F., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C. T., & Haas, R. (2015). The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. *Automation in Construction*, 49, 201-213. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.014>
- Bruno, S., De Fino, M., & Fatiguso, F. (2018). Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. *Automation in Construction*, 86, 256-276. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.009>
- Brumana, R., Georgopoulos, A., Oreni, D., Raimondi, A., & Reggiani, A. (2013). HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage. The case study of St. Maria in Scaria d'Intelvi. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 2(3), 433-451. <https://doi.org/10.1260/2047-4970.2.3.433>
- Brumana, R., Oreni, D., Cuca, B., Binda, L., Condoleo, P., & Triggiani, M. (2014). Strategy for integrated surveying techniques finalized to interpretive models in a Byzantine church, Mesopotam, Albania. *International Journal of Architectural Heritage*, 8(6), 886-924. <https://doi.org/10.1080/15583058.2012.756077>
- Cicaló, E. (2016). B.I.M. per la rappresentazione del patrimonio costruito storico. Il rilievo delle facciate decorate Liberty e Art Déco. *DisegnareCon*, 9(16), 18.1-18.10. Retrieved from <http://disegnarecon.univaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/viewFile/141/114>
- de Torres Laguna, C., 1981. *Andújar a través de sus actas capitulares (1600-1850)*. Jaén: Instituto de Estudios Giennenses (CSIC).
- Domínguez, J. (1999). Sobre la construcción del andujareño palacio "Los Niños de Don Gome". *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 172(2), 983-1004. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1213257>
- Dore, C., Murphy, M., McCarthy, S., Brechin, F., Casidy, C., & Dirix, E. (2015). Structural simulations and analyzes of conservation - historical building information modeling (HBIM). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4, 351-357. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-351-2015>
- Dore, C., & Murphy, M. (2017). Current state of the art historic building information modelling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 185-192. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-185-2017>
- Eastman, C.M., Eastman, C., Teicholz, P., & Sacks, R. (2011). *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

- Fai, S., Graham, K., Duckworth, T., Wood, N., & Attar, R. (2011). Building information modelling and heritage documentation. *18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, XXIII CIPA Symposium*, 2011 Prague, Czech Republic (pp. 12-16). Retrieved from https://d2f99xq7vri1nk.cloudfront.net/legacy_app_files/pdf/Fai.pdf
- Fai, S., Filippi, M., & Paliaga, S. (2013). Parametric Modelling (BIM) for the documentation of vernacular construction methods: A BIM model for the Commissariat Building, Ottawa, Canada. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W1, 115-120. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-115-2013>
- García-Valldecabres, J., Pellicer, E., & Jordan-Palomar, I. (2016). BIM scientific literature review for existing buildings and a theoretical method: Proposal for heritage data management using HBIM. *Construction Research Congress* (pp. 2228-2239). San Juan, Puerto Rico. <https://doi.org/10.1061/9780784479827.222>
- García, E. S., García-Valldecabres, J., & Blasco, M. J. V. (2018). The use of HBIM models as a tool for dissemination and public use management of historical architecture: A review. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 13(1), 96-107. <https://doi.org/10.2495/SDP-V13-N1-96-107>
- García Gascón, Á. (2015). *Estudio y análisis histórico, evolutivo y constructivo del Palacio de los Niños de Don Gome (Andújar, Jaén), gestionado por un modelo gráfico de información (B.I.M.)* (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Sevilla.
- Hajian, H., & Becerik-Gerber, B. (2010). Scan to BIM: factors affecting operational and computational errors and productivity loss. *27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction* (pp. 265–272). Retrieved from http://www.iaarc.org/publications/fulltext/Scan_to_BIM_factors_affecting_operational_and_computational_errors_and_productivity_loss.pdf.
- Jerónimo, M., Pauwels, P., Ferreira, V., & Mateus, L. (2016). Towards increased BIM usage for existing building interventions. *Structural Survey*, 34(2), 168-190. <https://doi.org/10.1108/SS-01-2015-0002>
- Lee, G., Sacks, R., & Eastman, C. M. (2006). Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*, 15(6), 758–776. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.09.009>
- Logothetis, S., Delinasiou, A., & Stylianidis, E. (2015). Building Information Modelling for cultural heritage: A review. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W3, 177–183. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015>
- López, F. J., Lerones, P. M., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J., & Zalama, E. (2018). A review of heritage building information modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(21), 1–29. <https://doi.org/10.3390/mti2020021>
- Mediavilla, A., Izkara, J. L., & Prieto, I. (2015). HOLISTEEC – Plataforma colaborativa en la nube basada en BIM para el diseño de edificios energéticamente eficientes. *Spanish Journal of BIM*, 15(1), 4–11. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5496888>
- Moyano, J. J., Barrera, J. A., Nieto, J. E., Marín, D. & Antón, D. (2017). a Geometrical Similarity Pattern As an Experimental Model for Shapes in Architectural Heritage: a Case Study of the Base of the Pillars in the Cathedral of Seville and the Church of Santiago in Jerez, Spain. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W3, 511–517. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-511-2017>
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>
- Nieto, J. (2012). Generación de modelos de información para la gestión de una intervención: La cárcel de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. *Virtual Archaeology Review*, 3(5), 63-67. <https://doi.org/104995/var.2012.4525>
- Nieto, J., Moyano, J., Rico, F., & Antón, D. (2013). La necesidad de un modelo de información aplicado al patrimonio arquitectónico. *Actas del 1er Congreso nacional BIM - EUBIM 2013*, Valencia, (pp. 21-32). Retrieved from <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/39441>
- Nieto, J., & Moyano, J. (2014a). El estudio paramental en el modelo de información del edificio histórico o Proyecto HBIM. *Virtual Archaeology Review*, 5(11), 73-85. <https://doi.org/10.4995/var.2014.4183>

- Nieto, J., Moyano, J., & Fernández-Valderrama, P. (2014b). Implementación de las nuevas técnicas de levantamiento en el sistema BIM (Building Information Modeling). *XII Graphic Expression applied to Building International* (Vol. I, pp. 327-337). Retrieved from <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/39500>
- Nieto, J., Moyano, J., Rico, F., & Antón, D. (2016). Management of built heritage via HBIM Project: A case study of flooring and tiling. *Virtual Archaeology Review*, 7(14), 1-12. <https://doi.org/10.4995/var.2016.4349>
- Oriel, E., & Clare, P. (2015). HBIM and matching techniques: considerations for late nineteenth- and early twentieth-century buildings. *Journal of Architectural Conservation*, 21(3), 145-159. <https://doi.org/10.1080/13556207.2016.1139852>
- Ortega, H., Moyano, J., Rico, F., Marín, D., & Fresco, R. (2014). Tectografía secuencial como sistema de representación. *XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*, Madrid, 1, (pp. 272-278). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6098051>