

# PROTOCOLO HBIM PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

TESIS DOCTORAL  
Elena Salvador García

DIRECTORES  
María José Viñals Blasco  
Jorge Luis García Valldecabres



València, abril de 2020



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA







**PROTOCOLO HBIM  
PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE  
DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO**

TESIS DOCTORAL  
Elena Salvador García

DIRECTORES  
María José Viñals Blasco  
Jorge Luis García Valldecabres

València, abril de 2020



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



*A mis hijos Álvaro y Andrés  
y a Quique por estar siempre ahí,  
y por confiar tanto en mí*



# Indice

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>13</b>
<b>RESUM</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
1.1. ANTECEDENTES	19
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.5. BREVE DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	23
1.6. ESTRUCTURA DE LA TESIS	24
<b>2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>29</b>
2.1. CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO	30
2.1.1. DIMENSIONES DE LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO	33
2.1.1.1. DIMENSIÓN TÉCNICA	34
2.1.1.2. DIMENSIÓN LEGAL	37
2.1.1.3. DIMENSIÓN SOCIAL	40
2.2. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)	61
2.2.1. METODOLOGÍA Y MODELOS DE INFORMACIÓN	61
2.2.2. NORMAS, PROTOCOLOS Y GUÍAS BIM	69
2.2.3. DISCUSIÓN SOBRE BIM	71
<b>3. ESTADO DE LA CUESTIÓN</b>	<b>77</b>
3.1. HBIM PARA DOCUMENTAR LA ARQUITECTURA PATRIMONIAL	79
3.2. HBIM PARA LA PROTECCIÓN JURÍDICA, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO	84
3.3. HBIM PARA EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO	87
3.3.1. HBIM PARA LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA	87
3.3.2. HBIM PARA LA GESTIÓN DE VISITANTES	89
3.3.3. HBIM PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO	90
3.3.4. HBIM PARA LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO	91
3.4. NORMAS, PROTOCOLOS Y GUÍAS HBIM	93
3.5. DISCUSIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN	98

<b>4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>103</b>
4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DESDE LAS CIENCIAS DEL DISEÑO	103
4.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN. INVESTIGACIÓN DE LAS CIENCIAS DEL DISEÑO (DSR)	104
4.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	106
4.3.1. IDENTIFICAR EL PROBLEMA	107
4.3.2. COMPRENDER EL PROBLEMA	115
4.3.3. DESARROLLAR UNA SOLUCIÓN	118
4.3.4. IMPLEMENTAR LA SOLUCIÓN	122
4.3.5. EVALUAR LA SOLUCIÓN	124
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>129</b>
5.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	129
5.1.1. GESTIÓN ACTUAL DEL USO PÚBLICO DE TRES CASOS DE ESTUDIO	130
5.1.1.1. MONASTERIO DE LAS DESCALZAS REALES DE MADRID	130
5.1.1.2. MUSEO CERRALBO DE MADRID	132
5.1.1.3. CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA	134
5.1.2. DISCUSIÓN DE LA GESTIÓN DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO	136
5.2. COMPRENSIÓN DEL PROBLEMA	138
5.2.1. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ACTUAL DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO	138
5.2.1.1. CONSERVACIÓN PREVENTIVA	138
5.2.1.2. GESTIÓN DE VISITANTES	144
5.2.1.3. INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO	149
5.2.1.4. DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO	153
5.2.2. DISCUSIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO	156
5.3. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM PARA EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO	158
5.3.1. VERSIÓN 1 DEL PROTOCOLO HBIM (V1)	158
5.3.1.1. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM (V1)	158
5.3.1.2. EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V1)	161
5.3.2. VERSIÓN 2 DEL PROTOCOLO HBIM (V2)	164
5.3.2.1. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM (V2)	164
5.3.2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V2) A UN CASO DE ESTUDIO	187
CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA	187
MODELO HBIM DE PARTIDA DEL CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA	192
IMPLEMENTACIÓN	199
DISCUSIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	206
5.3.2.3. EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V2)	208
DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V2)	210
5.3.3. VERSIÓN 3 DEL PROTOCOLO HBIM (V3)	211
5.3.3.1. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM (V3)	211
DISCUSIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V3)	235

<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>239</b>
6.1. CONTRIBUCIONES DE LA INVESTIGACIÓN	239
6.2. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS	240
6.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	242
6.4. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	242
<b>7. REFERENCIAS</b>	<b>247</b>
<b>9. LISTADO DE ACRÓNIMOS</b>	<b>287</b>
<b>10. ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>289</b>





# Agradecimientos

Quisiera expresar mi gratitud a todas aquellas personas que con sus aportaciones han contribuido a mejorar el resultado de esta tesis doctoral.

A mis directores de tesis, la Dra. María José Viñals Blasco y el Dr. Jorge Luis García Valldecabres me gustaría agradecerles su dedicación, su confianza y la transmisión de sus conocimientos. Gracias por guiarme y por ayudarme a crecer como investigadora. Me llevo muy buen recuerdo del tiempo que hemos compartido.

Quisiera agradecer de manera especial las sugerencias propuestas por los evaluadores externos, el Dr. Antonio Galiano de la Universidad de Alicante, la Dra. María García de la Universidad Complutense de Madrid y el Dr. Francisco Pinto de la Universidad de Sevilla.

Gracias al Dr. Miguel Ángel Troitiño y la Dra. María García de la Universidad Complutense de Madrid, a Carmen Sanz, Conservadora del Museo Cerralbo de Madrid, a Ana García, Conservadora del Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid, a Margarita Ordeig y Don Carlos Cremades, Directora del Museo y Rector respectivamente del conjunto de San Juan del Hospital de València, a Luis Taklim, infografista e ilustrador de Anyforms, a Juan Antonio Herráez Conservador del Departamento de conservación preventiva del IPCE, al Dr. Fernando Cos-Gayón y a la Dra. Pau Alonso-Monasterio de la Universitat Politècnica de València. Gracias también, a los profesores Jose Luis Lerma y Jorge Padín del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de València, a José Martínez, arquitecto y BIM Manager y a Dominik Holzer experto *en Design Technology* de la Universidad de Melbourne. A todos ellos, gracias por el interés que han mostrado en participar en esta investigación, por el tiempo de dedicación, los datos primarios aportados y su contribución en la evaluación y mejora del Protocolo HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio arquitectónico. La aportación de cada uno de ellos ha sido una parte fundamental en el desarrollo de la V3 del Protocolo HBIM.

También quisiera dar las gracias al Dr. Fernando Vela de la Universidad Politécnica de Madrid, por su amable acogida y por facilitarme los medios necesarios para desarrollar satisfactoriamente mi estancia de investigación en la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid.

Gracias a Jordi Peris, profesor de la asignatura “Metodologías cualitativas de investigación en ciencias sociales y humanidades” de la Escuela de Doctorado de la Universitat Politècnica de València por haberme orientado para plantear el primer enfoque metodológico de la investigación desde las

Ciencias Sociales. También me gustaría agradecerle las referencias bibliográficas facilitadas sobre el análisis de los datos cualitativos.

A Patricia Tzortzopoulos de la Universidad de Huddersfield (Reino Unido) y a Eugenio Pellicer de la Universitat Politècnica de València les agradezco el haberme introducido en el conocimiento del nuevo método de investigación intervencionista del *Design Science Research* (DSR). Al profesor Carlos T. Formoso le agradezco las referencias bibliográficas que me facilitó sobre la investigación de las Ciencias del Diseño y el que me animara a reorientar el enfoque metodológico de la investigación y a emplear el DSR.

Agradezco a Salvador Moret y a Thais Parra la colaboración en el desarrollo de la implementación del Protocolo HBIM (V2) en el conjunto de San Juan de Hospital de València. Gracias también a Gustavo Heredia y José Luis Charco por sus sugerencias y ayuda en el grafismo de las imágenes HBIM de esta implementación.

Gracias a Alberto Armisén por la iniciativa de crear el grupo LEGEND-HBIM y a los compañeros de los grupos de trabajo de la “Guía de usuarios BIM aplicada al Patrimonio Cultural” por las experiencias compartidas y por el interés común de facilitar la adopción de BIM entre los profesionales del sector de la conservación del patrimonio.

Gracias a Alberto Cerdán por mostrarse siempre dispuesto a clarificar las dudas sobre la metodología BIM y por ayudarme a mejorar el Protocolo desde la perspectiva BIM. Gracias también al Grupo de Usuarios Revit de Valencia (GURV), y en especial a Inma Oliver y a Begoña Fuentes, por compartir experiencias BIM.

Por último, me gustaría dar las gracias a todas las personas que me han apoyado, no desde un punto de vista académico, sino desde el cariño.

Gracias a mi familia, mi madre Encarna, mis hermanos Jaime, Marta, María y Carlos y a mi tía Mamen, por darme ánimos para continuar. Gracias también a David, Ángela, Jordi y a mis sobrinos Carlos, Patricia, Lucía, Martín, Alba y Mateo. En estos momentos, me acuerdo especialmente de mi padre Pedro que estando, le habría gustado *estar* y compartir esta etapa de mi vida.

También quiero dar las gracias a mi familia de Lorca, Carmelo, Carmen, Alejandro, Rosa y Víctor y a mis sobrinos Carmelo, Lucas y Micaela.

A mis compañeros del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València, Laura Gilabert, Sara Moreno, Sara Portela, Ana Laura Rosado, Riccardo Montuori, Rubén March y Eduardo Baviera. Gracias por estos años que hemos compartido, los ánimos, los consejos y esos ratos de risas que han sido fundamentales para coger fuerzas y seguir adelante.

Muchas gracias a Antonio, por su ayuda. Y a María, Carol, Eugenia, Laura, Eva, Silvia y Flora por esa amistad tan hermosa que nos une.

# Resumen

El mayor desafío en la gestión del uso público del patrimonio es establecer una relación sostenible entre patrimonio y turismo, ya que el acceso público, si bien promueve el interés social por su conservación, también representa un riesgo para la preservación de los recursos.

La información que generan los equipos multidisciplinares que intervienen en la gestión del uso público generalmente se encuentra incompleta, descoordinada y desactualizada. La falta de una fuente de información fiable genera bajos niveles de eficiencia en la gestión del uso público poniendo en riesgo la preservación de los recursos del impacto de los visitantes y reduciendo el interés social por su conservación.

Heritage Building Information Modelling (HBIM) es un sistema de trabajo colaborativo donde los agentes involucrados comparten información geométrica, semántica y documental del bien patrimonial de forma coordinada. HBIM se presenta como oportunidad para mejorar la eficiencia de la gestión del uso público del patrimonio.

Considerando el previsible crecimiento del uso de HBIM en España en un futuro próximo, el objetivo de esta investigación es desarrollar, por primera vez, un protocolo HBIM que ayude a los profesionales a implementar HBIM para planificar y gestionar más eficientemente el uso público del patrimonio en sus cuatro ámbitos: la conservación preventiva, la gestión de visitantes, la interpretación del patrimonio y la divulgación del patrimonio.

El método de investigación empleado es el *Design Science Research* (DSR en adelante) o investigación de las Ciencias del Diseño. Así pues, el estudio se inició con la revisión exhaustiva de la literatura científica relativa al uso de HBIM para la gestión del uso público del patrimonio, lo que permitió identificar la laguna del conocimiento actual en esta materia. Para analizar la gestión actual del uso público del patrimonio se tomaron tres casos de estudio y se recogieron datos mediante la técnica de la entrevista semiestructurada y la observación directa de la visita pública. El análisis de la planificación de los cuatro ámbitos del uso público se realizó a partir de los datos obtenidos mediante la técnica de la entrevista semiestructurada y el análisis de documentación técnica específica. Los resultados de estos análisis evidenciaron problemas de ineficiencia en la planificación y gestión del uso público actual. Con el fin de darle una solución a este problema, se desarrolló un Protocolo HBIM para planificar y gestionar el uso público de manera más eficiente. Dos de los aspectos del Protocolo HBIM, la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio, se implementaron satisfactoriamente al caso de estudio del conjunto de San Juan del Hospital de València. Por último, se evaluó la

aplicabilidad y utilidad del protocolo con un panel de expertos en la gestión cultural del caso de estudio, en cada ámbito del uso público y en BIM.

Los resultados de la implementación del Protocolo HBIM al caso de estudio del conjunto de San Juan del Hospital de València, demuestran por primera vez que HBIM y, en particular, el software *Revit* puede ser una herramienta útil para analizar, planificar y también para gestionar más eficientemente las visitas públicas de los bienes patrimoniales. Este estudio evidencia que la capacidad de HBIM de unificar la información generada por los distintos agentes involucrados en la conservación del patrimonio facilita la toma de decisiones para el diseño del itinerario turístico, la gestión del flujo de visitantes y la determinación de la capacidad de carga recreativa de una manera más integral. Además, el análisis virtual de distintas alternativas que permite HBIM, puede anticipar y resolver los riesgos derivados de una inapropiada gestión de la visita antes de su implementación, reduciendo así el tiempo y coste invertido para lograr una gestión más sostenible. Estos resultados han permitido identificar futuras líneas de investigación orientadas a la gestión de visitantes en tiempo real gracias a la vinculación de sensores o dispositivos GPS a los modelos HBIM y encaminadas a refinar el Protocolo HBIM mediante su aplicación a mayores casos de estudio.

## ABSTRACT

The greatest challenge to be overcome in managing the public use of heritage is to establish a sustainable relationship between heritage and tourism, since public access, while promoting social interest in its conservation, also represents a risk for the preservation of the assets.

The information generated by the multidisciplinary teams involved in public use management is generally incomplete, uncoordinated and out of date. The lack of a reliable source of information generates low levels of efficiency in such management, which consequently jeopardises the ability to protect the resources against the impact of visitors and reduces social interest in their conservation.

Heritage Building Information Modelling (HBIM) is a collaborative work system in which the stakeholders involved share geometric, semantic and documentary information about the heritage asset in a coordinated way. It offers an opportunity to improve the efficiency of the management of the public use of heritage.

Bearing in mind the expected growth in the use of HBIM in Spain in the near future, the aim of this research is to develop, for the first time, an HBIM protocol that will help professionals to implement HBIM so as to achieve more efficient planning and management of the public use of heritage in the four areas involved in it, that is, preventative conservation, visitor flow management, heritage interpretation and heritage dissemination.

The research method used for this purpose is Design Science Research (hereinafter, DSR). Thus, the study began with a comprehensive review of the literature on the use of HBIM for the management of the public use of heritage, which revealed the knowledge gap that exists in this area. To analyse the current management of the public use of heritage, three case studies were taken and data were collected using the semi-structured interview technique and direct observation of public visitation. The planning of the four areas of public use was analysed based on the data obtained through

the semi-structured interviews and the analysis of specific technical documentation. The results of these analyses revealed problems of inefficiency in the current public use planning and management. In order to provide a solution to this problem, an HBIM Protocol was developed that enables public use to be planned and managed more efficiently. Two aspects of the HBIM Protocol, visitor management and heritage interpretation, were successfully implemented in the case study of the San Juan del Hospital ensemble in Valencia. Lastly, the applicability and usefulness of the protocol were evaluated with the collaboration of a panel of experts in the cultural management of the case study, in each area of public use and in BIM.

The results from implementing the HBIM protocol to the case study of the San Juan del Hospital complex in Valencia show for the first time that HBIM and, in particular, the *Revit* software package can be a useful tool for a more efficient analysis, planning and management of public visitation to heritage assets. This study shows that the capacity of HBIM to unify the information generated by the different stakeholders involved in the conservation of heritage facilitates the decision-making required to design the tourist itinerary, to manage the visitor flows and to determine the recreational carrying capacity in a more comprehensive manner. In addition, the virtual analysis of different alternatives that HBIM allows can anticipate and minimise the risks derived from an inappropriate management of visitation before it is actually implemented, thus reducing the time and cost to be invested, which results in a more sustainable management. These results have made it possible to identify future lines of research focused on achieving visitor flow management in real time by linking sensors or GPS devices to HBIM models, while also seeking to refine the HBIM Protocol by applying it to larger case studies.

# Resum

El major repte en la gestió de l'ús públic del patrimoni és establir una relació sostenible entre patrimoni i turisme, ja que l'accés públic, si bé promou l'interès social per la seua conservació, també representa un risc per a la preservació dels recursos.

La informació que generen els equips multidisciplinaris que intervenen en la gestió de l'ús públic generalment es troba incompleta, desactualitzada i poc coordinada. L'absència d'una font d'informació fiable genera nivells baixos d'eficiència en la gestió de l'ús públic, posant en risc la preservació dels recursos front a l'impacte dels visitants i reduint l'interès social per la seua conservació.

Heritage Building Information Modelling (HBIM) és un sistema de treball col·laboratiu on els agents involucrats comparteixen informació geomètrica, semàntica i documental de cada bé patrimonial de forma coordinada. HBIM es presenta com una oportunitat per a millorar l'eficiència de la gestió de l'ús públic del patrimoni.

Considerant el previsible creixement de l'ús d'HBIM en Espanya en un futur pròxim, l'objectiu d'esta investigació és desenvolupar, per primera vegada, un protocol HBIM que ajude als professionals a implementar HBIM per a planificar i gestionar més eficientment l'ús públic del patrimoni en els seus quatre àmbits: la conservació preventiva, la gestió de visitants, la interpretació del patrimoni i la divulgació del patrimoni.

El mètode d'investigació empleat és el Design Science Research (DSR en endavant) o investigació de les ciències del disseny. D'aquesta manera, l'estudi es va iniciar amb la revisió exhaustiva de la literatura científica relativa a l'ús de HBIM per a la gestió de l'ús públic del patrimoni, el que va permetre identificar la llacuna del coneixement actual en esta matèria. Per a analitzar la gestió actual de l'ús públic del patrimoni es van prendre tres casos d'estudi i es van recollir dades mitjançant la tècnica de l'entrevista semiestructurada i l'observació directa de la visita pública. L'anàlisi de la planificació dels quatre àmbits de l'ús públic es va realitzar a partir de les dades obtingudes mitjançant la tècnica de l'entrevista semiestructurada i l'anàlisi de documentació tècnica específica. Els resultats d'estos anàlisis van evidenciar problemes d'ineficàcia en la planificació i gestió de l'ús públic actual.

Amb la finalitat de donar una solució a este problema, es va desenvolupar un Protocol HBIM per a planificar i gestionar l'ús públic d'una manera més eficient. Dos dels aspectes del Protocol HBIM, la gestió de visitants i la interpretació del patrimoni, es van implementar satisfactòriament en el cas



d'estudi del conjunt de Sant Joan de l'Hospital de València. Per últim, es va avaluar l'aplicabilitat i utilitat del protocol amb un panell d'experts en la gestió cultural del cas d'estudi, en cada àmbit de l'ús públic i en BIM.

Els resultats de la implementació del protocol HBIM al cas d'estudi del conjunt de Sant Joan de l'Hospital de València, demostren per primera vegada que HBIM i, en particular, el software *Revit* pot ser una eina útil per a analitzar, planificar i també per a gestionar més eficientment les visites públiques dels béns patrimonials. Este estudi evidencia que la capacitat d'HBIM d'unificar la informació generada pels distints agents involucrats en la conservació del patrimoni facilita la presa de decisions per al disseny de l'itinerari turístic, la gestió del flux de visitants i la determinació de la capacitat de càrrega recreativa d'una manera més integral. A més, l'anàlisi virtual de les distintes alternatives que permet HBIM, pot anticipar i resoldre els riscos derivats d'una inapropiada gestió de la visita abans de la seua implementació, reduint així el temps i el cost invertits per a aconseguir una gestió més sostenible. Estos resultats han permès identificar futures línies d'investigació orientades a la gestió de visitants en temps real gràcies a la vinculació de sensors o dispositius GPS als models HBIM i encaminades a refinar el Protocol HBIM mitjançant la seua aplicació a casos majors d'estudi.

**1**

Introducción



# 1. Introducción

## 1.1. ANTECEDENTES

La memoria de esta tesis doctoral se ha llevado a cabo dentro del grupo de investigación “Building Information Modelling (BIM) y Patrimonio” dirigido por el Dr. arquitecto Jorge Luis García Valdecabres y del cual la autora ha formado parte desde el año 2014. Además, ha estado apoyada por el grupo de “Gestión turística del patrimonio natural y cultural” dirigido por la Dra. María José Viñals. Ambos grupos adscritos al Instituto de Restauración del Patrimonio (IRP) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

La participación en el proyecto de investigación competitivo “El diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del Patrimonio Arquitectónico” financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (García-Valdecabres *et al.*, 2016a), la docencia en HBIM impartida en los posgrados BIM de la Universitat Politècnica de València (UPV) y de la Universidad Europea de Valencia y los conocimientos adquiridos en el Máster de Conservación del Patrimonio Arquitectónico de la UPV, especialmente en relación con la visita pública interpretativa del patrimonio, motivaron el interés por desarrollar esta investigación, que se centra en la aplicación novedosa de HBIM para la gestión del uso público del patrimonio.

Por otro lado, gracias a la participación en el 6º Workshop Internacional “When Social Science meets Lean and BIM”, celebrado en el año 2018 en la Universidad de Huddersfield (Reino Unido), la autora tuvo la oportunidad de conocer la aplicación del método de investigación *Design Science Research* en otras investigaciones que proponían el uso de BIM y Lean para generar cambios en la industria de la construcción. Las sugerencias de algunos profesores de este workshop como Carlos Torres Formoso y Patricia Tzortzopoulos Fazenda y el análisis de bibliografía específica sobre este método de investigación, permitió verificar que el *Design Science Research* era el método más apropiado para la presente investigación.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El patrimonio, natural y cultural, material e inmaterial, está constituido por bienes heredados del pasado que debemos transmitir a las generaciones futuras por su valor social y por representar la identidad de las personas y de los pueblos, tal como establece la principal Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2014a). Además,

la protección y conservación del patrimonio cultural ha sido desde hace tiempo un importante desafío para todos los pueblos y naciones (ICOMOS, 1999).

En la Carta de Atenas (Sociedad de Naciones, 1931), se evidenciaba que la mejor garantía de la conservación de los monumentos venía del aprecio y del respeto del pueblo, y por ello recomendaba destinar los bienes patrimoniales a una función útil para la sociedad. En este sentido, otras cartas internacionales han confirmado esta recomendación y afirman que el uso público contribuye al mantenimiento del patrimonio, refuerza los vínculos entre la sociedad y el monumento, a la vez que promueve el interés social por su conservación (ICOMOS, 1993; ICOMOS, 1999). Por este motivo, la mayoría de los edificios patrimoniales suelen estar equipados para la visita pública.

Por otra parte, el aumento del nivel educativo de la sociedad, el acceso público generalizado al patrimonio y la puesta en valor de numerosos monumentos y sitios han favorecido la expansión del turismo cultural (García-Hernández, 2003). Tal es el caso de España, que alberga un rico patrimonio cultural situando a este país en el tercer lugar en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO en cuanto al número de bienes declarados<sup>[1]</sup>.

El turismo cultural, si bien promueve el interés social por la conservación del patrimonio, también representa un riesgo para la protección de los recursos patrimoniales. Por este motivo, desde la década de los años '90 del siglo XX se están desarrollando nuevas técnicas y herramientas para mejorar la gestión sostenible del binomio patrimonio-turismo desde cuatro aspectos: la conservación preventiva, la gestión de visitantes, la interpretación del patrimonio y la divulgación del patrimonio.

La gestión de visitantes es un proceso que persigue una doble finalidad: proteger los recursos patrimoniales del impacto dañino de los visitantes y, por otro lado, lograr la satisfacción de los mismos (Viñals *et al.*, 2017b). Con el fin de minimizar los riesgos provocados por el uso público y así evitar la pérdida o degradación de los recursos y la necesidad de aplicar costosos tratamientos en su restauración, diversos organismos recomiendan el uso de la conservación preventiva (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015a; ICCROM y Canadian Conservation Institute, 2016). Además, la Carta Internacional sobre Turismo Cultural (ICOMOS, 1999) subraya la importancia de promover el acceso intelectual y emocional al patrimonio por parte del público general y transmitir sus valores más significativos a través de los programas de interpretación, con el fin de que el público desarrolle actitudes de respeto y aprecio por el patrimonio (Tilden, 1957; Ham, 1983; Morales, 2008). Es importante recordar también la labor que desempeñan los medios de divulgación para facilitar el entendimiento de la complejidad de la arquitectura patrimonial. De este modo, hay que considerar que el relato interpretativo puede ser transmitido a través de medios personales y medios materiales por ser importantes vectores de la comunicación estratégica

---

[1] <https://whc.unesco.org/es/list> [Consulta: 11 septiembre 2019]

del sitio (Alonso-Monasterio, 2013).

Los proyectos patrimoniales se llevan a cabo por equipos multidisciplinares (arquitectos conservadores, arqueólogos, historiadores, gestores culturales, técnicos en conservación preventiva, expertos en interpretación del patrimonio, diseñadores gráficos, etc.) que desarrollan e interpretan una variada información del edificio histórico (levantamientos gráficos, estudios históricos y arqueológicos, planes de conservación preventiva, programas de interpretación, etc.).

La comprensión de esta información por los distintos agentes involucrados resulta fundamental para entender el valor y significado del bien patrimonial y tomar las decisiones más acertadas para las acciones de intervención, mantenimiento y gestión (British Standards Institution, 2013). Por ello, siguiendo las recomendaciones de la UNESCO (2014b) se aconseja que el equipo multidisciplinar que interviene en el patrimonio trabaje de manera coordinada compartiendo entre sí la información del bien patrimonial con una visión integral de las actuaciones.

Sin embargo, tal como señala Historic England (2017) y Arayaci *et al.* (2017), generalmente la información del bien patrimonial se encuentra dispersa (en distintos repositorios y archivos físicos), incompleta, descoordinada y desactualizada. En muchos casos, no existe una fuente de información fiable sobre el bien patrimonial, lo cual puede conducir a errores que afecten negativamente en la conservación del edificio y generar problemas de ineficiencia a lo largo de todo su ciclo de vida (Angulo, 2012; Arayaci *et al.*, 2017).

En relación con el uso público, la dispersión de la información de los agentes involucrados, puede plantear problemas en la transmisión del significado del patrimonio a los visitantes y reducir el interés social por su conservación. Además, la gestión inadecuada de los visitantes puede aumentar los riesgos de pérdida de los recursos patrimoniales y provocar una gestión menos sostenible del bien.

Sobre este tema, Historic England (2017) indica que uno de los factores responsables de la ineficiencia, los costes adicionales y los retrasos en el sector de la construcción es la deficiente información de la construcción (incompleta, imprecisa o ambigua).

Según esta institución, la metodología Building Information Modelling (BIM) ofrece un marco para una mejor gestión de la información de la construcción a través de la integración de tecnologías digitales y procesos de trabajo colaborativos multidisciplinares que permiten disponer de una fuente de información fiable que se utiliza como base para la toma de decisiones. Los procesos BIM permiten métodos más eficientes para diseñar y entregar activos de nueva construcción y mantener los activos construidos durante todo su ciclo de vida.

Del mismo modo, con el fin de dar una solución a la problemática del bajo nivel de eficiencia en la gestión tradicional de la información del patrimonio, diversas organizaciones e investigadores (Maxwell, 2016; Dore y

Murphy, 2017) proponen el uso BIM para los bienes patrimoniales, denominado con el término de Heritage o Historic Building Information Modelling (HBIM en adelante).

HBIM ha demostrado que puede mejorar la eficiencia de la gestión de la información del patrimonio (Parisi *et al.*, 2019) ya que permite centralizar en un repositorio común la información geométrica, semántica y documental de los bienes patrimoniales procedentes de todas las disciplinas involucradas, facilita el trabajo colaborativo y el intercambio de información coordinada entre equipos multidisciplinares (Hawas y Marzouk, 2017).

En la revisión de la literatura científica existen evidencias de que HBIM puede ayudar a documentar el edificio existente, su evolución constructiva, los hallazgos arqueológicos y los hechos históricos (Hegazy, 2017; García-Valldecabres *et al.*, 2018; Casu y Pisu, 2019). Bruno *et al.* (2018) consideran que el registro de las patologías de los bienes patrimoniales y la monitorización de su evolución con HBIM, pueden aportar grandes beneficios para la planificación de las labores de intervención. Además, tal como apuntan Lo Turco *et al.* (2016), HBIM puede ayudar a gestionar el patrimonio cultural, las tareas de mantenimiento (Fassi *et al.*, 2016) y la divulgación cultural (Brumana *et al.*, 2013). Sin embargo, podemos afirmar que sólo unos pocos estudios se han centrado en la aplicación de HBIM para el uso público del patrimonio y no se han encontrado protocolos HBIM específicos para esta finalidad.

En base a las capacidades de HBIM anteriormente expuestas y la identificación de esta laguna en el conocimiento actual, HBIM se presenta como una oportunidad para mejorar la eficiencia de la gestión del uso público del patrimonio arquitectónico.

### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Ante la previsión de que HBIM sea cada vez más utilizado, incluso pueda llegar a exigirse en España en un futuro cercano para gestionar el uso público del patrimonio arquitectónico, esta investigación propone como objetivo principal desarrollar un protocolo HBIM que ayude a los profesionales del sector a implementar HBIM para esta finalidad.

Para alcanzar el objetivo principal se propone la consecución de los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar las dificultades de la gestión actual del uso público del patrimonio.
2. Identificar las aportaciones y la laguna en el conocimiento actual sobre esta potencialidad de HBIM.
3. Comprender el problema del bajo nivel de eficiencia en la planificación y gestión actual del uso público del patrimonio.

4. Definir el Protocolo HBIM para la planificación y gestión del uso público del patrimonio (V1) y (V2).
5. Implementar el Protocolo HBIM (V2) a un caso de estudio.
6. Evaluar la aplicabilidad y utilidad del Protocolo HBIM (V2) con un panel de expertos.
7. Desarrollar la versión definitiva del Protocolo HBIM (V3).

#### 1.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance del resultado principal de la investigación, el protocolo HBIM, abarca los cuatro ámbitos del uso público del patrimonio: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación del patrimonio.

Sin embargo, considerando el tiempo y recursos limitados para el desarrollo de esta tesis doctoral, la implementación del protocolo se ha limitado a un caso de estudio y se ha centrado en dos aspectos del uso público, la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio, por ser los dos únicos aspectos del uso público que la literatura científica precedente no había explorado.

#### 1.5. BREVE DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación adoptado para este estudio es el *Design Science Research* (DSR) o investigación de las Ciencias del Diseño.

Este método de investigación se ha considerado el más apropiado por tres motivos fundamentales:

1. La investigación se enmarca en las ciencias artificiales, también denominadas Ciencias del Diseño.
2. El objetivo principal de la investigación es desarrollar un artefacto (Protocolo HBIM) para solucionar el problema de la baja eficiencia en la planificación y gestión actual del uso público del patrimonio.
3. El tipo de investigación es prescriptiva, ya que el protocolo guiará y ayudará a los profesionales a implementar HBIM para esta finalidad.

El diseño de la investigación planteado para esta tesis ha seguido las cinco etapas sugeridas por Vaishnavi *et al.* (2004), Holmström *et al.* (2009), Chaves *et al.* (2016) para desarrollar una investigación en base al DSR: 1. Identificar el problema, 2. Comprender el problema, 3. Desarrollar una solución, 4. Implementar la solución y 5. Evaluar la solución.

Las técnicas de investigación que se han empleado incluyen el análisis documental, casos de estudio, entrevistas semiestructuradas, grupos de discusión y encuestas.



## 1.6. ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente trabajo se estructura en 10 capítulos: 1. Introducción, 2. Marco conceptual, 3. Estado de la cuestión, 4. Metodología de la investigación, 5. Resultados y Discusión, 6. Conclusiones, 7. Referencias, 8. Anexos, 9. Listado de acrónimos y 10. Índice de figuras.

En el capítulo de Introducción se exponen los antecedentes, la justificación de la investigación, los objetivos, el alcance de la investigación, un breve resumen del método de investigación y la estructura general del documento.

El capítulo del Marco conceptual analiza los ámbitos de estudio que se manejan en la investigación: la dimensión social de la conservación del patrimonio arquitectónico y el sistema Building Information Modelling (BIM).

El capítulo del Estado de la cuestión está dedicado a desarrollar la revisión de la literatura científica en materia de HBIM, particularmente en el uso de HBIM para la gestión del uso público del patrimonio. Este análisis, ha permitido conocer las aportaciones de los estudios previos, identificar las lagunas en el conocimiento actual en este ámbito y establecer el punto de partida de la investigación.

El capítulo de Metodología de la investigación define y justifica el método de investigación empleado, describe el diseño de la investigación y detalla la metodología y las técnicas empleadas para desarrollar cada etapa de la investigación.

El capítulo de Resultados y Discusión recoge el resultado principal de esta investigación, el Protocolo HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio (V3) y los siguientes resultados parciales:

1. Identificación de las dificultades actuales de la planificación y gestión del uso público del patrimonio e identificación de las potencialidades de HBIM para mejorar su eficiencia.
2. Desarrollo de la versión 1 del Protocolo HBIM (V1) y evaluación por parte de un panel de expertos.
3. Desarrollo de la versión 2 del Protocolo HBIM (V2), implementación práctica de la (V2) al caso de estudio del conjunto de San Juan de Hospital de València y evaluación de la (V2) por parte de un panel de expertos.

Cada resultado parcial va seguido de la discusión de ese resultado.

El apartado de Conclusiones refleja el cumplimiento de los objetivos, destaca las contribuciones de la investigación, señala las recomendaciones prácticas, informa sobre las limitaciones que se han encontrado a lo largo de la investigación y propone las futuras líneas de investigación.

El apartado de Referencias presenta un listado con la bibliografía citada a lo largo de la tesis.

En los Anexos se encuentra, el formulario de consentimiento de las entrevistas, el fichero para la recogida de datos y las preguntas de las entrevistas.

tas semiestructuradas, el cuestionario de la evaluación del Protocolo HBIM para la planificación y gestión del uso público y el listado de las personas que han participado en las entrevistas y en las sucesivas evaluaciones del Protocolo HBIM.

Al final del documento se incluye el listado de acrónimos empleados y el índice de las figuras que contiene.



2

Marco conceptual



## 2. Marco conceptual

El objetivo de este capítulo es analizar los ámbitos de estudio que se manejan en esta investigación: la dimensión social de la conservación del patrimonio y Building Information Modelling (BIM).

El capítulo se compone de dos partes:

### 1. La conservación del patrimonio desde su dimensión técnica, legal y social

Las dos primeras dimensiones, la técnica y la legal se han abordado desde un punto de vista general como base para enmarcar la dimensión social de la conservación del patrimonio y, más en concreto, la visita pública interpretativa, como aspecto principal de esta investigación.

La discusión de este apartado trata de dar respuesta a estas cuestiones:

¿La gestión actual de la información de los bienes patrimoniales y en concreto de su uso público es eficiente?

¿Podrían otros sistemas de gestión de la información aumentar su eficiencia?

### 2. Building Information Modelling (BIM)

De la misma manera que BIM ha mejorado la eficiencia del sector de la construcción, este sistema se propone como solución para gestionar de manera más eficiente la información de los bienes patrimoniales.

Como paso previo al capítulo del estado de la cuestión que se centra en la aplicación de HBIM para el uso público del patrimonio, este capítulo se centra en los conceptos BIM que se tratarán a lo largo de la tesis. También se ha considerado imprescindible conocer los documentos directrices precedentes (normas, guías y protocolos BIM) que se han desarrollado para ayudar al sector de la construcción a adoptar el uso de BIM. Esta información ha sido clave para desarrollar el resultado de esta investigación, el Protocolo HBIM para la planificación y gestión del uso público de los bienes patrimoniales.

## 2.1. CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO en adelante) define el término patrimonio, entendido en su totalidad -natural y cultural, material e inmaterial- como los bienes heredados del pasado que deseamos transmitir a las generaciones futuras por su valor social y porque encarnan la identidad y la pertenencia (2014a).

La protección del patrimonio natural surgió a finales del siglo XIX, en Estados Unidos con la declaración de los Parques Nacionales, siendo el Parque Nacional de Yellowstone, el primero en recibir esta denominación. España fue uno de los países pioneros en Europa en la protección del patrimonio natural. La Montaña de Covadonga y el Valle de Ordesa (figura 1) recibieron la declaración de Parque Nacional en 1918, bajo la primera Ley de Parques Nacionales de España, que perseguía conservar y proteger la riqueza excepcional de su fauna y su flora (Ministerio de Fomento de España, 1918).

El Documento de Nara sobre la Autenticidad (ICOMOS, 1994) señala que el patrimonio cultural es una fuente irremplazable de riqueza espiritual e intelectual para toda la humanidad, por tanto, su protección debe promoverse activamente como un aspecto esencial del desarrollo humano.

En relación con la protección del patrimonio cultural, hay que comentar que la propia UNESCO se crea en 1945 tras finalizar la Segunda Guerra Mundial con el objetivo de establecer la paz mediante la cooperación internacional en materia de educación, ciencia y cultura. Así, la UNESCO, profundamente convencida de que la cultura es un elemento impulsor de la paz y del desarrollo sostenible de las naciones, presentó en 1954 la primera Convención para la Protección de los Bienes Culturales en caso de Conflicto

Figura 1. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, 2018  
(Fuente: propia)





Armado y Reglamento para la aplicación de la Convención 1954<sup>[1]</sup> seguida de otras, como la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial 2003<sup>[2]</sup>.

En relación con la conservación del patrimonio cultural inmueble, Esteban-Chaparría y García Cuetos (2007) señalan que el interés y sensibilidad por conservar la arquitectura patrimonial se empezó a gestar a mitad del siglo XIX. Este siglo estuvo marcado por dos hechos opuestos, la pérdida de gran parte del patrimonio arquitectónico de las ciudades europeas, debido a la ejecución de los *Planes de Reforma Interior* que reflejaban los deseos de modernización y progreso de la burguesía de aquella época y por otro lado, el comienzo de la idea de identidad y de herencia ligada a los antepasados, que permitió proteger los monumentos más representativos de la identidad colectiva.

Diversos autores han establecido la fecha de 1926 como el inicio de la moderna tutela de los monumentos de España, ya que en este momento confluyeron diferentes factores intelectuales, sociales y políticos. Por un lado, fue fundamental la labor que desempeñaron en la protección y restauración monumental los historiadores como Elías Tormo y Manuel Gómez-Moreno y los arquitectos conservadores de Zona como Alejandro Ferrant (figura 2). También en esta época se aprobó la primera medida legal de conservación monumental en España, la Ley sobre la Conservación de la Riqueza Artística Nacional (Presidencia del Consejo de Ministros, 1926) que perseguía dos objetivos principales: evitar la pérdida y expolio del patrimonio nacional y procurar su disfrute social por parte de propios y extraños.

Desde la aparición de estas primeras medidas de protección del patrimonio, la sensibilidad y conciencia por su conservación no ha hecho más que ir en aumento.



Figura 2. Gómez-Moreno y el arquitecto conservador de la zona 1, Alejandro Ferrant en la Cámara Santa de la Catedral de Oviedo, 1934 (Fuente: BV. AAFV)

[1] [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=13637&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13637&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html) [Consulta: 11 septiembre 2019]

[2] [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=17716&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=17716&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html) [Consulta: 11 septiembre 2019]



Centrándonos en la protección del patrimonio cultural, disciplina general en la que se enmarca esta investigación, a la UNESCO le siguieron nuevas instituciones para la protección y salvaguardia del patrimonio cultural a nivel mundial y nacional como el Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM), el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) y, en nuestro país, el Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE en adelante).

El ICCROM fue fundado en el año 1956 con el objetivo de preservar el patrimonio cultural a nivel mundial a través de programas de formación, investigación, cooperación y sensibilización pública con respecto a su importancia y fragilidad (ICCROM, 2018).

Por otro lado, ICOMOS fundado en 1965, ligado a la Organización de Naciones Unidas a través de la UNESCO, es la asociación responsable de proponer los bienes Patrimonio Cultural de la Humanidad y su principal misión es promover la teoría, metodología y nuevas tecnologías aplicadas a la conservación, protección y valorización de monumentos y sitios de interés cultural<sup>[3]</sup>.

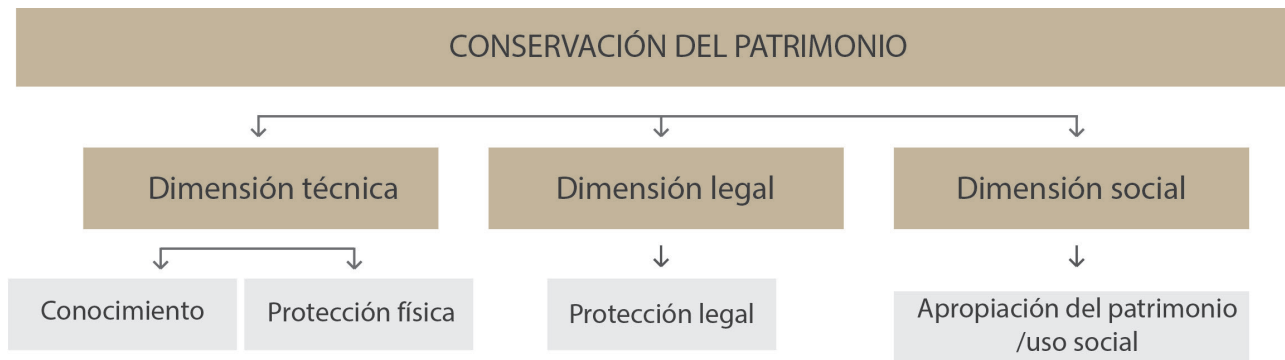
El IPCE es una entidad dependiente del Ministerio de Cultura y Deporte de España. Fue fundado en 1985 con el objetivo de investigar, conservar y restaurar los bienes que conforman el Patrimonio Cultural de España, después de que las competencias sobre el patrimonio fueron transferidas a las Comunidades Autónomas. El IPCE ha definido e implantado diversos Planes Nacionales siendo el primero, el Plan Nacional de Catedrales (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015b) al que le siguieron el Plan de Arquitectura Defensiva, el de Paisaje Cultural y el de Patrimonio Industrial, entre otros. También ha elaborado criterios de intervención y desarrollado protocolos de actuación como la Carta de Baños de la Encina para la Conservación de la Arquitectura Defensiva en España (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2006) o la Carta del Bierzo para la Conservación del Patrimonio Industrial Minero (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2009), entre otros.

Todas estas instituciones han desarrollado documentos de buenas prácticas para la conservación del patrimonio, como cartas y convenciones internacionales, guías y planes nacionales. Estos documentos facilitan a los profesionales y a los organismos competentes en materia de conservación la toma de decisiones en base a las teorías y políticas de conservación acordadas por todos.

Así, podemos encontrar la *Guía para el Registro de Edificios Históricos* (ICOMOS, 1990), y las ya mencionadas, *Carta Internacional sobre Turismo Cultural* (ICOMOS, 1999) o el *Plan Nacional de Catedrales* (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015b), entre otros.

---

[3] <http://www.icomos.es/> [Consulta: 03 octubre 2018]



Dentro de este marco político y teórico, la conservación del patrimonio se puede abordar desde una dimensión técnica, legal y social (figura 3).

Figura 3. Dimensiones de la conservación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

La dimensión técnica de la conservación del patrimonio es el conjunto de acciones que desarrollan los diversos profesionales en materia de conservación para conocer y proteger físicamente los recursos culturales. La dimensión legal permite que se apliquen especiales medidas legales para la protección y salvaguardia de los bienes. La dimensión social trata de que el público se apropie y sienta como suyo el patrimonio gracias a facilitar el conocimiento y el acceso público a los ciudadanos con el fin de promover el interés social por la conservación del patrimonio.

Este marco político, técnico, legal y social actual en materia de conservación del patrimonio reúne las condiciones adecuadas para alcanzar una apropiada conservación del patrimonio arquitectónico.

Sin embargo, recientemente diversas instituciones e investigadores en materia de conservación del patrimonio (Maxwell, 2016; Baik y Boehm, 2017; Dore y Murphy, 2017) han evidenciado que la información de los bienes patrimoniales se encuentra generalmente dispersa y desactualizada y esto dificulta la gestión eficiente de la conservación del patrimonio arquitectónico a lo largo de todo su ciclo de vida. Con el fin de dar una respuesta a este problema, se están buscando nuevos sistemas de gestión de la información más eficientes.

### 2.1.1. DIMENSIONES DE LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

Este apartado trata de analizar específicamente la dimensión social de la conservación del patrimonio, por tratarse del marco de estudio de esta investigación. No obstante, se ha considerado adecuado analizar previamente y de manera más general, la dimensión técnica y la dimensión legal, dado que la conservación del patrimonio es un proceso secuencial, en el que no es posible facilitar el acceso a los ciudadanos para promover el interés social por su conservación (dimensión social) sin previamente conocer, restaurar y acondicionar los bienes patrimoniales para su uso (dimensión técnica) y aplicar las medidas legales que garanticen su protección (dimensión legal).

### 2.1.1.1. DIMENSIÓN TÉCNICA

El conocimiento y la protección física de los bienes culturales forman parte de la dimensión técnica de la conservación de patrimonio.

#### CONOCIMIENTO DEL PATRIMONIO

El conocimiento y la comprensión integral de la construcción histórica (Lo Turco *et al.*, 2017), no sólo de su realidad física sino también de su historia y significado (Almagro-Gorbea, 2004), es la primera medida de protección y conservación.

Siguiendo las directrices de la *Carta del Levantamiento Arquitectónico* (Almagro-Vidal, 2000), con el fin de alcanzar el conocimiento de la arquitectura histórica y evidenciar sus valores, resulta imprescindible llevar a cabo un proyecto de levantamiento arquitectónico. Ya la Carta del Restauo de 1972 (Ministerio de Instrucción Pública de Italia, 1972) recomendaba realizar un estudio atento del monumento como paso previo a la redacción del proyecto de restauración.

El proyecto de un completo levantamiento incluye los aspectos planimétricos y fotográficos y otra documentación como datos históricos, estudios arqueológicos y estudios sobre el significado histórico, artístico y socio-cultural que permitan documentar, analizar e interpretar la obra actual y sus fases de transformación (ICOMOS, 2000).

El estudio arquitectónico debe considerar aspectos como el contexto territorial, el tejido urbano, la tipología, la apariencia y cualidades formales, los sistemas constructivos, los trazados reguladores, las condiciones de estabilidad, etc., tanto de la obra original como de los posibles añadidos.

Durante los últimos años, han aparecido nuevos instrumentos y nuevas técnicas de toma de datos para el levantamiento de la arquitectura histórica. Este avance técnico, ha permitido pasar del levantamiento directo tradicional realizado a partir de instrumentos como la cinta métrica, la plomada, el distanciómetro láser, etc. al levantamiento digital realizado a partir del escáner láser o la técnica de la fotogrametría.

La integración de estas nuevas técnicas están permitiendo obtener representaciones más precisas de la arquitectura histórica (figura 4) a través de los modelos 3D de nubes de puntos (Cabeza *et al.*, 2014; Máñez y Garfella, 2016; Vidal-Lorenzo *et al.*, 2017; Rubio *et al.*, 2018; Agustín-Hernández *et al.*, 2018), fotomodelos 3D (Rodríguez-Navarro y Cabezos-Bernal, 2014), y modelos 3D de mallas poligonales (Merlo y Aliperta, 2015). Los modelos de información HBIM permiten incorporar a la información geométrica del modelo digital además información no geométrica y documentación (Pinto-Puerto y Guerrero-Vega, 2015). Este compendio de información resulta sumamente valioso como registro documental (ICOMOS, 1996) para abordar posteriores tareas de investigación e intervención, así como para iniciar el proceso administrativo para su protección legal.



Figura 4. Nube de puntos “coloreada” y ortoimagen de la fachada de la iglesia de la Merced de Panamá (Fuente: Rubio *et al.*, 2018)

En España, los bienes patrimoniales sujetos a los Planes Nacionales deben elaborar un Plan Director previamente a la fase de intervención. Los Planes Nacionales son instrumentos de gestión del patrimonio español cuyo objetivo es desarrollar criterios y métodos compartidos de protección, restauración y difusión de los bienes de especial significación cultural, como las catedrales, la arquitectura defensiva, la arquitectura tradicional y el patrimonio industrial, entre otros<sup>[4]</sup>. La finalidad del Plan Director<sup>[5]</sup> es lograr el mayor conocimiento del bien desde todas las ópticas posibles, establecer un diagnóstico, y coordinar y priorizar adecuadamente las acciones que se deben desarrollar para su mejor conservación. Este documento, redactado por un equipo multidisciplinar compuesto por arquitectos, historiadores, restauradores, etc. contempla no solo aspectos arquitectónicos de los inmuebles, sino, también de los valores de su patrimonio mueble, inmaterial, documental, paisajístico, cultural, etc. El Plan Director establece la necesidad de realizar estudios o análisis previos a la intervención (históricos, arqueológicos, artísticos, funcionales, materiales, jurídicos, económicos, etc.). También en el Plan Director se establece el Plan de Intervenciones y el Plan de Conservación Preventiva y Plan de Mantenimiento. La finalidad del Plan de Intervenciones es planificar las intervenciones por etapas, valorarlas económicamente y establecer un orden de prioridad (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015c). El Plan de Conservación Preventiva y Plan de Mantenimiento periódico tratan de evitar la pérdida del recurso patrimonial o la necesidad de aplicar costosos tratamientos de intervención (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2006).

Tal como señala Vela (2015), los métodos de investigación arqueológica han estado presentes de manera habitual en la intervención arquitectónica y forman parte de todas las acciones relacionadas con la protección de los valores culturales. En este sentido, Quirós (2002) afirma que la Arqueología de la Arquitectura no es sólo un instrumento para conocer la historia del

[4] <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/que-son.html> [Consulta: 02 octubre 2019]

[5] <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/investigacion/conservacion-bienes-culturales/planes-directores.html> [Consulta: 03 octubre 2019]

edificio, sino una disciplina arqueológica que persigue el conocimiento de la sociedad a través de la arquitectura. Caballero-Zoreda (2004) añade a esto que, dado que la finalidad de la Arqueología de la Arquitectura es documentar el bien patrimonial para la investigación y la restauración, este análisis debe hacerse previamente a la intervención.

Además, el análisis de las cartografías históricas, como primera fuente de información, facilita los estudios sobre la evolución de la morfología urbana (Sancho *et al.*, 2017).

En muchas ocasiones resulta imprescindible realizar también estudios de policromías en portadas, esculturas, bóvedas y paramentos arquitectónicos con el fin de conocer con exactitud la evolución de la policromía a través de los siglos (Fundación Catedral Santa María, 2009).

Los bienes materiales pueden tener asociados una serie de valores culturales inmateriales: religiosos, históricos, simbólicos, emocionales y sensoriales, que están relacionados con las prácticas rituales, tradiciones y actividades artesanales y funcionales que se desarrollan en él. Estos valores inmateriales dan significado al recurso o espacio patrimonial y deben ser analizados, protegidos y transmitidos a las futuras generaciones como parte de él (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2012).

#### PROTECCIÓN FÍSICA DEL PATRIMONIO

La Carta de Cracovia (ICOMOS, 2000) señala que la conservación del patrimonio puede llevarse a cabo mediante dos estrategias de intervención: la restauración y el mantenimiento.

Las acciones de restauración del patrimonio en sí mismas se han desarrollado en base a diferentes ideologías y teorías. En el siglo XIX, la restauración buscaba la recuperación de la idealización del monumento, siguiendo principalmente criterios estéticos (Noguera, 2002). A finales del siglo XX, según este mismo autor, el concepto de restauración evita la congelación en el tiempo y se engloba dentro de la conservación “activa”, entendida como un *“conjunto de acciones emprendidas sobre el patrimonio -dentro de un proyecto común- que tiene como objetivo el enriquecimiento de la memoria colectiva, el reconocimiento de su autenticidad y de sus valores cambiantes, y su apropiación por la comunidad”*.

La Carta de Atenas (Sociedad de Naciones, 1931) estableció por primera vez los principios básicos sobre las prácticas de conservación en monumentos históricos. Posteriormente, la Carta del Restauo de 1932 (Consejo Superior de Antigüedades y Bellas Artes de Italia, 1932) recoge los criterios de la restauración científica cuyos máximos defensores fueron Gustavo Giovannoni y Camilo Boito. La Carta de Venecia (ICOMOS, 1964) contempla la conservación de los sitios y elementos más modestos, destaca la necesidad del mantenimiento continuado, se opone a las reconstrucciones en estilo y profundiza en distinguir las aportaciones para asegurar la autenticidad de los vestigios originales. La Carta del Restauo de 1972 (Ministerio de Instrucción Pública de Italia, 1972), redactada a partir de un programa definido por

Cesare Brandi y otros historiadores, describe los criterios y terminología admitidos por todos.

Hay que recordar que gran parte de los principios recogidos en estas cartas internacionales siguen vigentes en la actualidad como el principio de la conservación de todas las fases, la mínima intervención, la reversibilidad y la autenticidad.

Según la Carta de Cracovia (ICOMOS, 2000) el proyecto de restauración se realizará a partir del conocimiento profundo del edificio y de su emplazamiento. La intervención propuesta en el proyecto de restauración debe respetar la función original del inmueble o proponer un uso apropiado, compatible con el espacio y el significado. Además, debe proponer el empleo de técnicas de conservación compatibles con los materiales y estructuras existentes, que respeten y revaloricen sus valores. También menciona que forma parte del proyecto de restauración el estudio específico sobre la decoración arquitectónica, esculturas y elementos artísticos y la estrategia de conservación a largo plazo.

De cualquier manera, un hecho común a todas las cartas es que el proyecto de restauración debe realizarse por un equipo multidisciplinar de profesionales y dirigido por una persona cualificada y bien formada en la conservación y restauración.

En el ámbito estatal español, los proyectos de restauración deben desarrollarse siguiendo los principios establecidos en las cartas internacionales de restauración, los planes nacionales cuando sean de aplicación y los criterios de restauración desarrollados por el IPCE. En este sentido, la Carta de Baños de la Encina (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2006) recomienda que toda propuesta de intervención vaya acompañada además de un programa de conservación preventiva y de mantenimiento, como estrategia de conservación más sostenible (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015a).

### 2.1.1.2. DIMENSIÓN LEGAL

Las figuras legales permiten que se apliquen especiales medidas de protección y fomento de los bienes patrimoniales declarados. Existen diferentes niveles de protección en base al valor (universal, nacional o local) que se le reconoce, que corresponden con distintas categorías legales.

A nivel internacional, los bienes naturales y culturales a los que la comunidad internacional reconocen un valor excepcional y universal suelen formar parte de la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO si así es solicitado por el estado miembro en donde se encuentra el bien. ICOMOS es la institución responsable de evaluar las candidaturas para que un bien sea declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad. La Convención del Patrimonio Mundial por la que se estableció la Lista del Patrimonio Mundial se originó a raíz de la Campaña Internacional para la salvaguardia de los monumentos



egipcios de Nubia<sup>[6]</sup>. Los bienes incluidos en esta Lista están considerados los más importantes de nuestro planeta y, por tanto, la misión de cada uno de los estados miembro de la Convención del Patrimonio Mundial es identificarlos y velar por la protección, conservación, rehabilitación y transmisión a las futuras generaciones de los bienes situados en su territorio (UNESCO, 1972).

Europa dispone de una gran riqueza patrimonial; en el año 2018 contaba con 453 sitios declarados Patrimonio Mundial, siendo España el tercer país con mayor número de bienes declarados en esta categoría a nivel mundial tras Italia y China (Comisión Europea, 2018).

Algunos de los bienes de España que se encuentran inscritos en la Lista de Patrimonio Cultural de la Humanidad son la Lonja de la seda de València (figura 5) y el Flamenco, inscrito en el año 2010 en la Lista de Patrimonio de Cultural Inmaterial de la Humanidad<sup>[7]</sup>.



Figura 5. La Lonja de la seda de València, 2019  
(Fuente: propia)

[6] <http://whc.unesco.org/es/actividades/172/> [Consulta: 12 septiembre 2019]

[7] <https://ich.unesco.org/es/RL/el-flamenco-00363> [Consulta: 12 septiembre 2019]

En el ámbito nacional, la Ley del Patrimonio Histórico Español 16/1985 (Jefatura del Estado, 1985) busca proteger, acrecentar y transmitir a las generaciones futuras los bienes que integran el Patrimonio Histórico Español. Hay que mencionar que las medidas legales de protección y fomento de los bienes patrimoniales no se aplican de un modo uniforme a todos los bienes; esta Ley establece diferentes niveles de protección que corresponden con distintas categorías legales. La categoría más genérica es Patrimonio Histórico Español, constituido por los bienes con valor histórico, artístico, científico o técnico de España. La categoría de Bien de Interés Cultural (BIC en adelante) es la que otorga una mayor protección y tutela a los bienes. Por último, los bienes no declarados de interés cultural que tienen una singular relevancia, deben estar inscritos en el Inventario General.

La Administración del Estado tiene la responsabilidad de promover el enriquecimiento del Patrimonio, fomentar y tutelar el acceso de todos los ciudadanos a los bienes que conforman el Patrimonio Histórico Español, adscritos a servicios públicos gestionados por la Administración del Estado o que forman parte del Patrimonio Nacional. Según esta Ley, es también competencia de la Administración del Estado defender los bienes del Patrimonio Histórico Español frente a la exportación ilícita y la expoliación.

Desde que las competencias en materia de conservación del Patrimonio Histórico Español fueron transferidas a las Comunidades Autónomas, los organismos competentes de cada Comunidad Autónoma han asumido la protección del Patrimonio Histórico de su ámbito geográfico a través de su propia legislación.

En el caso de la Comunidad Valenciana, la Ley del patrimonio cultural valenciano (Generalitat Valenciana, 1998) establece que la Generalitat tiene la competencia exclusiva sobre la protección del patrimonio cultural valenciano que no sea de propiedad estatal ni de Patrimonio Nacional. Esta Ley propone diferentes niveles de protección que corresponden con distintas categorías legales. La categoría de Bien de Interés Cultural Valenciano es la que tiene mayor protección y tutela y por debajo de ella, se encuentra la categoría de Bien Inmueble de Relevancia Local (BRL) y otros Bienes inventariados. Todos estos bienes se encuentran inscritos en el Inventario General del Patrimonio Cultural Valenciano, siendo éste un instrumento de protección de sus valores.

Por último, está Patrimonio Nacional<sup>[8]</sup> que es el organismo responsable de los bienes de titularidad del Estado que provienen del legado de la Corona española.

---

[8] <http://www.patrimonionacional.es/la-institucion/presentacion> [Consulta: 16 julio 2018]



### 2.1.1.3. DIMENSIÓN SOCIAL

La Ley del Patrimonio Histórico Español 13/1985 afirma que los bienes se han convertido en patrimoniales debido exclusivamente a la acción social que cumplen y al valor que les han conferido los propios ciudadanos. Por este mismo motivo, la Carta de Atenas (Sociedad de Naciones, 1931) recomienda destinarlos a una función útil para la sociedad, ya que la mejor garantía de la conservación de los monumentos viene del afecto y respeto del pueblo hacia su patrimonio.

Sobre este tema, Galiano, *et al.* (2017) en un artículo publicado recientemente revisan los estudios de algunos urbanistas como Lynch (1960), Reijndorp y Maarten (2001) y De Bois y Buurmans (2007), los cuales evalúan el importante papel que juegan los edificios históricos en la ciudad y en la vida de las personas. También Noguera (2002) señala que desde la divulgación de la Carta de Venecia, en aras a la conservación del patrimonio, resulta necesario destinar los bienes patrimoniales a un uso social, ya que los auténticos protagonistas y receptores del patrimonio son las personas que se emocionan con su conocimiento y contemplación.

Asimismo, la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural (UNESCO, 1972) establece que los estados miembro procurarán destinar el patrimonio cultural y natural a una función colectiva para garantizar una protección y conservación eficaz y revalorizar lo más activamente posible los bienes que lo integran.

En esta línea de pensamiento, hay que mencionar que entre los objetivos principales de la Ley de Patrimonio Cultural Valenciano (Generalitat Valenciana, 1998), está el de destinar los bienes del patrimonio cultural a usos activos adecuados a su naturaleza y lograr el aprecio general del patrimonio cultural, a través de la educación y la información, como medio más eficaz de asegurar la colaboración social en su protección y conservación. Por ello, todas las medidas de protección y fomento que establece la Ley nacional de patrimonio y la *Ley valenciana* van dirigidas a garantizar el acceso de los ciudadanos a los bienes que integran nuestro Patrimonio Histórico, para dar cumplimiento a la *Constitución Española* (Cortes Generales, 1978)<sup>[9]</sup> que señala que el acceso a la cultura es un derecho de todos los españoles (Art. 44).

Incluso la Carta Internacional sobre Turismo Cultural (ICOMOS, 1999) señala que el objetivo fundamental de la gestión del patrimonio consiste en comunicar el significado de los bienes patrimoniales y la necesidad de conservarlos tanto a la comunidad anfitriona como a los visitantes, a través del acceso físico, intelectual y/o emotivo, los cuales constituyen al mismo tiempo un derecho y un privilegio de los ciudadanos.

Por ello, una vez se han aplicado las acciones necesarias para lograr el conocimiento, la protección física y la protección legal de los bienes patrimo-

---

[9] Boletín Oficial del Estado, 29 de diciembre de 1978, núm. 311, pp. 29313 a 29424

niales, las Normas de Quito (UNESCO, 1967) recomiendan desarrollar acciones de puesta en valor para destacar sus valores y destinarlos, en la medida de lo posible, a un uso social, como medio más eficaz de alcanzar el aprecio y respeto de los ciudadanos por el patrimonio y asegurar la colaboración social en su protección y conservación.

A esta forma de abordar la conservación del patrimonio, se le conoce como la “dimensión social” de la conservación del patrimonio, disciplina en la que se enmarca esta investigación.

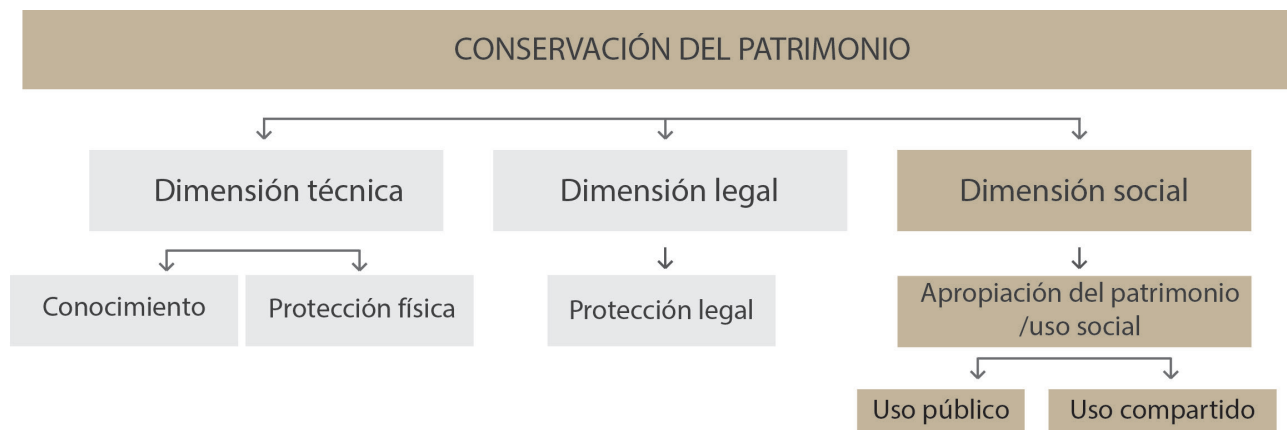
Las acciones de puesta en valor deben estar recogidas en un plan de gestión, documento que identifica los valores patrimoniales del bien, especifica los usos que respetan sus valores y detalla las políticas apropiadas de gestión para conservar y transmitir sus valores a las futuras generaciones<sup>[10]</sup>.

En relación con los usos de los bienes patrimoniales, la Carta del Restau- ro de 1932 (Consejo Superior de Antigüedades y Bellas Artes de Italia, 1932) recomienda destinar a los monumentos a usos no muy diferentes a los suyos originales, de manera que al realizar las adaptaciones necesarias no se efectúen alteraciones esenciales que afecten la significancia, autenticidad e integridad en el edificio. Existen numerosos ejemplos en los que el monumento ha conservado su uso original el cual ya cumplía una función social, como es el caso de la mayoría de las iglesias y catedrales.

No obstante, la Carta del Restau- ro de 1972 (Ministerio de Instrucción Pública de Italia, 1972), con el fin de asegurar la supervivencia de los monu- mentos, considera la posibilidad de aplicar nuevos usos a los edificios mo- numentales, siempre que no resulten incompatibles con los intereses histó- rico-artísticos. De esta manera, podemos encontrar edificios patrimoniales que se han adaptado a usos sociales, como bibliotecas, centros deportivos, mercados, universidades, etc.

En cualquier caso, independientemente del uso al que se destinan, los propietarios de los bienes del Patrimonio Histórico Español declarados de Interés Cultural están obligados por la Ley estatal (Jefatura del Estado, 1985) a permitir además, la visita pública de estos bienes. Dado que el uso público

Figura 6. Uso público del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)



[10] <https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/cdis/Patrimonio.pdf> [Consulta: 16 octubre 2018]

está ligado a las figuras legales de protección (EUROPARC-España, 2005), la mayoría de los bienes patrimoniales se destinan al uso público o bien tienen un uso compartido que permite compatibilizar el uso social u otro uso, con el uso público (figura 6).

El objetivo del uso público, según el manual “Conceptos de uso público en los espacios naturales protegidos” (EUROPARC-España, 2005) consiste en acercar los bienes a los visitantes (turistas y locales) de una forma ordenada y segura, en concienciar y sensibilizar a los visitantes sobre los valores naturales y culturales que deben proteger, y en garantizar la conservación y la difusión de tales valores por medio de la información, la educación y la interpretación ambiental.

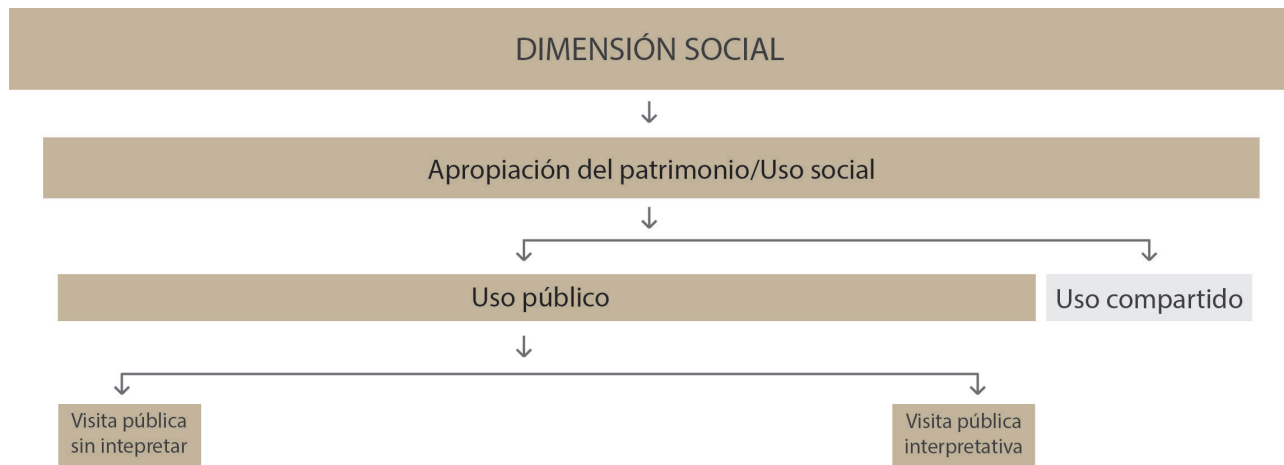
El concepto de uso público se empleó vinculado a los espacios naturales, tras la declaración de los primeros Parques Nacionales de Estados Unidos a finales del siglo XIX, tal como se ha comentado en el apartado 2.1 de la conservación del patrimonio y, posteriormente, se extrapolaron al terreno de los bienes culturales.

Tal como señala García-Hernández (2003), el acceso generalizado de los visitantes (locales y turistas) implícito en el uso público de los bienes patrimoniales y el aumento del nivel de educación de la sociedad durante las últimas décadas, ha favorecido la expansión del turismo cultural (figura 7).

Si bien la Carta Internacional de Turismo Cultural (ICOMOS, 1999), señala que el turismo favorece la conservación de la cultura, por contribuir a dar vida y mantener el patrimonio, reforzar los vínculos entre la sociedad y el monumento y promover las actitudes de aprecio e interés por su conservación, también advierte que el turismo excesivo o mal gestionado puede poner en peligro la naturaleza física del patrimonio natural y cultural, su integridad y sus características identificativas.



Figura 7. Turismo cultural en la Sagrada Família de Barcelona, 2015 (Fuente: propia)



Con este fin, la Organización Mundial de Turismo (OMT) está desarrollando una importante labor de conciencia colectiva sobre la necesidad de gestionar de modo sostenible y responsable la interacción entre patrimonio y turismo<sup>[11]</sup>. También la planificación y gestión sostenible del turismo es, sin duda, uno de los principales desafíos de la Convención del Patrimonio Mundial<sup>[12]</sup>. Además, desde la década de los años '90 del siglo XX, profesionales e instituciones en materia de conservación del patrimonio están desarrollando técnicas y herramientas para mejorar la gestión del turismo cultural con una doble finalidad: minimizar el impacto negativo de las visitas a los bienes patrimoniales y mejorar la calidad de la experiencia de la visita (Viñals *et al.*, 2017b).

Figura 8. Distintas maneras de abordar el uso público del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se analizan las técnicas que se emplean actualmente para gestionar el uso público del patrimonio.

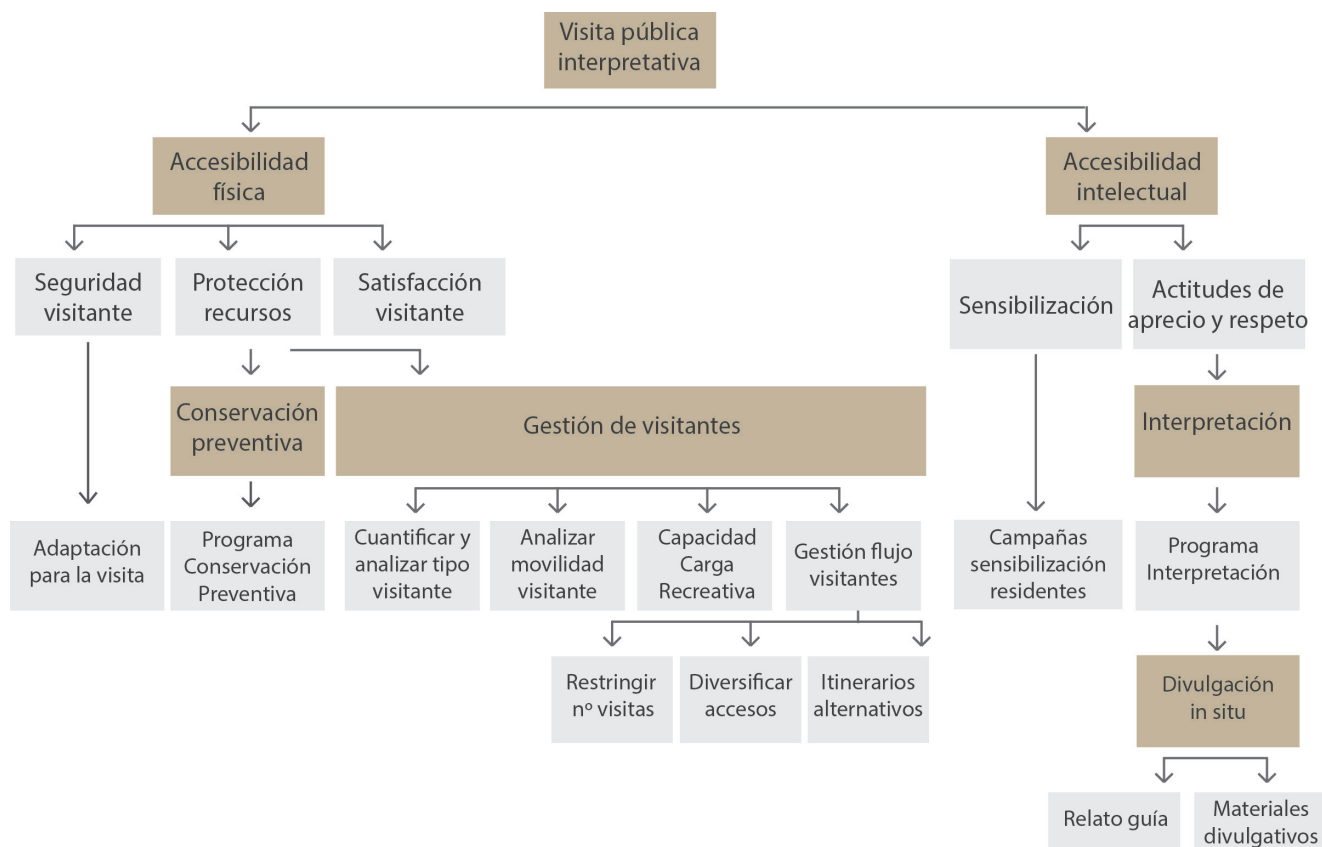
El uso público de los bienes patrimoniales puede abordarse desde dos perspectivas, la visita pública sin interpretar o la visita pública interpretativa (figura 8).

#### VISITA PÚBLICA SIN INTERPRETAR

La visita pública sin interpretar es el tipo de actividad de uso público más básico que se puede desarrollar en un edificio patrimonial. La finalidad de esta visita es la misma que la de la visita pública interpretativa pero se desarrolla con menores recursos. Este tipo de visita persigue facilitar el acceso físico, lograr la satisfacción del visitante y proporcionar información básica al visitante para que pueda conocer las características generales del sitio.

[11] <http://www.mincotur.gob.es/turismo/cooperacion/omt/Paginas/organizacion-mundial-turismo.aspx> [Consulta: 13 septiembre 2018]

[12] [whc.unesco.org/en/tourismtoolkit](http://whc.unesco.org/en/tourismtoolkit) [Consulta: 1 octubre 2019]



### VISITA PÚBLICA INTERPRETATIVA

Figura 9. Ámbitos y herramientas para la planificación y gestión de la visita pública interpretativa (Fuente: Elaboración propia)

La visita pública interpretativa facilita la accesibilidad física y la accesibilidad intelectual y/o emotiva de los visitantes tal como recomienda la Carta Internacional sobre Turismo Cultural (ICOMOS, 1999) (figura 9).

La seguridad del visitante se logra mediante el acondicionamiento del espacio para la visita, la colocación de barandillas, eliminación de barreras arquitectónicas y la implementación de todas aquellas medidas de accesibilidad universal que sea posible.

Dado que el acceso físico de los visitantes puede implicar un riesgo para la preservación de los recursos patrimoniales, resulta necesario aplicar medidas de conservación preventiva que permitan identificar y minimizar específicamente esos riesgos.

La gestión de visitantes va dirigida a proteger los recursos patrimoniales del impacto dañino de los usuarios y a lograr la satisfacción del visitante. Para alcanzar estos objetivos resulta necesario implementar herramientas de gestión más sofisticadas como la capacidad de carga recreativa y la gestión de los flujos de visitantes en aras a garantizar el confort físico y psicológico del visitante (Viñals *et al.*, 2014a). La capacidad de carga recreativa determina el número máximo de visitantes que admite un espacio patrimonial sin poner en riesgo la conservación de los recursos ni la calidad de la experiencia de los visitantes (Manning y Lawson, 2002). A través de la gestión del flujo de

los visitantes, se regulan los flujos de visitantes y se distribuyen las presiones turísticas mediante un patrón adecuado para la visita. Estas medidas se aplican especialmente en bienes patrimoniales que tienen un problema real o previsible de saturación o congestión turística o bien en aquellos bienes que, sin tener problemas de presión turística, tienen unas exigentes medidas de conservación o se trata de espacios confinados (cuevas, tumbas, etc.).

Para alcanzar la accesibilidad intelectual y emocional de los visitantes, el Documento de Nara sobre la Autenticidad (ICOMOS, 1994) y la Carta de Ename para la Interpretación de lugares pertenecientes al Patrimonio Cultural (ICOMOS, 2005) entre otros, recomiendan utilizar la interpretación como el medio más efectivo de comunicación para dar a conocer los valores y significados del patrimonio cultural, mejorar la experiencia y aumentar el respeto y la comprensión social del significado del lugar y de la importancia de su conservación. También, la Carta Internacional de Turismo Cultural (ICOMOS, 1999) destaca la importancia de realizar campañas de sensibilización para la comunidad anfitriona y para los visitantes, con el fin de que tengan un conocimiento profundo del sitio y desarrollen actitudes y comportamientos de aprecio y pro-conservacionistas hacia el patrimonio. Hay que señalar que los materiales divulgativos facilitan el entendimiento de la complejidad de la arquitectura patrimonial y que el relato interpretativo puede ser transmitido a través del guía-intérprete y mediante materiales divulgativos como paneles interpretativos, mapas turístico-interpretativos, aplicaciones multimedia, etc.

A continuación, se analiza en detalle los distintos ámbitos que integran la visita pública interpretativa del patrimonio: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación y divulgación, así como las diversas herramientas y técnicas que se emplean para planificar y gestionar cada uno de estos ámbitos (figura 10).

Este análisis permite introducir los conceptos de la visita pública interpretativa que se van a manejar a lo largo de toda la investigación, conocer su origen, la finalidad con la que se desarrollan y el proceso de trabajo que siguen. No obstante, estos aspectos se desarrollan con mayor profundidad en el capítulo de resultados gracias al análisis de la documentación específica y a la toma de datos cualitativa.

## Visita pública interpretativa



Figura 10. Ámbitos de la visita pública interpretativa del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)



a) Conservación preventiva

Tal como se ha introducido en el apartado sobre la justificación de la investigación, el uso continuado de un sitio favorece su mantenimiento.

Si durante su uso, además se aplican medidas de carácter preventivo que permitan identificar los riesgos de deterioro y programar las labores de mantenimiento para eliminar o minimizar estos riesgos, tal como recomienda el Plan Nacional de Conservación Preventiva (Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España, 2015a) se estará aplicando la mejor estrategia de conservación de los recursos, al evitar que se agraven los daños o la necesidad de aplicar costosos tratamientos en su restauración.

Los riesgos que amenazan la conservación de los bienes patrimoniales pueden producirse por causas naturales, por el público o por acciones inapropiadas de los profesionales, tal como señala el Programa de Conservación Preventiva de la Cueva de Altamira (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2014a). De este modo, según este documento, cuando un bien patrimonial se acondiciona para el uso público, se debe considerar los riesgos del acceso físico de los visitantes, que pueden ser: la abrasión, vibración estructural, el aumento de temperatura y humedad provocados por un exceso de visitantes, los accidentes por un mal diseño de la visita, la falta de información, la caza de tesoros, los robos y el vandalismo, entre otros (figura 11).



Figura 11. Riesgos que afectan a la conservación del patrimonio (Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2014a)

Cirujano *et al.* (2009) señalan que la conservación preventiva aporta ventajas no sólo desde el punto de vista de la conservación sino también desde la perspectiva económica, ya que permite rentabilizar los recursos que los gobiernos y entidades privadas destinan a la conservación. En este sentido, el Plan Nacional de Conservación Preventiva (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015a) señala que en la conservación preventiva confluyen aspectos que inciden positivamente en la mejora del estado de conservación del patrimonio, como la sostenibilidad; es decir, la aplicación de esfuerzos continuados en el tiempo, la optimización de los recursos y la accesibilidad, entendida como el acercamiento de los bienes culturales a la sociedad.

Cabe mencionar a este respecto, que remontándonos brevemente a sus orígenes, a principios de 1970, el Museo Británico desarrolló un programa de investigación sobre la conservación preventiva con el fin de conocer qué relación tenía el medio ambiente con el deterioro de sus colecciones (Bradley, 2005). Posteriormente, Levin (1992) en una publicación realizada para The Getty Conservation Institute, definió la conservación preventiva como la forma más eficiente y económica de preservar la integridad de las colecciones de los museos a largo plazo. Sin embargo, este nuevo enfoque preventivo, no fue ampliamente aceptado a nivel práctico hasta la década de los '90 del siglo XX, ya que las instituciones no destinaban recursos para este fin porque los resultados no eran visibles a corto plazo.

No obstante, tal como afirman Dardes y Druzik (2000) durante los últimos años, el reconocimiento de la importancia de la conservación preventiva ha crecido en todas las regiones del mundo, tanto en investigación como en implementación. En el ámbito internacional, la Carta de Cracovia para la conservación y restauración del patrimonio construido (ICOMOS, 2000), recomienda identificar los riesgos a los que el patrimonio puede verse sujeto, anticipar los sistemas apropiados de prevención y crear planes de actuación de emergencia. A su vez, el equipo de trabajo del ICCROM para la conservación preventiva estableció, en la Reunión de Vantaa (ICCROM, 2000), las directrices para implantar la estrategia de conservación preventiva sostenible en Europa con el fin de conservar las colecciones de los museos europeos y aumentar la conciencia de las instituciones. Posteriormente, el Museo Británico (2016) estableció los principios y directrices para la conservación preventiva de las colecciones de los museos del Reino Unido. Ese mismo año, el ICCROM y el Canadian Conservation Institute (2016) desarrollaron una guía sobre la gestión de riesgos del patrimonio cultural así como un manual para su aplicación a diversos contextos.

Hasta hace algunos años, la conservación del Patrimonio en España se ha llevado a cabo siguiendo una estrategia intervencionista, no preventiva. Esto se debe en parte a que la legislación vigente estatal no contempla la conservación preventiva como principio fundamental de la conservación del patrimonio cultural. En cambio, algunas leyes autonómicas, como la Ley 1/1991, de 3 de julio, de Patrimonio Histórico de Andalucía (Junta de Andalucía, 1991) sí que lo recoge. A la espera de que se realice una modificación en la ley estatal en este aspecto, y siguiendo las directrices de la Reunión de



Vantaa, el IPCE ha desarrollado el Plan Nacional de Conservación Preventiva (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2015c).

En el marco del Plan Nacional de Conservación Preventiva, el IPCE está promoviendo esta estrategia de conservación entre las instituciones. Para ello, está impartiendo cursos de formación y asesoramiento técnico para el desarrollo de planes de conservación preventiva de bienes inmuebles como el Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2012), las portadas del Nacimiento, Bautismo, Palos, Campanilla y Perdón de la Catedral de Sevilla (Cirujano *et al.*, 2009) y yacimientos arqueológicos (Corfield, 2013).

Como conclusión a este apartado hay que resaltar que, con el fin de proteger los recursos del impacto negativo que puede provocar el acceso físico de los visitantes, se recomienda combinar el empleo de medidas preventivas que permitan identificar los riesgos provocados por los visitantes y planificar una adecuada gestión de los visitantes para evitar o minimizar esos riesgos.

#### b) Gestión de visitantes

La gestión de visitantes va dirigida a proteger los recursos patrimoniales del impacto dañino de los usuarios y a lograr la satisfacción del visitante.

Para alcanzar ambos objetivos, García-Hernández (2003) propone el desarrollo de las siguientes acciones consecutivas: 1. cuantificar y analizar la tipología de los visitantes; 2. analizar la movilidad y uso que hacen los visitantes del espacio; 3. determinar la capacidad de carga recreativa; y 4. establecer medidas de gestión del flujo de visitantes (figura 12).

#### Cuantificar y analizar la tipología del visitante

Para cuantificar el flujo de los visitantes de un bien patrimonial resulta necesario obtener y analizar datos de diversas fuentes como registros de visitantes, encuestas y recuentos (Calle y García-Hernández, 1998). Viñals *et al.* (2017b) exponen que la caracterización o perfil del visitante se obtiene a partir de datos sobre la procedencia geográfica, características sociodemográficas y aspectos relacionados con sus expectativas y motivaciones.

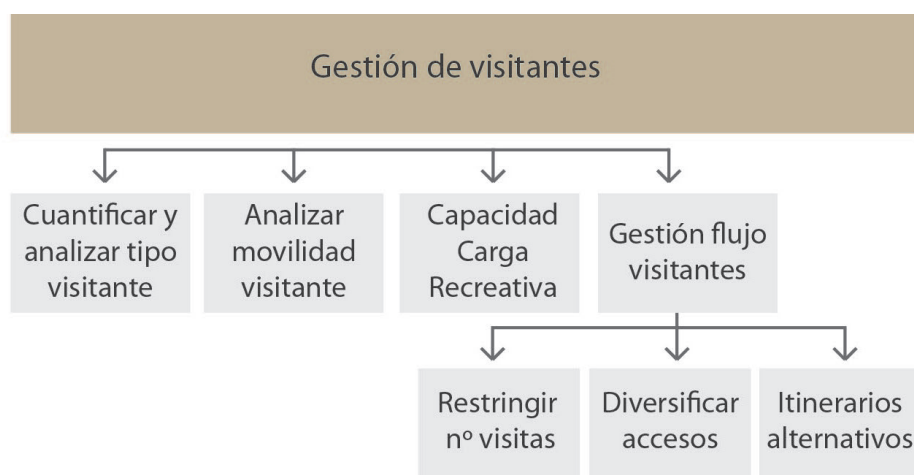


Figura 12. Acciones para la gestión de visitantes (Fuente: Elaboración propia)



En relación con la cuantificación del número de visitantes y su caracterización, destacan los estudios realizados por el grupo de Investigación “Turismo, Patrimonio y Desarrollo” de la Universidad Complutense de Madrid, realizados en la Real Colegiata de San Isidoro de León (Troitiño Vinuesa *et al.*, 2011a), el Parque Arqueológico de Copán en Honduras (García-Hernández, 2013) y el Conjunto Arqueológico de Carmona (García-Hernández *et al.*, 2011).

Figura 13. Movilidad turística en la Alhambra de Granada (Fuente: En Villafranca Jiménez *et al.*, 2013)

#### Analizar la movilidad del visitante

Una vez conocido el número de visitantes y la caracterización de su perfil, resulta necesario analizar el patrón de movilidad y el uso que hace el visitante del espacio patrimonial (figura 13), debido a su condición de espacio frágil y contenedor de valores culturales que deben preservarse. Según comunicación personal de García-Hernández (2017), la movilidad turística dentro de un espacio patrimonial viene condicionada por la configuración física del espacio y por los intereses de los visitantes.

En relación con los intereses de los visitantes, Andreu *et al.* (2000) señalan que éstos se sienten atraídos por visitar los principales hitos de la “imagen proyectada” del recurso patrimonial. Según Echtner y Richie (1991), la *imagen proyectada* es la que se ha formado un individuo sobre un destino sin haberlo visitado previamente, simplemente a partir de la información que ha recibido a lo largo de su vida. Este hecho contribuye a generar la congestión y saturación de los hitos turísticos más promocionados por un destino ya que son los que más conoce el visitante. De esta forma, se pone en peligro su conservación y se minimiza la calidad de la experiencia de la visita, como identificó Fernando Almeida en la Catedral de Santiago de Compostela (2006) y Miguel Ángel Troitiño en los Palacios Nazaríes de la Alhambra de Granada (2000).

#### Determinar la Capacidad de Carga Recreativa

Según Manning y Lawson (2002), la capacidad de carga recreativa, como se ha comentado anteriormente, es el nivel máximo de impacto aceptable de los visitantes en un espacio patrimonial, a partir del cual, se pondría en

riesgo la conservación de los recursos y la calidad de la experiencia del visitante.

El concepto de capacidad de carga surgió en la década de los ´30 del siglo XX, pero su aplicación se extendió al ámbito turístico a lo largo de los años ´60. Cifuentes (1992) desarrolló el primer procedimiento para calcular la capacidad de carga en áreas protegidas naturales, siguiendo un proceso de 6 pasos e introdujo por primera vez los tres niveles de análisis de la capacidad de carga: Capacidad de Carga Física (CCF), Capacidad de Carga Real (CCR) y Capacidad de Carga Efectiva o permisible (CCE).

Tras años de investigación y estudio en esta materia, Viñals *et al.* (2017b) han desarrollado, a modo de herramienta práctica, un proceso para la determinación de la capacidad de carga recreativa de recursos naturales y culturales. Según las autoras, este proceso consta de varias fases. Inicia con el análisis espacial del recurso patrimonial (figura 14), continúa con la definición de las necesidades espaciales de los visitantes en base a los estándares de proxémica y de confort recreativo; posteriormente se determina la Capacidad de Carga Recreativa Real mediante la aplicación de factores limitantes propios del espacio. Y finalmente se calcula la Capacidad de Carga Recreativa Efectiva, considerando los factores limitantes de la gestión de la institución.

Numerosos documentos internacionales destacan que el grado de satisfacción del turista tiene una estrecha relación con el confort psicológico (Organización Mundial del Turismo, 2004). En este sentido, Viñals *et al.*, (2014a) apuntan que el confort psicológico depende de varios factores: físico-fisiológicos, factores relacionados con el entorno, con los equipamientos existentes y con los propios individuos. El respeto por el espacio interpersonal constituye un elemento clave para alcanzar el confort psicológico. El espacio interpersonal es el área alrededor de un individuo que los demás no pueden ocupar sin provocar molestias (Aragonés y Américo, 1988). El espacio interpersonal varía en función de las culturas y de otros factores, no obstante, los estándares de proxémica establecidos por Hall (1963) han sido ampliamente adoptados para la determinación de la capacidad de carga recreativa.



Figura 14. Análisis espacial del Fuerte de Santiago de la isla de Chickly en Túnez como base del análisis de la Capacidad de Carga Real del monumento (Fuente: Viñals *et al.*, 2014b)

Existe una extensa literatura que aborda el ámbito de la capacidad de carga recreativa en su dimensión teórica (Stankey, 1982; O'Reilly, 1986; Lindberg *et al.*, 1996; Graefe *et al.*, 2009; Shelby y Heberlein, 2009). También existen numerosos estudios aplicados para determinar la capacidad de carga de espacios naturales (Roig i Munar, 2003; Manning *et al.*, 2005; Huamantínco Cisneros *et al.*, 2016) y de ciudades patrimoniales o conjuntos monumentales como el caso de Aranjuez (Troitiño *et al.*, 2011b); la ciudad de Lorca (Troitiño, 2012) el Fuerte de Santiago de la isla de Chickly en Túnez (Viñals *et al.*, 2014b) y la Alhambra de Granada (Troitiño, 2000) entre otros.

### Gestionar los flujos de visitantes

Una vez establecida la capacidad de carga recreativa de un sitio patrimonial con problemas previsibles o reales de saturación turística o con exigentes medidas de conservación, resulta necesario adoptar medidas para gestionar los flujos de visitantes con el fin de no superar los límites de la capacidad de carga recreativa determinada y diversificar las presiones turísticas para minimizar el deterioro de los espacios más frágiles, revalorizar los espacios infrutilizados y proveer de una mejor experiencia al visitante.

Las medidas que se han adoptado desde la década de los '90, tal como señala García-Hernández (2003), son: la restricción del número de visitas, la diversificación de los puntos de acceso y el diseño de itinerarios turísticos alternativos.

En relación con la restricción del número de visitas y, a modo de ejemplo, el modelo vigente de gestión de flujos de visitantes de la Alhambra de Granada ha restringido el acceso público en todo el conjunto para no superar el umbral de la capacidad de carga de los Palacios Nazaríes, por ser el espacio más frágil y demandado (Troitiño, 2000). Otro ejemplo más extremo de limitación del acceso del público a un espacio patrimonial se está llevando a cabo en la Cueva de Altamira desde el año 2015. El régimen de visitas consiste en una visita a la semana para cinco personas de 37 minutos bajo un estricto protocolo de indumentaria e iluminación<sup>[13]</sup>. Para contrarrestar este acceso tan limitado a la cueva original, se ha creado la neocueva, réplica minuciosa de la original.

[13] <http://www.culturaydeporte.gob.es/mnaltamira/que-hacer/visita-a-la-cueva.html> [Consulta: 1 octubre 2019]

Figura 15. Espacio de acogida del Museo de Altamira (Santillana del Mar), 2018 (Fuente: propia)



Durante los momentos de máxima afluencia, los puntos de acceso y los espacios de acogida (figura 15) suelen ser espacios saturados ya que los visitantes necesitan tiempo para asimilar la información, orientarse y planificar la visita. Con el fin de reducir la saturación de estos espacios, se han adoptado algunas medidas como la apertura de distintos accesos, como propuso el Museo del Louvre (Monin, 2000), la promoción de la compra anticipada de entradas y la mejora de la información *a priori* sobre la visita, para que el visitante pueda orientarse con mayor rapidez.

El diseño de itinerarios alternativos persigue diversificar el uso turístico del espacio para descongestionar los espacios saturados, canalizar los flujos de visitantes hacia espacios infrautilizados que se desean revalorizar, evitar o minimizar el deterioro de los espacios más frágiles y lograr la satisfacción del visitante. Con el fin de reducir la masificación de la Catedral de Santiago de Compostela y redirigir a los visitantes hacia otros espacios patrimoniales de la ciudad, Almeida (2006) propone el desarrollo de nuevos itinerarios de visita de la ciudad. También con esta finalidad, la Catedral de Sevilla<sup>[14]</sup> propone distintos itinerarios de visita: 1. Catedral, Giralda y Salvador, 2. Cubiertas de la Catedral, 3. Vidrieras de la Catedral.

A modo de conclusión, si bien la gestión de visitantes permite el acceso físico de los ciudadanos, además resulta necesario facilitar el acceso intelectual y emotivo al patrimonio con el fin de comunicar a los visitantes el significado de los bienes patrimoniales y la necesidad de conservarlos como medio más eficaz de alcanzar el aprecio y respeto de los ciudadanos por el patrimonio y asegurar la colaboración social en su protección y conservación.

[14] <https://www.catedraldesevilla.es/visita-cultural/> [Consulta: 15 agosto 2019]



### c) Interpretación del patrimonio

La accesibilidad intelectual va dirigida a cumplir dos objetivos: 1) sensibilizar, informar y educar a la comunidad local sobre la importancia, el valor y la frágil riqueza del patrimonio natural y cultural mediante campañas de sensibilización<sup>[15]</sup>, tal como señala la Carta Internacional de Turismo Cultural (ICOMOS, 1999); y 2) comunicar y divulgar a los visitantes (locales y turistas) durante la visita pública interpretativa *in situ*, el significado del patrimonio con el fin de conseguir el aprecio y comportamientos proactivos por la conservación del patrimonio (figura 16).

Las campañas de sensibilización van dirigidas fundamentalmente a la comunidad local y se centran en general en concienciar al público escolar y a los tomadores de decisiones como políticos y gestores, entre otros.

A modo de ejemplo, se cita un caso de éxito local por la defensa del patrimonio que ha tenido una trascendencia internacional, como ha sido el desarrollado por el colectivo por la defensa del Barrio del Cabanyal-Canyamelar de València, que tras 21 años de esfuerzo y campañas de sensibilización promovidas por Plataforma *Salvem el Cabanyal-Canyamelar* han conseguido la derogación del Plan Especial de Reforma Interior (PERI) del Cabanyal-Canyamelar que incluía el proyecto de prolongación de la avenida Blasco Ibáñez hasta el mar lo que suponía la demolición de una parte del barrio, dividiéndolo en dos (figura 17).

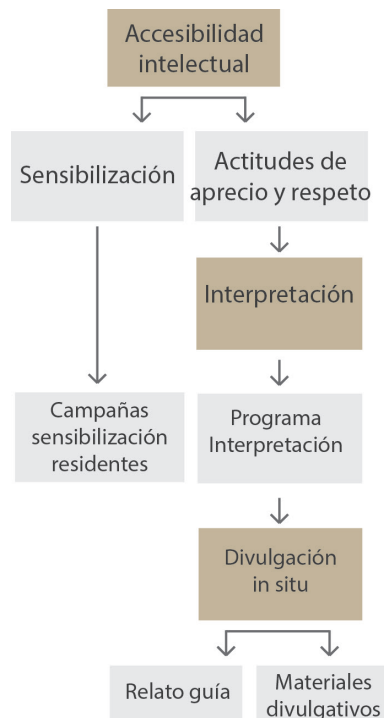


Figura 16. Objetivos de la interpretación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

[15] <https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/cdis/Patrimonio.pdf>. [Consulta: 16 octubre 2018]



Figura 17. Plataforma en defensa del barrio del Cabanyal Canyameral de València (Fuente: [https://www.eldiario.es/cv/valencia/Salvem-Cabanyal-activismo-defensa-destruccion\\_0\\_908509179.html](https://www.eldiario.es/cv/valencia/Salvem-Cabanyal-activismo-defensa-destruccion_0_908509179.html) [Consulta: 5 octubre 2018])

Con el fin de aumentar la conciencia social por la conservación del patrimonio, diversos organismos internacionales como ICOMOS, UNESCO y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN en adelante) han impulsado la utilización de la interpretación en los procesos de puesta en valor del patrimonio. La Carta Ename para la Interpretación de lugares pertenecientes al Patrimonio Cultural (ICOMOS, 2005) y la Carta para la interpretación y presentación de Sitios de Patrimonio Cultural (ICOMOS, 2008) destacan la importancia de aumentar el conocimiento de los valores del patrimonio por parte del público, como medida de salvaguardia y recomiendan utilizar la interpretación como medio más efectivo de comunicación. Del mismo modo, la Carta Internacional sobre Turismo Cultural (ICOMOS, 1999) subraya la importancia de promover el acceso intelectual y emocional del patrimonio al público general y transmitir sus valores más significativos a través de los programas de interpretación.

La interpretación es una técnica comunicativa que facilita que el visitante comprenda el significado del patrimonio y mejore la calidad de la experiencia de la visita a través de emociones y sentimientos, con el fin de que desarrolle actitudes y comportamientos de respeto y aprecio por el patrimonio (Tilden, 1957; Ham, 1983; Moscardo, 1996; Larsen, 2003; Morales, 2008).

Freeman Tilden, pionero de la filosofía interpretativa, propuso la interpretación como canal de comunicación para facilitar la comprensión del patrimonio al público visitante, en base a su profunda convicción de que a través de la interpretación se obtiene el entendimiento, a través del entendimiento el aprecio, y a través del aprecio la protección, tal como recoge su célebre frase (figura 18). La teoría de la interpretación de Tilden se empezó a poner en práctica en los Parques Nacionales de Estados Unidos, como Yellowstone, Yosemite o las Montañas Rocosas.

Siguiendo los principios introducidos por Tilden, son muchos los autores que han desarrollado nuevas propuestas teóricas sobre la interpretación del patrimonio, como la metodología de la *“interpretación temática”* de Sam

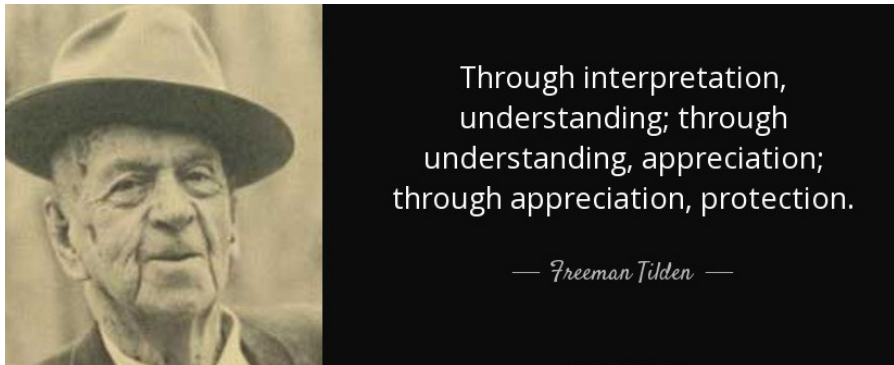


Figura 18. Frase célebre de Freeman Tilden (Fuente: <https://www.azquotes.com/quote/923971>)



Figura 19. Modelo TORA de la Interpretación temática. (Fuente: Elaboración propia a partir de Ham, 2014)

Ham (2014) y diversos manuales y guías prácticas para la planificación de la interpretación del patrimonio (Aldridge, 1975; Lancaster County Planning Commission, 2001; Carter, 2001; Morales, 2001; Verveka, 2015; Viñals *et al.*, 2017b). Además, se han constituido diversas asociaciones con el objetivo de fomentar la formación profesional en la interpretación del patrimonio en Estados Unidos (National Association for Interpretation), Europa (European Association for Heritage Interpretation) y España (Asociación para la Interpretación del Patrimonio) entre otras.

La metodología de la interpretación temática (Ham, 2014) se fundamenta en elaborar mensajes potentes que inciden en las creencias y actitudes de la audiencia para que comprenda el significado profundo del bien interpretado y, de esa forma, contribuya a su conservación. Ham considera que la interpretación tiene éxito cuando se rige por el modelo TORA, aquel que es (T) Temático, O (Organizado), R (Relevante) y A (Ameno) (figura 19). Para que la interpretación sea temática se debe construir en torno a la idea principal o mensaje que se quiere transmitir y debe tener cualidades de relato. Los mensajes deben organizarse y conectarse a los esquemas de información previos de la audiencia, para que el visitante pueda procesarlos y recordarlos sin demasiado esfuerzo. La información se debe presentar de forma amena ya que el público atento se convierte en un público receptivo y predispuesto a comprender los significados del bien.



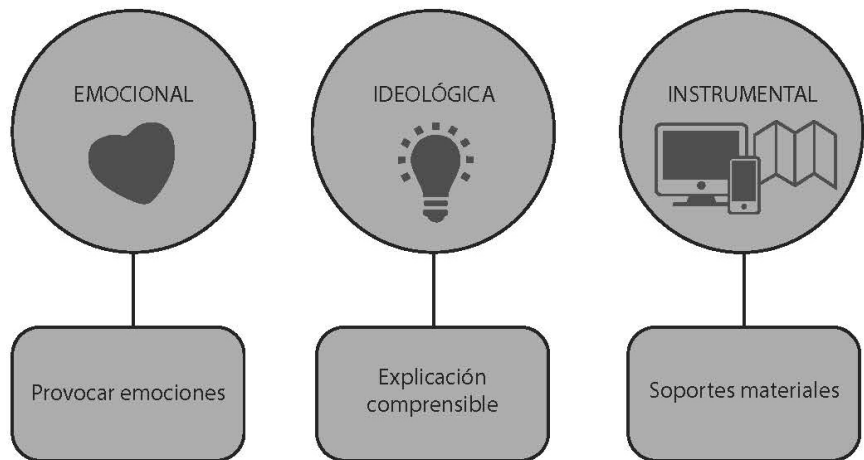


Figura 20. Dimensiones de la interpretación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

Tal como apunta Carrier (1988), la interpretación como proceso comunicativo dispone de tres dimensiones: emocional, ideológica o conceptual, e instrumental (figura 20). Por un lado, pretende provocar emociones en el visitante, por otro lado, convierte el lenguaje técnico del investigador en el lenguaje corriente del visitante para que la explicación sea comprensible y, por último, ayuda a descifrar la complejidad del patrimonio mediante la utilización de diversos soportes materiales.

El Plan de Interpretación es un documento que recoge las políticas, estrategias, recomendaciones y programas para la interpretación de un recurso patrimonial (Lawson y Walker, 2016). El proceso para la correcta puesta en marcha de un programa de interpretación según Viñals *et al.* (2017b) se desarrolla en las siguientes etapas: análisis previo de la situación del bien, planificación interpretativa, implementación del programa y evaluación del programa. El análisis previo permite realizar un diagnóstico de los antecedentes de la interpretación del recurso patrimonial. La planificación consta de la definición de los objetivos, evaluación de los valores patrimoniales intrínsecos y del valor potencial turístico de los elementos, definición de los mensajes o ideas principales, redacción del guion y el relato interpretativo, y definición de los medios interpretativos necesarios para su implementación (materiales, personales y equipamientos).

Los primeros programas de interpretación del patrimonio cultural en España se desarrollaron dentro de los planes de dinamización del patrimonio, durante la década de los años '90, como el caso de la comarca del Garraf (Ministerio de Comercio y Turismo, 1995), el Plan de Interpretación de Málaga (ICN-ARTEA, 1999) o el Proyecto de interpretación de la muralla de Ávila, en el marco del Plan de Dinamización y Excelencia Turística de Ávila (Escena Turística S.L., 2000). Durante los últimos años se han desarrollado además el Programa de interpretación del Castellet de Bernabé en Llíria (Viñals *et al.*, 2006), el programa interpretativo para el Museo del Hombre de París (Navajas Corral, 2017) el Programa de interpretación para la Casa Galeano en Gracias, Honduras (Viñals, *et al.*, 2017a) entre otros.

#### d) Divulgación del patrimonio

Es importante recordar también la labor que desempeñan los medios de divulgación, para facilitar el entendimiento de la complejidad de la arquitectura patrimonial. El relato interpretativo puede ser transmitido a través de medios personales (guía-intérprete) y medios materiales (paneles interpretativos, mapas turístico-interpretativos, aplicaciones virtuales, etc.) tal como se muestra en la figura 16, por ser importantes vectores de la comunicación estratégica del sitio (Alonso-Monasterio, 2013).

El guía-intérprete (figura 21), como comunicador de ideas, utiliza la metodología de la interpretación para revelar *in situ* el significado e importancia del legado histórico de un lugar patrimonial al público que lo visita con el fin de que lo disfrute, lo aprecie y contribuya a su conservación (Tilden, 2006). Recientemente, se están llevando a cabo visitas interpretativas en los museos españoles como en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid (Leralta, 2016).



Figura 21. Guía de la Lonja de la seda de València, 2019 (Fuente: propia)



Figura 22. Señalética informativa exterior del Monasterio de Santes Creus (Tarragona), 2015. (Fuente: propia)

Figura 23. Señalética direccional del Monasterio de Santes Creus (Tarragona), 2015 (Fuente: propia)



Figura 24. Panel interpretativo de los símbolos de la cultura del "Dreamtime" en Taroga Zoo, Sydney (Fuente: Lawson y Walker, 2016)

Figura 25. Folletos divulgativos de distintos monumentos de Portugal desarrollados por la empresa Anyforms design (Fuente: Anyforms design)



Por otra parte, están los medios materiales; especialmente los sistemas de señalización. Viñals *et al.* (2011) exponen que las principales funciones de la señalización de un espacio patrimonial son: informar, direccionar o interpretar. La señalización informativa (figura 22) actúa como presentación del bien patrimonial y reclamo para motivar la visita. La señalización direccional (figura 23), orienta, dirige de forma ordenada la visita y canaliza los flujos de visitantes. Estos dos tipos de señalización serían fundamentales para la visita no interpretativa. La señalización interpretativa se desarrolla siguiendo las directrices del programa de interpretación (figura 24). Para un adecuado diseño de los paneles interpretativos, hay excelentes trabajos como el de Moscardo *et al.* (2007) donde detallan la forma de realizar estos materiales.

La virtualización del patrimonio, como fuente documental digital, constituye una de las primeras medidas de salvaguardia de los bienes patrimoniales. Dado que además facilita el acceso intelectual a los investigadores y visitantes, especialmente de aquellos bienes inaccesibles, desaparecidos o que se encuentran en proceso de restauración; también está siendo ampliamente utilizada para la divulgación educativa y recreativa de sus valores.

Los modelos virtuales del patrimonio cultural, así como las ilustraciones e infografías derivadas de ellos, se están aplicando a materiales divulgativos físicos, como mapas turístico-interpretativos o folletos turísticos (figura 25). Con respecto a los mapas turístico-interpretativos merece la pena destacar la tesis doctoral de Alonso-Monasterio (2013) y la colección de mapas del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España sobre la Visita a Humedales de Importancia Internacional, editados por la Universitat Politècnica de València que constituye la primera aportación de este tipo (Viñals y Alonso-Monasterio, 2018; Viñals *et al.*, 2018a; Viñals *et al.*, 2018b).

Por otra parte, los sistemas de Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumen-





tada (RA) se están poniendo al servicio de la difusión del patrimonio cultural ya que incorporan elementos interactivos, que facilitan al usuario una comprensión más profunda del bien cultural.

Baviera *et al.* (2018) definen la Realidad Virtual como un entorno tridimensional virtual que crea en el observador la ilusión de estar inmerso en él. Este entorno virtual, totalmente independiente de la realidad física permite reproducirse en cualquier sitio, mientras se disponga de los dispositivos adecuados (ordenador, gafas VR, etc.). Por este motivo, cada vez es mayor el número de repositorios web de modelos 3D, algunos compatibles con dispositivos VR, que facilitan una experiencia de completa inmersión del usuario, sin necesidad de estar presente.

No obstante, la Realidad Aumentada además de facilitar la divulgación del patrimonio, contribuye a cumplir el objetivo principal de la interpretación del patrimonio; es decir, revelar *in situ* los valores patrimoniales con el fin de que los visitantes disfruten de la visita y aumente la conciencia social por su conservación. Según Portalés *et al.* (2009), esta tecnología permite combinar y visualizar de forma simultánea el mundo físico con elementos virtuales superpuestos, facilitando de esta manera una completa inmersión del espectador y una mayor comprensión del edificio original o de las fases constructiva ya desaparecidas. Un buen ejemplo del empleo de esta tecnología para la divulgación e interpretación del patrimonio *in situ*, es el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada del Arte Rupestre del Arco Mediterráneo denominada EArT (figura 26), realizada con la finalidad de incrementar la visibilidad de las pictografías, hacerlas más comprensibles, mejorar la experiencia del visitante y fomentar la protección y conservación social de este bien cultural (Pérez-Sáez, 2015). También, conviene señalar la aplicación móvil de realidad aumentada de la ciudad de Tarragona (figura 27) que permite superponer a la imagen real de la cámara, recreaciones en



Figura 26. Panel divulgativo de la aplicación de Realidad Aumentada del Arte Rupestre en el Museo de la Valltorta, 2016 (Fuente: propia)

Figura 27. Panel divulgativo de la aplicación de Realidad Aumentada de Tarragona, 2016 (Fuente: propia)

vídeo de los monumentos y espacios de la ciudad romana de Tarraco<sup>[16]</sup>.

Con el fin de asegurar el rigor de la visualización digital en el campo de la investigación y divulgación del patrimonio cultural, la Carta de Londres (Denard *et al.*, 2009) recomienda emplear el método de visualización digital más apropiado en base a los objetivos propuestos (fotorrealista o esquemático, estática o interactiva, etc.), identificar las fuentes de información empleadas para su desarrollo y evidenciar si se trata de una visualización del estado actual o una reconstrucción virtual hipotética. Con el fin de asegurar la sostenibilidad de los resultados a largo plazo, aconseja preservar las visualizaciones para su reutilización en el futuro.

En relación con la arqueología virtual en particular, los Principios de Sevilla (Forum Internacional de Arqueología Virtual, 2012) destacan la necesidad de que intervengan equipos multidisciplinares y aconseja evidenciar los niveles de veracidad (restos conservados *in situ*, anastylosis real, elementos reconstruidos física y virtualmente). Además, propone el uso de la fotogrametría y el escáner láser para aumentar la calidad de la documentación científica y señala la importancia de aumentar la eficiencia de la divulgación reaprovechando los resultados anteriores y evitando la duplicidad de trabajo. Con el fin de lograr el rigor científico y académico sugiere validar los resultados por otros profesionales, crear bases documentales que recojan todo el proceso de trabajo e incorporar metadatos que proporcionen la mayor cantidad de información posible.

Por tanto, con el fin de alcanzar una virtualización del patrimonio edificado o arqueológico rigurosa, los distintos profesionales implicados deben seguir los principios establecidos en las cartas anteriormente citadas.

#### DISCUSIÓN SOBRE LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO

Del análisis realizado sobre la conservación del patrimonio, se puede concluir que el patrimonio cultural posee un ciclo de vida extenso en el que se suceden o coexisten en el tiempo distintas necesidades como son el conocimiento, la protección legal, la protección física y la protección social. Para abordar cada una de estas fases, incluida la visita pública interpretativa, intervienen equipos multidisciplinares que generan e interpretan información sobre el bien patrimonial. Si bien estos profesionales cooperan para cumplir objetivos específicos como la toma de datos o la restauración, entre otros, no existe una verdadera colaboración integrada entre ellos ni una visión holística del conjunto, ya que generalmente los trabajos se dividen en compartimentos estancos y no existe un intercambio habitual y fluido de información entre especialistas.

Este hecho provoca que la información de las distintas disciplinas ge-

---

[16] <https://www.tarragonaturisme.cat/es/la-aplicacion-imageen>. [Consulta: 10 octubre 2019]

neralmente se encuentre dispersa en distintas ubicaciones y distintos formatos, incompleta, desactualizada o con restricciones de acceso (Historic England, 2017), contradiciendo de esta manera a la Carta del Restauo de 1932 (Consejo Superior de Antigüedades y Bellas Artes de Italia, 1932) que señala la importancia de no dispersar el material de las investigaciones.

La falta de una fuente de información fiable del patrimonio provoca errores, dificulta la toma de decisiones apropiadas y genera problemas de ineficiencia en las actividades de documentación, intervención y gestión de los bienes patrimoniales (Angulo, 2012; Arayaci *et al.*, 2017) y amenaza la conservación de sus recursos.

Este mismo problema se extrae del análisis realizado de la visita pública interpretativa, donde las distintas disciplinas que intervienen (arquitecto conservador, gestor cultural, guía-intérprete, diseñador gráfico, etc.) generan una información descoordinada.

Dado que la conservación del patrimonio busca la eficiencia, entendida como la optimización de los recursos para lograr cada vez mejores resultados (Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España, 2015a; ICOMOS, 2008) se están buscando maneras más eficientes de documentar y gestionar toda la información generada de los bienes patrimoniales a través de una colaboración más integrada entre los profesionales implicados (Ministerio de Fomento de España, 2015; Maxwell, 2016; Baik y Boehm, 2017; Dore y Murphy, 2017).

## **2.2. BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)**

### **2.2.1. METODOLOGÍA Y MODELOS DE INFORMACIÓN**

El problema de la deficiente información de la construcción (incompleta, imprecisa o ambigua) se ha identificado como uno de los factores responsables de los costes adicionales, los retrasos y la ineficiencia en el sector de la construcción (Historic England, 2017) tal como se ha comentado.

BIM ofrece una metodología de trabajo colaborativo, que apoyada por tecnologías digitales, genera métodos más eficientes para el diseño, ejecución y mantenimiento de la edificación (HM Government, 2015).

El término BIM hace referencia también a los modelos de información BIM. Así, Magdy y Karwczyk (2003) definen el modelo BIM como un prototipo virtual tridimensional de la construcción, compuesto por elementos constructivos paramétricos e “inteligentes” que contienen información geométrica, información no geométrica y documentación vinculada (figura 28).



Los orígenes de la aplicación de BIM se remontan a la década de 1980, cuando el modelado paramétrico se empleó por primera vez para el diseño de sistemas mecánicos (Historic England, 2017). A nivel metodológico, BIM tomó las ideas filosóficas de metodologías anteriores como Lean Construction (Sacks *et al.*, 2010; Dave *et al.*, 2013). A finales del siglo XX, BIM se empleó para dar respuesta a la demanda de modernización de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción, ya que, hasta ese momento había registrado unos bajos índices de productividad y competitividad (es. BIM, 2016). Actualmente se aplica a nivel internacional para proyectos de edificación e infraestructuras de nueva construcción, gestión de activos existentes y conservación de bienes patrimoniales.

En el caso de proyectos de nueva construcción, el objetivo es producir una mejor relación calidad-precio para el cliente, reduciendo el riesgo del proyecto y aumentando la eficiencia (Historic England, 2017).

Figura 28. BIM como modelo de información de la construcción  
(Fuente: <https://imgbin.com/png/aArDVpkj/building-information-modeling-archicad-architectural-engineering-png>  
[Consulta: 18 octubre 2019])

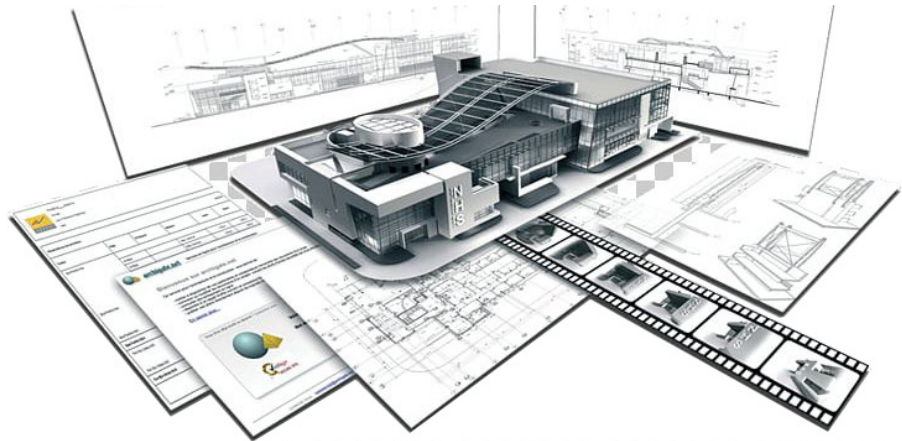
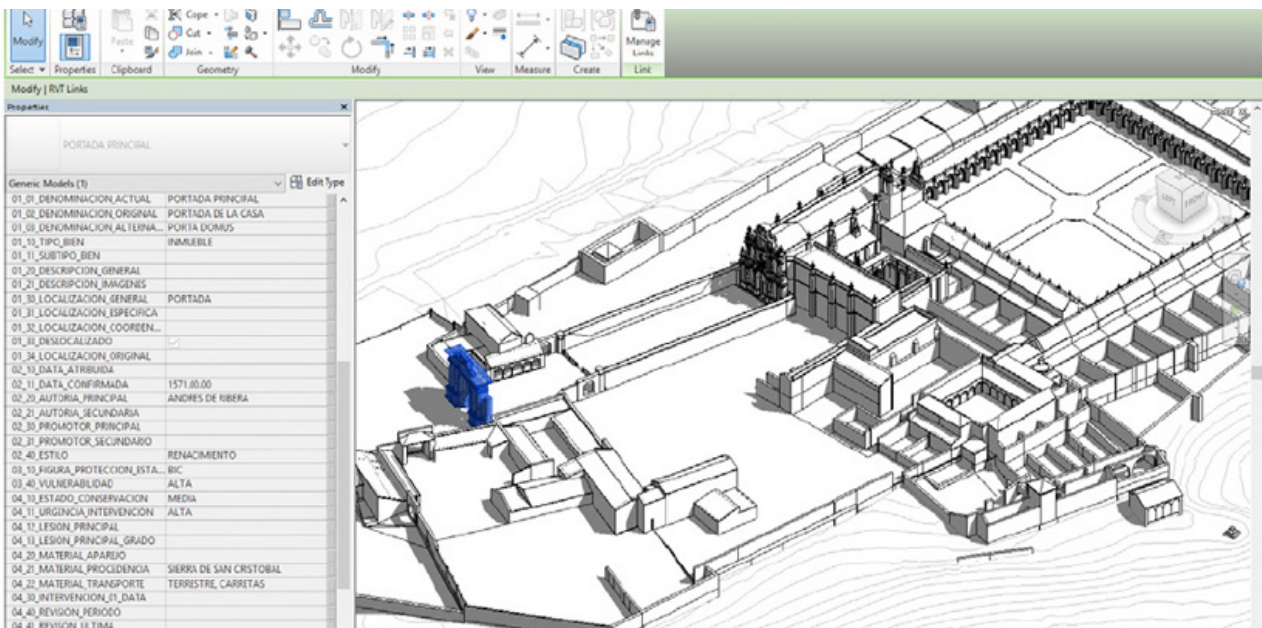


Figura 29. Modelo HBIM del Monasterio de la Cartuja de Jerez de la Frontera (Fuente: Castellano Román en Pinto-Puerto, 2018)



Los beneficios de BIM para la gestión y mantenimiento de activos existentes incluyen la optimización de los costes, la mejor planificación e implementación estratégica, la reducción de riesgos y la toma de decisiones más adecuada (British Standards Institution, 2014).

A diferencia del sector de nueva construcción, donde BIM se ha aplicado ampliamente durante los últimos años, la aplicación de BIM para los bienes patrimoniales, denominado con el término de Heritage o Historic BIM (HBIM) es un campo relativamente nuevo de investigación académica. No obstante, los estudios recientemente publicados en este ámbito han demostrado que el uso de HBIM incrementa la eficiencia, reduce los costes y mejora la planificación de las obras de intervención de los bienes patrimoniales, al igual que ocurre en el sector de la nueva construcción. HBIM se ofrece como solución para gestionar la información del patrimonio arquitectónico (figura 29) a lo largo de todo su ciclo de vida, por ser un sistema de trabajo colaborativo que permite unificar y compartir de manera coordinada la información geométrica, no geométrica y documental del inmueble patrimonial generada por los equipos multidisciplinares involucrados (Historic England, 2017).

Una vez definidos los términos BIM y HBIM, se enmarcan los conceptos BIM que se van a manejar a lo largo de la tesis.

Según Succar (2008), la metodología BIM está compuesta por tres campos: Tecnología, Procesos y Política (figura 30). El campo de la tecnología está compuesto por los *softwares*, *hardware* y sistemas de redes necesarios para aumentar la eficiencia, productividad y rentabilidad del sector de la construcción. El campo de los procesos BIM agrupa a todos los agentes involucrados en el ciclo de vida del edificio como arquitectos, propietarios, usuarios, etc. El campo de la política BIM integra los documentos directrices (normas técnicas, guías, protocolos, etc.) necesarios para la correcta implementación de BIM y la colaboración entre equipos multidisciplinares para el sector de la construcción.

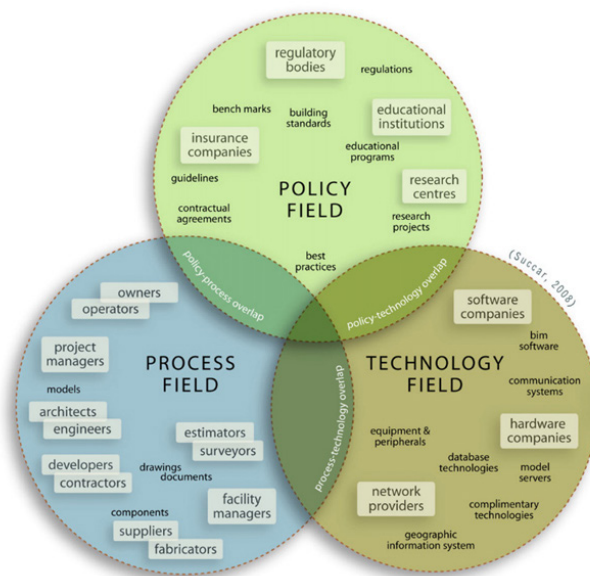


Figura 30. Interacción de los campos BIM de Succar (Fuente: Succar, 2008)



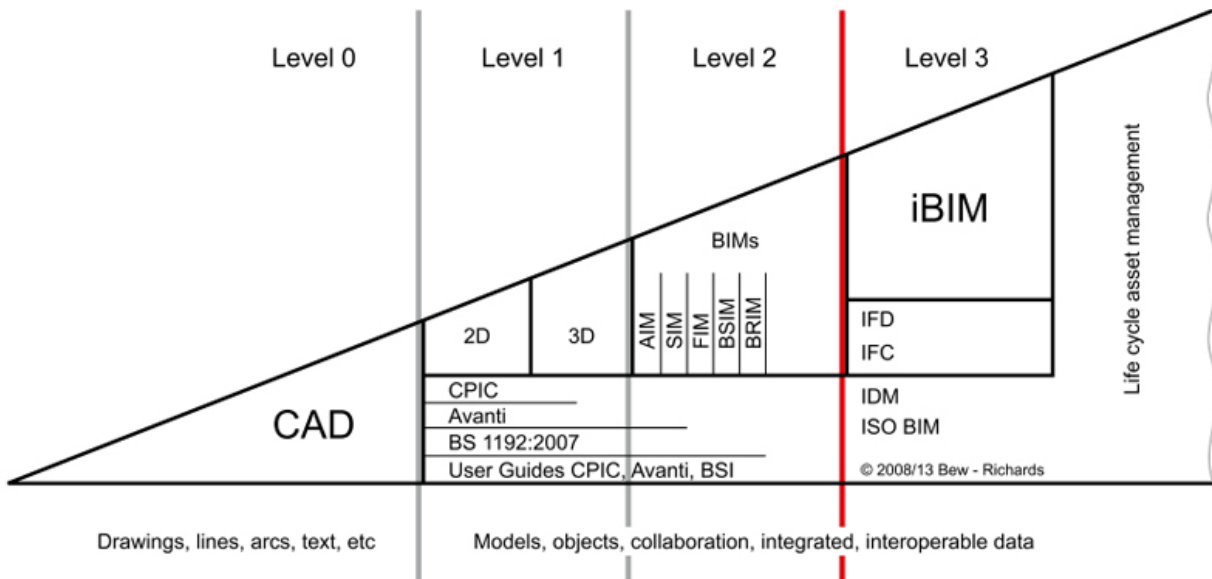


Figura 31. Diagrama de niveles de madurez BIM de Bew-Richards (Fuente: British Standards Institution, 2014)

Esta investigación se enmarca en el campo de la Política BIM ya que su objetivo principal es desarrollar un documento directriz, concretamente un protocolo HBIM, que facilite la correcta implementación de HBIM para la gestión del uso público del patrimonio.

Según señala el documento de la estrategia de la construcción 2025 (HM Government, 2013) en un futuro a medio plazo se espera que el modelo BIM contenga toda la información del activo, es decir, que se alcance el nivel 3 de madurez BIM definido por Bew-Richards (British Standards Institution, 2014). Sin embargo, en la actualidad se trabaja como máximo con un nivel 2 de madurez BIM (figura 31).

En el nivel 2 de madurez BIM definido como “colaborativo”, se trabaja en un entorno común de datos (CDE en adelante) donde la información del activo se encuentra contenida en dos bases de datos: el modelo BIM, que es en sí una base de datos de información geométrica y datos del activo y otra base de datos con datos extendidos (excel, access, etc.) que se sitúa fuera del modelo BIM para no saturarlo de información. La información de ambas bases de datos se encuentra vinculada por medio de *plug-ins*. Como resultado de la combinación de las dos bases de datos se generan documentos, como planos, informes, tablas, etc. Estos documentos pueden ser dinámicos cuando los documentos reflejan los cambios que se producen en las bases de datos, o estáticos cuando reflejan una versión de las bases de datos en un momento determinado; por ejemplo, cuando se generan los planos del proyecto de ejecución para visar. La información de la base de datos se puede introducir o extraer desde los propios programas informáticos o desde una plataforma web que facilite la gestión de esos datos. También esta base de datos puede alimentarse de datos externos obtenidos a través de sensores u otras herramientas (figura 32).

## Entorno Común de Datos (CDE)

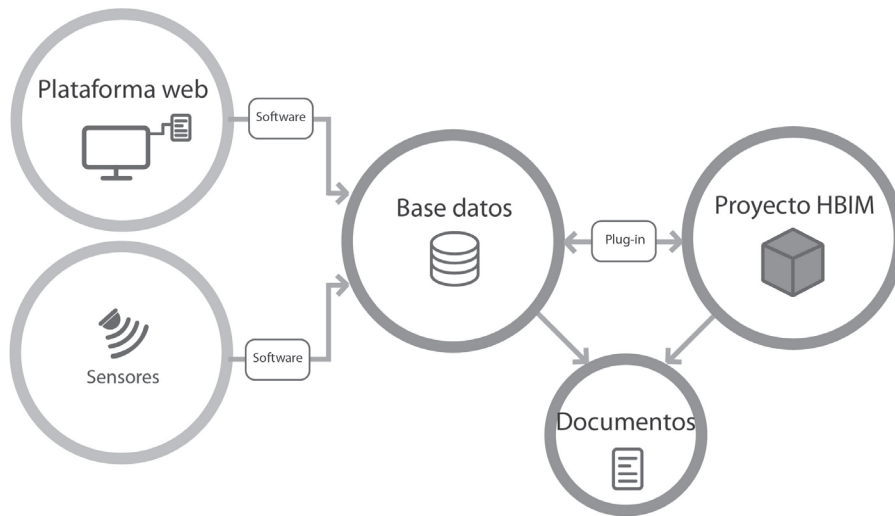


Figura 32. Diagrama del Entorno Común de Datos (Fuente: Elaboración propia)

El modelo BIM es un elemento vivo que va evolucionando conforme se va incrementando la información a lo largo de todas las fases que componen el ciclo de vida del edificio. La información se va introduciendo en el modelo en función de los usos que se le quiera dar. En cada fase, contendrá la información útil para esa fase.

Los elementos de cada una de las fases del modelo BIM pueden tener un mayor o menor “Nivel de definición” (LOD en adelante). El Nivel de definición se refiere conjuntamente al “Nivel de detalle geométrico” y al “Nivel de información” (British Standards Institution, 2013b). Los LODs mayormente aceptados son: LOD 100 para los elementos del modelo conceptual, LOD 200 para el proyecto básico, el LOD 350 para el proyecto de ejecución, LOD 400 para el modelo *As-built* y LOD 500 para el uso y mantenimiento.

Según *Construction Industry Council* (CIC), el diagrama cíclico de los proyectos BIM se compone de tres fases principales: diseño, construcción y uso. La fase de diseño se compone a su vez de cinco subfases: 0. Estrategia; 1. *Briefing*; 2. Concepto; 3. Definición; y 4. Diseño. La 5 corresponde con la fase de Construcción, la 6, Entrega al cliente y la 7, Uso (figura 33).

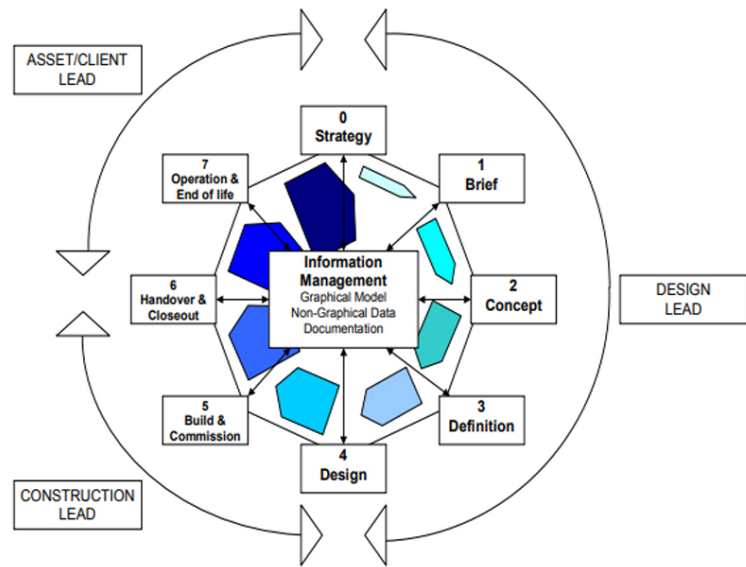


Figura 33. Diagrama cíclico de los proyectos BIM (Fuente: Maxwell, 2016)

Dallasega *et al.* (2015) señalan que el modelo BIM puede contener información geométrica, sobre la planificación de la construcción, del cálculo de costes, del rendimiento energético y de mantenimiento y explotación.

Barnes y Davies (2014) exponen que el modelo BIM facilita la visualización y comprensión del diseño del proyecto por todos los agentes involucrados, permite la detección previa y virtual de colisiones entre disciplinas (arquitectura, estructura e instalaciones), por tanto, minimiza los trabajos de rectificación en obra, reduciendo de esta manera los costes.

Existen numerosos casos de éxito del uso de BIM para el diseño de proyectos de edificación de obra nueva<sup>[17]</sup>, proyectos de rehabilitación de edificios existentes y proyectos de infraestructuras (Real, 2014; Nuttens *et al.*, 2017; Martínez-Ibáñez *et al.*, 2017). Hoy en día, existen diversas herramientas informáticas de modelado BIM 3D, como *Revit*© (Autodesk), *ArchiCAD*© (Graphisoft) y *Allplan*© (Nemetschek).

La incorporación de información relativa al proceso constructivo en el modelo BIM, mejora la planificación y gestión de la construcción y reducen los riesgos en materia de seguridad y salud gracias a la planificación logística del sitio (Muñoz Pardo *et al.*, 2017).

La integración de información sobre la gestión presupuestaria del proyecto de construcción en el modelo BIM permite estimar los costes en tiempo real (Smith, 2014) y analizar el coste del ciclo de vida según la actividad que se desarrolle (Bohórquez-Castellanos *et al.*, 2018). Alguno de los *softwares* BIM actuales más empleados para la planificación y gestión de costes de proyectos son: *Naviswork*© (Autodesk), *Navigator*© (Bentley) y *Vico*

[17] <https://www.buildingsmart.es/2017/03/31/implantación-de-la-metodología-bim-en-un-proyecto-de-vivienda-residencial-mozart/> [Consulta: 9 enero 2019]

Office© (Trimble).

Como se ha citado previamente, BIM aporta grandes beneficios para la fase de diseño y construcción. No obstante, estas fases representan una mínima parte del ciclo de vida de un inmueble. Tal como afirman Pärn y Edwards (2017), uno de los mayores beneficios de la metodología BIM se obtiene en su aplicación para la gestión y mantenimiento del inmueble y de sus servicios asociados durante toda su vida útil. A esta disciplina se le denomina *Facility Management* (FM en adelante)<sup>[18]</sup>. La Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) señala que la gestión de la información del uso y mantenimiento de los activos a largo plazo proporciona la optimización de los costes, mejora el conocimiento de las necesidades del funcionamiento y mantenimiento del activo, mejora la planificación e implementación estratégica, reduce los riesgos, facilita la toma de decisiones y mejora la calidad de la información.

A partir del modelo *As-built* que contiene la geometría y los datos de la construcción ejecutada (Lin *et al.*, 2018), se genera el modelo BIM que se entrega al propietario para gestionar el mantenimiento del inmueble y de sus servicios (FM). La aplicación de BIM para el mantenimiento de edificios existentes es un campo relativamente reciente, pero el interés por esta área está creciendo (Xiong *et al.*, 2013; Galiano-Garrigós y Andújar-Montoya, 2018).

Dado que esta investigación se enmarca en la aplicación de BIM para el uso público de los bienes patrimoniales, se han analizado los *softwares* comerciales disponibles actualmente en el mercado para el mantenimiento y la gestión de los servicios asociados de los edificios existentes con BIM, con el fin de conocer sus funcionalidades e identificar su potencial aplicación para gestionar el uso público de los inmuebles con valor patrimonial.

En relación con los programas informáticos específicos en FM, el software *Archibus*© dispone de un *plug-in* de intercambio de información con modelos BIM. Su aplicación en el edificio de Telefónica de España<sup>[19]</sup> ha optimizado el uso del espacio y mejorado la eficiencia del análisis de los problemas de mantenimiento, dando como resultado un importante ahorro económico y de tiempo.

[18] <http://ifma-spain.org/> [Consulta:21 octubre 2019]

[19] <http://microcad.co/download/archibus.pdf> [Consulta:10 febrero 2019]



Figura 34. Inspección de mantenimiento con el *software Iviva* (Fuente: <https://www.iviva.com/> [Consulta: 25 enero 2019])

Las plataformas BIM como *Zuuse*®<sup>[20]</sup> y *Zutec*®<sup>[21]</sup> están facilitando la gestión del ciclo de vida completo del proyecto BIM, especialmente para la fase de FM de edificios y grandes infraestructuras. También *EcoDomus*®<sup>[22]</sup> permite integrar el modelo BIM de gestión de activos, con datos adquiridos en tiempo real mediante sensores y *softwares* de gestión de instalaciones (FM). *Iviva*®<sup>[23]</sup> se ha desarrollado para gestionar espacios y planificar el mantenimiento del edificio a partir de modelos BIM, mediante un software amigable con el usuario final (figura 34).

En relación con la gestión de los edificios públicos como aeropuertos, estaciones de tren, centros comerciales, etc. la integración de modelos BIM con el *software* de simulación de movimiento de peatones *MassMotion Flow*® permite simular las colas y planes de evacuación (figura 35). También permite analizar el tiempo de circulación de los peatones de un punto a otro, la capacidad potencial, los problemas de congestión y flujos a través de puertas y escaleras o el nivel de confort, tanto en situaciones normales como de emergencia<sup>[24]</sup>. Este *software* permite anticipar los problemas durante la fase de planificación y mejora la toma de decisiones.

[20] <https://zuuse.com/> [Consulta: 25 enero 2019]

[21] <https://www.zutec.com/site/> [Consulta: 25 enero 2019]

[22] <http://ecodomus.com/> [Consulta: 25 enero 2019]

[23] <https://www.iviva.com/> [Consulta: 25 enero 2019]

[24] [http://descargas.simulsoft-ingenieros.es/massmotion/documentacion/Product\\_Sheet\\_wCaseStudies-MassMotion\\_Flow\\_Nov\\_2016.pdf](http://descargas.simulsoft-ingenieros.es/massmotion/documentacion/Product_Sheet_wCaseStudies-MassMotion_Flow_Nov_2016.pdf). [Consulta: 10 abril 2019]

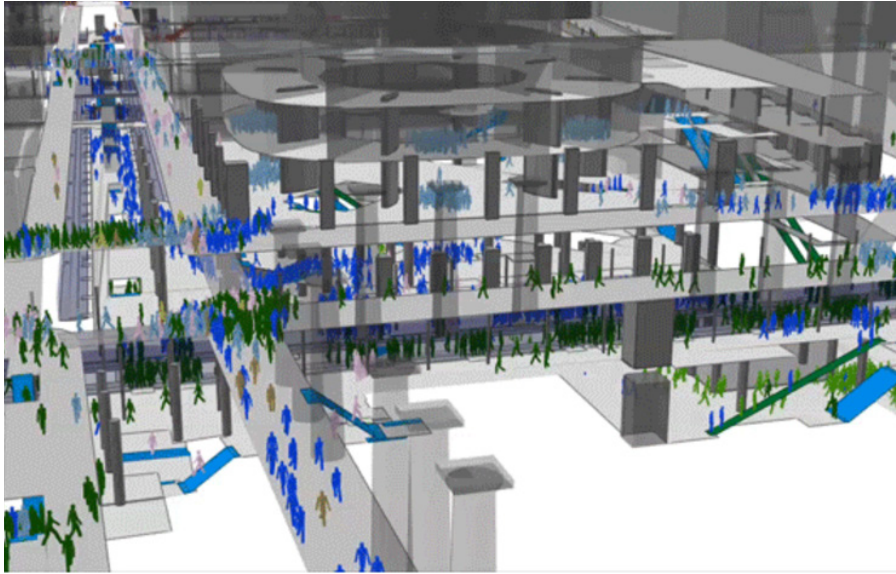


Figura 35. Simulación del movimiento de peatones del Fulton Center de Nueva York con *MassMotion*. Fuente: (<https://www.oasys-software.com/news/opportunities-in-australia-grow-for-pedestrian-simulation-software> [Consulta:10 abril 2019])

## 2.2.2. NORMAS, PROTOCOLOS Y GUÍAS BIM

En relación con la implementación del sistema BIM a nivel europeo, en el año 2014 se creó una Directiva Europea para la contratación pública (Parlamento Europeo, 2014) que pedía a los Estados miembros que fomentasen el uso de BIM.

En el año 2016, Reino Unido exigió el uso de BIM con un nivel de madurez 2 para los proyectos de financiación pública, tal como recoge el *Government Construction Strategy* (Cabinet Office, 2011).

En relación con la implementación BIM en el marco español, la Comisión es.BIM del Ministerio de Fomento de España (2015) se creó en el año 2015 para fomentar la implementación del uso de BIM en la industria de la construcción española. Esta comisión, estableció un calendario de fechas para usar BIM para las licitaciones públicas de edificación a partir de diciembre de 2018 y para infraestructuras a partir de julio de 2019. Esta comisión se disolvió y el calendario de fechas no se han cumplido hasta el momento.

Por otro lado, la Ley española 9/2017 de Contratos del Sector Público (Jefatura del Estado, 2017) establece que los órganos de contratación podrán exigir o valorar el uso de modelos de información BIM para los contratos públicos de obras, servicios y concursos de proyectos.

En el año 2018 se creó la Comisión interministerial para facilitar la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública en España<sup>[25]</sup>.

[25] <https://www.fomento.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/vie-28122018-1356>. [Consulta: 20 diciembre 2019]



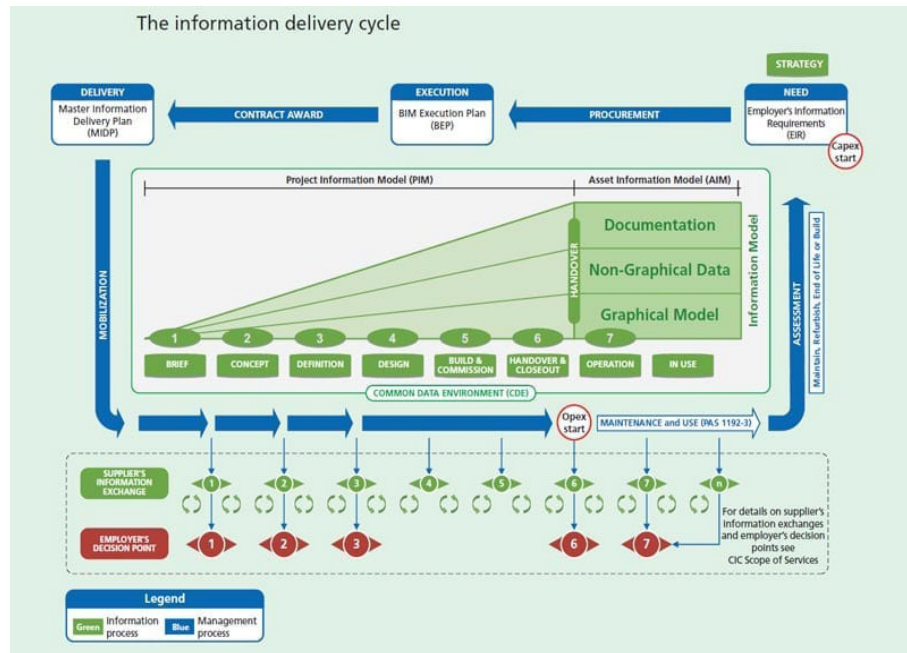


Figura 36. Proceso de contratación y proceso de desarrollo del proyecto y gestión del activo con BIM (Fuente: British Standards Institution, 2013b)

En este panorama nacional e internacional donde se prevé un crecimiento del uso de BIM, se están redactando normas, protocolos BIM y guías BIM para ayudar al sector de la construcción a adoptar este sistema de información.

La Norma PAS 1192-2:2013 (British Standards Institution, 2013b) recoge, por primera vez, las especificaciones sobre la forma de gestionar la información para el diseño y construcción de proyectos de obra utilizando BIM con un nivel 2. La posterior Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) se centra en la gestión de la información del funcionamiento y mantenimiento de activos (inmuebles e infraestructuras) utilizando BIM con un nivel 2.

Actualmente, estas dos Normas PAS se han fusionado en una única Norma, la ISO 19650<sup>[26]</sup>. Esta Norma define tanto los procesos de gestión de la información durante la "fase de desarrollo" (diseño, construcción y entrega) como los procesos de gestión de la información del activo construido durante la "fase de operación" (funcionamiento y mantenimiento). BuildingSMART Spain ha resumido y adaptado esta Norma al contexto del sector de la construcción español (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019).

Según el diagrama de la figura 36, el proceso de contratación de un proyecto BIM comienza en la fase de estrategia (fase 0). En esta fase el cliente redacta los "Requisitos de Información del Empleador" (EIR en adelante), documento equivalente a un pliego de condiciones donde se establecen los estándares de contratación para las empresas que van a participar en la li-

[26] <https://www.bsigroup.com/es-ES/BIM/bim-diseno-construccion/iso-19650/> [Consulta: 15 octubre 2019]



citación de un proyecto BIM. Las empresas que van a concursar preparan el “Plan de Ejecución BIM” (BEP en adelante) precontractual en base al EIR. Tras la adjudicación, se prepara el contrato entre el empleador y la empresa contratada. Este contrato debe ir acompañado de un “Protocolo BIM”, como documento anexo. El Protocolo BIM establece las obligaciones y derechos de ambas partes en relación con la información del proyecto BIM y la información que debe producir el equipo del proyecto, entre los que se encuentra el BEP postcontractual, entre otros. El empleador redacta el “Protocolo BIM específico” a partir de un “Protocolo BIM estándar”. A partir de este punto, el equipo de proyecto puede iniciar a desarrollar el modelo BIM. Este diagrama propone trabajar en un Entorno Común de Datos para compartir información y datos del activo a lo largo de todo el proceso.

El Protocolo BIM Estándar del Construction Industry Council (2018) fue desarrollado para dar respuesta a la Estrategia BIM del Gobierno de Reino Unido. Este protocolo se emplea como documento plantilla para redactar los protocolos BIM específicos que acompañan a los contratos de diseño y construcción de los activos con un nivel 2 de BIM.

Por otra parte, con el fin de facilitar la implementación de BIM en el sector de la construcción, se han desarrollado diferentes guías de usuarios BIM a nivel nacional e internacional.

En el ámbito nacional, resulta necesario destacar la Guía de usuarios BIM española denominada uBIM (BuildingSMART Spanish Chapter, 2014). Esta guía es una adaptación del COBIM finlandés (Common BIM Requirements, 2012) a las normativas y estándares vigentes en España. Está compuesta por trece documentos que proporcionan directrices para el modelado BIM del estado actual, el diseño arquitectónico, de instalaciones y estructural, así como el mantenimiento de los activos, entre otras. Por otro lado, la Generalitat de Cataluña ha desarrollado también una guía BIM para la gestión de proyectos y obras<sup>[27]</sup> con el fin de fijar unas directrices compartidas para utilizar la metodología BIM como canal de intercambio de información entre los agentes que intervienen durante todo el ciclo de vida de un equipamiento.

En el ámbito internacional, destacan la serie de Guías BIM de General Service Administration (GSA en adelante) y entre ellas, la “Guía BIM para la gestión de instalaciones” (General Services Administration, 2011).

### 2.2.3. DISCUSIÓN SOBRE BIM

El análisis realizado evidencia que BIM es un excelente gestor de la información de los activos, tanto de inmuebles como de infraestructuras y mejora la eficiencia de las actividades de la fase de proyecto (diseño y construcción) y la fase de operación de los activos construidos (uso y mantenimiento). La prueba de ello es que, a pesar de ser un sistema relativamente

[27] <http://infraestructures.gencat.cat/?page=bim> [Consulta: 19 octubre 2019]

incipiente, con un recorrido de poco más de veinte años, su implementación a nivel internacional va en aumento.

No obstante, es importante destacar que este sistema de trabajo colaborativo supone un cambio radical en relación con el trabajo tradicional, y por ello, en la actualidad todavía existen diversos aspectos que dificultan su implementación.

Algunas de estas dificultades son: requiere la coordinación de todos los agentes involucrados (profesionales, administración, cliente, etc.) y un cambio de mentalidad por parte de todos, un periodo de adaptación para la formación específica de los recursos humanos o bien la contratación de recursos con formación específica, la reconversión de las infraestructuras tecnológicas y la adquisición de nuevas herramientas informáticas. La implementación de BIM en la Administración española está siendo más lenta que en el ámbito profesional, aunque en los últimos años se ha apreciado un aumento en las licitaciones de proyectos públicos con requisitos BIM.

No obstante, con el fin de darle solución a estos problemas y fomentar la implementación de BIM, se están llevando a cabo las siguientes acciones:

Para facilitar el intercambio de información entre los agentes y evitar que sea un problema el uso de softwares diferentes, se está fomentando el uso de los formatos abiertos, tipo IFC.

Ante la previsión de que BIM sea cada vez más utilizado e incluso pueda exigirse a corto plazo, se están desarrollando documentos directrices como normas, guías y protocolos BIM que faciliten a los profesionales su adopción. En especial, los protocolos BIM estándar desarrollados por algunas instituciones, están ayudando a los profesionales a desarrollar el protocolo específico que debe acompañar a cada contrato BIM. Este protocolo específico establece las obligaciones del equipo de trabajo en relación con el tratamiento, verificación e intercambio de la información del proyecto BIM.

La vinculación de algunos programas informáticos específicos para la gestión y mantenimiento de edificios existentes con los modelos BIM están permitiendo anticipar los problemas y mejorar la toma de decisiones. Por otro lado, las plataformas BIM están facilitando la gestión de espacios y la planificación del mantenimiento de edificios existentes por parte del usuario final de una manera más amigable. El desarrollo de estas plataformas facilita la gestión de los datos y su vinculación con el modelo BIM, sin que el agente precise formación específica en BIM. Sin embargo, se requiere destinar recursos económicos adicionales para su desarrollo informático.

De la misma manera que BIM aporta grandes beneficios para el diseño y construcción de la obra nueva y la gestión del uso y mantenimiento de la edificación existente, se plantea la hipótesis de que BIM puede mejorar la eficiencia de la conservación de la edificación existente con valores patrimoniales y que los *softwares* y plataformas BIM de mantenimiento desarrollados para los edificios existentes pueden transferirse fácilmente a los edificios históricos.

El capítulo del estado de la cuestión tratará de resolver las siguientes cuestiones:

¿Existen estudios precedentes sobre la aplicación de HBIM para la gestión del uso público (visita pública) y mantenimiento del patrimonio?

¿Se han redactado documentos directrices específicos que faciliten la implementación de HBIM en el sector de la conservación del patrimonio y específicamente para la fase de uso del patrimonio?



3

Estado de la cuestión



### 3. Estado de la cuestión

La revisión de la literatura científica en materia de HBIM, y específicamente de HBIM aplicado para la gestión del uso público del patrimonio, ha permitido conocer las aportaciones de los estudios previos en esta materia, identificar las lagunas y establecer el punto de partida de esta investigación.

En primer lugar, se han analizado los artículos científicos precedentes que se han centrado en estudiar el uso de HBIM para documentar la arquitectura histórica. A continuación, se han estudiado las investigaciones recientes sobre la implementación de HBIM para la protección jurídica, la restauración y la gestión del patrimonio. Posteriormente, se ha revisado la literatura que trata la aplicación de HBIM para el uso público del patrimonio en sus cuatro aspectos: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación y divulgación. Por último, se han analizado los documentos directrices HBIM existentes (normas, protocolos y guías) que se han desarrollado para ayudar al sector de la conservación del patrimonio a adoptar el uso de HBIM.

En relación con HBIM, como ya se ha comentado, la dispersión de la información existente de un bien patrimonial desarrollada por las distintas disciplinas que intervienen en el conocimiento y conservación del patrimonio arquitectónico (arquitectos, historiadores, arqueólogos, gestores culturales, etc.), provoca problemas de ineficiencia en las actividades de documentación, intervención y gestión de los bienes patrimoniales (Angulo, 2012; Arayaci *et al.*, 2017). Generalmente esta información se encuentra dispersa en distintas ubicaciones, presenta distintos formatos (papel y formato digital) y en ocasiones disponen de restricciones de uso por propiedad intelectual o seguridad que dificulta su accesibilidad (Historic England, 2017).

En apartados anteriores se ha mencionado que diversas organizaciones e investigadores de este ámbito han tratado de darle una solución a esta problemática buscando maneras más eficientes de documentar y gestionar toda la información generada de los bienes patrimoniales (Ministerio de Fomento de España, 2015; Maxwell, 2016; Baik y Boehm, 2017; Dore y Murphy, 2017).



Figura 37. Modelo 3D con base de datos semántica. Visualización de la evolución constructiva de la iglesia de San Cebrián de Mazote (España) (Fuente: Utrero *et al.*, 2016)



Algunos autores (figura 37) han estudiado la potencialidad del uso de modelos 3D unidos a bases de datos semánticas (Utrero *et al.*, 2016), y Sistemas de Información Geográfica (SIG en adelante) para almacenar, editar y compartir los datos de los bienes patrimoniales (Canciani *et al.*, 2014) y los yacimientos arqueológicos (Angulo, 2012). Con estos datos se han generado aplicaciones multimedia para divulgar y facilitar la comprensión de la complejidad de la arquitectura histórica entre los usuarios finales (Canciani *et al.*, 2014).

El sistema BIM aplicado al patrimonio arquitectónico, denominado *Historic o Heritage BIM* (HBIM) está demostrando ser un sistema innovador que mejora la gestión de la información del patrimonio cultural (Parisi *et al.*, 2019). Tal como expone la guía *BIM for Heritage* (Historic England, 2017), BIM puede aplicarse para desarrollar las diversas actividades que se llevan a cabo en un bien patrimonial como la planificación, gestión de activos, mantenimiento preventivo, documentación e investigación, por ser un sistema de trabajo colaborativo y un eficiente gestor de la información.

Tanto en el ámbito científico, como en el empresarial e institucional se está buscando el camino más eficaz para alcanzar la implementación real de BIM para el patrimonio arquitectónico (Della Torre, 2015).

Los modelos HBIM, tal como señalan Hawas y Marzouk (2017), permiten centralizar en un repositorio común, la información geométrica y semántica y documentos externos de los bienes patrimoniales, procedentes de todas las disciplinas involucradas en su conservación. Esta fuente de información fiable, estructurada y actualizada, mejora la accesibilidad al conocimiento de todos los agentes involucrados, la toma de decisiones y la gestión del bien lo largo de todo su ciclo de vida (Historic England, 2017). Además, al evitar la dispersión y redundancia de información técnica e histórica, permite implementar protocolos de protección e intervención más responsables (Parisi *et al.*, 2019).

Inicialmente, los estudios de investigación se centraron en desarrollar modelos HBIM para documentar de manera precisa la geometría existente, empleando como referencia las nubes de puntos o modelos de malla obtenidos mediante técnicas de levantamiento digital (Quattrini *et al.*, 2015).

Hoy en día, existe un creciente interés por aplicar las capacidades de gestión de la información de BIM no sólo para documentar la arquitectura existente, sino también para mejorar la planificación de las labores de restauración (Bruno *et al.*, 2018), mantenimiento (Fassi *et al.*, 2016), gestión (Armisen *et al.*, 2016) y divulgación del patrimonio (Barazzetti *et al.*, 2015).

### 3.1. HBIM PARA DOCUMENTAR LA ARQUITECTURA PATRIMONIAL

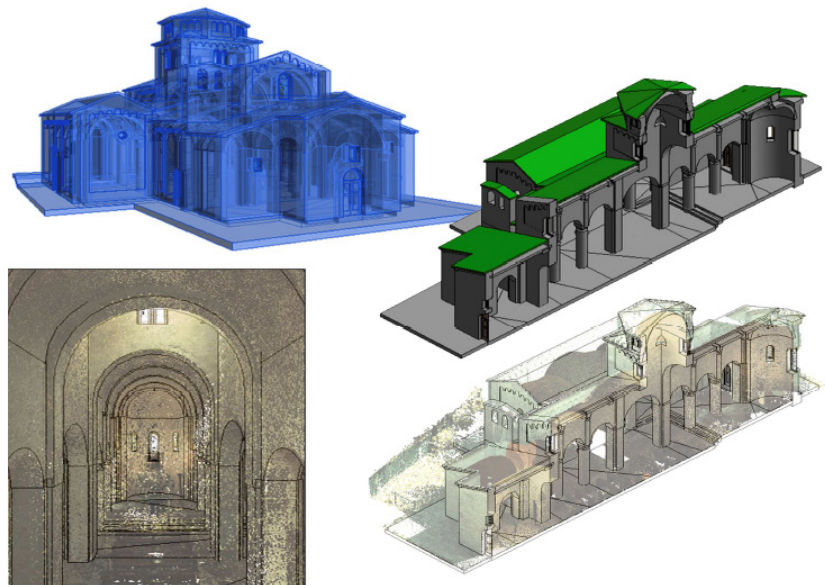
Según Council on Training in Architectural Conservation (COTAC) (Maxwell, 2014), los proyectos BIM de edificios históricos, por su condición de edificios existentes, requieren el desarrollo de un levantamiento gráfico preciso 3D de la fábrica existente.

Algunos autores (Garagnani y Manferdini, 2013; Adami *et al.*, 2017) han generado modelos HBIM de la arquitectura histórica existente a partir de la nube de puntos obtenida mediante técnicas avanzadas de toma de datos, como el escáner láser o la fotogrametría (figuras 38 y 39). A este proceso de creación de componentes BIM sobre la referencia directa de la nube de puntos subyacente, se denomina con el término de *Scan to BIM* (Historic England, 2017). Otros autores (Casu y Pisu, 2019), han investigado el uso de BIM para documentar y recrear el patrimonio perdido, partiendo de dibujos históricos e información de edificios similares existentes, tal como sugiere la Carta de Londres (Denard *et al.*, 2009).



Figura 38. Nube de puntos texturizada de la Basílica de San Marcos de Venecia (Italia) (Fuente: Adami *et al.*, 2018)

Figura 39. Modelo HBIM de la iglesia de Santa María de Portonovo (Italia)  
(Fuente: Quattrini *et al.*, 2015)



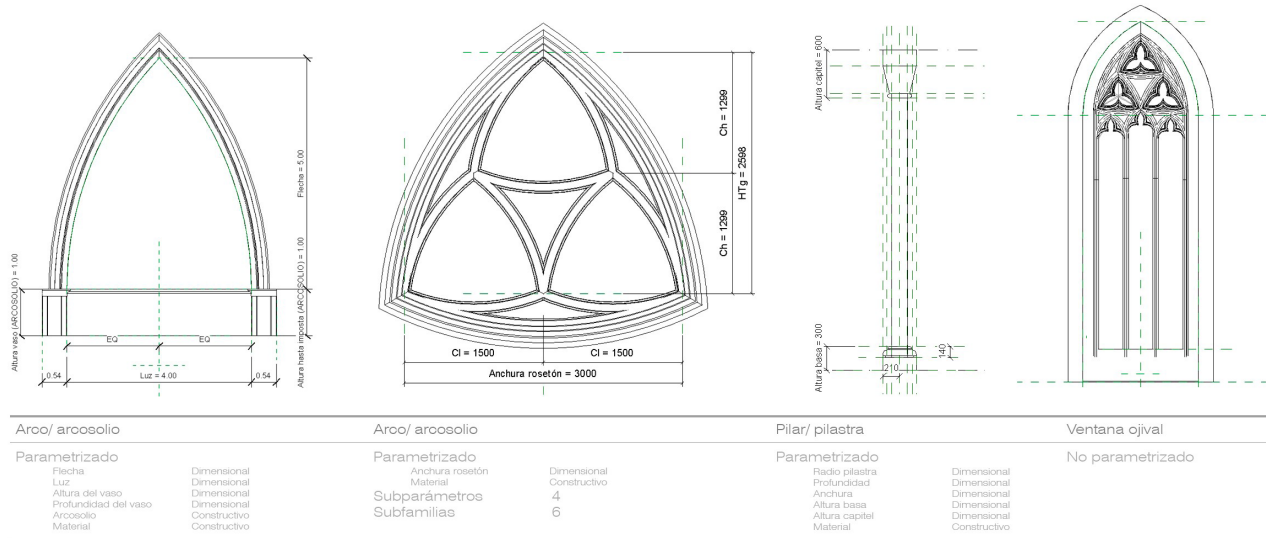
A pesar de que HBIM ha demostrado tener grandes ventajas para la documentación del patrimonio arquitectónico, Hawas y Marzouk (2017) destacan que resulta muy complicado modelar la complejidad e irregularidad de los edificios patrimoniales, debido a que las herramientas de modelado de los *softwares* BIM no fueron diseñadas para generar geometrías complejas, sino para la arquitectura de nueva construcción. Littlefield (2017) señala que generalmente resulta difícil definir por completo los modelos HBIM, debido a las limitaciones del presupuesto, el tiempo y limitaciones en el acceso a la información previa.

Con el fin de obtener un registro HBIM fiel de la arquitectura compleja y reducir el coste y tiempo del proceso de modelado, se han propuesto distintas soluciones.

Algunos autores han desarrollado bibliotecas HBIM de componentes paramétricos históricos (Dore y Murphy, 2012), elementos arquitectónicos medievales (García-Valldecabres *et al.*, 2016b) (figura 40) y judíos (Baik y Boehm, 2017), bóvedas y artesonados (Oreni *et al.*, 2014) y elementos arqueológicos (Scianna *et al.*, 2014) para reutilizarlos en otros bienes de características similares (López *et al.*, 2018).

Oreni *et al.* (2014) han desarrollado un método para convertir las *nurbs* de los elementos de geometría compleja en objetos paramétricos HBIM.

Otros autores, como Bassier *et al.* (2016) han explorado la obtención del modelado HBIM semiautomático a partir de la nube de puntos, mediante el uso de algoritmos inteligentes. El uso de complementos como el *plug-in Scan to BIM* permite el modelado automático de las formas primitivas desde la nube de puntos. Logothetis *et al.* (2017) consideran que el desarrollo de esta tecnología podría ser útil para el modelado del patrimonio cultural. Dore y Murphy (2017), Bruno *et al.* (2018) y López *et al.* (2018) han identificado la necesidad de continuar investigando en la conversión automática y



precisa de modelos paramétricos de geometría compleja a partir de la nube de puntos, ya que todavía presentan simplificaciones e inexactitudes.

Paralelamente, los estudios de Edwards (2017) han concluido que los modelos HBIM híbridos, aquellos que combinan geometría HBIM y modelos de malla, reducen el tiempo de modelado de los elementos complejos y facilitan el registro de la superficie externa de la fábrica y los revestimientos. Sin embargo, la guía *BIM for Heritage* (Historic England, 2017) advierte que los modelos híbridos no resultan eficientes cuando las mallas se aplican a varios componentes, ya que su integración en los modelos HBIM, aumenta considerablemente el tamaño del archivo y afecta negativamente al almacenamiento y la velocidad de procesamiento.

Dependiendo del alcance del proyecto HBIM y los requisitos del cliente, es posible que además del registro de la geometría existente, se requiera el registro de información arqueológica, estructural, patológica, histórica, etc. (Oreni *et al.*, 2014). Esta información y datos se pueden agregar posteriormente a los componentes y espacios BIM de manera estructurada.

Por ello, antes de iniciar el registro de un modelo HBIM y con el fin de evitar archivos muy pesados y difíciles de gestionar, Historic England (2008) aconseja determinar el nivel de definición (LOD) necesario, referido al nivel de detalle geométrico y al nivel de información, en base a su finalidad y al presupuesto y tiempo disponible.

Los niveles de detalle del patrimonio cultural han sido definidos por Andrews *et al.* (2015) en *Metric Survey Specifications for Cultural Heritage LODS*. Este documento define cuatro niveles: LOD1, LOD2, LOD3 y LOD4.

En este sentido, Della Torre (2015) considera que el levantamiento y los datos de monitorización deben tener un LOD alto, para apoyar la toma de decisiones de la restauración. Sin embargo, este autor afirma que otros estudios como el análisis estructural, la simulación energética o el análisis de

Figura 40. Familias paramétricas de elementos arquitectónicos medievales (Fuente: García-Valldecabres *et al.*, 2016b)



costes podrían realizarse a partir de versiones más simplificadas del modelo HBIM.

Recientemente, Castellano-Román y Pinto-Puerto (2019) han propuesto cinco niveles de conocimiento (LOK en adelante) de HBIM en base a la información que requieren las distintas acciones de la gestión del patrimonio: identificación (LOK100), protección y divulgación (LOK200), investigación (LOK300), intervención (LOK400) y gestión (LOK500). La figura 41 muestra los cinco niveles LOK y su aplicación al modelo HBIM de la portada de la Cartuja de Jerez (España). Para la fase de identificación proponen una caracterización básica y un emplazamiento georreferenciado y orientado. Para la fase de protección y divulgación proponen el modelado de estructuras básicas, la evolución constructiva, así como documentación para la protección legal, para el plan estratégico y apoyo gráfico para la divulgación. Para la fase de investigación plantean el modelado de estructuras complejas y la caracterización de los materiales y el diagnóstico de las distintas disciplinas. Para el desarrollo del proyecto de intervención proponen un LOK 400. Por último, para la gestión del inmueble patrimonial que consiste en el desarrollo de programas periódicos de investigación, conservación preventiva, uso y divulgación, proponen, un LOK 500.

Figura 41. Niveles de conocimiento de HBIM (LOK)  
(Fuente: Castellano-Román y Pinto-Puerto, 2019)



Algunos estudios se han centrado en la aplicación de HBIM para analizar la estratigrafía muraria y representar la evolución constructiva de algunos casos de estudio, como la antigua fábrica de tabacos en Sevilla (Nieto y Moyano, 2014), el Castillo Masegra (Barazzetti *et al.*, 2015) (figura 42), el Conjunto de San Juan del Hospital de València (García-Valldcabres *et al.*, 2018), la iglesia de San Michele Arcangelo de L'Aquila (Brusaporci *et al.*, 2018). Siguiendo esta línea de investigación, Parisi *et al.* (2019) han desarrollado un método teórico para generar un modelo HBIM que recoja las fases constructivas de un edificio patrimonial. Para validar el método y extrapolarlo al resto del edificio, han desarrollado un modelo HBIM de la evolución constructiva del patio de la facultad de Arquitectura de la Universidad de Granada (España) desde el siglo XVI hasta nuestros días (figura 43). El análisis de los estudios preliminares y proyectos de intervención anteriores ha facilitado la comprensión de la complejidad evolutiva del edificio. Las herramientas específicas de “habitaciones”, “áreas” y “esquemas de color” se han empleado para planificar la ocupación y uso de un edificio y analizar el diseño básico.

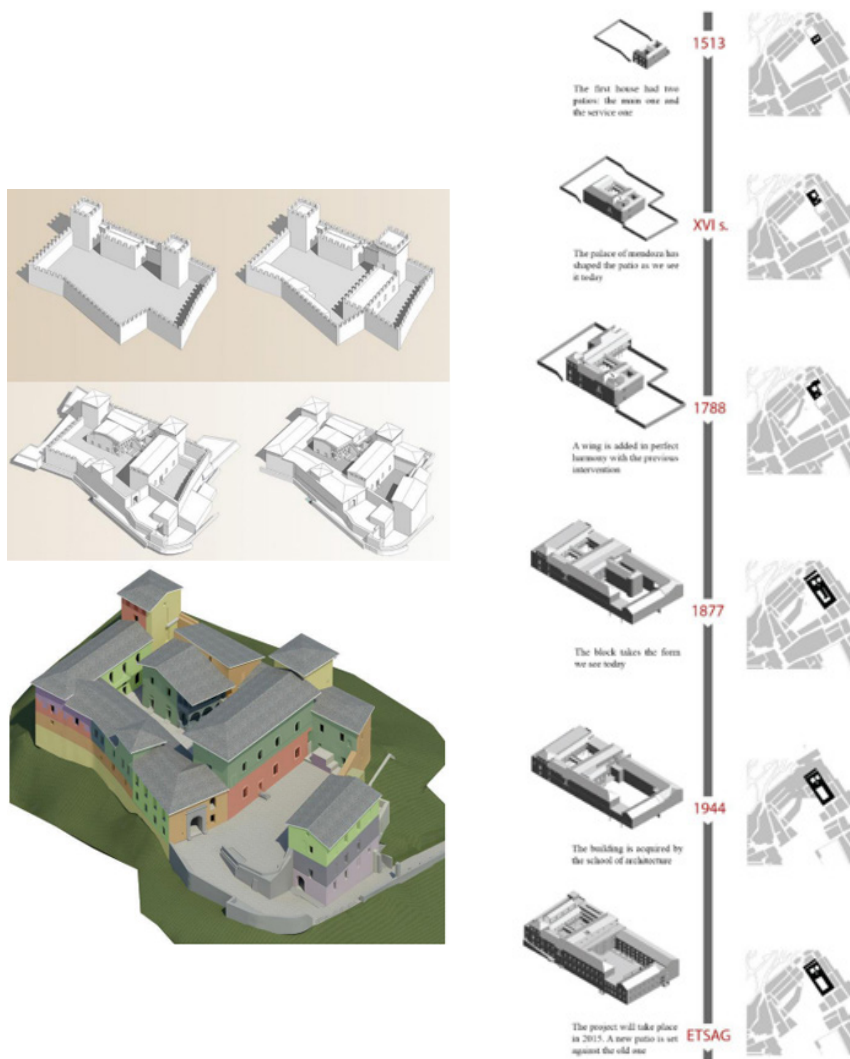


Figura 42. Fases constructivas del castillo de Masegra (Italia) (Fuente: Barazzetti *et al.*, 2015)

Figura 43. Línea de tiempo de las fases constructivas. Facultad de Arquitectura de la Universidad de Granada (España) (Fuente: Parisi *et al.*, 2019)

### 3.2. HBIM PARA LA PROTECCIÓN JURÍDICA, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO

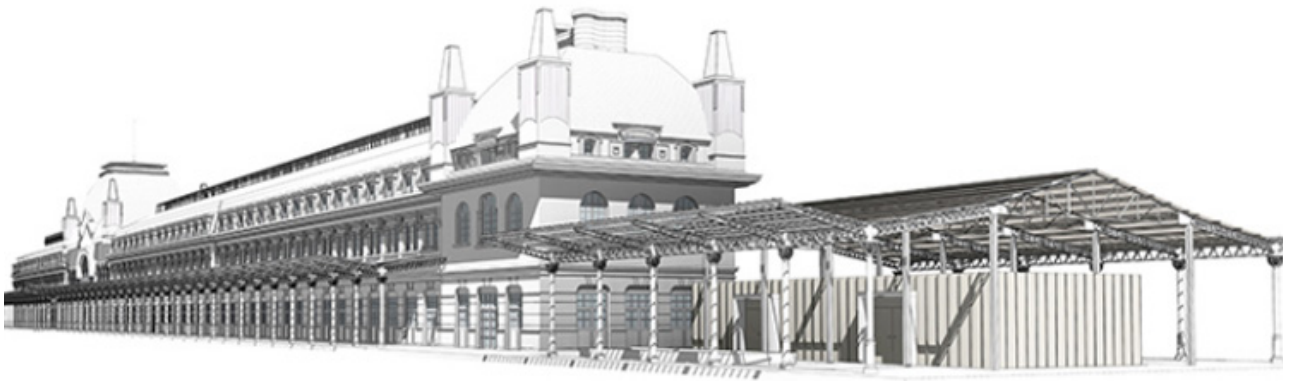
Castellano-Román (2013; 2015) ha analizado las posibilidades que ofrece el sistema HBIM como herramienta eficaz para la gestión integral de la protección jurídica del patrimonio arquitectónico. Este autor ha integrado en el modelo HBIM los campos de información propios de un expediente de declaración BIC como propiedades generales, entorno, delimitación, propiedades descriptivas, históricas, constructivas, etc. No obstante, el modelo se encuentra abierto a la incorporación de nuevos campos que complementen las acciones de tutela del patrimonio histórico (conservación, difusión, investigación y documentación). Esta plataforma permite integrar la información disponible y actualizada de un bien patrimonial, facilitando de esta manera el acceso al conocimiento de los agentes que intervienen en su conservación.

Bruno *et al.* (2018) han desarrollado un flujo de trabajo metodológico para implementar en HBIM la información relativa al pre-diagnóstico (características geométricas y materiales, técnicas constructivas, intervenciones previas), diagnóstico (causas de las patologías) y monitorización de los daños de los bienes culturales con el fin de mejorar la planificación y la toma de decisiones de las labores de restauración y conservación. La investigación de Lo Turco *et al.* (2017) se ha centrado en la creación de un modelo HBIM compuesto por objetos paramétricos que describen el estado de conservación de los materiales actuales y las intervenciones que serían necesarias. Este registro puede ser utilizado para mejorar la gestión de las labores de intervención del patrimonio arquitectónico, ya que permite el intercambio de conocimiento entre profesionales, el análisis virtual de alternativas, reduce los costes de levantamiento, diseño, construcción y mantenimiento, evita la redundancia de información y duplicidad de datos en distintas aplicaciones. Siguiendo esta línea de investigación, Brumana *et al.* (2017) han aplicado el sistema HBIM para realizar el levantamiento y registrar el diagnóstico de los daños con el fin de facilitar el desarrollo del proyecto de restauración, licitación y ejecución de la intervención de la Basílica de Collemaggio (Italia), profundamente dañada tras el terremoto registrado en la región del L'Aquila en el año 2012. El modelo HBIM se generó a partir de la nube de puntos y fotogrametría. Se representaron y mapearon las patologías que presentaba los sillares de los pilares, con el fin de planificar el tipo de intervención más apropiada.

Uno de los casos de éxito más recientes de la aplicación práctica de la metodología HBIM para el desarrollo del proyecto de rehabilitación de un edificio declarado BIC, es el Proyecto de rehabilitación de la Estación Internacional de Canfranc en España<sup>[1]</sup> (figura 44). Para la generación de la geometría más compleja se utilizó *Revit*® y *Dynamo*®. Con *Infraworks*® se realizaron las simulaciones de tráfico y las infografías se realizaron con 3Ds Max.

[1] <https://www.ingennus.com/rehabilitacion-estacion-de-canfranc> [Consulta: 12 abril 2018]





Pinto-Puerto (2018), considerando los elevados costes y las complejas acciones que demanda la conservación del patrimonio, ha propuesto el uso de los sistemas BIM y SIG para lograr la gestión sostenible de la información y el conocimiento del patrimonio arquitectónico.

La administración responsable de la protección del patrimonio histórico de Gales Cadw<sup>[2]</sup> ha investigado la potencialidad de HBIM. Como caso de estudio ha empleado una casa de campo del siglo XIX de una antigua comunidad minera, restaurada con técnicas tradicionales. El modelo HBIM contiene información sobre la fábrica, materiales, acabados, proveedores, rendimiento térmico y energético, y plan de mantenimiento con vídeos explicativos. También contiene información sobre la significancia cultural de los elementos y la significancia histórica del edificio, protección jurídica, requisitos para el archivo y registro, así como medidas de protección del uso. Cadw considera que en este modelo se podría integrar además el plan de gestión de la conservación.

Las líneas de investigación más recientes relativas a la aplicación de HBIM para la gestión del patrimonio están optando por desarrollar plataformas web HBIM en un entorno de trabajo colaborativo que permitan unificar e intercambiar la información de modelos HBIM y bases de datos y facilitar el acceso remoto de los agentes que intervienen en la conservación del patrimonio construido (Lo Turco *et al.*, 2017).

Figura 44. Proyecto HBIM de rehabilitación de la Estación de Canfranc (España) (Fuente: <https://www.ingennus.com/rehabilitacion-estacion-de-canfranc> [Consulta: 12 abril 2018])

[2] <https://cadw.gov.wales/about/projects-research/projects/heritage-cottage> [Consulta: 20 junio 2018]

Figura 45. Parámetros añadidos al modelo HBIM para su vinculación con la plataforma *BIMLegacy* (Fuente: García-Valldecabres *et al.*, 2016c)

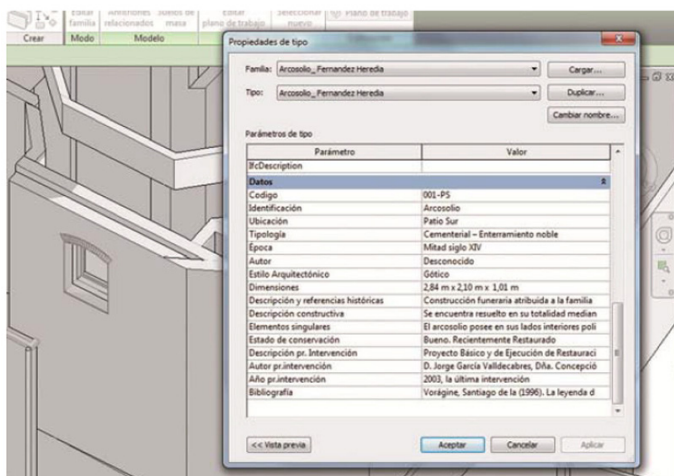
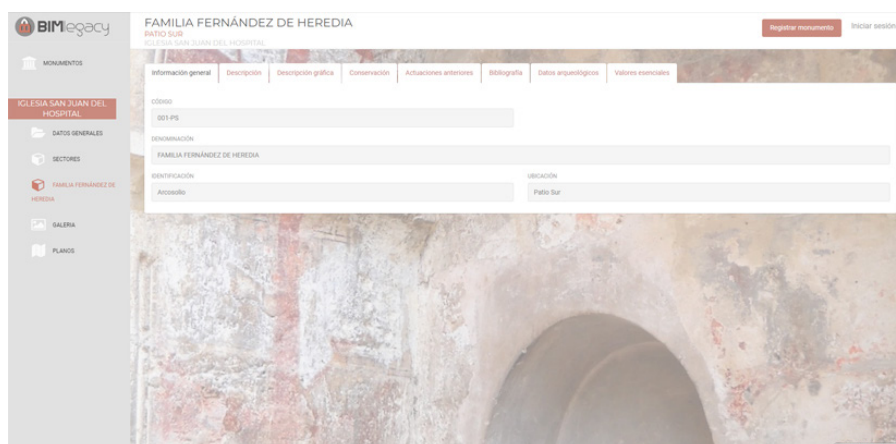


Figura 46. Plataforma *BIMLegacy* (Fuente: García-Valldecabres *et al.*, 2016a)



La plataforma web *BIMLegacy* generada por García-Valldecabres *et al.* (2016c) facilita la integración, en un único repositorio, de la información de los modelos HBIM desarrollada por los agentes técnicos (arquitectos, arqueólogos, restauradores, etc.) y la información histórico-documental generada por los agentes no técnicos (historiadores, gestores, etc.). Los agentes técnicos gestionan la información geométrica y semántica desde el modelo HBIM (figura 45). La información semántica y documental de los agentes no técnicos se almacena en una base de datos SQL y se gestiona desde la plataforma web de fácil manejo (figura 46). La vinculación entre ambas bases de datos se ha logrado mediante el desarrollo de un *plug-in* para *Revit* que sincroniza bidireccionalmente la información. *BIMLegacy* puede mejorar el flujo de trabajo de las distintas disciplinas que intervienen en el registro de los bienes patrimoniales y facilitar el desarrollo de catálogos de registro de calidad. Los autores consideran que esta herramienta puede aportar grandes ventajas para posteriores labores de intervención, mantenimiento, gestión y divulgación del patrimonio.

La plataforma virtual comercial *PetroBIM* (Armisen *et al.*, 2016) es una herramienta de gestión para la conservación del patrimonio arquitectónico y la difusión del conocimiento. Dispone de una base de datos vinculada al modelo HBIM que se gestiona a través de un visor de fácil manejo. La platafor-

ma dispone de varios módulos que permiten añadir información al modelo, sobre los materiales constructivos, patologías y atributos temporales para la elaboración de la evolución constructiva. También es posible monitorizar las humedades y problemas estructurales, además de calcular las unidades de obra como apoyo para la redacción de proyectos de restauración y el posterior control de la obra.

Adami *et al.* (2018) han empleado el sistema de gestión de información web denominado *BIM3DSG* desarrollado previamente por Fassi *et al.* (2015) para la catalogación 3D y mantenimiento de los mosaicos de la Basílica de San Marcos de Venecia. Este sistema permite almacenar en un repositorio común todos los datos del proyecto como la nube de puntos, modelo de *nurbs*, modelo de malla texturizada y ortofotos. Además, *BIM3DSG* permite navegar en 3D a través de una plataforma web, medir dimensiones y visualizar ortofotos de alta resolución en una web independiente. El sistema facilita la vinculación con archivos externos y el intercambio de información entre las disciplinas implicadas en el mantenimiento y conservación de los mosaicos, como imágenes históricas, descripción de las patologías y estado de conservación.

### 3.3. HBIM PARA EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO

Diversos estudios concluyen que HBIM ha demostrado ser una potente herramienta de gestión de la información durante todo el ciclo de vida del edificio patrimonial (Brumana *et al.*, 2017; Historic England, 2017).

La mayor potencialidad de BIM en edificios existentes, se alcanza fundamentalmente en la fase de uso y gestión de los inmuebles, de sus instalaciones y de sus servicios (Pärn y Edwards, 2017).

Tal como señalan Lin *et al.* (2018), a partir del modelo BIM *As-built*, se debe preparar un modelo BIM que se entregará al propietario para gestionar el mantenimiento de sus instalaciones y el uso de los servicios del inmueble (Lin *et al.*, 2018).

Dado que el uso mayoritario de los bienes patrimoniales, es el uso público, por contribuir a mantener el patrimonio y crear conciencia social por su conservación (ICOMOS, 1999), los modelos HBIM se deberían destinar no sólo al mantenimiento del inmueble, a través del programa de conservación preventiva, sino a la gestión de su uso público, es decir, a la gestión de los visitantes, la interpretación y la divulgación del patrimonio. El objetivo de este apartado es, por tanto, analizar los estudios precedentes del uso de HBIM para estos cuatro ámbitos.

#### 3.3.1. HBIM PARA LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA

La guía *BIM for Heritage* (Historic England, 2017) considera que HBIM puede aportar beneficios en términos de eficiencia y ahorro de costes durante la etapa de uso. Esta guía propone el uso de BIM para la prevención de

riesgos, monitorización de las condiciones y el plan de conservación preventiva del bien patrimonial.

Por otra parte, la guía de usuarios BIM española aplicada al Patrimonio Cultural (BuildingSMART Spanish Chapter, 2018) propone el uso de BIM para generar entregables de la conservación preventiva como: análisis del uso y gestión del inmueble, identificación y evaluación de riesgos de deterioro, programación de acciones de control para eliminar los riesgos, programación de protocolos para el control de riesgos no eliminados, programación y seguimiento de protocolos de mantenimiento, planificación de acciones de emergencia y verificación de la realización e idoneidad de los protocolos.

La guía *COTAC BIM4C* (Maxwell, 2016) propone el uso de HBIM para mejorar la eficiencia de la conservación preventiva del patrimonio construido, especialmente para gestionar los usos funcionales y el registro del mantenimiento.

Counsell y Taylor (2017) proponen el desarrollo de un sistema de gestión de las instalaciones de los edificios históricos gradual, que evolucione desde un modelo de información HBIM relativamente simple hasta un modelo más integrado y con mayor información.

El informe *AGI Foresight Report 2020* (Association for Geographic Information, 2020) propone el uso de las nuevas tecnologías para monitorizar las condiciones de los edificios existentes con el fin de conocer el estado de conservación y su evolución, prevenir los riesgos de deterioro y proponer protocolos de mantenimiento preventivo. La toma de datos continua mediante el uso de sensores y el análisis de estos datos permitirán en un futuro que las construcciones patrimoniales tengan una capacidad de respuesta automática inteligente. En esta línea, la Fundación Santa María la Real (2018) ha desarrollado el sistema de monitorización del patrimonio *MHS* que facilita el diagnóstico preciso del estado de los bienes patrimoniales, tiene la capacidad de generar alertas y dar una respuesta automática cuando se registra cualquier alteración importante.

El desarrollo de nuevos *softwares* y plataformas web específicas en FM como *Archibus*©<sup>[3]</sup>, *EcoDomus*©<sup>[4]</sup>, *Zutec*©<sup>[5]</sup> que permiten integrar la información de los modelos BIM y los datos adquiridos a través de sensores, están mejorando la eficiencia de la gestión de las instalaciones y la planificación del mantenimiento de grandes edificios e infraestructuras.

Como ejemplos de implementación práctica, la Ópera de Sydney (Australia) (Sánchez *et al.*, 2015) está trabajando desde 2004 en el desarrollo de un sistema de gestión HBIM totalmente integrado, para gestionar las instalaciones y el uso del edificio, y así garantizar su conservación sostenible para

---

[3] <http://microcad.co/download/archibus.pdf> [Consulta: 10 febrero 2019]

[4] <http://ecodomus.com/> [Consulta: 25 enero 2019]

[5] <https://www.zutec.com/site/> [Consulta: 25 enero 2019]

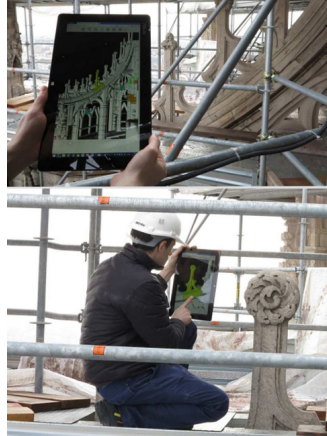


Figura 47. Uso de la plataforma BIM3DSG para las labores de mantenimiento en campo (Fuente: Fassi *et al.*, 2015)

una vida útil de 250-300 años. Recientemente, están empleando la plataforma web *Ecodomus*© para vincular al modelo HBIM con la documentación de ingeniería y mantenimiento existente y los sistemas de control y gestión del edificio<sup>[6]</sup>.

Por otro lado, Fassi *et al.* (2015) han desarrollado la plataforma web *BIM3DSG*, para gestionar las labores de mantenimiento de la Catedral de Milán (Italia) (figura 47). Esta plataforma, de fácil manejo, permite describir las actividades de mantenimiento, visualizar los elementos en función del tipo de intervención y tipología, consultar la historia de las intervenciones y planificar las tareas de intervención. Su uso diario para el desarrollo de las labores de mantenimiento en campo y en oficina, han permitido ahorrar tiempo en el diseño y programación.

También Fregonese *et al.* (2015) han empleado la plataforma *BIM3DSG*, para investigar las posibilidades que ofrecen los modelos HBIM para el diseño y gestión de un plan de mantenimiento preventivo. El caso de estudio utilizado ha sido la iglesia Galvagnina de Pegognaga (Italia), víctima de un terremoto sufrido en el 2012 que requería registrar los daños, proyectar la restauración y desarrollar el plan de conservación preventiva. Este *software* permite estructurar de forma jerárquica los elementos y asignarles un código para individualizarlo en el Plan de Mantenimiento. Los datos del modelo HBIM se transfieren a una base de datos externa que se gestiona con el *software pgAdminIII* y permite crear tablas relativas al material, información técnica y patologías.

### 3.3.2. HBIM PARA LA GESTIÓN DE VISITANTES

La guía *BIM for Heritage* (Historic England, 2017) recomienda el uso de BIM para la gestión de visitantes y el plan de evacuación de los visitantes de los edificios patrimoniales. Sin embargo, tal como apuntan Salvador-García *et al.* (2018) la revisión de la literatura precedente evidencia que no se han

[6] <https://thebimhub.com/2014/08/21/bim-and-facilities-management-at-sydney-opera-hous/#.XbAnG5Iza01> [Consulta: 17 abril 2019]

encontrado estudios específicos sobre la aplicación de BIM para la gestión de los visitantes del patrimonio.

Recientemente se han encontrado, como se ha comentado, aplicaciones de la integración de modelos BIM con el *software* de simulación de movimiento de peatones *Massmotion Flow*©<sup>[7]</sup> para simular y analizar los patrones de circulación del público y las colas de espera y determinar los planes de evacuación en lugares de pública concurrencia como aeropuertos, estaciones de metro, estadios deportivos, etc. pero no se han aplicado para la gestión de los flujos de visitantes de los edificios patrimoniales.

### 3.3.3. HBIM PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO

La guía *BIM for Heritage* (Historic England, 2017) es la única guía HBIM de ámbito nacional e internacional que especifica el uso de BIM para la interpretación del patrimonio.

Counsell y Taylor (2017) advierten que muchos estudios de HBIM se centran en el registro y estudio geométrico de los bienes patrimoniales, pero no se interesan por mejorar la información semántica relativa a sus valores y a su significancia.

En este sentido, Fai *et al.* (2011) destacan la importancia de registrar no sólo los datos cuantitativos de los edificios patrimoniales, sino también los datos cualitativos como fotografías históricas, historias orales o música, entre otros.

Brumana *et al.* (2017) consideran que la capacidad que dispone BIM de integrar diversos tipos de datos e información a los modelos 3D, favorece la difusión de los valores intangibles del patrimonio construido.

También Littlefield (2017) argumenta que para que HBIM sea una herramienta efectiva para la conservación del patrimonio, debe tener en cuenta la narrativa, el valor y la identidad, ya que según afirma este autor, muchos edificios patrimoniales adquieren su importancia, no por sus cualidades arquitectónicas objetivas, sino por sus cualidades intangibles. Por ello, recomienda que el modelo HBIM debe ser accesible por una variedad de colaboradores y la sociedad para que se puedan introducir los recuerdos y las historias, ya que el patrimonio es ante todo una herramienta a través de la cual, las sociedades cuentan historias sobre ellos mismos. En este sentido, Counsell y Taylor (2017) también proponen una mayor participación de las comunidades locales en HBIM para transmitir el valor del patrimonio y conservarlo a largo plazo.

Si bien, según el análisis, diversos autores destacan la importancia de enriquecer el modelo HBIM con sus valores patrimoniales tangibles e intan-

---

[7] <https://www.oasys-software.com/case-studies/stadium-fire-evacuation-planning/> [Consulta: 22 junio 2018]



gibles, ninguno de ellos propone aprovechar esta información como base para desarrollar el programa de interpretación del patrimonio.

### 3.3.4. HBIM PARA LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO

Para facilitar la divulgación del significado del patrimonio a la sociedad, se han desarrollado aplicaciones de visita virtual a partir de los modelos HBIM combinados con Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC en adelante) y técnicas de visualización inmersiva (Realidad Virtual y Realidad Aumentada) como ya se ha esbozado.

Osello *et al.* (2015) han desarrollado una metodología basada en BIM para convertir los edificios existentes, incluido los edificios históricos, en edificios inteligentes. Gracias a la combinación de BIM y las TICs permite gestionar, visualizar y adaptar la información de los edificios existentes en tiempo real incluso para niños y para las generaciones más mayores.

Barazzetti *et al.* (2015) han generado un modelo HBIM detallado del Castillo Masegra de Sondrio (Italia) a partir de los datos geométricos obtenidos mediante escáner láser y técnicas fotogramétricas (figura 48). Este modelo HBIM se ha desarrollado con una doble finalidad: facilitar el desarrollo de proyectos de restauración por parte de los agentes técnicos y divulgar el patrimonio a la sociedad a través de dispositivos móviles y aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada. Con el fin de convertir el modelo HBIM en una versión portátil, se ha empleado el *software BIMx*. La aplicación *iVisit3D* ha permitido generar visitas virtuales. Para desarrollar recorridos virtuales se ha empleado el *software* de renderizado *Artlantis*; las visualizaciones de realidad aumentada se han generado con el *software AR-media*. Tras este estudio, estos autores han identificado una falta de interoperabilidad y pérdida de información entre los modelos HBIM y las aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada. No obstante, consideran que la investigación en materia de HBIM aplicado a la divulgación del patrimonio arquitectónico es un área pendiente de desarrollar ya que facilita la gestión de la conservación sostenible y la puesta en valor del patrimonio construido.

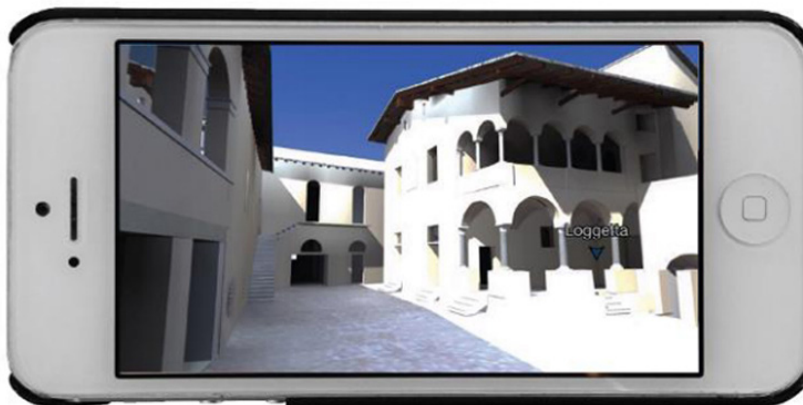


Figura 48. Visita virtual generada con la aplicación *iVisit3D* a partir del modelo HBIM (Fuente: Barazzetti *et al.*, 2015)



Por otra parte, Brumana *et al.* (2013) han empleado el sistema BIM para transmitir la historia del patrimonio construido con fines turísticos. Mediante el escáner láser, la fotogrametría, el análisis estratigráfico y la búsqueda de documentos históricos han reconstruido las fases cronológicas más significativas de la Iglesia de Santa María en Scaria d'Intelvi (Italia). Han desarrollado también una biblioteca HBIM como herramienta de divulgación de los elementos estructurales, sistemas constructivos y decorativos del caso de estudio.

Cos-Gayón *et al.* (2016) han centrado su investigación en desarrollar el flujo de trabajo desde la toma de datos del patrimonio construido hasta la obtención de un modelo HBIM divulgativo. La finalidad de este modelo divulgativo es permitir que el usuario pueda interactuar con él, a través de una aplicación de visita virtual inmersiva. El interfaz de la aplicación es muy intuitivo, de manera que su uso no requiere conocimientos previos. El usuario puede decidir el recorrido a seguir y obtener información de los elementos patrimoniales, de manera interactiva.

También Barazzetti *et al.* (2016) han desarrollado un procedimiento para subir modelos HBIM a la nube con el fin de acceder de forma remota desde dispositivos móviles. Los datos obtenidos en la fase de escáner láser y fotogrametría se han procesado mediante *nurbs* proporcionando un modelo 3D preciso, fiable y ligero.

Otros autores como Arayaci *et al.* (2017) destacan que es apropiado utilizar un sistema 3D referenciado para gestionar eficazmente la información sobre el patrimonio construido y superponer información a través de herramientas de realidad aumentada.

Walton Basin (CPTA & Smith, 2014) muestran la apariencia cambiante del paisaje cultural durante milenios en una web VR interactiva. En ella pueden verse simulaciones arqueológicas de monumentos y asentamientos desde el periodo glacial hasta los tiempos modernos. La web semántica se basa en un compromiso más colaborativo e interactivo por parte de los usuarios.

A su vez, Fassi *et al.* (2016) concluyen del proyecto de investigación realizado en la catedral de Milán, que la combinación de las técnicas de realidad virtual y realidad aumentada con los modelos HBIM, además de facilitar las actividades de mantenimiento del patrimonio por parte del personal especializado, proporciona una herramienta para realizar visitas virtuales para el público general, especialmente en las zonas más inaccesibles. El uso de modelos VR/RA si bien no reemplazan las visitas *in situ*, mejora la percepción de la realidad y aumenta el entendimiento del patrimonio cultural de los visitantes; por este motivo, su uso se está intensificando para el turismo y la divulgación del patrimonio cultural.

### 3.4. NORMAS, PROTOCOLOS Y GUÍAS HBIM

En relación con la implantación de HBIM, Reino Unido ha exigido desde el año 2016 el uso de BIM con un nivel de madurez 2 para los proyectos de obra nueva y de intervención del patrimonio arquitectónico, financiados con fondos públicos (Historic England, 2017). Desde que se promulgó la Ley Española 9/2017 de Contratos del Sector Público (Jefatura del Estado, 2017), la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento de España están incorporando gradualmente requisitos BIM a las licitaciones públicas de edificios patrimoniales.

En el contexto internacional, el uso de BIM es ya casi una exigencia generalizada, tal como identificaron Barnes y Davies (2014). En el contexto español, donde se prevé un crecimiento del uso de BIM e incluso que pueda exigirse a corto plazo, ha sido necesario desarrollar documentos de referencia como normas, guías y protocolos BIM para facilitar la implementación progresiva y coordinada del sistema BIM entre los profesionales del sector de la construcción. Este tipo de documentos se desarrollaron inicialmente para proyectos de obra nueva, pero recientemente, diversas instituciones patrimoniales e investigadores en esta materia, están trabajando para adaptar específicamente estos documentos al patrimonio arquitectónico.

Las Normas BIM, PAS 1192-2:2013 (British Standards Institution, 2013b) y PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) son aplicables tanto a los activos sin valor patrimonial como a los bienes patrimoniales.

En relación con las guías BIM específicas para el patrimonio, la institución Historic England (2017) publicó en 2017 la guía *BIM for Heritage* para ayudar a los usuarios a implementar de forma exitosa BIM en proyectos patrimoniales. Esta guía define qué es Historic BIM, cómo se aplica, cómo se gestionan los datos BIM y muestra diversos casos de estudio del uso de HBIM. Esta guía desarrolla un diagrama cíclico HBIM (figura 49) a partir del diagrama cíclico BIM realizado por Construction Industry Council, que refleja mejor los procesos de conservación.

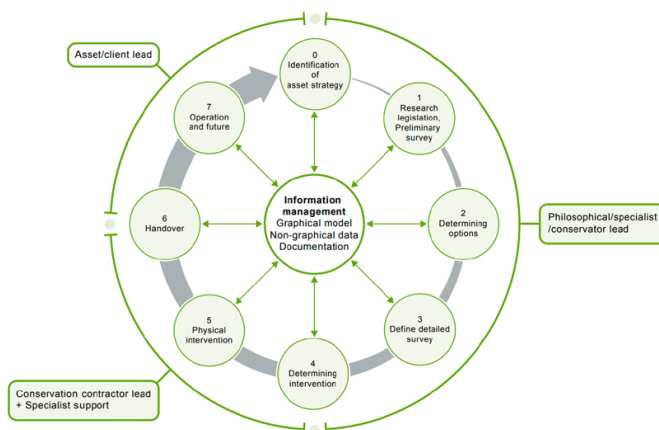


Figura 49. Diagrama cíclico HBIM (Fuente: Historic England, 2017)

Figura 50. Documentos que componen la guía uBIM (Fuente: BuildingSMART Spanish Chapter, 2015)



En el ámbito español, la ya nombrada *Guía uBIM* (BuildingSMART Spanish Chapter, 2014) contiene los requisitos básicos y los conceptos para el uso de BIM en proyectos de arquitectura de obra nueva y rehabilitación, así como para su uso y gestión. Esta guía está compuesta por 14 documentos (figura 50). El documento 14, es el más reciente y hace referencia al Patrimonio Cultural (BuildingSMART Spanish Chapter, 2018). La autora de esta investigación y el codirector Jorge García-Valdecabres son miembros activos del grupo de trabajo que ha desarrollado este documento.

Council on Training in Architectural Conservation (COTAC en adelante) ha desarrollado dos informes relativos a la adaptación de BIM para el patrimonio arquitectónico, uno en el año 2014 (Maxwell, 2014) y otro en el año 2016 (Maxwell, 2016). El informe COTAC BIM4C (Maxwell, 2016) propone un diagrama cíclico HBIM específico para el patrimonio arquitectónico a partir del diagrama cíclico BIM de Construction Industry Council. En este diagrama se integran diversos estándares para la conservación del patrimonio, como las Directrices para la Educación y Formación en la Conservación de Monumentos, Conjuntos y Sitios (ICOMOS, 1993), la Guía BS 7913:2013 (British Standards Institution, 2013a) y los Principios de Conservación de Historic England (2008).

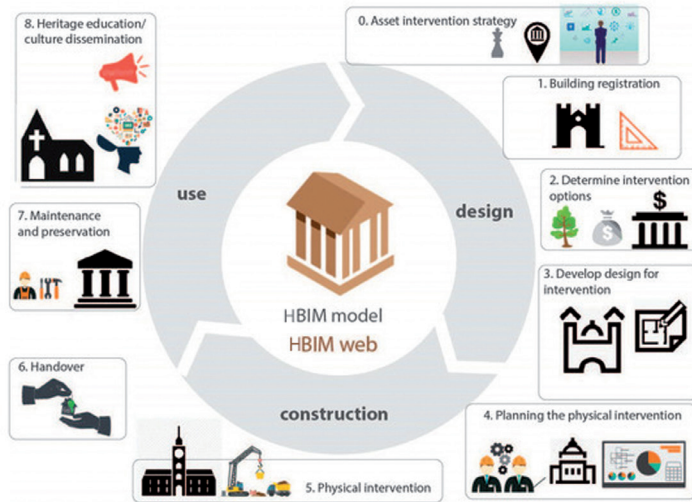


Figura 51. Protocolo HBIM BIMLegacy. Capa A (Fuente: Jordán-Palomar et al., 2018)

En relación con el desarrollo de protocolos que faciliten la adopción de HBIM entre los profesionales de la conservación del patrimonio, Jordán *et al.* (2018) han desarrollado el primer protocolo HBIM, denominado *BIMLegacy*, que engloba el ciclo completo de un proyecto HBIM (figura 51). Este protocolo, desarrollado a partir del diagrama Cíclico BIM de CIC se compone de tres capas: A, B y C. La capa A del protocolo muestra las ocho fases cronológicas de un proyecto patrimonial. La capa B describe con mayor detalle cada una de las fases y especifica el LOD de cada fase. La capa C describe con mayor detalle cada una de las acciones, detalla los agentes que intervienen y los responsables de cada una de ellas.

Si bien el protocolo de Jordán *et al.* (2018) supone una importante contribución en la adopción BIM para el sector patrimonial, se trata de una primera aproximación y los autores destacan la necesidad de realizar estudios más profundos para la fase de uso.

El análisis comparativo de los diagramas cíclicos de las guías y protocolos HBIM de la literatura precedente (figura 52), ha permitido identificar que si bien para la fase de uso proponen la operación (gestión del inmueble), el mantenimiento, la conservación preventiva y la divulgación, no consideran la gestión de visitantes, ni la interpretación del patrimonio.

Figura 52. Análisis comparativo de las fases del proyecto HBIM según la literatura precedente (Fuente: Elaboración propia)

FASES PROYECTO HBIM (según literatura precedente)										
	DISEÑO				INTERVENCIÓN			USO		
(Maxwell, 2016)	0 ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL ACTIVO	1 SIGNIFICANCIA Y VALORES	2 DETERMINAR OPCIONES	3 NECESIDADES TOMA DE DATOS	4 DETERMINAR LA INTERVENCIÓN	5 EJECUCIÓN DE INTERVENCIÓN	6 ENTREGA	7 OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y FUTURA EVOLUCIÓN		
(BuildingSMART Spanish Chapter, 2018)		1 INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO	2 PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN			3 EJECUCIÓN DE LA OBRA DE INTERVENCIÓN		4 CONSERVACIÓN PREVENTIVA	5 DIFUSIÓN CULTURAL	
(Jordán-Palomar et al., 2018)	0 ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN	1 REGISTRO DEL EDIFICIO	2 OPCIONES DE INTERVENCIÓN		3 DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN	4 PLANIFICAR LA INTERVENCIÓN	5 EJECUCIÓN INTERVENCIÓN	6 ENTREGA	8 MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN	9 EDUCACIÓN PATRIMONIAL Y DIVULGACIÓN

Figura 53. Fases y usos HBIM del Informe COTAC 2014 (Fuente: Traducción propia de Maxwell, 2014)

Figura 54. Fases y usos HBIM de la guía de usuarios BIM española aplicada al patrimonio (Fuente: Traducción propia de BuildingSMART, 2018)

Por otro lado, en relación con los usos HBIM, la guía BIM for Heritage (Historic England, 2017) sugiere usar la información HBIM en la fase de uso para: documentar el bien, monitorizar las condiciones, conservación preventiva, gestión del inmueble, gestión patrimonial, interpretación del patrimonio, gestión de visitantes y seguridad del visitante. La figura 53 muestra los usos HBIM que propone el informe COTAC BIM4C (Maxwell, 2016), la guía de usuarios BIM española aplicada al Patrimonio Cultural (BuildingSMART Spanish Chapter, 2018) (figura 54) y el protocolo de Jordán *et al.* (2018) (figura 55).

USOS HBIM CICLO COMPLETO (según literatura precedente)							
DISEÑO				INTERVENCIÓN		USO	
0	1	2	3	4	5	6	7
ESTRATEGIA DE GESTIÓN	SIGNIFICANCIA Y VALORES	DETERMINAR OPCIONES	NECESIDADES TOMA DE DATOS	DETERMINAR LA INTERVENCIÓN	EJECUCIÓN DE INTERVENCIÓN	ENTREGA	OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y FUTURA EVOLUCIÓN
(Maxwell, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Monitorizar los sitios de riesgo</li> <li>-Registro posterior al desastre</li> <li>-Aplicación al Plan Director</li> <li>-Preparación ante desastres</li> <li>-Política estratégica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Significancia y valores</li> <li>-Documentación archivística existente</li> <li>-Evolución histórica y desarrollo</li> <li>-Hallazgos investigados</li> <li>-Ubicación y entorno</li> <li>-Registro mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Parámetros legislativos</li> <li>-Aspectos medioambientales</li> <li>-Aplicación al Plan Director</li> <li>-Eficiencia energética</li> <li>-Mejora accesibilidad, prevención de incendios y seguridad</li> <li>-Demanda de sostenibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Detalles de degradación</li> <li>-Mapeo de desviaciones</li> <li>-Sensor y termografía</li> <li>-Fases constructivas</li> <li>-Georradar</li> <li>-Dibujos 2D</li> <li>-Modelado e impresión 3D</li> <li>-Registro As-built</li> <li>-Imagen alta resolución</li> <li>-Nube puntos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Estilo arquitectónico y detalles estructurales</li> <li>-Usos funcionales</li> <li>-Detalles de degradación</li> <li>-Recursos materiales</li> <li>-Requisitos de habilidades especialistas</li> <li>-Requisitos de servicio</li> <li>-Monitorización de condiciones</li> <li>-Eficiencia energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requisitos de habilidades especialistas</li> <li>-Requisitos de servicio</li> <li>-Gestión de instalaciones</li> <li>-Inspecciones quincenales y rutinarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evolución histórica y desarrollo</li> <li>-Usos funcionales</li> <li>-Registro de mantenimiento:</li> <li>-Monitorización condiciones</li> <li>-Registro posterior al desastre</li> <li>-Preparación ante desastres</li> <li>-Eficiencia energética</li> <li>-Gestión de instalaciones</li> <li>-Mejora de accesibilidad, prevención contra incendios y seguridad</li> <li>-Plan de mantenimiento preventivo</li> <li>-Inspecciones periódicas</li> </ul>

USOS HBIM CICLO COMPLETO (según literatura precedente)					
DISEÑO		INTERVENCIÓN		USO	
1	2	3	4	5	
INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO	PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN	EJECUCIÓN DE LA OBRA DE INTERVENCIÓN	CONSERVACIÓN PREVENTIVA	DIFUSIÓN CULTURAL	
(BuildingSMART Spanish Chapter, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Objetivos y planificación</li> <li>-Identificación de nevesidades</li> <li>-Definición de objetivos</li> <li>-Considerar recursos disponibles</li> <li>-Planificación de trabajos (HBEP)</li> <li>-Conocimiento del edificio (interdisciplinar)</li> <li>-Generación Modelo HBIM</li> <li>-Objetivos del modelo</li> <li>-Levantamiento y documentación gráfica</li> <li>-Organización del modelo</li> <li>-Diagnóstico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarrollo fases del proyecto</li> <li>-Desarrollo mediciones y presupuestos</li> <li>-Análisis de alternativas de intervención</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Licitación de la obra</li> <li>-Revisión y actualización del modelo HBIM de registro</li> <li>-Actualización del modelo HBIM durante la intervención</li> <li>-Trazabilidad de modificaciones y toma de decisiones</li> <li>-Registro de los hallazgos en modelo HBIM</li> <li>-Planificación de la ejecución de la obra (rendimientos y costes)</li> <li>-Certificaciones</li> <li>-Vincular documentación al modelo HBIM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Análisis del inmueble, uso y gestión</li> <li>-Identificación y evaluación de riesgos</li> <li>-Programación de acciones de control para eliminar riesgos</li> <li>-Programación de protocolos de control de riesgos no eliminados</li> <li>-Programación y seguimiento de protocolos de mantenimiento (inmueble e instalaciones)</li> <li>-Planificación de acciones de emergencia</li> <li>-Verificación de realización e idoneidad de protocolos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Visita virtual y video promocional</li> <li>-Material de apoyo para la visita presencial (RV y RA)</li> <li>-Divulgación proceso de intervención</li> <li>-Divulgación degradación elementos frágiles</li> <li>-Catálogo virtual de bienes muebles</li> </ul>

USOS HBIM CICLO COMPLETO (según literatura precedente)								
DISEÑO				INTERVENCIÓN			USO	
0	1	2	3	4	5	6	8	9
ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN	REGISTRO DEL EDIFICIO	OPCIONES DE INTERVENCIÓN	DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN	PLANIFICAR LA INTERVENCIÓN	EJECUCIÓN INTERVENCIÓN	ENTREGA	MANTENIMIENTO Y PRESERVACIÓN	EDUCACIÓN PATRIMONIAL Y DIVULGACIÓN
(Jordán-Palomar <i>et al.</i> , 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Exploración general del edificio</li> <li>-Requisitos cliente</li> <li>-Contrato</li> <li>-Estudiar valores</li> <li>-Documentación archivística</li> <li>-Evaluación socio-económica</li> <li>-Plan Director</li> <li>-Definición HBEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evolución histórica</li> <li>-Modelo HBIM arquit</li> <li>-Modelar materiales</li> <li>-Modelar la degradación</li> <li>-Modelo HBIM estructura</li> <li>-Modelo HBIM instalaciones</li> <li>-Vincular documentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Marco legislativo</li> <li>-Presupuesto del proyecto</li> <li>-Considerar mantenimiento futuro</li> <li>-Impacto medioambiental</li> <li>-Impacto económico</li> <li>-Criterios de intervención</li> <li>-Definir HBEP postcontractual</li> <li>-Revisar requisitos cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Asignar trabajos a los agentes</li> <li>-Diseñar el proyecto de intervención</li> <li>-Documentación licencia</li> <li>-Solución constructiva</li> <li>-Detalles técnicos</li> <li>-Diseño de la estructura</li> <li>-Diseño de las instalaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Medición</li> <li>-Presupuesto</li> <li>-Plan fases construcción</li> <li>-Plan coordinación subcontratistas</li> <li>-Plan Seguridad y Salud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Plan de entrega subcontratistas</li> <li>-Coordinar construcción insitu</li> <li>-Informar levantamiento arqueológico</li> <li>-Control de costes</li> <li>-Control Seguridad y Salud</li> <li>-Documentar modelo HBIM</li> <li>-Verificar la calidad de la construcción</li> <li>-Modelo As-built</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisar y cerrar el contrato</li> <li>-Aprender de las decisiones</li> <li>-Entregar el modelo HBIM a la propiedad</li> <li>-Normativas medioambientales</li> <li>-Modelo HBIM de mantenimiento</li> <li>-Documentar el modelo HBIM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Plan Mantenimiento preventivo y gestión del mantenimiento</li> <li>-Verificación consumo energético</li> <li>-Participación ciudadana</li> <li>-Divulgación cultural</li> <li>-Educación patrimonial</li> <li>-Ayudas de financiación</li> </ul>

Estos usos HBIM se han clasificado según muestra la figura 56. De esta clasificación se concluye que si bien todos los documentos han propuesto el uso de HBIM para la conservación preventiva, la guía BIM española aplicada al Patrimonio Cultural (BuildingSMART Spanish Chapter, 2018) es la que más profundiza en este aspecto. Por otro lado, la guía BIM for Heritage (Historic England, 2017) identifica los usos de la gestión de visitantes, la interpretación del patrimonio, la conservación preventiva y la gestión del bien, pero no menciona la divulgación del patrimonio. Únicamente los documentos españoles proponen el uso de HBIM para la divulgación del patrimonio; sin embargo, numerosos estudios científicos internacionales han aplicado BIM para la divulgación del patrimonio (Brumana *et al.*, 2013; Fassi *et al.*, 2016; Arayaci *et al.*, 2017).

Figura 55. Fases y usos HBIM del protocolo BIMLegacy (Fuente: Traducción propia de Jordán-Palomar *et al.* 2018)



USOS HBIM_Uso del patrimonio (según literatura precedente)					
	CONSERVACIÓN PREVENTIVA	GESTIÓN DE VISITANTES	INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO	DIVULGACIÓN	GESTIÓN DEL BIEN
	Repositorio de información para la documentación del bien				
(Historic England, 2017)	-Monitorización condiciones -Conservación preventiva	-Gestión del visitante -Seguridad del visitante	-Intepretación del patrimonio		-Gestión del inmueble -Gestión patrimonial
(Maxwell, 2016)	-Evolución histórica y desarrollo -Usos funcionales -Registro de mantenimiento: -Monitorización condiciones -Registro posterior al desastre -Preparación ante desastres -Eficiencia energética -Gestión de instalaciones -Mejora de accesibilidad, prevención contra incendios y seguridad -Plan de mantenimiento preventivo -Inspecciones periódicas				
(BuildingSMART Spanish Chapter, 2018)	-Análisis inmueble, uso/ gestión -Identif. y evaluac. riesgos deterioro -Programación acciones de control para eliminar riesgos -Programación protocolos de control de riesgos no eliminados -Programación y seguimiento protocolos mantenimiento -Planif. acciones de emergencia -Verificación de realización e idoneidad de los protocolos			-Visitas virtuales y videos -Divulgación de los valores en visita presencial (RV y RA) -Divulgación proceso de intervención -Divulgación degradación elementos frágiles -Catálogo virtual de bienes muebles	
(Jordán-Palomar et al., 2018)	-Plan Mantenimiento preventivo y gestión del mantenimiento -Verificación consumo energético -Normativas medioambientales -Modelo HBIM mantenimiento -Documentar el modelo HBIM			-Participación ciudadana -Divulgación cultural -Educación patrimonial -Ayudas de financiación	

Figura 56. Comparativa de los Usos HBIM para el uso del patrimonio según literatura precedente (Fuente: Elaboración propia)

### 3.5. DISCUSIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los resultados de la revisión de la literatura científica de HBIM revelan que si bien es un campo de investigación académica relativamente nuevo, con un recorrido de poco más de 8 años, existe un creciente interés en investigar las capacidades de BIM para la conservación del patrimonio arquitectónico. Los casos de estudio publicados demuestran que el uso de HBIM permite una gestión más eficiente de la información de los bienes patrimoniales que generan métodos más eficientes para documentar, proyectar, mantener y gestionar su uso a lo largo de todo su ciclo de vida, al igual que ocurre en el sector de la nueva construcción. Numerosos estudios muestran los beneficios de HBIM para documentar el estado actual, la evolución constructiva y los valores de los bienes patrimoniales. Otros autores han destacado las ventajas de aplicar HBIM para registrar las patologías y su evolución, para facilitar la toma de decisiones de las posteriores labores de intervención y mantenimiento. Los estudios más recientes están optando por desarrollar plataformas web vinculadas con modelos HBIM con el fin de facilitar a todos los agentes involucrados la gestión de la información del bien patrimonial.

Sin embargo, sólo unos pocos estudios se han centrado en la aplicación de HBIM para el uso público del patrimonio. No se han encontrado estudios específicos sobre las capacidades de HBIM para la gestión de visitantes,



aunque algunos trabajos han vinculado modelos BIM con la simulación del movimiento de peatones para desarrollar planes de evacuación de lugares de pública concurrencia, que podrían transferirse fácilmente a los edificios históricos. En relación con la aplicación de HBIM para la conservación preventiva, estudios científicos muestran que la combinación de HBIM con los datos de los sensores que captan las condiciones de los bienes patrimoniales, facilita la planificación y gestión de la conservación preventiva de los mismos. Además, los estudios más recientes destacan la importancia de integrar en los modelos HBIM información sobre los valores y significancia del edificio, siendo esta la base del desarrollo del programa de interpretación. Los estudios analizados muestran que la combinación de los modelos HBIM con técnicas de visualización inmersiva, permite el desarrollo de materiales divulgativos que pueden facilitar la transmisión de la complejidad de la arquitectura histórica a los visitantes y facilitar el conocimiento de sitios poco accesibles. Algunos estudios también han destacado la necesidad de desarrollar documentos directrices, como protocolos, para facilitar la implementación de HBIM de una manera progresiva y coordinada entre los agentes involucrados en la conservación del patrimonio. En base a la revisión de la literatura científica, se puede afirmar que no se han desarrollado protocolos HBIM específicos para la gestión del uso público del patrimonio, aunque el protocolo *BIMLegacy* de Jordán Palomar *et al.* (2018) que engloba el ciclo de vida completo de un proyecto HBIM realiza una primera aproximación de la fase de uso.

Como conclusión de la revisión de la literatura científica sobre el uso de HBIM para el uso público del patrimonio, se puede afirmar que se trata de un tema innovador, de total actualidad, sobre el que apenas existen investigaciones. Además, se ha identificado que no existe ningún estudio que haya abordado el uso de HBIM desde un enfoque holístico e interdisciplinar que englobe los cuatro aspectos del uso público.

Ante la previsión de que HBIM sea cada vez más utilizado, incluso pueda llegar a exigirse en España en un futuro próximo para gestionar el patrimonio arquitectónico durante todo su ciclo de vida, incluida la fase de uso público y anticipándose a la necesidad de desarrollar documentos directrices que faciliten su adopción entre los profesionales del sector, reafirma el objetivo de esta investigación de desarrollar un protocolo HBIM específico para planificar y gestionar el uso público del patrimonio.

Los resultados de la revisión de la literatura fueron difundidos mediante presentación oral en el *2nd International Conference on Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*<sup>[8]</sup> y se encuentran recogidos en el artículo de la revista científica *International Journal of Sustainable Development and Planning* (Q3, H Index 11) (Salvador-García *et al.*, 2018).

[8] <https://www.oasys-software.com/case-studies/stadium-fire-evacuation-planning/> [Consulta: 22 junio 2018]



4

Metodología de la investigación



## 4. Metodología de la investigación

La finalidad de este capítulo consiste en primer lugar en dar a conocer las posibilidades iniciales que surgieron en relación con el enfoque metodológico de esta investigación. A continuación, se justifica el empleo del método de investigación *Design Science Research* (DSR) o investigación de las Ciencias del Diseño, por considerarse el más apropiado. Posteriormente, se describe el diseño de la investigación y las etapas que lo componen. Por último, se detalla la metodología que se ha llevado a cabo en cada una de estas etapas.

### 4.1. ENFOQUE METODOLÓGICO DESDE LAS CIENCIAS DEL DISEÑO

Cuando se puso en marcha la investigación se planteó el debate de seguir el enfoque metodológico de las Ciencias Sociales o el de las Ciencias del Diseño.

Al inicio, se optó por emplear el enfoque metodológico de las Ciencias Sociales y utilizar técnicas de toma de datos cualitativa, dado que la investigación se centraba en mejorar aspectos socio-técnicos, en concreto en emplear BIM para mejorar la gestión de la información de las distintas disciplinas que intervienen en la gestión del uso público del patrimonio arquitectónico.

Este enfoque metodológico desde las Ciencias Sociales fue presentado en el 6º Workshop Internacional *When Social Science meets Lean and BIM*, celebrado en el mes de enero del año 2018 en la Universidad de Huddersfield, en el Laboratorio para la Innovación de Diseño Interdisciplinar (LIDI). La finalidad de este *workshop* era debatir y aclarar qué método de investigación era el más apropiado para las investigaciones que estábamos desarrollando los estudiantes de doctorado que participamos en él. Todas ellas estaban centradas en el uso de Lean y BIM para mejorar los procesos actuales de la industria de la construcción. Con este fin, el *workshop* promovía el empleo de los nuevos métodos de investigación intervencionistas como el *Design Science Research*, *Action Research*, *Participative Design Science/Action Research* y *Clinical approaches*.

Entre los profesores, que participaron en el *workshop* se encontraban, Lauri Koskela, profesor de *Construction and Project Management* de la Universidad de Huddersfield e investigador de *Lean Construction*, Patricia

Tzortzopoulos Fazenda, profesora de *Integrated Design* y de BIM de la Universidad de Huddersfield y Carlos Torres Formoso, profesor de *Construction Management* de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul de Brasil. Las investigaciones recientes en el marco de BIM y Lean dirigidas por los profesores Tzortzopoulos y Formoso han aplicado los nuevos métodos de investigación del *Design Science Research* o *Action Research*.

Las aportaciones de los profesores del *workshop* y el posterior análisis de la bibliografía específica sobre las ciencias de lo artificial y el *Design Science Research* permitieron establecer que, si bien las técnicas de toma de datos debían seguir siendo cualitativas como se habían planteado al inicio, el método de investigación más apropiado para este estudio era el *Design Science Research* (DSR) o investigación de las Ciencias del Diseño, tal como se justifica en el siguiente apartado.

## **4.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN. INVESTIGACIÓN DE LAS CIENCIAS DEL DISEÑO (DSR)**

Para establecer el método de investigación más apropiado para este estudio fue necesario establecer: 1. La ciencia en la que se enmarcaba la investigación (natural o artificial), 2. El objetivo principal y 3. El tipo de investigación que se iba a desarrollar (descriptiva o prescriptiva).

1. La investigación se enmarca en las ciencias artificiales, también denominadas Ciencias del Diseño.

Según Simon (2006), las ciencias se clasifican en: ciencia natural o ciencia explicativa y ciencia de lo artificial o Ciencia del Diseño. El objetivo de la ciencia explicativa, según señala Vaishnavi y Kuechler (2007), es comprender y predecir cómo se comportan los fenómenos. En cambio, el objetivo de la Ciencia del Diseño es crear algo nuevo que no existe en la naturaleza. Dado que la Arquitectura no se ocupa de cómo son las cosas, sino de cómo deberían ser, Simon (2006) y Holmström *et al.* (2009) clasifican a la Arquitectura entre las Ciencias del Diseño.

Tal como afirman Niiniluoto (1993) y Dasgupta (2003), existe una larga tradición en el sector de la ingeniería y la arquitectura para enfrentar los desafíos asociados con la resolución de problemas tecnológicos mediante la Ciencia del Diseño.

Por otra parte, está el abordaje metodológico de los temas relacionados con el patrimonio y el uso público. La figura 57 muestra como el uso público y más en concreto la visita pública interpretativa forma parte de la dimensión social de la conservación de la arquitectura patrimonial.

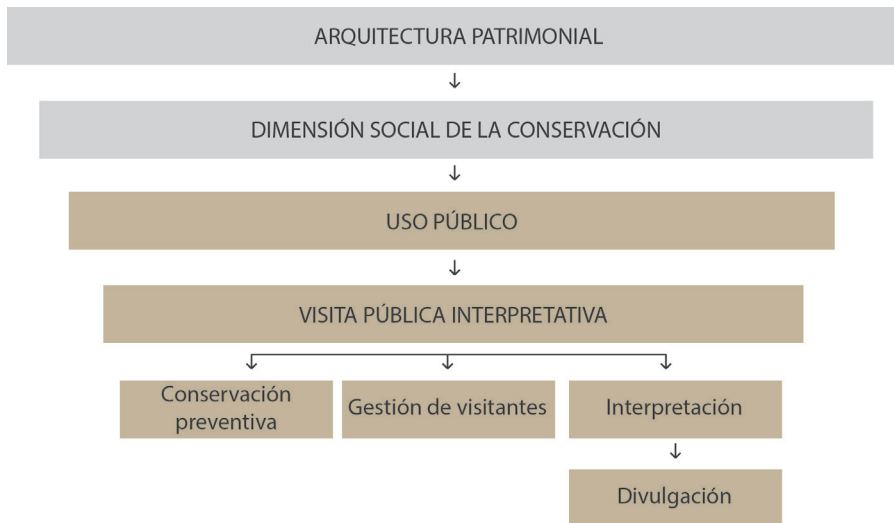


Figura 57. Visita pública interpretativa como parte de la arquitectura patrimonial (Fuente: Elaboración propia)

Dado que el uso público forma parte de la arquitectura patrimonial y la arquitectura es una Ciencia del Diseño, podemos asumir que esta investigación se encuadra globalmente dentro de las Ciencias del Diseño.

2. El objetivo principal de la investigación es desarrollar un artefacto (protocolo HBIM) para solucionar el problema de la baja eficiencia en la planificación y gestión actual del uso público del patrimonio.

El método del *Design Science Research* o investigación de las Ciencias del Diseño se emplea para crear fenómenos artificiales o artefactos que resuelvan un problema práctico (Simon, 2006; Holmström *et al.*, 2009; van Aken, 2004; Vaishnavi y Kuechler, 2007). Diversos estudios han empleado el método de investigación de las Ciencias del Diseño para resolver diferentes problemas prácticos del sector de la arquitectura mediante BIM (Chaves *et al.*, 2016; Soliman y Torres-Formoso, 2018) y específicamente de la arquitectura patrimonial (Jordán-Palomar *et al.*, 2018).

3. El tipo de investigación es prescriptiva, ya que el protocolo guiará y ayudará a los profesionales a implementar HBIM para esta finalidad.

Tal como afirma March y Smith (1995) la investigación prescriptiva tiene como objetivo mejorar el rendimiento y dado que se trata de una actividad de uso del conocimiento, corresponde a las Ciencias del Diseño.

Por todo lo anteriormente expuesto, se confirma que el método de investigación más apropiado para este estudio es el *Design Science Research*.



### 4.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el proceso general de la investigación de las Ciencias del Diseño (DSR) propuesto por Takeda *et al.* (1990) y adaptado posteriormente por Vaishnavi *et al.* (2004), la investigación comienza a partir de la conciencia del problema, continua con la sugerencia de la solución al problema, y posteriormente se desarrolla un artefacto de acuerdo con la solución requerida. Con el fin de determinar si el artefacto diseñado funciona, se debe someter a una posterior evaluación empírica (March y Smith, 1995; Holmström *et al.*, 2009) (figura 58). Además, cuando se evalúa el rendimiento de un artefacto, es importante determinar por qué y cómo funcionó el artefacto en su ambiente (Nevell y Simon, 1972).

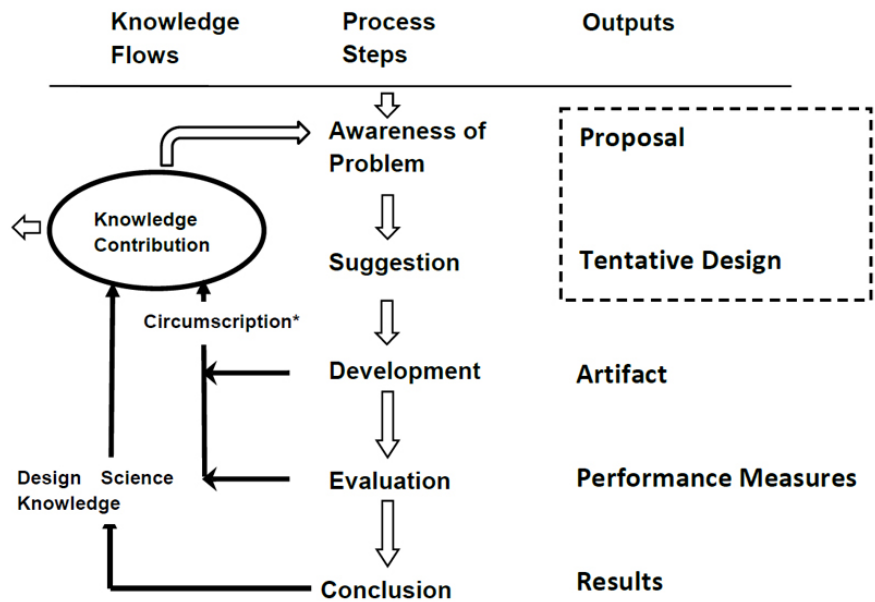
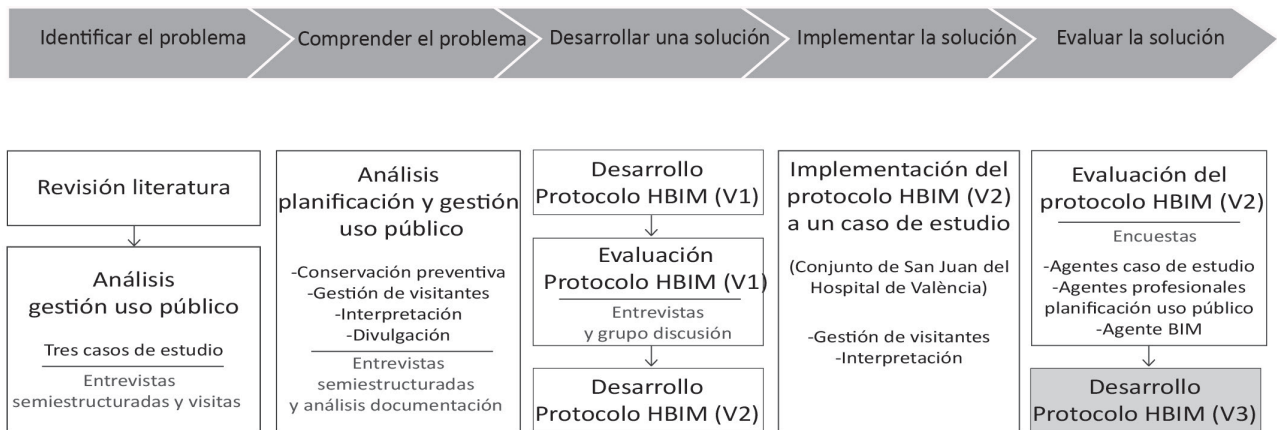


Figura 58. Proceso de la investigación de las Ciencias del Diseño (Fuente: Vaishnavi, Kuechler y Petter, 2004)



El diseño de la investigación que se ha desarrollado para esta tesis doctoral (figura 59) ha seguido las cinco etapas sugeridas por Takeda *et al.* (1990), Vaishnavi *et al.* (2004), Holmström *et al.* (2009), Chaves *et al.* (2016) para las Ciencias del Diseño: 1. Identificar el problema, 2. Entender el problema, 3. Desarrollar una solución, 4. Implementar la solución y 5. Evaluar la solución.

Figura 59. Diseño de la investigación (Fuente: Elaboración propia)

El empleo de este método de investigación ha sido validado a través de la publicación del artículo (Salvador-García *et al.*, 2019a) en la revista científica internacional *Canadian Journal of Civil Engineering* indexada en SJR (Q2, H Index 53), tras obtener la aprobación del comité científico y del editor de la revista.

En los subapartados siguientes, se detalla la metodología que se ha seguido para desarrollar cada una de las cinco etapas.

### 4.3.1. IDENTIFICAR EL PROBLEMA

La identificación del problema de investigación (figura 60) se ha alcanzado mediante:

- La revisión de la literatura científica precedente, relativa al uso de HBIM para la gestión del uso público del patrimonio.
- El análisis de la gestión actual del uso público del patrimonio. Este análisis se ha llevado a cabo mediante la metodología cualitativa del estudio de casos múltiple; en concreto, tres casos de estudio. Las técnicas que se han empleado para la recogida de los datos son, la entrevista semiestructurada y observación directa y participante a partir de la realización de visitas públicas a los casos de estudio. Hay que comentar que las técnicas de recolección de datos utilizadas en esta etapa se enmarcan en la investigación cualitativa, y son propias de las Ciencias Sociales.

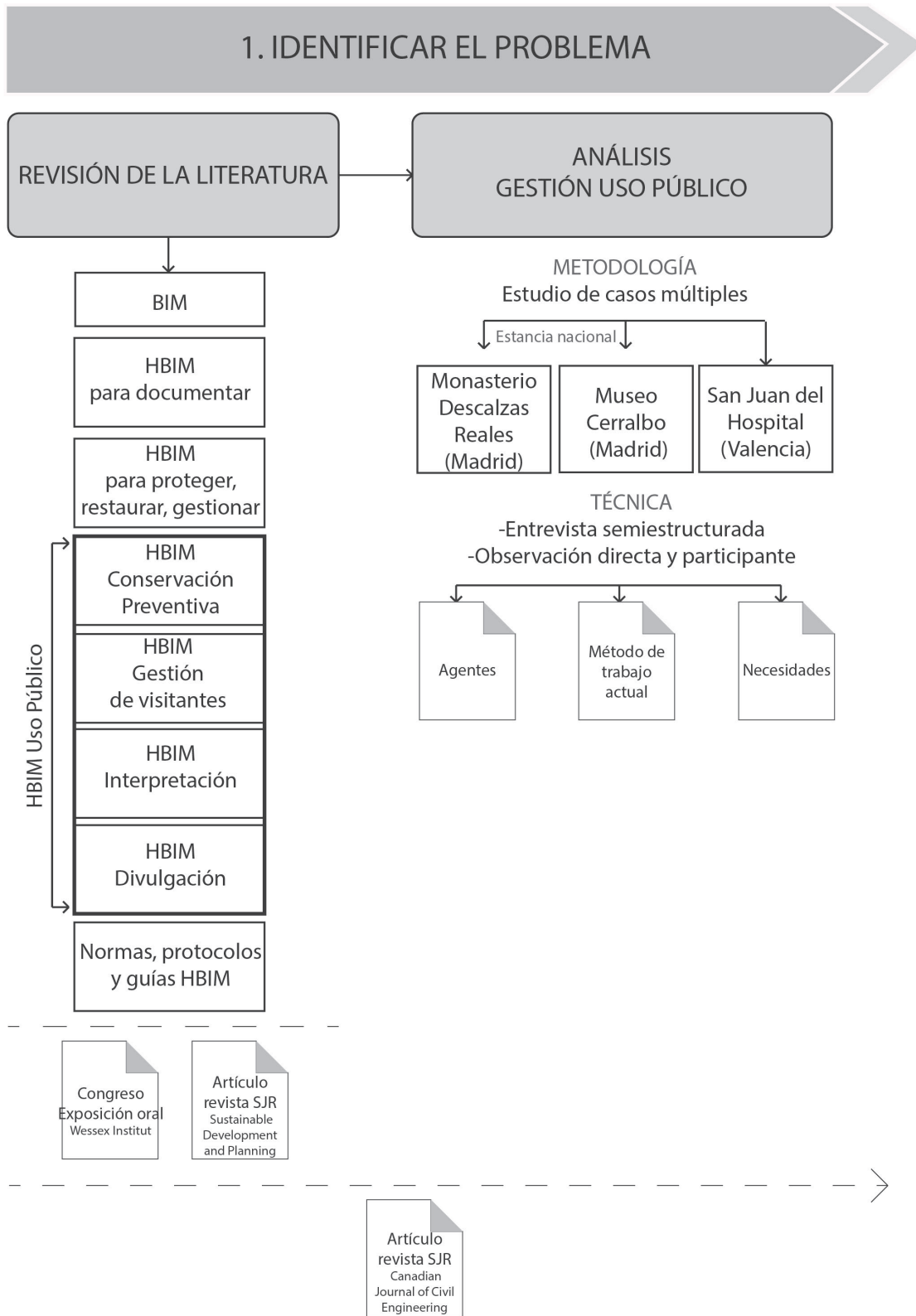


Figura 60. Metodología para la identificación del problema  
 (Fuente: Elaboración propia)

### 4.3.1.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La revisión de la literatura científica relativa a la aplicación de HBIM para la gestión del uso público del patrimonio arquitectónico, se ha realizado en dos fases temporales distintas. La primera fase se realizó durante el año 2016-2017. Con el fin de conocer las últimas aportaciones científicas en este ámbito, se realizó una segunda revisión bibliográfica durante los años 2018-2019, previa a la redacción del documento de tesis.

La metodología que se ha empleado para revisar la literatura ha consistido en tres etapas: 1. Búsqueda de la literatura, 2. Análisis de la información y 3. Resultados.

La revisión de la literatura científica precedente se ha realizado en motores de búsqueda científicos como *Google Académico*, *Dialnet Plus*, *Riunet*, *Science Research*, *ProQuest*, *Scopus* y *Thomson Reuters Web of Science*, en catálogos científicos como *OCLC Research* y *CrossRef*, en bases de datos como *Springer Link*, *SAGE journals*, *Taylor & Francis Online*, *Science Direct*, en bibliotecas digitales como *IEEE XPlora Digital Library*, *ASCE Library* y en revistas científicas como *Virtual Archaeology Review*, *International Journal of Heritage in the Digital Era*, *Journal of Cultural Heritage* y *Journal Building Research & Information, Automation in Construction*.

Las palabras clave que se han empleado para la búsqueda de la literatura y el número de publicaciones consultadas han sido: *BIM to Virtual Reality*, *BIM to Aumented Reality*, *BIM to ICT*, *BIM for cultural heritage*, *BIM culture dissemination*, *BIM to serious game*, *HBIM to public use management*, *HBIM to recreational carrying capacity*, etc. (figura 61). Se definieron las palabras clave en inglés con el fin de obtener un mayor número de resultados, ya que es la lengua más extendida en el ámbito científico.

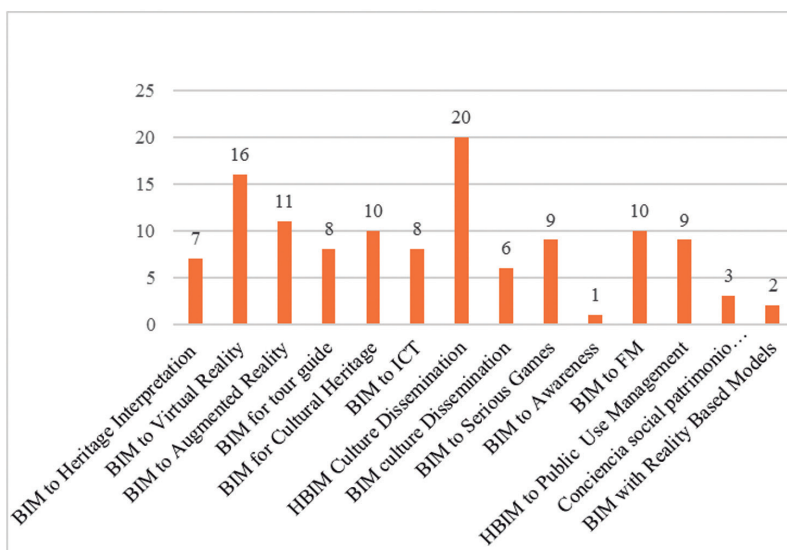
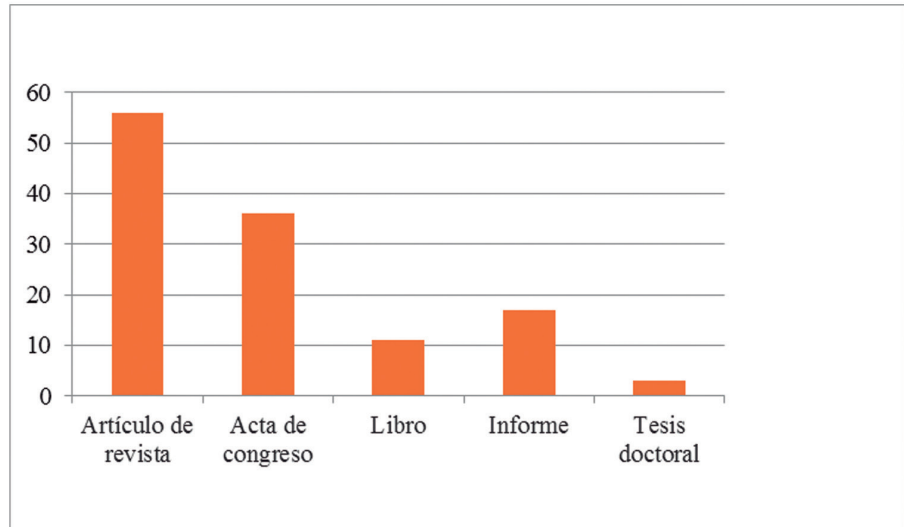


Figura 61. Palabras clave empleadas para la búsqueda de la literatura (Fuente: Elaboración propia)

Figura 62. Clasificación de las publicaciones consultadas según el formato  
(Fuente: Elaboración propia)



En total se han analizado más de 120 publicaciones, de las cuales, 56 eran artículos de revistas científicas, 36 actas de congresos, 11 libros, 17 informes y 3 tesis doctorales (figura 62).

El análisis de la información contenida en las publicaciones consultadas se ha realizado siguiendo tres fases: 1. Clasificación de las publicaciones en distintas categorías, 2. Análisis cuantitativo de la información y 3. Análisis cualitativo de la información.

En primer lugar, las publicaciones se han clasificado en base a cuatro categorías: BIM, HBIM, Modelos 3D e Interpretación y Gestión del Patrimonio. La categoría de BIM a su vez se ha dividido en las siguientes subcategorías: 1. BIM para el diseño, intervención y mantenimiento, 2. Realidad Virtual/Realidad Aumentada para modelos BIM. También, dentro de la categoría de HBIM se han definido las subcategorías: 1. HBIM para el registro, intervención, mantenimiento del patrimonio, 2. Realidad Virtual/Realidad Aumentada para modelos HBIM, 3. HBIM para la difusión del patrimonio.

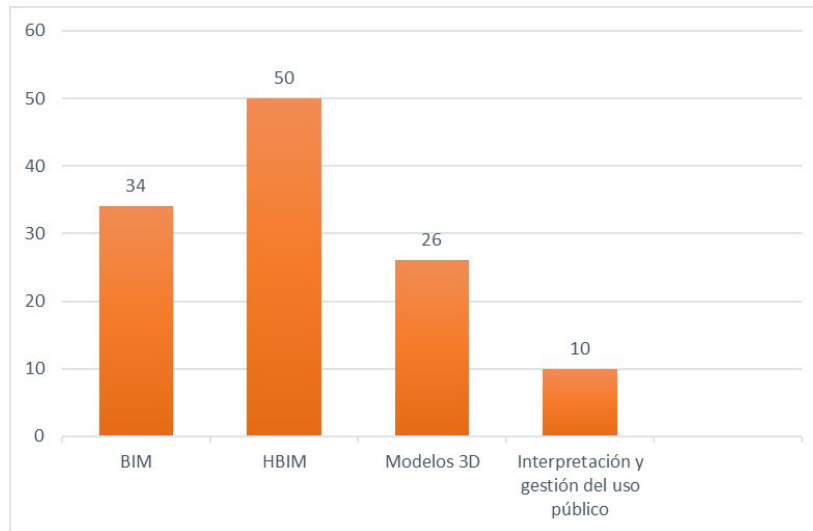


Figura 63. Análisis cuantitativo de las publicaciones consultadas (Fuente: Elaboración propia)

La figura 63 muestra los resultados del análisis cuantitativo de las 120 publicaciones consultadas según su temática principal. Del total, 34 publicaciones se centraban en BIM, 50 en HBIM, 26 trataban sobre Modelos 3D y 10 se centraban en la interpretación y gestión del uso público del patrimonio.

Para realizar el análisis cualitativo de la bibliografía consultada, se ha llevado a cabo la lectura del resumen y de las conclusiones de todas ellas, y la lectura completa de las publicaciones más relevantes. Esto ha permitido realizar un análisis crítico del estado actual del conocimiento en esta materia, e identificar las mayores aportaciones, limitaciones y futuras líneas de investigación que sugieren.

Los resultados de la revisión de la literatura se encuentran recogidos en el capítulo del *Estado de la cuestión* de esta tesis doctoral.

Los resultados parciales de la literatura científica precedente en materia de HBIM para el uso público del patrimonio fueron presentados mediante exposición oral en el Congreso Internacional *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations* celebrado en Alicante en el año 2017 y publicados en la revista científica *International Journal of Sustainable Development and Planning* (Salvador-García *et al.*, 2018).

#### 4.3.1.2. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ACTUAL DEL USO PÚBLICO. ESTUDIO DE CASOS

Para analizar la gestión actual del uso público del patrimonio, se ha empleado la metodología de investigación cualitativa del *Estudio de Casos*.

Según Ragin (2000), el *Estudio de Casos* es una estrategia de investigación que se basa en la investigación empírica profunda de uno o de unos pocos casos, con el fin de analizar su configuración y la de casos similares para desarrollar o evaluar explicaciones teóricas.

Para Yin (2009), el estudio de un caso único o casos múltiples permite generalizar en una teoría, que puede aplicarse a otros casos que presenten condiciones teóricas similares.

Las fases que se han empleado para el análisis de los casos de estudio han seguido las fases propuestas por Villarreal y Landeta (2010): definir el propósito del estudio, seleccionar los casos de estudio, recoger los datos, analizar e interpretar los datos y obtener unas conclusiones.

Este estudio se ha realizado con el fin de analizar la gestión interna del uso público del patrimonio, específicamente para conocer los agentes que intervienen, los métodos de trabajo actual y sus necesidades actuales. Para ello, se han analizado tres casos de estudio: el Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid del siglo XVI, el Museo Cerralbo de Madrid del siglo XIX y el conjunto de San Juan del Hospital de València del siglo XIII.

El proceso de selección de los dos casos de estudio de Madrid se llevó a cabo a lo largo de varias fases. En primer lugar, se realizó la búsqueda de los edificios declarados con la categoría de BIC de la ciudad de Madrid, tomando como referencia el Catálogo de Bienes Inmuebles Protegidos de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid. De esta primera búsqueda se obtuvieron un total de 167 monumentos declarados BIC. Posteriormente, se realizó una segunda selección de los bienes BIC que además ofrecían visitas públicas. Esta búsqueda dio un resultado de 53 inmuebles. Este nuevo listado contenía información sobre la tipología del edificio, época de construcción, institución gestora, número de visitantes al año, tipo de visita y la disponibilidad de material divulgativo digital. Se discriminaron aquellos inmuebles de menor relevancia o cuya visita se centraba mayormente en el contenido expositivo más que en el valor arquitectónico del edificio. La selección final de los dos casos de estudio de Madrid se realizó contando con la aprobación de los directores de tesis y el profesor responsable de la estancia de investigación el Dr. Fernando Vela.

Los tres casos de estudio elegidos cubren la casuística existente en el patrimonio, en el que existen propiedades y gestiones públicas y privadas. El Monasterio de las Descalzas Reales es propiedad de la Corona de España y está gestionado por Patrimonio Nacional, el Museo Cerralbo es propiedad del Estado Español y está gestionado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España y el conjunto de San Juan del Hospital es de propiedad privada y está gestionado por una fundación privada, la Fundación de la Comunidad Valenciana conjunto de San Juan del Hospital de Valencia. El análisis de estos tres casos de estudio que comparten características similares ya que tienen la misma protección jurídica a nivel nacional (BIC), tienen una superficie y afluencia de visitantes anuales similares, y entre los tres casos cubren los diferentes modelos de gestión del patrimonio, con propiedades y gestiones públicas y privadas, permite generalizar en una teoría que podría aplicarse a otros casos de estudio de características similares. Otro de los motivos fundamentales que ha facilitado la selección de los casos de estudio ha sido la accesibilidad para la toma de datos y la disponibilidad e interés de los agentes responsables en participar en esta investigación.



El Monasterio de las Descalzas Reales y el Museo Cerralbo, ambos ubicados en la ciudad de Madrid, han sido analizados durante la estancia de investigación que se llevó a cabo en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la supervisión del profesor Dr. Fernando Vela, Subdirector de Ordenación Académica y Jefe de Estudios de dicha Escuela. Esta estancia se desarrolló durante el mes de julio de 2017.

El análisis de la gestión del uso público del conjunto de San Juan del Hospital de València se realizó como parte de un estudio de investigación previo que desarrolló la doctoranda para el Trabajo Final de Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico durante el año 2015. No obstante, dado que el área visitable se ha ampliado y la gestión de las visitas ha sufrido modificaciones desde el año 2015, durante el año 2018 se ha actualizado el análisis de la gestión de las visitas realizado previamente.

Las técnicas que se han empleado para recoger datos de los casos de estudio han sido: la entrevista semiestructurada y la observación directa y participante a partir de visitas públicas.

La entrevista semiestructurada es una técnica de recogida de datos cualitativos que permite obtener datos narrativos ricos y profundos sobre el objeto de estudio a través del análisis e interpretación de los discursos de los agentes entrevistados, los cuales forman parte del objeto de estudio (Corbetta, 2007).

Esta técnica sigue un esquema de preguntas flexibles y está guiada por el investigador (Blasco y Otero, 2008a; 2008b). Según Vallés (1997), la fortaleza de esta técnica consiste en que el investigador dispone de mayor libertad para profundizar en los temas o en los sujetos que considera más relevantes para la investigación. La limitación más importante que puede tener esta técnica es que los resultados se vean influidos por la subjetividad interpretativa del investigador o la subjetividad expositiva del agente entrevistado. Además, dado que se necesita más tiempo y recursos para entrevistar a los sujetos, con este tipo de técnica se pueden abarcar menos casos.

La selección de los agentes entrevistados se realizó en base al perfil profesional y a su experiencia en el sector. Los agentes entrevistados en esta fase de la investigación fueron la Conservadora del Museo Cerralbo de Madrid, la Conservadora del Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid y la Directora del Museo de San Juan del Hospital de València.

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron siguiendo el proceso sugerido por Corbetta (2007). Así, en primer lugar, se contactó con los entrevistados mediante una carta de presentación que contenía una breve introducción del estudio de la investigación y el propósito de la entrevista. Tras la aceptación de los entrevistados a participar en la investigación, se redactó el guion de las preguntas. Posteriormente se realizó el envío telemático del formulario de consentimiento para su aceptación y las preguntas de la entre-

vista (Ver anexos) y un vídeo explicativo del sistema BIM<sup>[1]</sup>. Las entrevistas se realizaron de forma presencial y se registró el audio para su posterior transcripción. Las preguntas de las entrevistas se centraron en los procesos de trabajo, los problemas y necesidades de la gestión actual de la conservación de los museos, las funciones de los agentes involucrados, el flujo e intercambio de información entre ellos y los potenciales usos de HBIM para mejorar la eficiencia de los procesos de trabajo.

El análisis e interpretación de los datos de las entrevistas se realizó con la ayuda del *software NVIVO*, mediante la definición de categorías y la posterior clasificación de la información en estas categorías.

De otra parte, basándonos en la observación directa y participante, se llevó a cabo la visita del Museo Cerralbo que se realizó de manera individual con el apoyo de una audioguía. La visita al Monasterio de las Descalzas Reales se realizó en grupo mediante una visita guiada.

La visita al conjunto de San Juan del Hospital se realizó en el año 2015 con una guía voluntaria y, posteriormente, en el año 2018 con una estudiante en prácticas que ejercía la función de guía (figura 64). La visita del año 2015 se focalizó en el tránsito, patio norte, sala de museo e iglesia, ya que el patio sur no estaba abierto a las visitas públicas. La visita del año 2018 se centró específicamente en el patio sur, ya que en este momento era ya visitable.

El análisis de los resultados de las entrevistas y de las visitas de los tres casos de estudio permitió identificar las necesidades actuales en la gestión del uso público del patrimonio y las potencialidades de HBIM para mejorar su eficiencia.



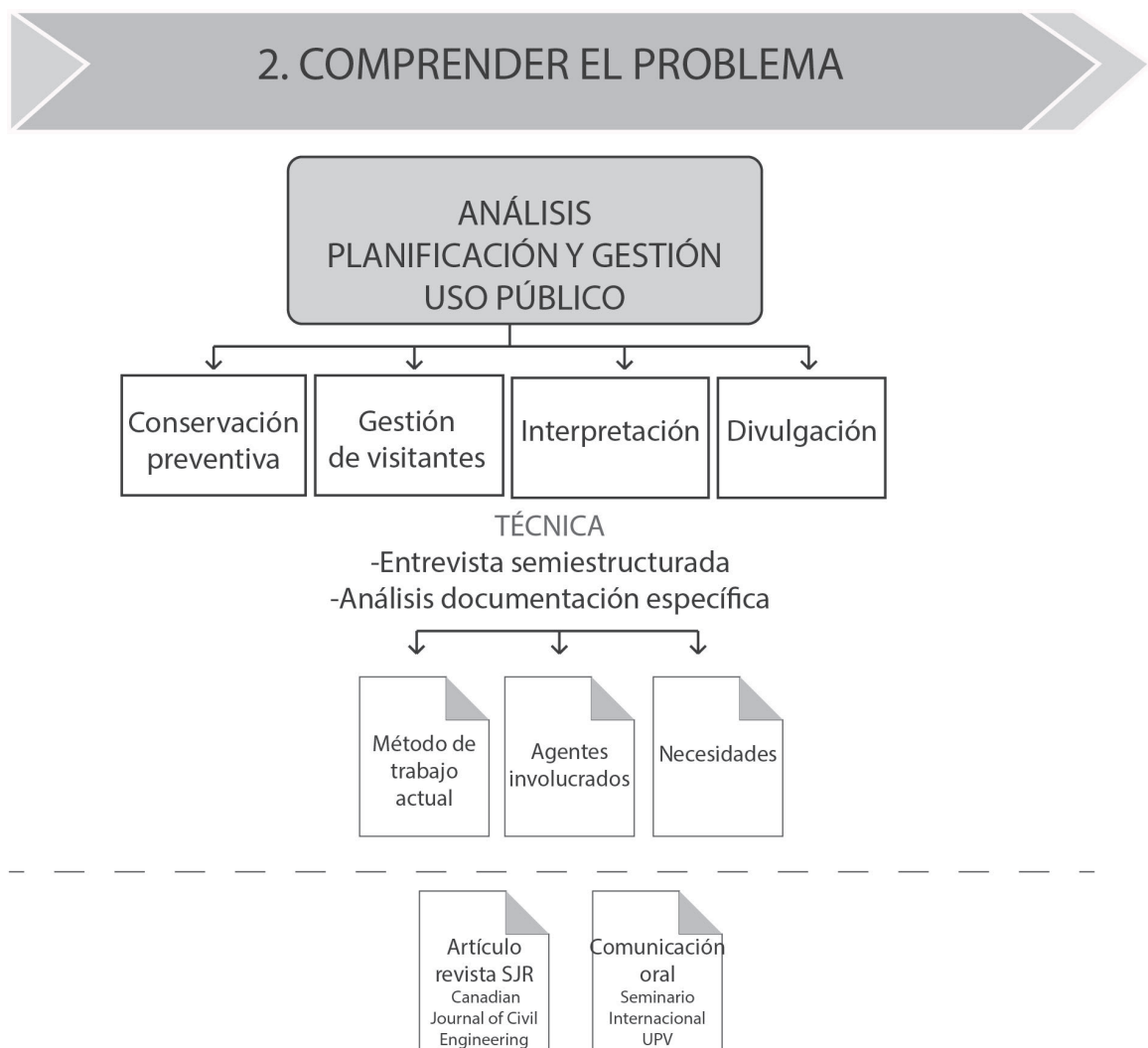
Figura 64. Visita guiada del patio sur de San Juan del Hospital, 2018  
(Fuente: propia)

### 4.3.2. COMPRENDER EL PROBLEMA

Con el fin de comprender el problema de la baja eficiencia de la gestión de la información para la planificación y gestión de los cuatro ámbitos del uso público (conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación), se ha analizado el sector profesional que los representa.

La recogida de los datos se ha obtenido mediante la técnica de la entrevista semiestructurada a los agentes involucrados y el análisis de la documentación técnica específica de estos cuatro ámbitos (figura 65).

Figura 65. Metodología desarrollada para comprender el problema (Fuente: Elaboración propia)



Las entrevistas semiestructuradas a los agentes responsables de cada ámbito, se han realizado siguiendo el proceso sugerido por Corbetta (2007), al igual que las entrevistas a los agentes que gestionan el uso público del patrimonio realizadas en la primera fase.

Estas entrevistas han permitido conocer los métodos de trabajo actual, los agentes que intervienen e identificar las necesidades actuales de la planificación y gestión del uso público del patrimonio, en sus cuatro ámbitos.

Los agentes entrevistados han sido: dos expertos internacionales en gestión de visitantes con 20 y 40 años de experiencia en el sector, un experto en conservación preventiva con más de 30 años de experiencia en este ámbito, un experto internacional en interpretación del patrimonio con más de 15 años de experiencia y un experto internacional en difusión del patrimonio con 25 años de experiencia.

Las preguntas de las entrevistas se centraron en los procesos de trabajo, las necesidades actuales en la gestión de la información, los agentes involucrados y los *softwares* y formatos empleados.

El análisis de la documentación técnica específica de cada ámbito ha permitido complementar los datos recogidos en las entrevistas, relativos a los métodos de trabajo actual.

La consulta de la documentación técnica se realizó en la biblioteca de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, el Departamento de Geografía Humana de la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid, el Archivo del Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE), el archivo profesional del infografista Luis Taklim y el archivo profesional de María José Viñals, así como a través de páginas web.

La documentación técnica se ha centrado en planes y programas, proyectos e informes técnicos sobre capacidad de carga recreativa, conservación preventiva, interpretación del patrimonio y divulgación cultural.

En relación con la gestión de las visitas y específicamente sobre la capacidad de carga recreativa y la gestión del flujo de visitantes, se analizaron los informes sobre el Parque arqueológico de Copán en Honduras (García-Hernández *et al.*, 2013), la Real Colegiata de San Isidoro de León (Troitiño-Vinuesa *et al.*, 2011a), el Conjunto Arqueológico de Carmona (Calle *et al.*, 2009), de la Alhambra de Granada (García-Hernández, 2003), así como diversos estudios de sitios arqueológicos mediterráneos (Viñals *et al.*, 2013; Viñals y Alonso-Monasterio, 2013; Viñals *et al.*, 2014b).

Los documentos analizados relacionados con la conservación preventiva fueron, el Plan Nacional de Conservación Preventiva (Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España, 2015a), el Plan de la Catedral de Santiago de Compostela (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2012) y el Plan de la Cueva de Altamira (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2014a).

En relación con los programas de interpretación del patrimonio, se analizaron documentos como la guía “Turismo Sostenible y Patrimonio. Herramientas de puesta en valor y planificación” (Viñals *et al.*, 2017b) que, a modo de instrumento de trabajo práctico, contiene unas fichas para abordar diversos procesos de la puesta en valor y la planificación turística como la capacidad de carga recreativa, la interpretación del patrimonio, la valoración patrimonial intrínseca y turística, etc. También se analizaron los programas de interpretación de la Casa Galeano de Gracias en Honduras (Viñals *et al.*, 2017a) y del Castellet de Bernabé en Llíria (Viñals *et al.*, 2006).

En relación con la documentación y material divulgativo del patrimonio, la búsqueda se centró en el análisis de folletos turísticos, páginas web, etc. como el folleto de la visita del Museo Cerralbo de Madrid (Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España, 2019) y el informe “Conociendo a nuestros visitantes” (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2014b) del mismo museo. También se analizaron diversos materiales divulgativos desarrollados por la empresa Anyforms Design (2018), especializada en el desarrollo de materiales divulgativos y mapas turísticos del patrimonio cultural y natural de ámbito internacional.

Los resultados de las fases 1 (revisión de la literatura, análisis de la gestión actual del uso público) y 2 (análisis de la planificación y gestión del uso público del patrimonio), tal como se ha comentado en apartados previos, han sido publicados en la revista científica internacional *Canadian Journal of Civil Engineering* (Salvador-García *et al.*, 2019a) y han sido difundidos, mediante comunicación oral (Salvador-García, 2018) en el Seminario Internacional “Estudio e investigación sobre el conocimiento, la revalorización, la conservación y el re-uso del patrimonio arquitectónico” realizado en la Universitat Politècnica de València.

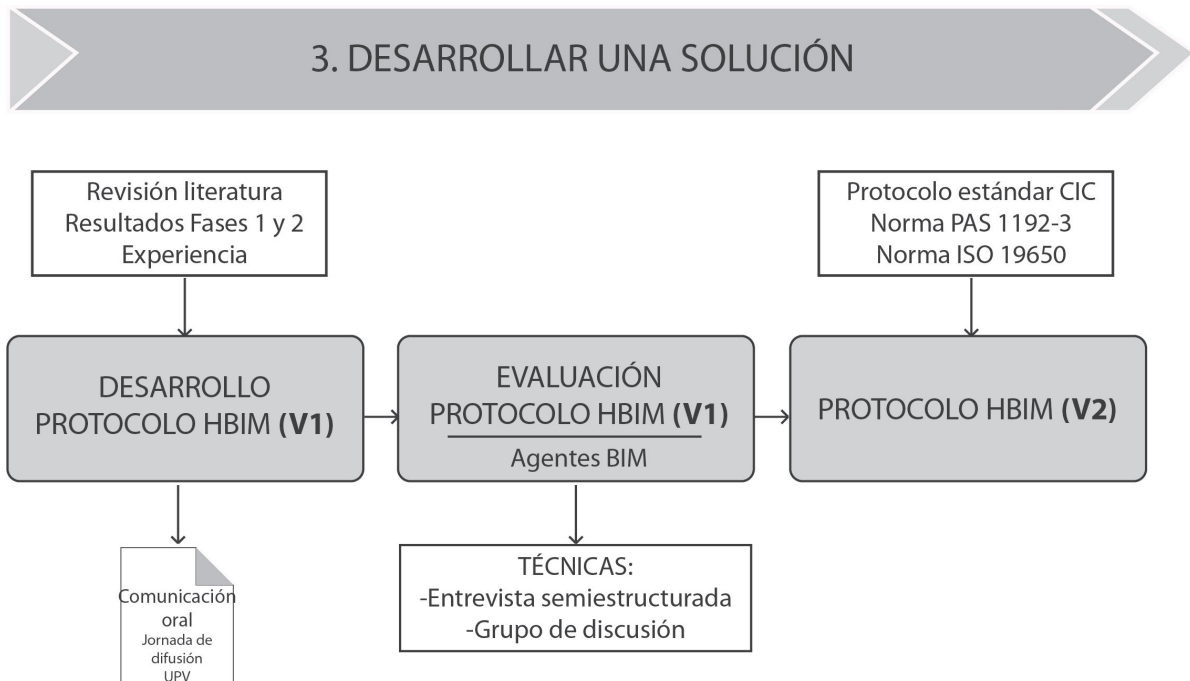
### 4.3.3. DESARROLLAR UNA SOLUCIÓN

Los resultados alcanzados a través del análisis de la planificación y gestión actual del uso público realizado en las fases 1 y 2 han evidenciado problemas de ineficiencia en la documentación y gestión de la información del uso público del patrimonio.

Con el fin de darle una solución a este problema, en el contexto nacional donde se prevé un crecimiento del uso de BIM en el sector patrimonial, esta tesis doctoral ha desarrollado como resultado un Protocolo HBIM estándar para planificar y gestionar el uso público del patrimonio. Este protocolo, por un lado, actuará como manual de procedimientos para ayudar a los profesionales a adoptar HBIM para planificar y gestionar el uso público y por otro lado, servirá de directriz para desarrollar el protocolo específico que debe acompañar a cada contrato de gestión del uso público del patrimonio con HBIM.

El protocolo se ha desarrollado siguiendo el siguiente proceso: En primer lugar, se ha realizado la versión 1 del Protocolo HBIM (V1). Esta versión ha sido evaluada por agentes profesionales BIM. Las mejoras sugeridas por los evaluadores BIM, se han aplicado en la versión 2 del Protocolo HBIM (V2) (figura 66). Posteriormente, la versión 2 del Protocolo HBIM (V2), se ha implementado a un caso de estudio (ver apartado 4.3.4) y se ha evaluado por un nuevo panel de expertos (ver apartado 4.3.5). Las conclusiones de la evaluación de la versión 2 del Protocolo HBIM (V2), han dado como resultado la versión 3 (definitiva) del Protocolo HBIM (V3).

Figura 66. Metodología llevada a cabo para desarrollar el Protocolo HBIM (V1) y (V2) (Fuente: Elaboración propia)



La versión 1 del Protocolo HBIM se ha desarrollado a partir del análisis de la literatura científica, los resultados de los datos primarios obtenidos en las fases 1 y 2 de la investigación, la formación académica en gestión del patrimonio arquitectónico y la experiencia adquirida en HBIM en los últimos años mediante la participación en los proyectos de investigación, la asistencia a congresos, *workshops*, etc.

Los resultados de esta primera versión fueron presentados ante expertos en virtualización 3D, en la jornada de difusión de resultados de investigación celebrada en el departamento de Cartografía, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de València.

Las técnicas que se han empleado para la evaluación de la versión 1 del Protocolo HBIM han sido la entrevista semiestructurada y la técnica del *grupo de discusión*.

La entrevista semiestructurada se realizó a un agente experto internacional en el desarrollo de modelos BIM para el uso y mantenimiento de edificios existentes y en *Design Technology*, siguiendo el proceso sugerido por Corbetta (2007).

Los agentes participantes del *grupo de discusión* fueron profesionales en modelado e implementación BIM, con formación y experiencia como *BIM Manager*.

Según Callejo (2001) y Gutiérrez (2008), el objetivo de la técnica del *grupo de discusión* (denominación europea del término americano *Focus group*), consiste en entrevistar a un grupo de participantes, entre 5 y 10 personas, que son seleccionados para confrontar sus ideas sobre el fenómeno que se quiere conocer, con el fin de llegar a unas conclusiones. La discusión está gestionada por un moderador cuya función es hacer que participen todos los sujetos y dirigir la conversación hacia los objetivos de la investigación, animándola cuando se estanque y tranquilizándola cuando se tense. Las principales ventajas de los grupos de discusión son que permite acceder a mucha información en poco tiempo, a un mínimo coste y permite simular la interacción discursiva social. Las limitaciones más importantes que se aprecian son que el análisis de los datos es más complejo, está abierto a interpretaciones contrapuestas y los participantes pueden influirse, modificando o invirtiendo sus posiciones.



Figura 67. Presentación del protocolo HBIM (V1) en el grupo de discusión con agentes expertos en BIM, 2018 (Fuente: Jorge García-Valldecabres)

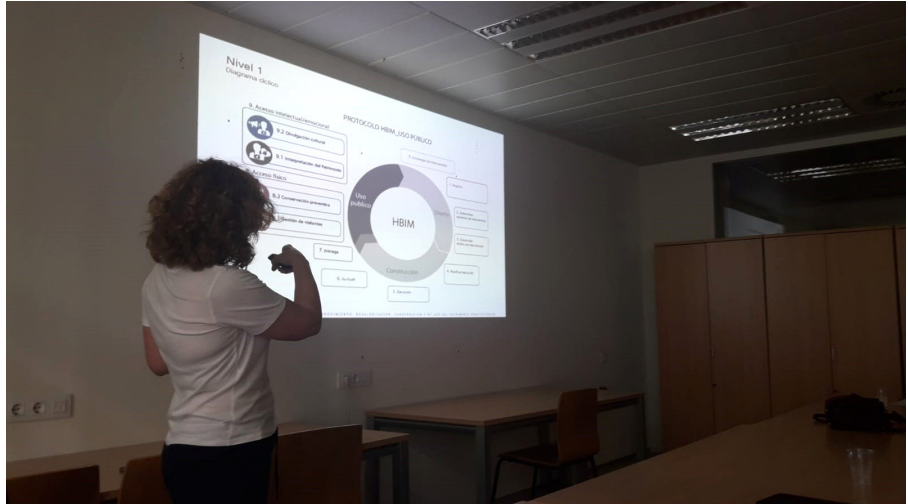


Figura 68. Participantes del grupo de discusión, expertos en BIM, 2018 (Fuente: Jorge García-Valldecabres)



El grupo de discusión se realizó siguiendo la metodología propuesta por Gutiérrez (2008). En primer lugar, se seleccionaron los participantes. El día del grupo de discusión se realizó una presentación de la temática de la investigación y de los objetivos de la reunión (figura 67). A continuación, se lanzaron las preguntas para generar la conversación entre los participantes del grupo (figura 68). El audio de los discursos se registró y posteriormente se transcribieron y analizaron las respuestas dando lugar a las conclusiones.

La selección de los cinco participantes se realizó en base a su experiencia y conocimiento en el sector BIM. Todos ellos eran arquitectos o arquitectos técnicos, con una amplia formación en BIM. Tres de los participantes tenían una experiencia como modeladores BIM, *BIM Manager* e implementadores BIM de 1 año, 5 años y 7 años. Los otros dos participantes habían recibido una formación especializada en BIM y HBIM y, si bien disponían de una menor experiencia profesional, podían contribuir con una visión más abierta y propositiva ante una implementación HBIM novedosa.

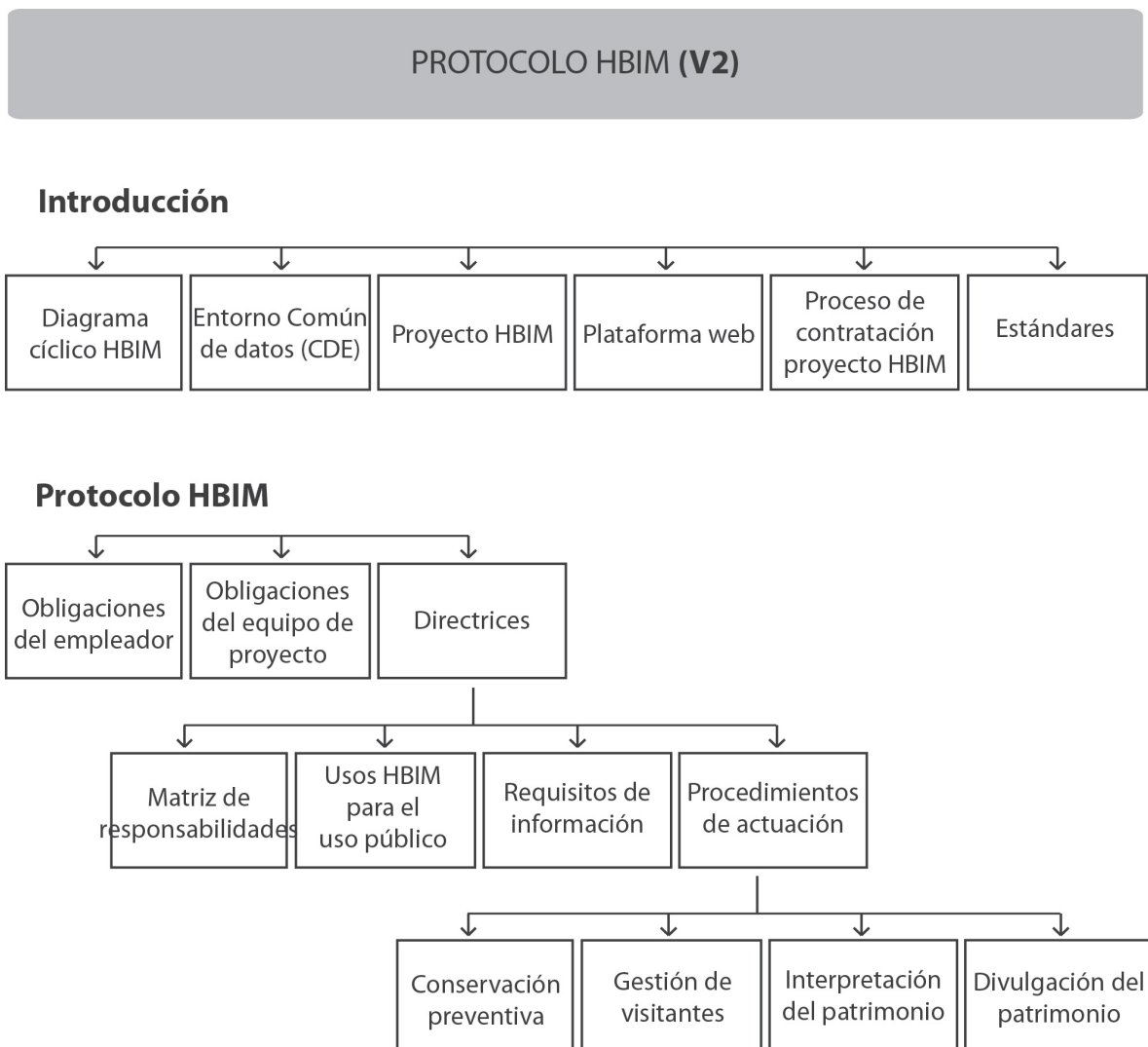
Las preguntas del grupo de discusión se centraron en la evaluación de los usos HBIM, los *softwares* BIM y el flujo de información propuesto en la

versión 1 del Protocolo HBIM y en la manera de abordar la implementación práctica con la tecnología existente.

Para desarrollar la versión 2 del Protocolo HBIM para el uso público se tomó como referencia el Protocolo BIM Estándar del CIC (Construction Industry Council, 2018), se consideraron además las especificaciones de la Norma PAS 1192-3 (British Standards Institution, 2014) y la adaptación española de la ISO 19650 (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019); adicionalmente, se aplicaron las aportaciones de la evaluación realizada por el panel de expertos de la primera versión.

El Protocolo HBIM (V2) consta de dos partes principales: introducción y protocolo (figura 69). La parte introductoria explica cómo trabajar en un entorno colaborativo HBIM. El documento del Protocolo HBIM contiene las obligaciones del empleador y del equipo de proyecto y las directrices que se deben seguir para planificar y gestionar el uso público con HBIM. La versión 3 del Protocolo HBIM (V3) contiene la misma estructura que la del Protocolo HBIM (V2).

Figura 69. Contenido del Protocolo HBIM (V2)  
(Fuente: Elaboración propia)



#### 4.3.4. IMPLEMENTAR LA SOLUCIÓN

Con el fin de estudiar la aplicabilidad del Protocolo HBIM (V2), se ha implementado parcialmente a un caso de estudio: el conjunto histórico de San Juan del Hospital de València.

Las condiciones intrínsecas del conjunto de San Juan del Hospital y la vinculación profesional que tiene la doctoranda con este bien, lo convierten en un caso de estudio idóneo para su implementación.

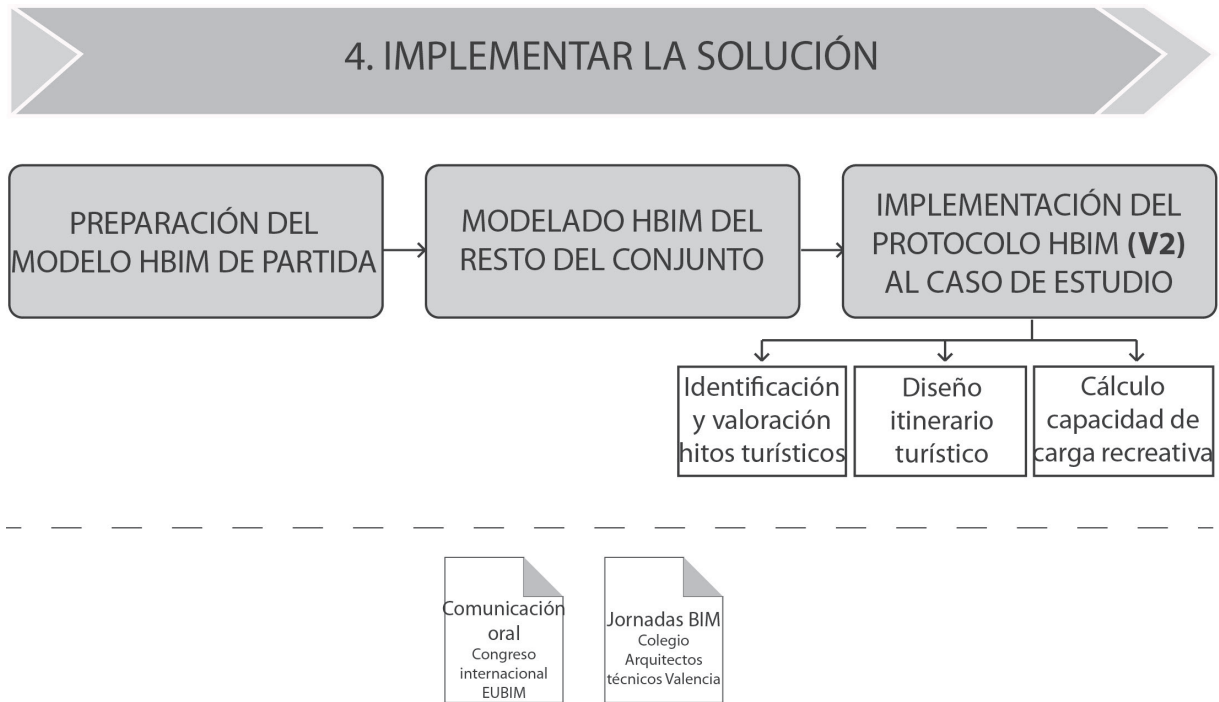
Por un lado, se trata de un monumento BIC y Museo de Sitio con importantes valores arquitectónicos, históricos y culturales que, si bien dispone de un modelo de visita simple debido a que la afluencia de visitantes es moderada, la necesidad de compatibilizar el uso religioso con la visita pública complica la gestión de sus visitas y requiere de un sistema de gestión más eficiente.

Por otro lado, la vinculación profesional de la doctoranda con este bien, le ha permitido disponer de un profundo conocimiento del mismo. Entre los años 2005 y 2015 colaboró profesionalmente en la restauración y acondicionamiento para la visita pública del patio sur. En el año 2015, desarrolló una propuesta para la visita pública interpretativa del patio sur como resultado de su Trabajo Final de Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico. Posteriormente, en su etapa como investigadora, formó parte del equipo científico del proyecto competitivo que empleó este caso de estudio para desarrollar un modelo HBIM para la gestión de la información del patrimonio arquitectónico. El conocimiento del bien y la posibilidad de disponer del modelo HBIM de partida sobre el que realizar la implementación del protocolo, ha permitido optimizar los recursos disponibles y centrarse específicamente en el objetivo de la implementación.

Con el fin de acotar el alcance de la investigación, que cuenta con un tiempo y recursos limitados, la implementación del Protocolo HBIM (V2) se ha centrado en los dos ámbitos del uso público que no habían sido explorados previamente en la literatura científica precedente: la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio.

La implementación del Protocolo HBIM (V2) al caso de estudio se ha desarrollado siguiendo las siguientes fases: 1. Preparación del modelo HBIM de partida, 2. modelado HBIM del resto del conjunto (modelo HBIM *As-built*) y 3. implementación del Protocolo HBIM (V2) para la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio al caso de estudio (figura 70).

Todo el proceso de implementación se realizó en colaboración con el Estudio de arquitectura especializado en BIM *Salva Moret Architecture + BIM studio*.



#### a) Preparación del modelo HBIM de partida

Para desarrollar la implementación práctica se empleó de partida un modelo HBIM previo del conjunto de San Juan del Hospital, desarrollado como resultado del proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (García-Valdecabres *et al.*, 2016a) en el que la doctoranda, como se ha comentado, fue miembro del equipo de trabajo. Este modelo fue ampliado a partir de los trabajos final de máster de Jordán-Palomar (2015), Forero (2018) y Mógica (2018). Este modelo HBIM se realizó mediante el *software Revit* de Autodesk a partir de una nube de puntos obtenida mediante la técnica del escáner láser. El modelo contenía el modelado de la geometría e información del patio sur, iglesia, capilla de Santa Bárbara, y restos arqueológicos. También se definieron las fases constructivas más significativas, familias patrimoniales y una plantilla patrimonial.

Debido a que el modelo previo había sido desarrollado por diferentes profesionales en distintos momentos y para diferentes fines, no existía un criterio único de trabajo y fue necesario homogeneizar el modelo para su posterior implementación. La primera labor de preparación del modelo consistió en decidir qué vínculos se enlazaban permanentemente al modelo principal y cuales se mantendrían como vínculos externos. En segundo lugar, se llevó a cabo la limpieza de los elementos solapados o duplicados y finalmente la unificación de la categorización de los elementos de *Revit*.

Figura 70. Metodología llevada a cabo para implementar el Protocolo HBIM (V2) al caso de estudio (Fuente: Elaboración propia)

#### b) Modelado HBIM del resto del conjunto (modelo HBIM *As-built*)

Una vez preparado el modelo de partida y con el fin de disponer de un modelo HBIM *As-built* completo, se modeló la geometría del resto del conjunto: tránsito, patio norte, sala del museo y edificios colindantes. El modelo HBIM completo se realizó con el mismo software *Revit* a partir de una nube de puntos obtenida mediante la técnica del escáner láser.

#### c) Implementación del Protocolo HBIM (V2) al caso de estudio

Tras modelar el resto del conjunto, se definieron las necesidades para el uso público, particularmente para la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio. Para ello, se estudió la manera de estructurar la información y se incorporó la que era necesaria para obtener los siguientes resultados: 1) Identificación y valoración de los hitos turísticos; 2) Diseño del itinerario turístico; 3) Determinación de la capacidad de carga recreativa.

Los resultados de la implementación del protocolo al caso de estudio de San Juan del Hospital de València se han difundido mediante presentación oral en el Congreso Internacional EUBIM 2019 (Salvador-García *et al.*, 2019b) y parcialmente en unas jornadas BIM organizadas por el Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Valencia.

### 4.3.5. EVALUAR LA SOLUCIÓN

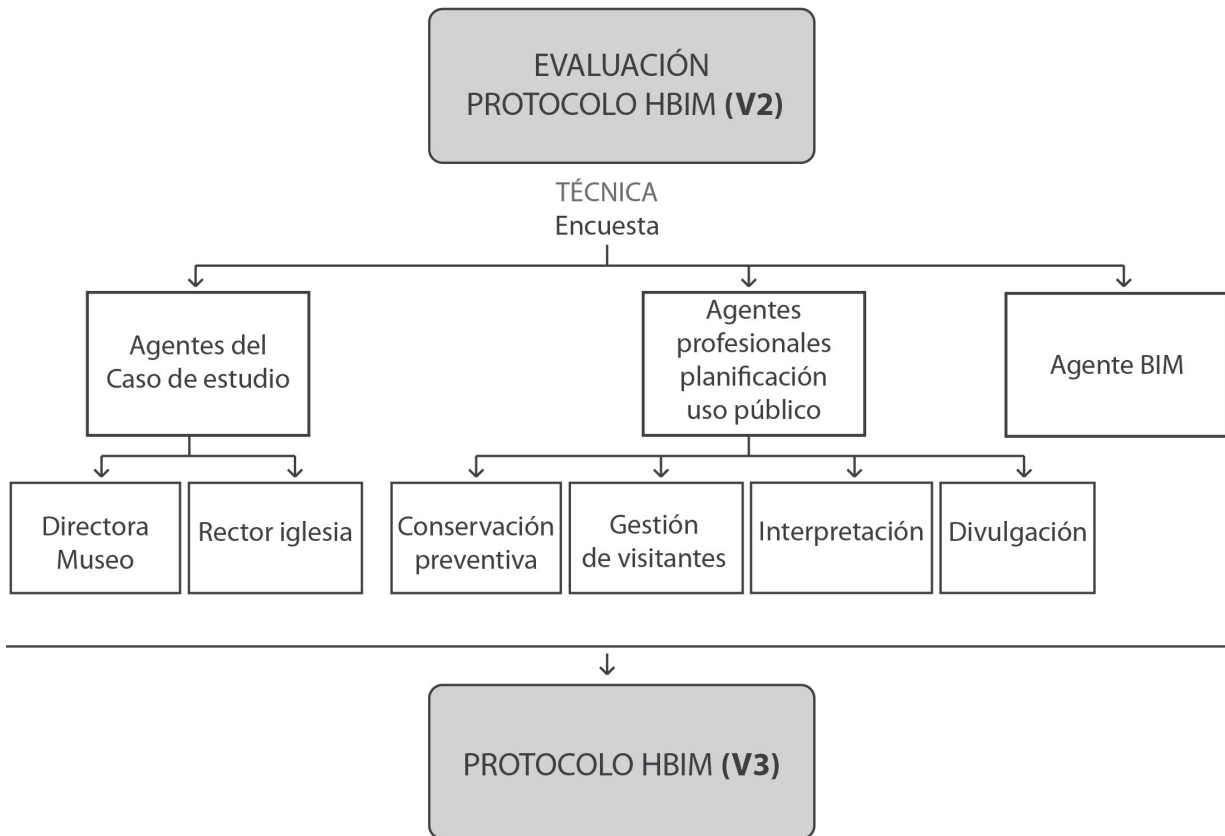
Para evaluar el Protocolo HBIM (V2) para el uso público del patrimonio se ha empleado la técnica de la encuesta.

Los participantes de la evaluación del Protocolo HBIM (V2) han sido dos agentes de la gestión cultural de San Juan del Hospital (la directora del museo y el rector de la iglesia), un panel de expertos en cada uno de los ámbitos del uso público: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación y divulgación y un experto en BIM (figura 71).

Los expertos en el uso público del patrimonio disponen de una extensa experiencia profesional y/o investigadora en cada uno de los ámbitos: conservación preventiva (más de 30 años), gestión de visitantes (más de 20 años), interpretación (más de 15 años), divulgación del patrimonio (más de 11 años). El experto en BIM cuenta con una experiencia profesional como consultor, formador e implementador de *Revit* de más de 13 años.

Las sugerencias de mejora realizadas por el panel de expertos que ha participado en la evaluación del Protocolo HBIM (V2) han sido integradas en la versión 3 del Protocolo HBIM (V3). La versión 3 del Protocolo HBIM (V3) para el uso público es el producto final de esta tesis doctoral.

## 5. EVALUAR LA SOLUCIÓN



Dado que no existen criterios de evaluación específicos para evaluar un artefacto nuevo desarrollado por el método del *Design Science Research*, se han empleado los dos criterios de evaluación propuestos por Tzortzopoulos (2004): aplicabilidad y utilidad.

El cuestionario de evaluación contiene 6 preguntas con respuesta cerrada y una pregunta abierta que hace referencia a las debilidades y mejoras que pueden identificar los agentes encuestados (Ver anexos). Las preguntas con respuesta cerrada tienen cinco posibles respuestas siguiendo la escala de Likert: totalmente en desacuerdo, en desacuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, de acuerdo y totalmente de acuerdo.

Las preguntas relacionadas con la aplicabilidad del Protocolo HBIM evalúan la claridad de la presentación, estructura y contenido del mismo y la posible generalización a diferentes proyectos. Las cuestiones relativas a la utilidad del Protocolo HBIM evalúan si este puede ser útil para mejorar la eficiencia para planificar y gestionar el uso público del patrimonio arquitectónico.

Figura 71. Metodología llevada a cabo para evaluar el Protocolo HBIM (V2) y desarrollar el Protocolo HBIM (V3) (Fuente: Elaboración propia)





# 5

## Resultados y discusión



## 5. Resultados y discusión

El resultado principal que se ha desarrollado en esta investigación ha sido un Protocolo HBIM estándar para planificar y gestionar el uso público del patrimonio arquitectónico.

Para desarrollar este protocolo, se han seguido las cinco fases del diseño de la investigación planteadas en el capítulo de metodología. El desarrollo de las dos primeras fases ha permitido identificar el potencial uso de HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio como solución al problema de la baja eficiencia del sistema de gestión actual. Estas primeras fases han facilitado el desarrollo de la primera versión del Protocolo HBIM (V1). El Protocolo HBIM (V1) se ha evaluado con un panel de expertos en BIM. Sus aportaciones han sido integradas en la segunda versión del Protocolo HBIM (V2). La segunda versión del Protocolo HBIM (V2) se ha implementado parcialmente al caso de estudio del conjunto de San Juan del Hospital de València. Posteriormente, se ha evaluado la aplicabilidad y utilidad del Protocolo HBIM (V2) con un panel de expertos, profesionales de BIM. Las conclusiones de la evaluación del Protocolo HBIM (V2) se han integrado en la versión 3 del Protocolo HBIM (V3), siendo este el producto final de la tesis doctoral.

### 5.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los resultados de la revisión de la literatura científica precedente se encuentran recogidos en el capítulo del estado de la cuestión.

La revisión de la literatura ha evidenciado los beneficios de HBIM para gestionar la conservación del patrimonio arquitectónico a lo largo de todo su ciclo de vida. Además, el análisis de las investigaciones precedentes ha permitido identificar que existe una laguna en el conocimiento actual ya que sólo unos pocos estudios se han centrado en la aplicación de HBIM para el uso público del patrimonio y no existen protocolos HBIM específicos para esta finalidad.

Partiendo de las capacidades de HBIM y de la identificación de la laguna en el conocimiento actual de la materia de estudio, esta investigación parte de la hipótesis de que HBIM puede mejorar la eficiencia de la planificación y gestión del uso público de los bienes patrimoniales.

### 5.1.1. GESTIÓN ACTUAL DEL USO PÚBLICO DE TRES CASOS DE ESTUDIO

Con el fin de reconocer las dificultades de la gestión actual del uso público de los bienes patrimoniales e identificar las potencialidades de HBIM para mejorar su eficiencia, se han analizado tres casos de estudio: el Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid, el Museo Cerralbo de Madrid y el conjunto de San Juan del Hospital de València. Los tres casos de estudio tienen características similares, ya que detentan la misma protección jurídica a nivel nacional (BIC), tienen una superficie y afluencia de visitantes anuales parecidas, y entre los tres casos cubren la casuística existente en el patrimonio en el que existen propiedades y gestiones públicas y privadas, como ya se ha comentado.

#### 5.1.1.1. MONASTERIO DE LAS DESCALZAS REALES DE MADRID

El Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid (figura 72) data del siglo XVI. Tiene la declaración de BIC con la categoría de “Monumento”. Comparte un uso residencial ya que habita allí la Orden religiosa de las Clarisas coletinas, y la visita pública. La titularidad es de la Corona de España y está gestionado por Patrimonio Nacional. El usufructo actual lo detenta la comunidad religiosa.

Los resultados de las entrevistas semiestructuradas realizadas a la conservadora del museo y las tareas de observación directa y participante en este Monasterio revelan que Patrimonio Nacional, además de éste, gestiona otros inmuebles y su colección dependen de varios departamentos de Patrimonio Nacional; por tanto, la toma de decisiones se realiza entre equipos multidisciplinares. La financiación de este inmueble proviene de fondos propios y de presupuestos del Estado. En relación con la infraestructura tecnológica, disponen de intranet y una base de datos interna para el inventario. Con respecto a los materiales divulgativos, actualmente disponen de página web y, en el pasado, disponían además de folletos impresos y una aplicación de visita virtual. La gestión de las visitas se ha ido perfeccionando a lo largo



Figura 72. Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid, 2018  
(Fuente: propia)



Figura 73. Agentes involucrados en la gestión del uso público del Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid (Fuente: Elaboración propia)

de los años mediante “ensayo-error” hasta alcanzar una gestión sostenible de la visita. Actualmente las visitas son guiadas en grupos de máximo 20 personas, con una duración de una hora. La venta de entradas anticipadas ha permitido reducir las colas y ha contribuido a mejorar la satisfacción del visitante.

Los agentes que intervienen en la gestión de las visitas públicas del Monasterio de las Descalzas Reales son: la Institución gestora (Patrimonio Nacional), la conservadora del museo, guía propio y guía externo, vigilante de sala, personal de seguridad. Estos agentes se relacionan con agentes involucrados en la conservación del inmueble y de los bienes muebles como el arquitecto conservador y el restaurador (figura 73).

Las necesidades detectadas en la gestión del uso público del Monasterio de las Descalzas Reales están relacionadas con la supervisión de los materiales divulgativos, la actualización del inventario y la comunicación con los guías.

- Dado que las competencias del departamento de conservación incluyen el desarrollo y supervisión de los materiales divulgativos y el personal es escaso, el rigor de los materiales divulgativos se ha visto afectado.
- La base de datos del inventario de bienes muebles no siempre se encuentra actualizada porque la comunidad religiosa traslada en ocasiones las piezas, dificultando así el control de su ubicación en tiempo real. Cuando alguna pieza de la colección o espacio visitable se encuentra en restauración temporal, el conservador del museo informa de los cambios al guía mediante un informe impreso. El intercambio de información en formato papel, dificulta en muchos casos, que el guía esté informado antes de realizar la visita y esto afecta a la calidad de la misma.

### 5.1.1.2. MUSEO CERRALBO DE MADRID

El Museo Cerralbo (figura 74) es una casa residencial de la burguesía española de finales del siglo XIX. Tiene la declaración de BIC con la categoría de “Monumento”. Está destinado al uso público exclusivamente. El museo es propiedad del Estado Español y está gestionado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España. Administrativamente, depende de la Subdirección General de Museos Estatales que, a su vez, depende de la Dirección General de Bellas Artes y Patrimonio Cultural, dentro de la Secretaría de Estado de Cultura del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte<sup>[1]</sup>.

El Museo consta de dos departamentos: el Departamento de colecciones y restauración, y el Departamento de difusión y comunicación. Este museo dispone además de una fundación, la Fundación Museo Cerralbo, cuyo objetivo es estudiar, proteger y difundir la colección a través de actividades y publicaciones. Los agentes que intervienen en la gestión de las visitas públicas del Museo Cerralbo son: 11 técnicos contratados entre los dos departamentos, guías internos voluntarios, guías externos profesionales, vigilantes de sala voluntarios, personal temporal. El mantenimiento del bien se lleva a cabo mediante subcontratas de mantenimiento y empresas externas de restauración (figura 75).



Figura 74. Museo Cerralbo de Madrid, 2018 (Fuente: propia)

[1] <http://www.culturaydeporte.gob.es/cultura/museos/presentacion/nuestros-museos.html> [Consulta: 8 enero 2020]



Figura 75. Agentes involucrados en la gestión del uso público del Museo Cerralbo de Madrid (Fuente: Elaboración propia)

El sistema de visitas del Museo se ha ido perfeccionando a partir de los datos obtenidos en los “estudios del público” y “ensayo-error”. La finalidad del diseño expositivo del museo es la recuperación de los ambientes originales de la antigua residencia del propietario, para su trasmisión al visitante. La visita se puede realizar de manera individual y libre con audioguía o en grupo de máximo 12 personas. El aforo máximo simultáneo es de 60 personas debido a los condicionantes espaciales, por motivos de conservación del inmueble y para garantizar la calidad de la experiencia del visitante. Los guías profesionales externos ofrecen el servicio de visita guiada pero no disponen de acceso a la información actualizada, esto afecta al rigor de la visita realizada por estos. Los guías internos y vigilantes de sala son personal voluntario y reciben formación continua de los nuevos hallazgos y cambios que se producen. Los materiales divulgativos de que disponen constan de folletos, cuaderno de sala, página web y redes sociales. Los planos 2D de los materiales divulgativos provienen del Área de infraestructuras del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España y los contenidos textuales los genera el departamento específico y lo supervisa el equipo técnico del Museo, no el Ministerio. En relación con la infraestructura tecnológica, disponen de una única licencia de *Adobe* para generar los contenidos gráficos de los materiales divulgativos y no disponen de licencia de *Autocad* para el tratamiento de los planos. Trabajan con formatos pdf. El sistema de venta de entradas se realiza a través de un *software* específico que está implantado en todos los museos estatales. El Museo dispone de un servicio de alquiler de espacios con fines culturales, cuya información está disponible en la página web, pero no se ha desarrollado ninguna aplicación tecnológica específica para su gestión.

Con respecto a las necesidades de la gestión del Museo Cerralbo, reconocen:

- Tener limitaciones tecnológicas en relación con los softwares.
- Los guías externos no están informados de los cambios que se producen en el espacio expositivo y esto afecta negativamente a la calidad y rigor de la visita que realizan.

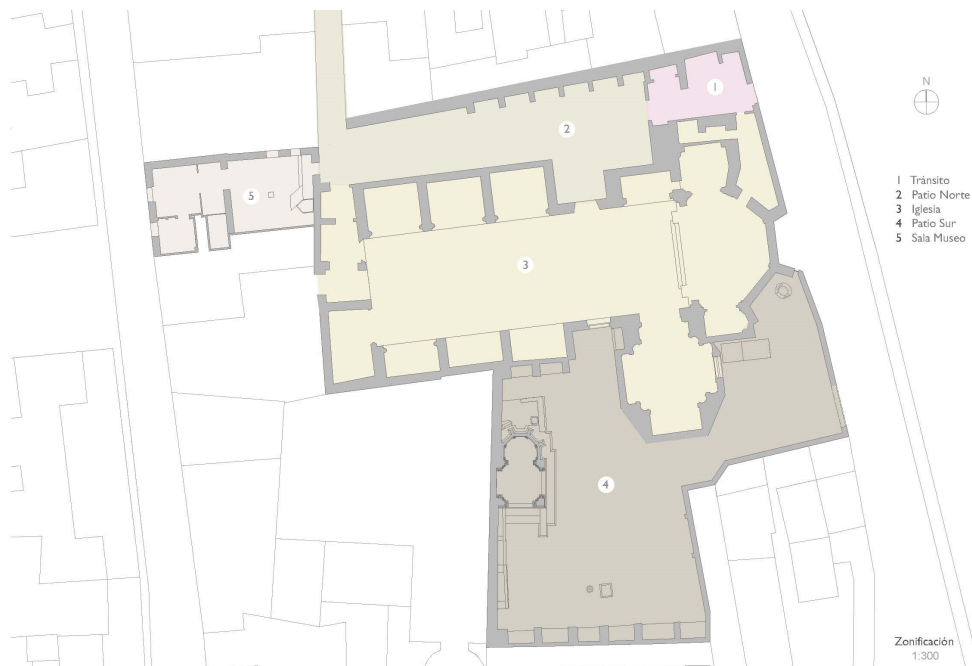


### 5.1.1.3. CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA

El conjunto histórico de San Juan del Hospital (figura 76) se sitúa en la calle Trinquete Caballeros nº 5 de València, en el barrio de la Seu-Xerea. Fue fundado a mediados del siglo XIII por la Orden religioso-militar de San Juan del Hospital de Valencia, tras la reconquista de la ciudad. Fue el primer hospital-iglesia cristiano de la ciudad y sede de la Orden en València. En origen el conjunto estuvo compuesto por la iglesia, el hospital, el cementerio y espacios de residencia para el clero. En la actualidad conserva la iglesia y dos patios, uno paralelo a la nave de la iglesia por su lado norte y otro recayente al lado sur donde se encuentran los vestigios del antiguo cementerio medieval (figura 77).



Figura 76. Conjunto de San Juan del Hospital de València, 2015  
(Fuente: propia)



El conjunto histórico es de titularidad privada. La iglesia pertenece al Arzobispado de València y los patios norte y sur son propiedad de la Fundación de la Comunidad Valenciana conjunto de San Juan del Hospital de València. Está declarado Bien de Interés Cultural (BIC) con la categoría de Monumento (Ayuntamiento de Valencia, 2010) y Museo (Consellería de Cultura, Educación y Ciencia de la Comunidad Valenciana, 1997). Desde el año 1967 la Prelatura de la Santa Cruz del Opus Dei es responsable de la atención pastoral y de la conservación del monumento. La Fundación de la Comunidad Valenciana conjunto de San Juan del Hospital de València es la responsable de la dirección y gestión del Museo. En la actualidad el conjunto comparte el uso religioso y el uso público.

Figura 77. Planta del conjunto de San Juan del Hospital de València (Fuente: Salvador-García, 2015)

Para este conjunto, se ha registrado en el año 2019 un flujo anual medio de 14.000 visitantes. Las visitas al templo se pueden realizar de forma autoguiada y gratuita. Además, las visitas al conjunto completo se pueden realizar, desde hace poco, mediante visitas guiadas por guías profesionales contratados. En relación con los materiales divulgativos, hay que comentar que disponen de folletos, paneles, página web y señalética informativa que facilitan la accesibilidad intelectual de los visitantes. Los materiales divulgativos los ha generado un diseñador gráfico bajo la supervisión de la Dirección del Museo. El mantenimiento diario del conjunto se lleva a cabo por personal interno y las tareas de mantenimiento que requieren obra se encargan a una empresa externa. Los ingresos provienen de financiación propia mediante la venta de entradas y donativos de los feligreses.

Dado que el caso de estudio que se ha empleado para la implementación del Protocolo HBIM es este conjunto de San Juan del Hospital, el análisis arquitectónico y de la gestión de la visita pública de este bien, se encuentra desarrollada con mayor detalle en el apartado de la implementación al caso de estudio.

### AGENTES GESTIÓN USO PÚBLICO PATRIMONIO Conjunto de San Juan del Hospital (Valencia)



Figura 78. Agentes involucrados en la gestión del uso público del conjunto de San Juan del Hospital (Fuente: Elaboración propia)

Los agentes que intervienen en la gestión de las visitas públicas del conjunto de San Juan del Hospital son: La Fundación, Directora del Museo, administrativo, personal de mantenimiento, personal voluntario y guías profesionales (figura 78).

Las necesidades identificadas en la gestión del uso público del conjunto de San Juan del Hospital son:

- Disponen de una biblioteca y una extensa base de datos del bien, pero tienen escasos recursos tecnológicos para el tratamiento de esa información.
- Actualmente disponen de un modelado HBIM del conjunto, pero no tienen personal contratado formado en BIM para gestionar la información que contiene el modelo.
- El no disponer de los mismos guías durante un periodo prolongado impide que alcancen un conocimiento profundo del conjunto y esto afecta al rigor de la trasmisión de los valores patrimoniales al visitante.

#### 5.1.2. DISCUSIÓN DE LA GESTIÓN DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO

El análisis de los tres casos de estudio ha revelado que Patrimonio Nacional y el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte gestionan diferentes edificios. Sin embargo, la Fundación de San Juan del Hospital gestiona un único edificio. Actualmente, la visita pública de las tres instituciones está profesionalizada.

En los tres casos de estudio, la gestión de la visita ha sufrido un largo proceso de “ensayo-error” hasta alcanzar una visita sostenible y satisfactoria para los visitantes.

La gestión del uso público de los tres casos de estudio se lleva a cabo por un equipo multidisciplinar mediante un sistema de trabajo tradicional donde la información de los diferentes agentes involucrados se encuentra dispersa en diferentes ubicaciones (repositorios, bases de datos y archivos físicos),

en diferentes formatos (papel y digital), lo que conlleva que la información se encuentre generalmente desactualizada e incompleta. Este sistema de trabajo genera bajos niveles de eficiencia, dificulta la toma de decisiones, impide una rápida actuación y reduce el rigor y la calidad de la visita.

Los tres casos de estudio trabajan con un nivel de madurez BIM 0, lo que significa que no trabajan con BIM, ya que producen información no colaborativa compuesta por dibujos CAD 2D o modelado 3D e información no coordinada en papel o formato electrónico. En Patrimonio Nacional y en el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, comparten información no sólo a través de su intranet sino también en formato papel, lo que provoca que la información se encuentre en ocasiones dispersa y esto afecta negativamente a la toma de decisiones.

Considerando las capacidades de HBIM para gestionar eficientemente el patrimonio, analizadas tanto en el estado de la cuestión como en los resultados del análisis de los tres casos de estudio, se cree que HBIM podría optimizar la gestión del uso público del patrimonio. HBIM permitiría lograr una visita sostenible en menos tiempo que el que se emplea cuando se aplica el método de “ensayo-error”, ya que permite analizar las alternativas y anticipar los problemas virtualmente. Además, facilitaría la gestión de la información de los inmuebles de una misma institución para desarrollar rutas temáticas de los inmuebles con características comunes. Por último, el acceso fluido a la información del bien unificada y actualizada desarrollada por el equipo multidisciplinar, podría evitar la improvisación del guía cuando se producen cambios temporales del contenido o del itinerario de la visita y de esta manera mejoraría la calidad de la visita.

## **5.2. COMPRENSIÓN DEL PROBLEMA**

### **5.2.1. PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN ACTUAL DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO**

Los bienes que tienen un uso público sencillo generalmente planifican la visita pública y el mantenimiento del bien con personal de la propia institución. Sin embargo, los bienes que disponen de un uso público más complejo suelen contratar la planificación y gestión del uso público a profesionales externos. Estos profesionales desarrollan los programas y estudios necesarios para llevar a cabo el uso público del bien, como el programa de conservación preventiva, el plan de gestión de las visitas, el programa de interpretación y los materiales divulgativos.

Con el fin de comprender el problema del bajo nivel de eficiencia en la planificación y gestión actual del uso público del patrimonio se han entrevistado a agentes expertos en la planificación y gestión de los cuatro ámbitos del uso público y se ha analizado documentación técnica específica en conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación del patrimonio. Este análisis ha permitido además identificar las potencialidades de HBIM para resolver las dificultades del sistema actual.

#### **5.2.1.1. CONSERVACIÓN PREVENTIVA**

Tal como se ha definido en el capítulo de marco conceptual, la conservación preventiva es una estrategia de conservación del patrimonio cultural que trata de identificar y evaluar los riesgos de deterioro que amenazan la conservación de los recursos, con el fin de eliminarlos o minimizarlos con antelación para evitar la pérdida de los recursos o la necesidad de aplicar costosos tratamientos para garantizar su autenticidad.

Los datos de las entrevistas revelan que la iniciativa de desarrollar el programa de conservación preventiva de un bien patrimonial surge por parte de los técnicos del monumento formados en conservación preventiva o bien de la institución gestora.

La planificación del programa de conservación preventiva y la posterior gestión, se lleva a cabo por un equipo multidisciplinar compuesto por: Institución gestora, Instituto del Patrimonio Cultural de España, arquitecto conservador formado en conservación preventiva, conservador del museo formado en conservación preventiva, historiador, restaurador, arqueólogo, gestor cultural y turístico, informático, empresa de mantenimiento, personal de administración, conserje, vigilante de sala y personal de seguridad (figura 79).



\*IPCE: Instituto del Patrimonio Cultural de España

Figura 79. Agentes involucrados en la Conservación Preventiva de los inmuebles patrimoniales (Fuente: Elaboración propia)

Los agentes responsables y coordinadores del equipo de trabajo son el arquitecto conservador y el conservador del museo, ambos con formación en conservación preventiva. El arquitecto conservador es responsable de la conservación de los bienes inmuebles y el conservador del museo es responsable de la conservación de los bienes muebles. El Instituto del Patrimonio Cultural de España cumple habitualmente la función de asesoramiento técnico y supervisión del programa.

Como resultado de los datos obtenidos mediante las entrevistas y el análisis de la documentación técnica relativa a la conservación preventiva de los bienes patrimoniales, se ha desarrollado un esquema del método de trabajo para el desarrollo e implantación de un programa de conservación preventiva (figura 80).

Este esquema se estructura en base a dos ejes. El eje horizontal representa las fases del método de trabajo y el eje vertical muestran los agentes responsables, los documentos que emplean de partida, la toma de datos que realizan los agentes responsables y los entregables que generan.

El método de trabajo para el desarrollo de un programa de conservación preventiva consta de cuatro fases: 1. Análisis del bien; 2. Análisis de los riesgos de deterioro; 3. Diseño de las acciones de control y los protocolos de actuación; 4. Implantación y verificación.





# MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Agente coordinador y responsable

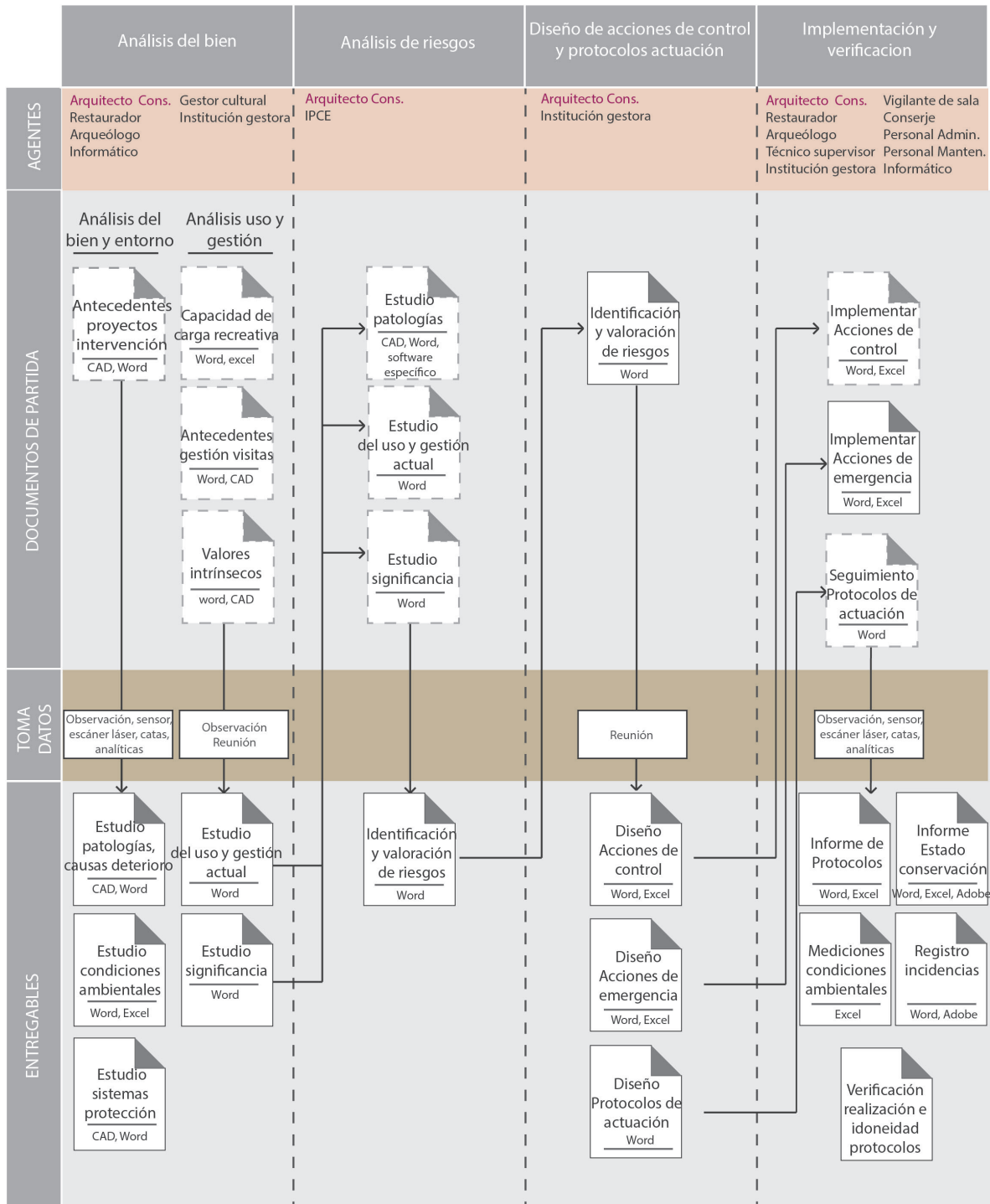


Figura 80. Método de trabajo actual de la conservación preventiva (Fuente: Elaboración propia)



En la fase 1, se realiza el análisis del bien y del uso y gestión del mismo. Para realizar el análisis del bien, se analizan las intervenciones realizadas anteriormente y se adquieren datos del estado de conservación actual (material, estructural y funcional). La toma de datos del estado de conservación material (elementos constructivos, escultóricos y pictóricos) la realizan los agentes técnicos (arquitecto conservador, restaurador, arqueólogo) mediante la observación directa, catas, analíticas y con el apoyo de herramientas técnicas e informáticas como sensores, cámara de alta resolución y escáner láser 3D. La toma de datos del estado de conservación de la estructura (cubiertas, pilares, muros, cimentación y forjados), cerramientos (muros, vanos, ventanas, puertas, etc.), instalaciones (canalones, etc.), sistemas de protección (cámaras de seguridad, extintores, etc.) la realiza el arquitecto conservador mediante la observación directa, catas, analíticas y el apoyo de herramientas técnicas como cámaras termográficas. El estudio de las condiciones ambientales (humedad y temperatura) las realiza el técnico supervisor a partir de los datos obtenidos mediante sensores y gestionados mediante *softwares* específicos desarrollados previamente por informáticos.

El análisis del uso y gestión del bien patrimonial lo realiza el gestor cultural y turístico con el apoyo de la institución gestora. Este agente determina el organigrama y recursos personales disponibles, analiza la gestión actual de las visitas públicas y su manera de compatibilizarlo con otro uso (capacidad de carga recreativa, diseño del itinerario, accesos, señalización, equipamientos), analiza el comportamiento de los visitantes y otros usuarios y desarrolla un estudio sobre la significancia del bien.

En la fase 2, se identifican y valoran los riesgos de deterioro a partir del análisis del bien y de su uso y gestión, realizado previamente. Esta fase la desarrolla el arquitecto conservador, en ocasiones con el asesoramiento técnico y supervisión del IPCE. Según el IPCE, (Instituto del Patrimonio Cultural de España, 2012), los riesgos de deterioro que amenazan los bienes culturales pueden ser de distinta naturaleza: 1. estructurales, 2. relacionados con el uso (cultural, litúrgico, etc.), 3. catastróficos (fuego, aportes de agua, rayos, etc.), 4. por condiciones ambientales (radiación solar, iluminación artificial, temperatura, humedad relativa, contaminantes, etc.) 5. por biodeterioro (hongos, musgo, aves, etc.), 6. por actos antisociales (conductas inapropiadas, robos, agresiones vandálicas, etc.), 7. por intervenciones previas inapropiadas (restauración, mantenimiento, gestión uso público, etc.). Por su parte, el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (2014a) identificó que los riesgos que amenazan el patrimonio cultural pueden ser provocados por causas naturales y por causas humanas. Dentro de las causas humanas se encuentran las derivadas de intervenciones previas inapropiadas y las provocadas por el público.

Debido a que el ámbito de estudio del presente trabajo se centra en la visita pública, la valoración de los riesgos del programa de conservación preventiva de esta investigación se focaliza en los riesgos provocados por la visita pública, no los provocados por causas naturales ni por los profesionales. De este modo, se observa que la dimensión de los daños que puede provocar la visita pública está en función del sobreuso, conductas inadecua-

das de los visitantes y de una inapropiada gestión. Las acciones concretas de los visitantes que amenazan la conservación del patrimonio arquitectónico pueden ser voluntarias e involuntarias. Entre las involuntarias se pueden citar: la abrasión material (pisoteo, rozamiento de las paredes, etc.), vibración estructural por las visitas masivas, alteración de las condiciones ambientales y desarrollo de biodeterioro debido a un exceso de visitantes, entre otras. Además, se pueden ennumerar acciones voluntarias que causan daño a los elementos patrimoniales como son el expolio, vandalismo, usos inapropiados, masificación, entre otras.

Con el fin de analizar y valorar los riesgos de deterioro de los bienes patrimoniales, generalmente se desarrollan unas fichas que contienen la denominación del riesgo e información sobre el deterioro producido, el origen, los factores agravantes que pueden incrementarlo, las acciones de seguimiento y control que se deben realizar para evitarlo o minimizarlo, los riesgos relacionados, el personal que ejecuta las acciones, los recursos humanos y medios técnicos disponibles para gestionar el riesgo y recursos necesarios para gestionarlo. La valoración del riesgo se determina en función de la gravedad del daño “G” y de la probabilidad de que este ocurra “P”. En la figura 81, se presenta la ficha de análisis de riesgos utilizada para la valoración de

1.- RIESGO R03	VALORACIÓN		
	P	G	E
VISITA CULTURAL	1	2	C
2.- DETERIORO PRODUCIDO			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños físicos por accidentes o erosiones</li> <li>- Alteración de las condiciones ambientales</li> <li>- Desarrollo de biodeterioro</li> <li>- Posibilidad de dar información errónea y/o déficit de la información que crean confusión entre los visitantes</li> </ul>			
3.- OBSERVACIONES			
Se contempla el riesgo según condiciones de la visita experimental, sujeta al protocolo establecido (P01)			
4.- ORIGEN			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Golpes accidentales o erosión por rozamiento en zonas de paso.</li> <li>- Actividad metabólica que determine liberación de calor, vapor de agua o CO2.</li> <li>- Introducción de microorganismos y partículas.</li> <li>- Comportamiento antisocial.</li> <li>- Modificación de las condiciones de acceso.</li> </ul>			
5.- FACTORES AGRAVANTES			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de información previa a visitantes.</li> <li>- Deficiencias en la formación del personal guía encargado del control del acceso a la cueva.</li> <li>- Falta de control de las acciones del grupo durante la visita.</li> <li>- Carencias en las instalaciones destinadas a facilitar los protocolos de acceso.</li> <li>- Ausencia de seguimiento de las condiciones ambientales durante la visita.</li> </ul>			
6.- SITUACIÓN DE REFERENCIA			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visita controlada y limitada</li> <li>- Cumplimiento del protocolo de acceso de la visita pública: P01</li> <li>- Control de los niveles y umbrales establecidos en el procedimiento de seguimiento de condiciones ambientales: P04</li> <li>- Control de los niveles y umbrales establecidos en el procedimiento de seguimiento del biodeterioro: P02</li> </ul>			
7.- ACCIONES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplicar el protocolo de acceso para visita cultural P01 informando a los visitantes sobre los riesgos</li> <li>2. Controlar permanentemente el comportamiento durante la visita pública: P01</li> <li>3. Coordinarse con los técnicos encargados del seguimiento de las condiciones ambientales: P01, P04.1</li> <li>4. Coordinarse con los técnicos encargados del seguimiento del biodeterioro: P01, P02</li> <li>5. Controlar que los trabajadores no estén expuestos a niveles de radioactividad por encima de los límites legales permitidos: P03</li> <li>6. Actuar según el Plan de Autoprotección del MNCIA en caso de accidente personal</li> <li>7. Realizar el seguimiento de la satisfacción del público posterior a la visita cultural.</li> <li>8. Proporcionar formación continua al personal del museo adscrito a la visita.</li> <li>9. Registrar y trasladar a la base de datos de incidencias detectadas y los registros de acceso</li> <li>10. Suspender puntualmente la visita si algún visitantes incumple las normas: P01</li> </ol>			
8.- RIESGOS RELACIONADOS			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actos antisociales (R05)</li> <li>- Riesgo biológico (R06)</li> <li>- Contaminación por radón (R07)</li> <li>- Accidentes (R08)</li> </ul>			
9.- PERSONAL QUE EJECUTA LAS ACCIONES			
MNCIA: conservador, restaurador, guías y servicio de seguridad del MNCIA/EXTERNO			
10.- RECURSOS CON LOS QUE CUENTA ACTUALMENTE EL MNCIA PARA LA GESTIÓN DE ESTE RIESGO			
Número limitado de personal y de equipamiento para la ejecución de las visitas.			
11.- RECURSOS QUE NECESITA EL MNCIA PARA LA GESTIÓN DE ESTE RIESGO			
- Medios de gestión administrativa.			

Figura 81. Ficha de valoración de riesgos de la visita cultural de la cueva de Altamira (Santillana del Mar) (Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2014a)

riesgos de la cueva de Altamira (Santillana del Mar).

Una vez analizados todos los riesgos, y con el fin de priorizar las acciones, se realiza un gráfico de la probabilidad y gravedad de cada riesgo.

La fase 3 consiste en diseñar las acciones de control, las de emergencia y los protocolos de actuación. Las acciones de control se elaboran a partir de la valoración de los riesgos y de los datos obtenidos en reuniones entre el arquitecto conservador y la institución gestora se indican: la acción, el protocolo de actuación que se debe seguir, el responsable, la periodicidad de aplicación, los recursos humanos y técnicos necesarios, el coste y el presupuesto total. Dentro de las acciones de control, se encuentran las acciones de coste cero que se pueden solucionar de manera rápida y sin coste y aquellas que, por su elevado coste, deben planificarse en función de los recursos de la institución. Además, deben programarse los protocolos de actuación para controlar los riesgos no eliminados y los protocolos de mantenimiento.

La fase 4 consiste en implementar las acciones de control y llevar el seguimiento de los protocolos de mantenimiento (del bien, estructura, instalaciones y condiciones ambientales) con el fin de verificar su realización y su idoneidad. Para que el Plan de Conservación Preventiva sea útil, el seguimiento de estos protocolos debe estar en continua actualización.

El seguimiento del mantenimiento del bien se realiza por los agentes técnicos (arquitecto, restaurador, arqueólogo, etc.) mediante observación y con el apoyo de herramientas y técnicas de toma de datos de alta precisión, como fotografías de alta definición, escáner láser 3D y fotogrametría. Estos medios permiten generar modelos tridimensionales mallados de alta resolución que son empleados para identificar variaciones volumétricas y actualizar la planimetría 2D.

La supervisión del mantenimiento de la estructura y de las instalaciones las realiza el arquitecto conservador mediante la observación directa, catas y el apoyo de herramientas técnicas como cámaras termográficas.

El seguimiento de las condiciones ambientales se puede realizar con el apoyo de sensores, de forma continua o por muestreo. Cuando se superan los límites establecidos, una alarma alerta al técnico supervisor. Este, se lo comunica al arquitecto conservador y este a su vez a la entidad gestora para la toma de decisiones. Este proceso, pasa por distintos agentes hasta llegar al agente responsable, lo cual ralentiza la toma de decisiones.

El personal informático desarrolla el sistema para la adquisición y organización de los datos necesarios para llevar a cabo el seguimiento. El conserje y vigilante de sala verifican diariamente si se han producidos daños. Entre las funciones del personal de seguridad están las de controlar el correcto funcionamiento de las alarmas. El personal administrativo es el encargado de avisar a las empresas de mantenimiento.

En relación con las necesidades de la conservación preventiva actual, los datos de las entrevistas evidencian:

- Problemas para alcanzar el éxito de la implementación y el seguimiento del programa de conservación preventiva si la entidad gestora no se involucra y no dispone de personal técnico contratado en plantilla.
- Falta de información sobre las condiciones ambientales y los antecedentes del uso y gestión del monumento.
- Dificultades y excesivo tiempo para recopilar y organizar el volumen de información de partida.
- Limitaciones en los sistemas de gestión de datos actuales para procesar la disparidad de información de la conservación preventiva (nubes de puntos, modelos de malla, fotografías de alta definición, planimetría, datos climatológicos, informes, etc.).
- Limitaciones en el acceso a la información necesaria por parte de los agentes involucrados y agentes responsables de la toma de decisiones.
- Limitaciones en la actualización de la información del seguimiento del estado de conservación, mantenimiento de instalaciones y condiciones ambientales.
- Dificultades para el envío automático de las alertas de las condiciones ambientales inapropiadas a los agentes responsables. Esto ralentiza la toma de decisiones.
- La visualización en 2D del estado de conservación de los recursos dañados genera limitaciones para evaluar el alcance de la erosión en sus tres dimensiones.

#### 5.2.1.2. GESTIÓN DE VISITANTES

La gestión de los visitantes en espacios patrimoniales abiertos a la visita pública persigue dos finalidades: minimizar el impacto de las visitas en términos de conservación y mejorar la calidad de la experiencia de los visitantes.

Los datos de las entrevistas revelan que, ante la identificación de una elevada presión turística en un bien patrimonial determinado, la institución gestora encarga un estudio de la gestión de los visitantes. Generalmente, el trabajo se desarrolla por profesionales externos al bien patrimonial porque los monumentos no suelen contar con un gestor cultural en plantilla, ya que el organigrama de los monumentos de titularidad pública no contempla ese perfil y porque los recursos humanos de los monumentos suelen ser limitados.



Figura 82. Agentes involucrados en la gestión de visitantes de los inmuebles patrimoniales (Fuente: Elaboración propia)

La planificación de la gestión de los visitantes generalmente se lleva a cabo por un equipo multidisciplinar compuesto por: Institución gestora, arquitecto conservador, conservador del museo, gestor cultural y turístico, sociólogo, experto en interpretación, guía-intérprete, vigilante de sala y personal de seguridad. El agente responsable principal de este grupo es el gestor cultural y turístico (figura 82).

Como resultado de los datos obtenidos mediante las entrevistas y el análisis de la documentación técnica de la gestión de visitantes, se ha desarrollado un esquema del método de trabajo actual para la gestión de visitantes (figura 83).

Este esquema se estructura según dos ejes. El eje horizontal representa las fases del proceso de la gestión de visitantes y el eje vertical muestran los agentes responsables de cada fase, los documentos que emplean de partida, la toma de datos que realizan y los entregables que generan.

Las cinco fases que se han identificado del método de trabajo actual de la gestión de los visitantes son: 1. Cuantificar y analizar el perfil del visitante; 2. Analizar la movilidad del visitante en el espacio patrimonial; 3. Determinar la capacidad de carga recreativa; 4. Establecer las medidas de gestión de los flujos de visitantes y 5. Implementar las medidas de gestión y evaluar los resultados.

La finalidad de las dos primeras fases es analizar cualitativa y cuantitativamente el funcionamiento del espacio patrimonial desde el punto de vista turístico con el fin de conocer si la relación entre el visitante y el espacio patrimonial es dañina en términos de conservación o en términos de calidad de la experiencia de la visita. Las fases tres y cuatro establecen el número máximo de visitantes que pueden visitar a la vez los bienes en condiciones de confort, y las diferentes medidas de gestión que se deben adoptar para mejorar los flujos de visitantes. La fase cinco se centra en implementar las medidas diseñadas, en evaluarlas y realizar las modificaciones necesarias para alcanzar una gestión de la visita pública más sostenible.



## MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL GESTIÓN DE VISITANTES

UE- Unidad Espacial  
SUR- Superficie Útil de Recreación  
SNUR- Superficie No Útil de Recreación

Agente coordinador y responsable

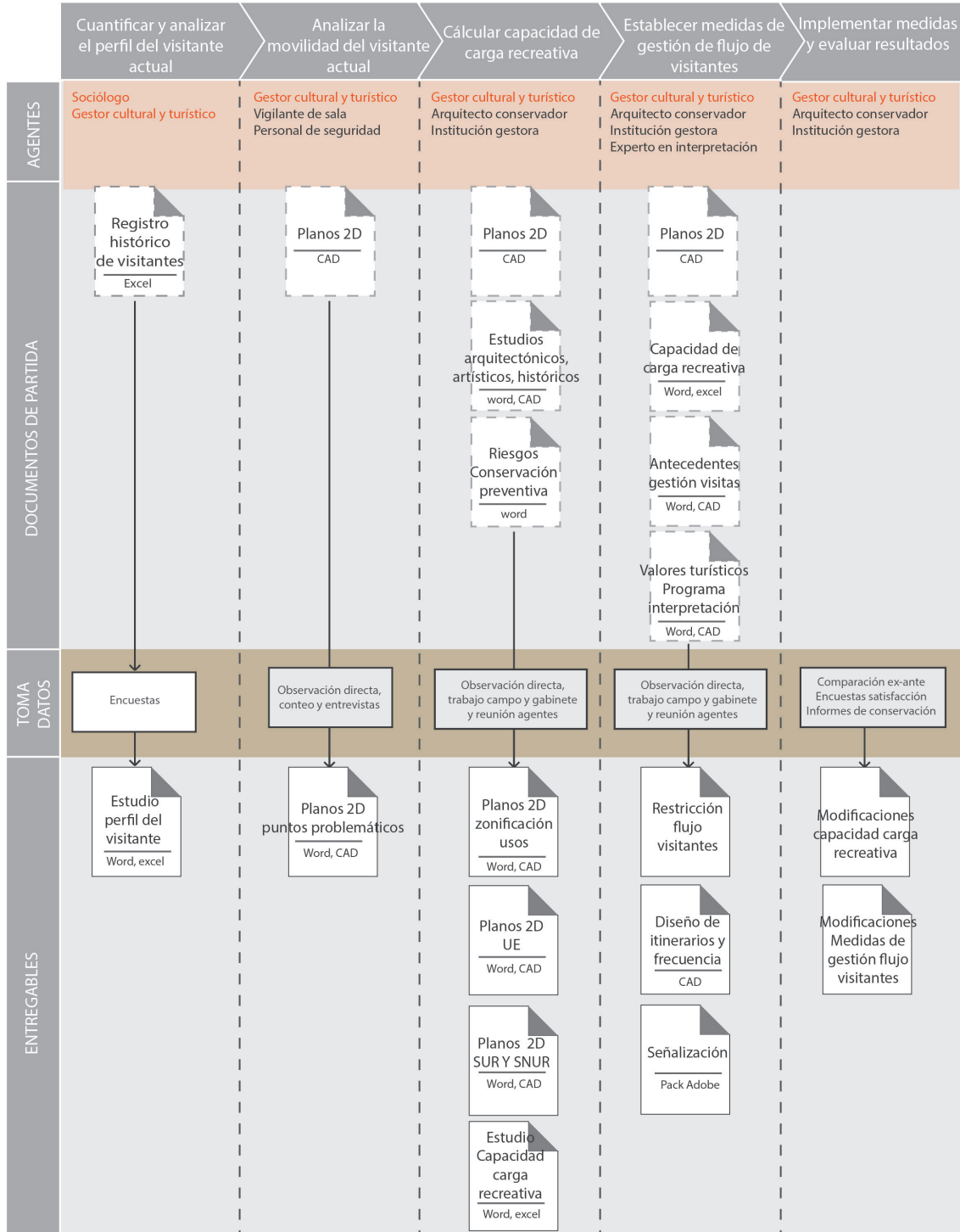


Figura 83. Método de trabajo actual de la gestión de visitantes  
(Fuente: Elaboración propia)

La fase 1 consiste en cuantificar y analizar el perfil del visitante. Para desarrollar esta fase, el sociólogo o gestor cultural y turístico toma como documento de partida los registros históricos de visitantes (*Excel*) y adquiere datos actuales sobre el número de visitantes y su perfil, mediante encuestas a los visitantes. Posteriormente, analiza los datos disponibles y desarrolla el informe del estudio del perfil del visitante en formato *Word* y *Excel*.

En la fase 2, el gestor cultural analiza la movilidad y uso actual que hacen los visitantes del espacio patrimonial. La toma de datos se realiza mediante observación directa, conteo de personas y entrevistas a los guías, vigilantes de sala y personal de seguridad. Para que el conteo sea representativo, se definen distintos escenarios tipo (generalmente temporada alta y baja, visitantes en grupo e individuales) y se repite el conteo de cada escenario varias veces. En este estudio es necesario tener en cuenta la configuración espacial del bien y cómo se comporta el visitante en ese espacio. El gestor cultural representa en un plano en 2D en *Word* o *CAD* los puntos de saturación, infrutilización y congestión del espacio mediante puntitos o sombreado.

En la fase 3, el gestor cultural determina la capacidad de carga recreativa del bien siguiendo el proceso propuesto por Viñals *et al.* (2017b): zonificación del espacio a tenor de los diferentes usos, identificación de las Unidades Espaciales (UE), determinación de la Superficie Útil de Recreación o destinadas al uso público (SUR) de las UE, y cálculo de la capacidad de carga recreativa. La toma de datos se obtiene mediante observación directa, trabajo de campo y gabinete (desarrollo cartográfico y de planos de las unidades, zonificación, etc.) y reuniones entre el gestor cultural, el arquitecto conservador y la institución gestora. La zonificación de los usos y el plano de las UE se representan mediante un plano básico en 2D *Word* o *CAD*. El plano de las UE contiene además las superficies y los recursos que se encuentran en cada UE. La Superficie Útil de Recreación (SUR) es la superficie apta para la visita pública. Esta superficie resulta de la diferencia entre la superficie total y la Superficie No Útil de Recreación (SNUR) que es la superficie no apta para la visita pública por razones conservacionistas, por seguridad, fragilidad, disposición de componentes internos o incompatibilidad de uso. La información relativa a los espacios que presentan limitaciones para la visita pública se encuentran recogidos en los estudios arquitectónicos precedentes y en la identificación de los riesgos de deterioro contemplados en el estudio de Conservación preventiva. La SUR y SNUR se representa mediante un plano básico 2D.

El cálculo de la capacidad de carga recreativa según muestra la figura 84 desarrollada por Viñals *et al.* (2017b) se obtiene mediante unas fórmulas matemáticas sucesivas. La división entre la SUR y el estándar personal de proxémica (espacio interpersonal de interacción cuando se desarrolla una actividad en grupo), permite calcular el número de personas en cada unidad espacial (UE) que pueden realizar la actividad al mismo tiempo (PAMT), en condiciones de confort físico y psicológico. Los estándares de proxémica que más se aplican para desarrollar una actividad en grupo en espacios cerrados, es de 1,2 m<sup>2</sup>, y para espacios abiertos, 1,5 m<sup>2</sup>, siguiendo las propuestas de Hall (1982). Para calcular el número de grupos simultáneos que puede ha-



6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA RECREATIVA	
Número de Personas al Mismo Tiempo (PAMT) en una unidad espacial	$PAMT = \frac{SIR}{\text{Estándar proxémica o de Confort recreativo}}$
Número de Personas desarrollando una actividad simultáneamente	<p>Tamaño de grupo (establecer según el tipo de actividad y perfil del usuario)</p> $\text{Número de grupos simultáneamente} = \frac{PAMT}{\text{Tamaño de grupo}}$ <p>Reducción del número de grupos por la aplicación de factores limitantes de confort físico y psicológico de los visitantes</p>
Número máximo de personas desarrollando la actividad a lo largo del día	$\text{Coeficiente de rotación} = \frac{\text{Horario disponible}}{\text{Tiempo medio de la actividad}}$ <p>Reducción del número de grupos por la aplicación de factores limitantes por impacto acumulativo</p>
Capacidad de Carga recreativa real diaria (número de personas aceptable diariamente)	<p>(Número de grupos simultáneos) x (Coeficiente de rotación)</p> <p>Reducción del número de grupos por la aplicación de factores limitantes de confort físico y psicológico de los visitantes y de impacto acumulativo</p>

Figura 84. Ficha de Determinación de la Capacidad de Carga Recreativa real diaria (Fuente: Viñals *et al.*, 2017b)

ber en cada UE, se divide el PMAT entre el tamaño del grupo y se aplica el factor limitante de distancia mínima admisible entre grupos para alcanzar el confort visual y acústico durante las visitas. Para calcular el coeficiente de rotación de los grupos en un mismo día, se divide el horario de visita disponible, entre el tiempo medio de duración de la actividad. En este aspecto, es necesario considerar la configuración espacial del edificio para determinar la posibilidad de simultanear varios grupos. La capacidad de carga real se obtiene al multiplicar el número de grupos simultáneos y el coeficiente de rotación. La capacidad de carga efectiva se estima según Viñals *et al.* (2017b) a partir de la aplicación de factores limitantes de gestión a los cálculos obtenidos precedentemente al estimar la capacidad de carga real. Estos factores son tanto técnicos como presupuestarios, de servicios, administrativos, constructivos, legales, de seguridad, etc. Así, se identifican y se valoran estos factores y se aplican las medidas de gestión necesarias. En ocasiones resulta necesario disminuir el horario de visitas si no se tiene personal suficiente o cerrar unidades espaciales que no pueden ser custodiadas, etc.

La finalidad de la fase 4 consiste en establecer las medidas de gestión de los flujos de visitantes. Con el fin de regular los flujos de visitantes y distribuirlos homogéneamente en el espacio patrimonial se adoptan las siguientes medidas: la restricción del flujo de visitantes, el diseño de itinerarios y la señalización. La toma de datos se obtiene mediante observación directa, trabajo de campo y gabinete y reuniones entre el gestor cultural, el arquitecto conservador, la institución gestora y el experto en interpretación. El flujo de visitantes se restringe en base al cálculo de la capacidad de carga recreativa establecida en la fase 3. Con el fin de dispersar a los visitantes y así evitar el deterioro de los espacios más frágiles, se diseñan distintos itinerarios y se determina la rotación de los grupos. Para ello, el gestor cultural analiza los antecedentes de la gestión de las visitas y considera la valoración turística de los recursos, recogidos en el programa de interpretación. La señalización adecuada facilitará que los visitantes puedan orientarse con mayor rapidez y agilizará la movilidad de los flujos.

La fase 5 consiste en implementar las medidas de gestión diseñadas y evaluar sus resultados. La evaluación la lleva a cabo el gestor cultural y turístico, arquitecto conservador, e institución gestora mediante el análisis del

funcionamiento del espacio turístico: encuestas de satisfacción del visitante y seguimiento de la conservación de los recursos. Esta evaluación permite identificar, mediante comparación con la situación *ex-ante*, los aspectos mejorados y también apuntan hacia las modificaciones oportunas.

En relación con las necesidades de la gestión actual de los visitantes, los agentes entrevistados detectaron:

- Dificultades para disponer de planimetría digitalizada actualizada del bien.
- Limitaciones para adquirir datos de la movilidad de los visitantes en tiempo real.
- Limitaciones para representar y mostrar a la institución gestora los puntos problemáticos (saturación e infrautilización de los espacios, distribución temporal de los visitantes, puntos de congestión, etc.).
- Dificultades para obtener información relativa a los usos y los espacios que están limitados para la visita pública. Esto complica la determinación de la capacidad de carga recreativa.
- Dificultades para diseñar los itinerarios por falta de información sobre la valoración turística de los recursos.
- Dificultades para planificar la coordinación de itinerarios simultáneos y anticipar los problemas derivados.
- Limitaciones para preveer los problemas que generarán las medidas de gestión de los flujos de visitantes antes de su implementación.

### 5.2.1.3. INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO

Tal como se ha introducido en el capítulo de marco conceptual, la interpretación del patrimonio es una técnica de comunicación estratégica que facilita que el público visitante comprenda el significado del patrimonio, ayuda a descifrar su complejidad y mejora la calidad de la experiencia de la visita. Con ello se pretende que los visitantes desarrollen actitudes de respeto, aprecio y protección por el patrimonio.

Los agentes que intervienen en el Programa de Interpretación son: Institución gestora, gestor cultural y turístico experto en interpretación, arquitecto conservador, historiador, arqueólogo, restaurador, conservador del museo, copy editor, guía intérprete, actores visita teatralizada, diseñador gráfico-multimedia. El agente responsable principal de este grupo es el experto en interpretación (figura 85).



Figura 85. Agentes involucrados en la Interpretación del patrimonio  
(Fuente: Elaboración propia)

Los datos obtenidos a través de las entrevistas y el análisis de la documentación técnica relativa a la interpretación del patrimonio, ha permitido desarrollar un esquema del método de trabajo actual que se emplea para desarrollar un programa de interpretación del patrimonio. Este esquema se estructura igual que los esquemas anteriores. En el eje horizontal se encuentran las fases del método de trabajo y en el eje vertical se muestran los agentes que intervienen, los documentos de partida que emplean, la toma de datos que realizan y los entregables que generan.

La correcta puesta en marcha de un programa de interpretación se alcanza a través de un método de trabajo que consta de cuatro fases: 1. Análisis previo sobre la interpretación del bien; 2. Planificación de la interpretación; 3. Implementación; y 4. Evaluación (figura 86).

En la fase 1, se analizan los antecedentes de los planes de gestión, programas de interpretación y estudios del perfil del visitante, para conocer en qué medida se han implementado este tipo de programas y qué resultados han dado. Los agentes que intervienen en esta fase son el gestor cultural experto en interpretación y la institución gestora. La toma de datos se realiza mediante revisión de la documentación existente al respecto, observación directa y reuniones entre los agentes involucrados.

En la fase 2 de planificación del programa de interpretación, se han seguido los criterios establecidos en la guía para la puesta en valor y planificación turística de Viñals *et al.* (2017b). Así, se definen los objetivos que se esperan alcanzar, se evalúan los valores patrimoniales intrínsecos y turísticos de los recursos, se definen los mensajes o ideas principales que se desea transmitir, se redacta el guion o relato interpretativo y se definen los medios (materiales, personales y equipamientos) más adecuados para transmitir las líneas interpretativas.



## MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO

Agente coordinador y responsable

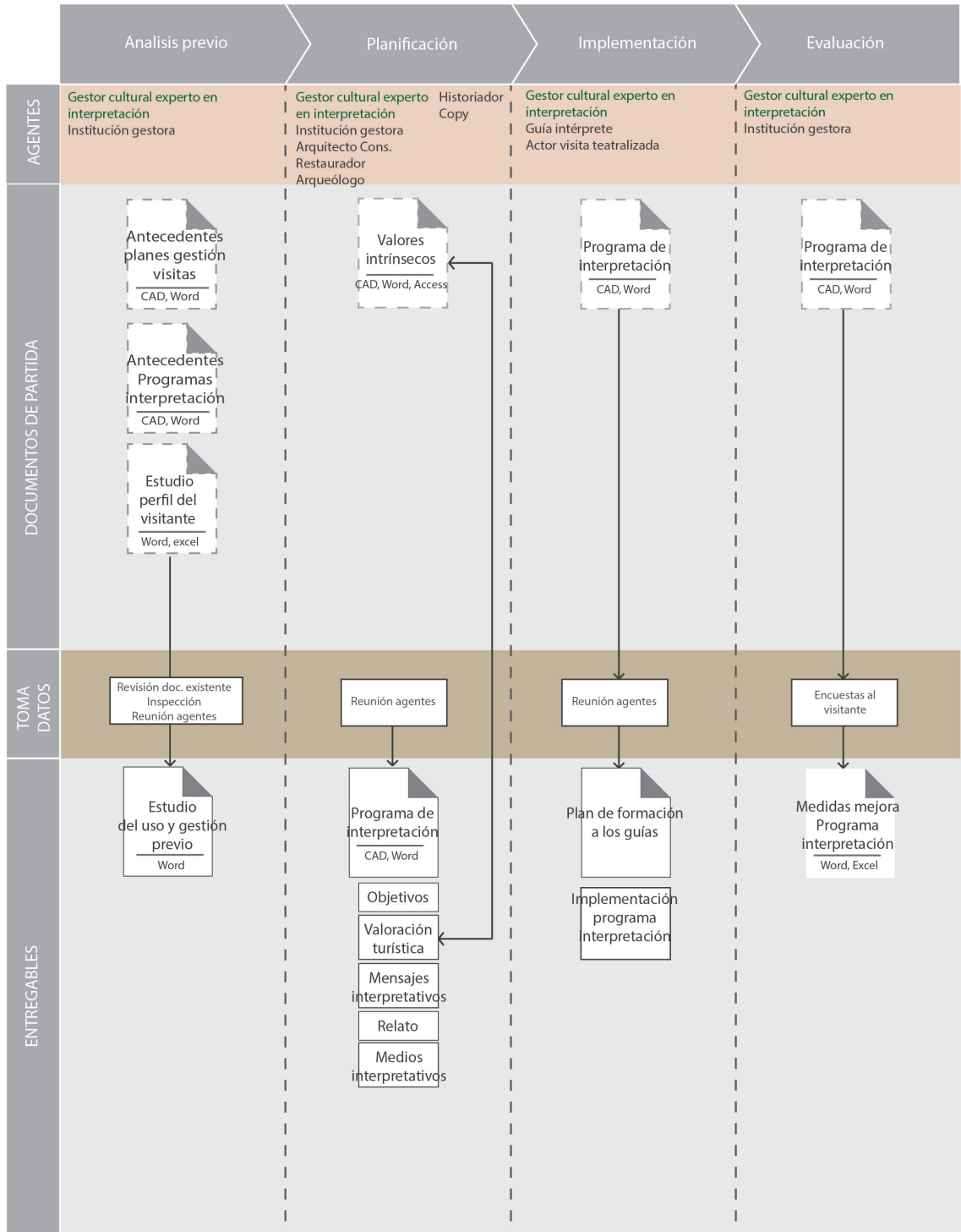


Figura 86. Método de trabajo actual de la interpretación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

Los objetivos de la interpretación pueden ser de carácter cognitivo, emocional, actitudinal y promocional. Por su parte, la evaluación de los valores intrínsecos de los recursos se realiza por un panel de expertos compuesto por agentes técnicos como el arquitecto conservador, arqueólogo, historiador, etc. Estos evalúan aspectos como la significancia, singularidad y la autenticidad de los elementos, entre otros. La evaluación del valor turístico se lleva a cabo por profesionales expertos en interpretación y se evalúan aspectos como la fragilidad y la atractividad, entre otros. La combinación de los valores intrínsecos y valores turísticos facilitan la determinación de los mensajes interpretativos. Los recursos patrimoniales que disponen de una elevada singularidad y atractividad son los que tienen mayor potencial para representar los mensajes interpretativos.

Los mensajes interpretativos o temas, resumen las ideas principales que queremos que los visitantes comprendan e interioricen del bien arquitectónico interpretado. Su finalidad es crear conexiones intelectuales y emocionales con el visitante, estimular el pensamiento e infundir una actitud de respeto hacia el bien visitado (Tilden, 1957; Lewis, 1980). Siguiendo la metodología de la interpretación temática de Ham (2014), el mensaje interpretativo se expresa como una oración gramatical compuesta por sujeto, verbo y predicado, de unas quince o veinte palabras. El número máximo recomendable de mensajes interpretativos en un programa de interpretación debe de ser cuatro (Cowan, 2005; Klingberg, 2009). Para garantizar la asimilación de los mensajes interpretativos por los visitantes, es imprescindible crear puentes entre la nueva información y la información previa de la audiencia. Los mensajes se asimilarán mejor si son fáciles de procesar e inciden en los principales intereses de los visitantes. Algunas de las estrategias que se emplean son: los vínculos con los conceptos universales, metáforas, analogías y lenguaje coloquial (Larsen, 2003; Fudge, 2003).

El guion o relato interpretativo es un documento narrativo que contiene la redacción completa de la visita que interpretarán los guías (Ham, 1983; Carter, 1993). Los estudios de Thorndyke (1977) demuestran que la audiencia recuerda mejor los hechos si el relato se organiza según el “modelo sándwich”, donde el relato se divide en: introducción, cuerpo y conclusión y los temas se transmiten al inicio y al final del relato. Este último se adapta al tipo de audiencia (público generalista, escolar o especializado) para facilitar la interiorización del mensaje.

En la fase 3, el gestor cultural experto en interpretación desarrolla el plan de formación de los guías intérpretes y/o de los actores de la visita teatralizada, con el fin de que estos aprendan el relato interpretativo definido en el programa de interpretación. Posteriormente, se realiza la implementación del programa de interpretación.

En la fase 4, se evalúa la consecución de los objetivos interpretativos esperados a través de encuestas a los visitantes y se adoptan las medidas de mejora necesarias.

En relación con las necesidades de la interpretación del patrimonio actual, los datos de las entrevistas revelan:

- Dificultades de acceso a la información y excesivo tiempo requerido para recopilar, organizar y sintetizar la información relativa a los valores intrínsecos de los recursos, elaborada por los agentes técnicos. Este aspecto influye en la evaluación de los valores turísticos por parte del gestor cultural.
- Limitaciones para mantener informado al guía intérprete de los recursos que se han reubicado o no están disponibles de manera temporal. Este hecho provoca que el guía intérprete improvise un itinerario alternativo y modifique el relato *in situ*, pudiéndose ver afectada la calidad de la visita.

#### 5.2.1.4. DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO

El relato interpretativo puede ser transmitido a los visitantes a través de medios personales (guía-intérprete, actores, etc.), medios materiales divulgativos impresos (paneles, mapas turísticos-interpretativos, señalética interpretativa, folletos, maquetas 3D, etc.) o multimedia (guías virtuales, etc.). Los materiales de divulgación facilitan el entendimiento de la complejidad de la arquitectura patrimonial y sirven de apoyo a la explicación del guía durante las visitas guiadas.

Los agentes implicados en la elaboración de los materiales divulgativos del patrimonio son: Institución gestora, experto en comunicación estratégica, gestor cultural y turístico experto en interpretación, diseñador gráfico y multimedia, experto en animación 3D y RV-RA, arquitecto conservador, historiador, arqueólogo, restaurador, revisor lingüístico (*copy editor*) (figura 87).

Los datos obtenidos a través de las entrevistas y el análisis de la documentación técnica relativa a la divulgación del patrimonio, ha permitido desarrollar un esquema del método de trabajo actual que se emplea para desarrollar un Programa de Interpretación del patrimonio (figura 88).

Los materiales divulgativos se desarrollan siguiendo las siguientes fases: 1. Análisis; 2. Planificación y diseño; 3. Implementación.



Figura 87. Agentes involucrados en la divulgación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)



## MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO

Agente coordinador y responsable

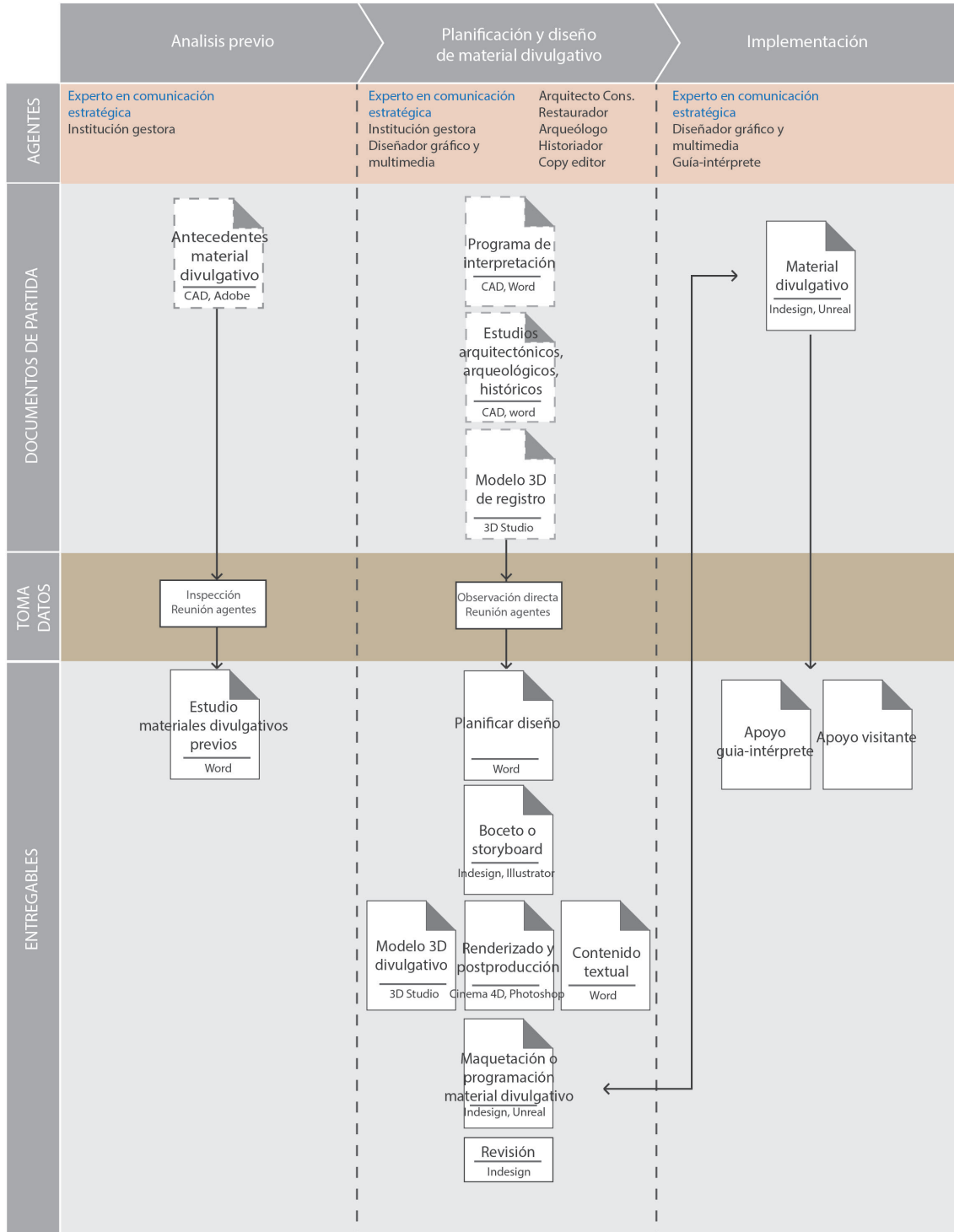


Figura 88. Método de trabajo actual de la divulgación del patrimonio  
(Fuente: Elaboración propia)



En la fase 1, el experto en comunicación estratégica analiza los antecedentes de los materiales divulgativos del bien.

En la fase 2, el experto en comunicación estratégica y la institución gestora, basándose en el programa de interpretación, definen las directrices de los materiales divulgativos y planifican su diseño. El diseño de los materiales divulgativos se desarrolla en varias etapas: a) conocimiento del bien; b) desarrollo del boceto; c) modelado 3D; d) renderizado, postproducción y desarrollo del contenido textual; e) maquetación o programación 4D; y f) revisión.

Para conocer el bien (origen, evolución constructiva y valores), el diseñador gráfico analiza la información geométrica y semántica de los estudios arquitectónicos, arqueológicos e históricos previos. Una vez conocido el bien, el diseñador gráfico desarrolla el boceto o *storyboard* de los materiales divulgativos a mano o con la ayuda de *softwares* de maquetación gráfica como *Indesign* o *Illustrator*. El modelo 3D necesario para generar las ilustraciones del bien arquitectónico puede reutilizarse del modelo 3D de registro desarrollado por el arquitecto conservador, o bien puede modelarse expresamente. El modelo 3D del arquitecto, generalmente se compone de un modelo 3D de malla poligonal generado a partir de una nube de puntos. El modelo 3D también se puede desarrollar expresamente a partir de planimetría existente y fotografías, con el uso de *softwares* de modelado 3D, como *3D Studio* o de animación 3D, como *Cinema 4D* o *Maya*. En este caso, el edificio se modela parcialmente en base a los contenidos del material divulgativo. El renderizado de los modelos 3D puede realizarse mediante un *software* especializado tipo *Cinema 4D*. Las ilustraciones o infografías se obtienen mediante la postproducción de los renderizados con *softwares* de edición de imagen como *Photoshop* o *Painter*. Para obtener las texturas de los paramentos, se aplican patrones de textura sobre superficies lisas. Estas texturas no representan la textura real del elemento. Los elementos decorativos habitualmente no se modelan en 3D, sino que se aplica directamente en las ilustraciones con la ayuda de *softwares* de edición de imagen como *Photoshop*.

La redacción del contenido textual la desarrolla el experto en interpretación. La maquetación del material divulgativo impreso se realiza mediante la ayuda de un *software* de ilustración o maquetación tipo *Illustrator* o *Indesign* y la programación del material divulgativo multimedia con *softwares* de motor gráfico como *Unreal Engine*. La institución gestora revisa los contenidos técnicos y gráficos y el revisor lingüístico revisa los textos para dar su conformidad.

En la fase 3 de implementación, los materiales divulgativos impresos y multimedia sirven de apoyo para la explicación del guía intérprete y para los visitantes en visitas autoguiadas.

En relación con las necesidades de la divulgación del patrimonio, los datos de las entrevistas evidencian:

- Que los modelos 3D desarrollados por el arquitecto conservador para el registro del edificio y para el proyecto de intervención generalmente no se comparten para fines divulgativos. Esto provoca sobrecostos en el desarrollo de materiales divulgativos, afecta al rigor de estos, requiere mayores revisiones y retrasa las entregas.
- La información gráfica y semántica necesaria para el desarrollo de los materiales divulgativos generalmente se encuentra desactualizada e incompleta, lo cual aumenta los errores, requiere la repetición de trabajos y retrasa las entregas.

### **5.2.2. DISCUSIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO**

El análisis de los datos primarios obtenidos mediante las entrevistas y el análisis de documentación específica han evidenciado que la planificación de cada uno de los cuatro ámbitos del uso público se lleva a cabo por un equipo multidisciplinar mediante un sistema de trabajo tradicional. En este sistema de trabajo, la información de los diferentes agentes involucrados se encuentra dispersa en diferentes ubicaciones y en diferentes formatos lo que conlleva que generalmente la información del bien se encuentre incompleta y desactualizada. La falta de una fuente de información fiable afecta a la toma de decisiones de la planificación del uso público del patrimonio.

Además, la falta de optimización de la información desarrollada por unas disciplinas que puede resultar útil para otras, como el estudio previo del bien necesario para desarrollar el programa de conservación preventiva o la planimetría necesaria para planificar la gestión de visitantes, genera bajos niveles de eficiencia, provoca sobrecostos y reduce la calidad y rigor de los resultados (programa de conservación preventiva, materiales divulgativos, etc.).

Con el fin de dar una solución a este problema, se propone que el equipo de profesionales que planifica el uso público del patrimonio emplee HBIM, por ser un sistema de gestión de la información más eficiente, tal como ha evidenciado la revisión de la literatura científica.

Los datos facilitados por los profesionales entrevistados y el análisis de la documentación técnica han permitido definir un cuadro que refleja los métodos de trabajo tradicional de cada ámbito, los agentes involucrados, las necesidades derivadas del sistema de trabajo actual y la información que debería incorporarse en el sistema HBIM.

Esta fase ha permitido también identificar las potencialidades de HBIM para planificar y gestionar los cuatro ámbitos del uso público. En relación con la conservación preventiva, se constata que HBIM puede ayudar a resolver las dificultades de gestión de la información de diferentes formatos que requiere la conservación preventiva. Por otro lado, puede vincular las alertas de los sensores, con los protocolos de actuación y enviarlas a la institución competente. Estos hechos, pueden facilitar la identificación del elemento que está en riesgo y al mismo tiempo, facilitar la toma de decisiones para una rápida actuación, a la vez que contribuye a la conservación de la autenticidad de los recursos. El disponer de una fuente información actualizada puede ayudar a que la implementación del programa de conservación tenga mayores posibilidades de éxito.

HBIM puede resolver las dificultades de la gestión de visitantes relativas a la gestión de espacios y de la compatibilidad del uso público con otros usos. También puede determinar la capacidad de carga recreativa a partir de las superficies del modelo HBIM. En relación con la planificación de las visitas, puede facilitar que la institución competente analice virtualmente los problemas de los flujos de visitantes como puntos de congestión, espacios infrautilizados y los problemas que causan en la conservación de los recursos. Además, puede facilitar el análisis virtual de alternativas de itinerarios turísticos, la coordinación de varios itinerarios simultáneos, la planificación de los recursos personales necesarios y la estimación de los costes resultantes. La planificación de las visitas en un entorno virtual puede detectar y resolver los errores antes de su implementación, reduciendo así el tiempo y coste invertido para alcanzar la solución más sostenible.

En relación con el desarrollo del programa de interpretación, HBIM puede mejorar la identificación, coordinación y toma de decisiones sobre los valores intrínsecos y turísticos de los recursos patrimoniales. Por otra parte, el guía intérprete puede acceder a la información actualizada sobre cambios temporales en el itinerario. Esto le puede ayudar a adaptar el relato al nuevo itinerario.

HBIM puede ser útil para el desarrollo de materiales divulgativos. El modelo geométrico y la información de los modelos HBIM puede facilitar el desarrollo rápido y riguroso de los materiales divulgativos. Estos materiales pueden apoyar al guía intérprete a transmitir el relato interpretativo y facilitar al visitante la comprensión y visualización de los espacios y elementos desaparecidos, la evolución histórica del edificio y sus valores.

Además, HBIM puede optimizar los recursos económicos que se destinan para planificar los cuatro ámbitos del uso público, ya que permite reutilizar la información realizada previamente por otros profesionales, anticipar los problemas virtualmente, reducir la repetición de trabajos, minimizar la inversión de tiempo y dinero y mejorar la calidad y el rigor de los resultados.

Los resultados obtenidos en esta fase de la investigación, a excepción de los cuadros del método de trabajo actual de cada ámbito, que han sido elaborados posteriormente, han sido evaluados por los revisores y el editor de la revista *Canadian Journal of Civil Engineering* (Salvador-García *et al.*,

2019a). En relación con los cuadros, hay que considerar que los agentes propuestos pueden variar en función de las necesidades del bien. Los bienes con un uso público complejo pueden requerir una mayor especialización de los agentes que aparecen en los cuadros, en cambio, en otros bienes con un uso público más sencillo, un mismo agente podría desempeñar diferentes roles.

Estos resultados representan un importante avance en las potencialidades de HBIM y en la información que se debería incorporar en el sistema HBIM para la planificación del uso público. Esta fase ha sido fundamental para desarrollar el Protocolo HBIM y la implementación práctica en las posteriores fases de la investigación.

### **5.3. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM PARA EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO**

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, desde la aprobación de la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público (Jefatura del Estado, 2017) se ha registrado un crecimiento notable en el número de licitaciones públicas que obligan o valoran el uso de HBIM. Esta investigación se anticipa a la previsible necesidad de aplicar HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio en un futuro próximo y desarrolla un Protocolo HBIM que a modo de directriz ayude a los profesionales a implementar HBIM para esta finalidad.

En total se han desarrollado tres versiones del Protocolo HBIM (V1, V2 y V3).

#### **5.3.1. VERSIÓN 1 DEL PROTOCOLO HBIM (V1)**

##### **5.3.1.1. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM (V1)**

El Protocolo HBIM (V1) está compuesto por un diagrama cíclico (figura 89), un esquema de los usos HBIM y de los agentes involucrados para cada uno de los ámbitos del uso público. Las figuras 90 y 91 muestran los esquemas relativos a la divulgación y la conservación preventiva. Además, contiene un esquema del tipo de software necesario (figura 92) y un esquema de la información de cada ámbito que se debería incorporar a las diferentes bases de datos. La figura 93 muestra el esquema relativo a la gestión de visitantes.

PROTOCOLO HBIM\_USO PÚBLICO

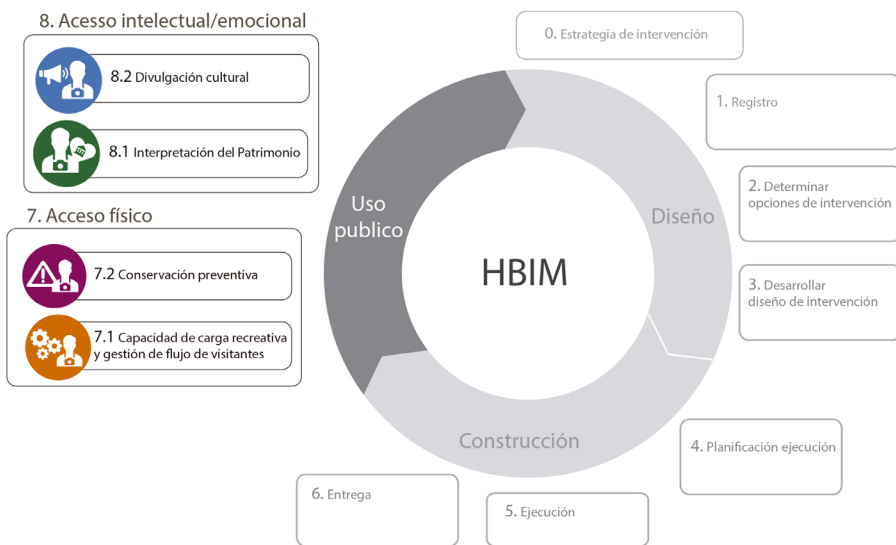


Figura 89. V1 del Protocolo HBIM. Diagrama cíclico (Fuente: Elaboración propia)

Figura 90. V1 del Protocolo HBIM. Usos y agentes involucrados en el ámbito de la divulgación del patrimonio. Opción 1 (Fuente: Elaboración propia)

PROTOCOLO HBIM\_Divulgación del patrimonio

**8.2 Divulgación del Patrimonio**

**1. Material impreso**

- Definir directrices del contenido en base al programa de interpretación. *Experto en comunicación estratégica/Propiedad-Institución gestora/Experto en interpretación*
- Realizar el boceto con el formato adecuado. *Diseñador gráfico*
- Obtener el modelo HBIM 3D de registro/As-built: *Modelador HBIM/Diseñador gráfico*
  - Geometría del estado actual (LOD 500) y modelo malla 3D texturizado
  - Geometría de las fases históricas (LOD 300?) con patrón de textura.
  - Información histórica, arquitectónica, arqueológica y cultural.
- Realizar modificaciones en modelo HBIM y realizar renders. *Modelador HBIM/Diseñador gráfico*
- Generar texturas artísticas y realizar ilustración/infografía. *Diseñador gráfico*
- Maquetar el material divulgativo. *Diseñador gráfico*
- Revisar contenido técnico y lingüístico. *Arquitecto conservador/Historiador/Arqueólogo/Revisor lingüístico/Experto en interpretación/Experto en comunicación estratégica/Propiedad-Institución gestora*

**2. Material multimedia interactivo inmersivo**

- Definir directrices del contenido en base al programa de interpretación. *Experto en comunicación estratégica/Propiedad-Institución gestora/Experto en interpretación*
- Realizar el storyboard. *Diseñador gráfico\_multimedia*
- Obtener el modelo HBIM 3D de registro/As-built: *Modelador HBIM/Diseñador gráfico\_multimedia*
  - Geometría del estado actual (LOD 500) y modelo malla 3D texturizado.
  - Geometría de las fases históricas (LOD 300?) con patrón de textura.
  - Información histórica, arquitectónica, arqueológica y cultural.
- Para material multimedia: realizar animación 2D-3D de evolución constructiva del bien y entorno. Realizar la animación de personajes virtuales. Realizar el video. *Diseñador gráfico\_multimedia/Experto en animación 3D*
- Para material multimedia interactivo inmersivo: Programar la animación. Integrarlo en entorno inmersivo VR-RA. *Diseñador gráfico\_multimedia/Experto en animación 3D\_RV-AR*
- Revisar contenido técnico y lingüístico. *Arquitecto conservador/Historiador/Arqueólogo/Revisor lingüístico/Experto en interpretación/Experto en comunicación estratégica/Propiedad-Institución gestora*

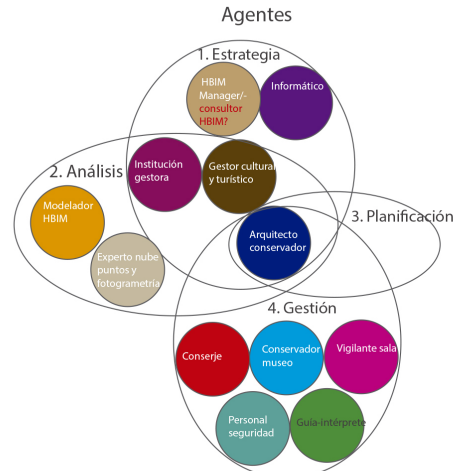


- Material divulgativo:
1. Material impreso (mapa turístico, folleto y paneles, con ilustraciones/infografías 3D)
  2. Material multimedia interactivo inmersivo (visita virtual VR-RA)



### PROTOCOLO HBIM\_Conservación preventiva

- 1. Estrategia:**
  - Identificar la necesidad de un plan de conservación preventiva  
*Institución gestora, Arquitecto conservador*
  - Captar fondos económicos y contactar con los agentes implicados  
*Gestor cultural y turístico*
  - Desarrollar la plantilla específica "HBIM\_conservación preventiva"  
*HBIM Manager*
  - Desarrollar software "HBIM\_uso" y software puente  
*informático experto en gestión de datos*
- 2. Análisis**
  - Descripción del bien y su entorno  
*Arquitecto conservador, Institución gestora, Gestor Cultural y turístico*
  - Análisis del estado de conservación  
*Arquitecto conservador, modelador HBIM, Experto en nube de puntos y fotogrametría*
  - Análisis del uso y gestión del bien  
*Arquitecto conservador, Institución gestora, Gestor Cultural y turístico*
  - Identificación de riesgos de deterioro  
*Arquitecto conservador*
- 3. Planificación**
  - Definir protocolos  
*Arquitecto conservador*
  - Visualizar riesgos, simular degradación y planificar trabajos de actuación  
*Arquitecto conservador*
  - Cumplimentar libro de incidencias  
*Arquitecto conservador*
- 4. Gestión**
  - Coordinar trabajos de actuación  
*Arquitecto conservador*
  - Cumplimentar seguimiento trabajos de actuación  
*Arquitecto conservador*
  - Generar parte de riesgos  
*Arquitecto conservador, Vigilante de sala, Personal seguridad, Conserje, Conservador museo, guía-intérprete*



La implementación de un Plan de Conservación preventiva se realiza en cuatro fases: 1. estrategia, 2. análisis, 3. planificación y 4. gestión. En la fase de estrategia la institución gestora y el arquitecto conservador formado en conservación preventiva identifican la necesidad de realizar e implementar un Plan de conservación preventiva. El gestor cultural y turístico del bien, es el responsable de captar fondos económicos y poner en contacto a todos los órganos gestores que intervienen. El informático experto en gestión de datos desarrolla el software "HBIM\_uso público y softwares puente con las bases de datos externas y sensores. En la fase de análisis, intervienen el arquitecto conservador con el apoyo del gestor cultural, la Institución gestora, el modelador HBIM y el experto en nube de puntos y fotogrametría. El arquitecto conservador es el responsable de la fase de planificación. La gestión y seguimiento de los trabajos de actuación y la realización de las partes de riesgos es responsabilidad del arquitecto conservador, con el apoyo del vigilante de sala, personal de seguridad, conserje, conservador del museo, y guía-intérprete.

### PROTOCOLO HBIM\_USO PÚBLICO



#### 9.1 Interpretación del Patrimonio

1. Recopilar datos del edificio (programa de Saas/plataforma BIMLegacy)
2. Realizar el diagnóstico sobre la interpretación del bien (programa de Saas/plataforma BIMLegacy y programa de base de datos)
3. Recopilar la información y documentación científica sobre el bien (arquitectónica, arqueológica, histórica, cultural) (programa de Saas/plataforma BIMLegacy)
4. Planificar la interpretación (programa de Saas/plataforma BIMLegacy y procesador de textos)
  - Objetivos de la planificación
  - Identificar valores patrimoniales
  - Definir mensajes
  - Desarrollar actividades interpretativas
  - Definir directrices del relato interpretativo
  - Proponer reforzamientos experienciales
  - Definir los medios interpretativos necesarios: materiales y personales
  - Desarrollar el Plan para la formación de guías-intérpretes



#### 9.2 Divulgación cultural

- 1. Material impreso**
  - Definir directrices del contenido (plataforma BIMLegacy y procesador de textos)
  - Realizar el boceto con el formato adecuado (programa de maquetación gráfica)
  - Obtener el modelo HBIM 3D de registro/As-built:
    - Geometría del estado actual (LOD 500) y modelo malla 3D texturizado
    - Geometría de las fases históricas (LOD 300?) con patrón de textura.
    - Información histórica, arquitectónica, arqueológica y cultural.
  - Realizar modificaciones del modelo HBIM y realizar renders (programa de modelado 3D).
  - Generar texturas artísticas y realizar ilustración/infografía (programa de retoque fotográfico).
  - Maquetar el material divulgativo (programa de maquetación gráfica)
  - Revisar contenido técnico y lingüístico (programa de revisión colaborativa)
- 2. Material multimedia interactivo\_inmersivo**
  - Definir directrices del contenido (plataforma BIMLegacy y procesador de textos)
  - Realizar el storyboard en base al programa de interpretación (programa de maquetación gráfica)
  - Obtener el modelo HBIM 3D de registro/As-built:
    - Geometría del estado actual (LOD 500) y modelo malla 3D texturizado
    - Geometría de las fases históricas (LOD 300?) con patrón de textura.
    - Información histórica, arquitectónica, arqueológica y cultural.
  - Para material multimedia: realizar animación de evolución constructiva del bien y entorno. Realizar la animación de personajes virtuales. Animación 2D (programa de Motion Graphics). Animación 3D (programa de animación 3D). Realizar el video (programa de montaje de video)
  - Para material multimedia interactivo\_inmersivo: Programar la animación e interactividad (programa de videojuegos). Integrarlo en entorno inmersivo VR-RA (programa de RV-RA).
  - Revisar contenido técnico y lingüístico (programa de revisión colaborativa)



#### 8.2 Conservación preventiva

1. Analizar estado de conservación, uso y gestión del bien
  - Datos del entorno y edificio (programa de Saas/ plataforma BIMLegacy y programa de base de datos)
  - Datos del estado de conservación
  - Patologías estructurales y superficiales (nubes puntos, fotogrametría y programa modelado HBIM/programa de Saas)
  - Condiciones ambientales (humedad y temperatura...) (sensores y programa de Saas)
  - Analizar el estado de conservación en tiempo real y generar alertas automáticas para toma de decisiones (programa de Saas y Decision and support system)
  - Datos del uso y gestión (programa de Saas)
2. Identificar y evaluar los riesgos de deterioro, valorarlos y definir prioridades (programa de Saas y programa de base de datos)
3. Diseñar medidas de control de riesgos y seguimiento de protocolos de actuación (programa de Saas y programa de base de datos)
4. Seguimiento de los protocolos (programa de Saas y programa tipo empresa Apogea)



#### 8.1 Gestión de visitantes

1. Estrategia de viabilidad de la visita pública (programa de base de datos, programa de Saas, programa presupuestos)
2. Analizar las características físicas del bien y zonificar el comportamiento del visitante:
  - Estudio histórico de la gestión de la visita (programa de base de datos)
  - Cartografía de usos, entradas, salidas, cámaras de seguridad (programa de Saas)
  - Cuantificar y representar los visitantes reales y flujos (sensor conteo, wifi, programa de Saas)
  - Caracterizar al visitante y conocer su comportamiento en el bien (programa de base de datos y procesador textos)
  - Documentar la colección de bienes muebles (programa de Saas)
3. Planificar la visita:
  - Calcular la capacidad de carga recreativa (programa de Saas y programa de base de datos)
  - Diseñar alternativas de gestión de flujo de visitantes. Analizar alternativas y tomar decisiones (programa de Saas y programa Decision and support system).
  - Generar alertas de la superación del aforo en tiempo real y proponer itinerarios alternativos de manera automática (programa de Saas)
  - Diseñar itinerarios de visita (generalista, adaptado, escolar, experto).
  - Compaginar itinerarios en espacio y tiempo (programa de Saas)
  - Analizar impacto de los itinerarios en términos de conservación (programa de Saas)

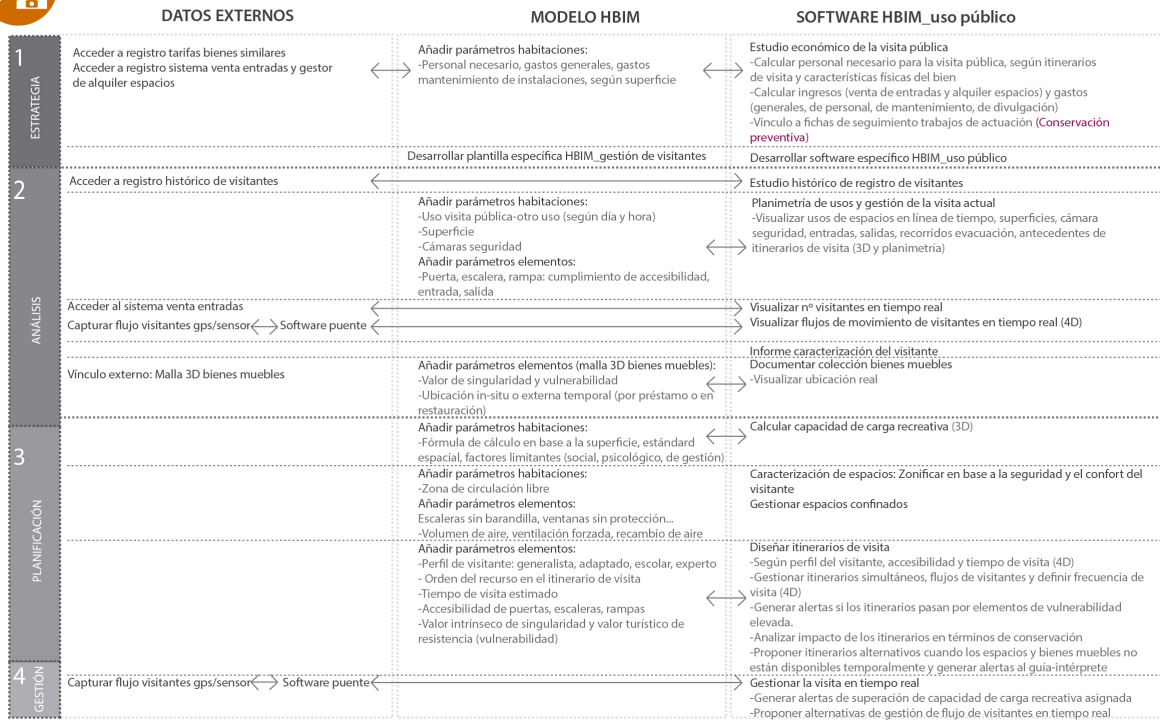
Figura 91. V1 del Protocolo HBIM. Usos y agentes involucrados en el ámbito de la conservación preventiva. Opción 2. (Fuente: Elaboración propia)

Figura 92. V1 del Protocolo HBIM. Tipo de softwares necesarios (Fuente: Elaboración propia)





Protocolo HBIM\_Gestión visitantes



5.3.1.2. EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V1)

La evaluación del Protocolo HBIM (V1) se llevó a cabo por agentes expertos en BIM. En primer lugar, la evaluación se realizó con un agente experto en el desarrollo de modelos BIM para el uso y mantenimiento de activos existentes, mediante la técnica de la entrevista semiestructurada. Posteriormente, la evaluación se realizó con profesionales BIM mediante la técnica del “grupo de discusión”.

Las preguntas estuvieron relacionadas con los usos HBIM, los *softwares* BIM y el flujo de trabajo propuesto en el Protocolo HBIM (V1) y sobre la manera de abordar la implementación práctica en base a la tecnología existente.

Figura 93. V1 del protocolo HBIM. Información del ámbito de la gestión de visitantes en las distintas bases de datos (Fuente: Elaboración propia)



### EVALUACIÓN DEL EXPERTO EN EL DESARROLLO DE MODELOS BIM PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DE ACTIVOS EXISTENTES

La evaluación del Protocolo HBIM (V1) por parte del agente experto en el desarrollo de modelos BIM para el uso y mantenimiento de activos existentes, señaló las siguientes sugerencias de mejora:

- Añadir la fase de “entrega” entre la fase de intervención y la fase de uso público del diagrama cíclico HBIM.
- Entrevistar a los usuarios del modelo HBIM para el uso público (cliente, profesionales de planificación, etc.) para conocer sus necesidades de gestión de la información. Desarrollar el modelo HBIM para el uso público a partir del modelo HBIM *As-built*. Reutilizar la información útil del modelo *As-built*, prescindir de la información no útil e incorporar la información específica para el uso público.
- Adaptar los *softwares* comerciales existentes que permiten capturar los flujos de personas en edificios de pública concurrencia y conectarlos con modelos HBIM, para analizar el flujo de los visitantes en edificios patrimoniales.
- Emplear HBIM para facilitar la gestión de varios inmuebles que dependan de una misma institución.
- Emplear formatos abiertos, tipo IFC, para evitar la obligatoriedad de usar *softwares* comerciales específicos, mantener la integridad de los datos de los edificios patrimoniales a largo plazo y evitar la incompatibilidad de datos que se producen con la actualización periódica de los *softwares* comerciales.
- Acotar la implementación del protocolo HBIM a algunos ámbitos del uso público.
- Desarrollar una interfaz de fácil manejo que permita gestionar la información del uso y mantenimiento de los inmuebles patrimoniales y sincronizarla con los modelos HBIM. Adaptar la Plataforma *BIMLegacy* para el uso público o bien personalizar los softwares de mantenimiento existentes como *Zuuse*, *Zutec*, *Ecodomus*, *Iviva*, etc. para este fin.

## EVALUACIÓN DE LOS PROFESIONALES EN MODELADO E IMPLEMENTACIÓN BIM

La evaluación del Protocolo HBIM (V1) por agentes profesionales en el modelado e implementación BIM se realizó mediante la técnica del “grupo de discusión”. Estos evaluadores, sugirieron las siguientes mejoras:

- Desarrollar un Protocolo HBIM que contengan los cuatro aspectos del uso público que especifique donde se introduce y gestiona la información, qué información se vincula con el modelo HBIM y qué entregables se desarrollan.
- Definir el tipo de programa que se debe emplear (modelado BIM, visor IFC, bases de datos, etc).
- Bajar la exigencia de los LODs del protocolo ya que la gestión del uso público no requiere un alto nivel de detalle de la geometría y la información va estar dividida en diferentes *softwares*, con lo cual la suma de sus partes no puede superar el LOD 500.
- Capturar el flujo de los visitantes y su comportamiento (número, posición, tiempo empleado en realizar el itinerario, recursos más visitados, etc.) mediante el GPS del móvil de los visitantes o el uso de balizas ubicadas en el propio bien.
- En relación con la conservación preventiva, añadir un parámetro de desgaste por rozamiento a los pavimentos y paramentos verticales del modelo HBIM, de manera que se pueda prever el desgaste del material en base al número de visitantes y estimar los gastos de mantenimiento relacionándolos con los ingresos de las visitas, con el fin de proponer una gestión más sostenible.
- Generar una plantilla del modelo HBIM para el uso público que contenga todos los parámetros necesarios.
- Emplear formatos abiertos tipo IFC, como también había propuesto el anterior evaluador.
- Para facilitar la gestión de los datos de los agentes involucrados en la gestión del uso público, desarrollar una plataforma BIM con un visor IFC y un *plug-in* que conecte bidireccionalmente la información de ambas bases de datos. Estructurar la plataforma según los cuatro ámbitos del uso público.
- Exportar los datos externos (histórico de visitantes, sensores de conteo, sensores de temperatura) a *Excel* y vincularlos con el modelo HBIM IFC a través de un *plug-in* de *Revit* tipo *Dynamo*.
- El uso de los modelos HBIM para el desarrollo de materiales divulgativos fue uno de los puntos más debatidos. Por un lado, algunos participantes defendieron que los hipervínculos que se pueden añadir a los modelos HBIM, como vídeos, modelos de malla texturizados, etc. puede mejorar la divulgación virtual de los bienes patrimoniales. Además,

consideran que la reutilización de los modelos HBIM para el desarrollo de materiales divulgativos (mapas turísticos, visita virtual, videos, etc.) optimizan los recursos económicos, mejoran la eficiencia de los trabajos y la calidad de los materiales. Sin embargo, otros participantes, aunque están de acuerdo en que reutilizar el modelo HBIM para generar materiales divulgativos estáticos (vídeos, materiales impresos, pdfs 3D, etc.) facilita la optimización de los recursos, no lo consideran un uso BIM interesante, ya que la información que proviene de los modelos BIM pierde la sincronización bidireccional al generar estos materiales. En cambio, lo ven interesante para el desarrollo de materiales divulgativos dinámicos, como las aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada que leen directamente el modelo HBIM ya que hay una centralización entre los elementos y por lo tanto, es posible la sincronización bidireccional y la reutilización de la información.

Los resultados más significativos de la evaluación del Protocolo HBIM (V1) se incorporaron en la segunda versión del Protocolo HBIM (V2).

### **5.3.2. VERSIÓN 2 DEL PROTOCOLO HBIM (V2)**

#### **5.3.2.1 DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM (V2)**

### **PROTOCOLO HBIM ESTÁNDAR PARA PLANIFICAR Y GESTIONAR EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO**

#### **INTRODUCCIÓN**

Building Information Modelling (BIM) es un sistema de trabajo colaborativo donde los equipos multidisciplinares comparten, de forma coordinada, información geométrica, semántica y otra documentación del inmueble. Este sistema aplicado al patrimonio, denominado con el acrónimo (HBIM) ha demostrado claramente que mejora la eficiencia para documentar, intervenir y gestionar el patrimonio.

Ante la futura obligatoriedad de adoptar HBIM en España para gestionar el patrimonio arquitectónico durante todo su ciclo de vida, incluida la fase de uso público y anticipándose a la necesidad de desarrollar documentos directrices que faciliten la adopción de HBIM entre los profesionales del sector, se ha desarrollado un Protocolo HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio.

Este Protocolo HBIM podrá aplicarse a dos escenarios diferentes:

1. Como manual de procedimientos para ayudar a los profesionales y a las instituciones a adoptar el uso de HBIM para planificar y gestionar alguno o todos los ámbitos del uso público de un bien patrimonial específico.
2. Como directriz para desarrollar el Protocolo HBIM que se adjunta a los contratos de planificación y gestión del uso público con HBIM. En

este caso, el protocolo sirve como hoja de ruta para que el equipo de proyecto comprenda los objetivos y la coordinación del proyecto HBIM a lo largo de todo el proceso y sus responsabilidades.

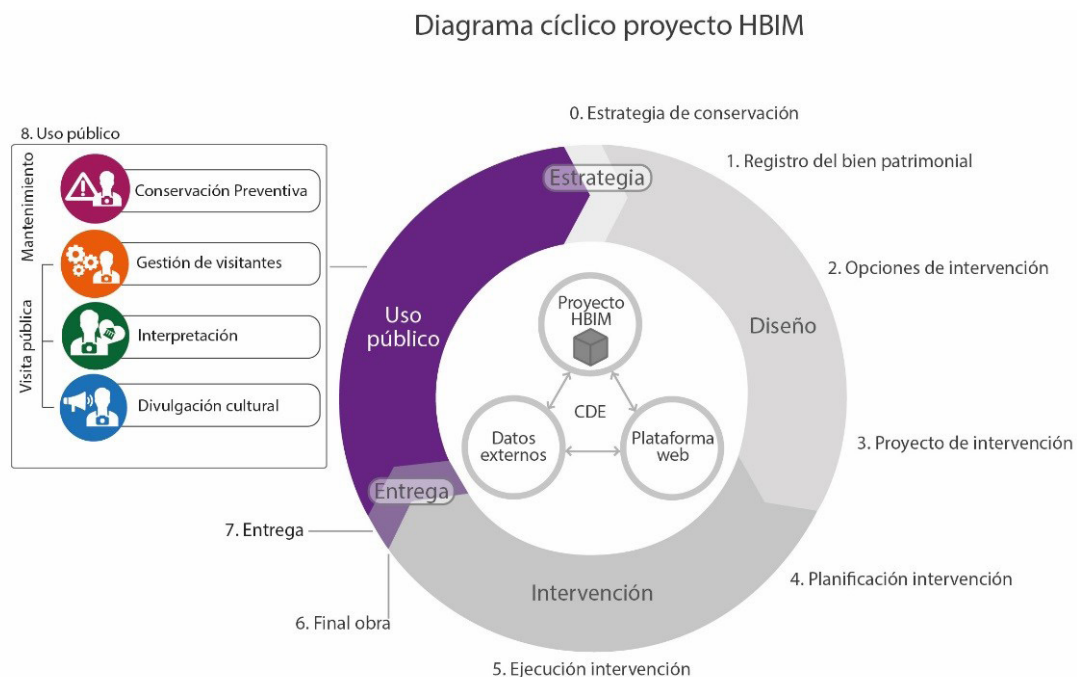
Este protocolo se ha desarrollado tomando como referencia el Protocolo BIM Estándar del CIC (Construction Industry Council, 2018) y siguiendo las especificaciones de la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) y la adaptación de la Norma ISO 19650 al contexto español (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019). La Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) especifica cómo se gestiona la información del uso y mantenimiento de activos con un nivel de madurez BIM 2 y la Norma ISO 19650 se centra en la gestión de la información BIM durante la fase de desarrollo (diseño, construcción y entrega) y la fase de operación del activo construido (uso y mantenimiento).

Este protocolo se compone de una parte introductoria que explica cómo trabajar en un entorno colaborativo HBIM y del documento del protocolo que contiene las obligaciones del empleador y del equipo de proyecto y las directrices para planificar y gestionar el uso público con HBIM y para desarrollar el protocolo específico que se adjunta a los contratos de planificación y gestión del uso público con HBIM.

### DIAGRAMA CÍCLICO HBIM

Dado que las necesidades de los bienes patrimoniales pueden muy diferentes, desde el registro documental del bien con HBIM, a un proyecto de intervención HBIM o un proyecto de planificación de las visitas con HBIM, etc. el primer paso para abordar un proyecto HBIM sería identificar la fase específica que se va a desarrollar dentro del diagrama cíclico completo.

Figura 94. V2. Diagrama cíclico de un proyecto HBIM (Fuente: Elaboración propia)



El diagrama cíclico de los proyectos HBIM se compone de las siguientes fases: 1. Estrategia, 2. Diseño, 3. Intervención, 4. Entrega y 5. Uso público (figura 94).

Dado que este Protocolo HBIM se centra concretamente en la fase de uso público del patrimonio, el diagrama cíclico incorpora por primera vez los cuatro aspectos que componen la fase de uso público: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación del patrimonio.

Para mantener la integridad de los datos de los bienes patrimoniales a lo largo del ciclo de vida, facilitar el intercambio de información fiable y mejorar las decisiones consensuadas entre las disciplinas involucradas, se propone trabajar con el sistema BIM en entorno colaborativo, es decir, con un nivel 2 de madurez BIM, tal como recomienda la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014). Para alcanzar este nivel de madurez BIM, el equipo de trabajo debe trabajar en un entorno común de datos (CDE).

El CDE proporciona un entorno colaborativo donde el equipo de proyecto puede compartir información fiable del bien (gráfica, no gráfica y otra documentación). En este entorno colaborativo, las disciplinas involucradas pueden generar y gestionar la información del bien desde el modelo HBIM (agentes técnicos), desde una plataforma web (agentes no técnicos) o desde bases de datos externas (figura 95). Este sistema de trabajo puede optimizar los recursos económicos que se destinan para planificar los cuatro ámbitos del uso público, ya que permite reutilizar la información realizada previamente por otros profesionales, anticipar los problemas virtualmente, reducir la repetición de trabajos, minimizar la inversión de tiempo y dinero y mejorar la calidad y el rigor de los resultados.

### Sistema de información HBIM

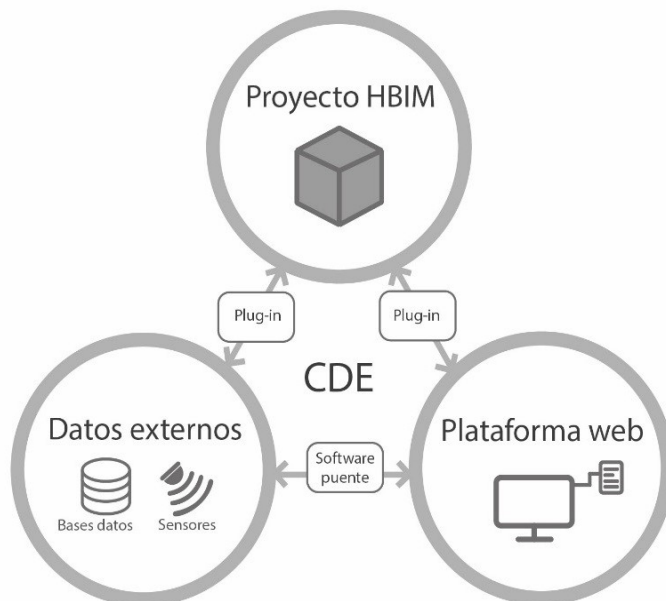


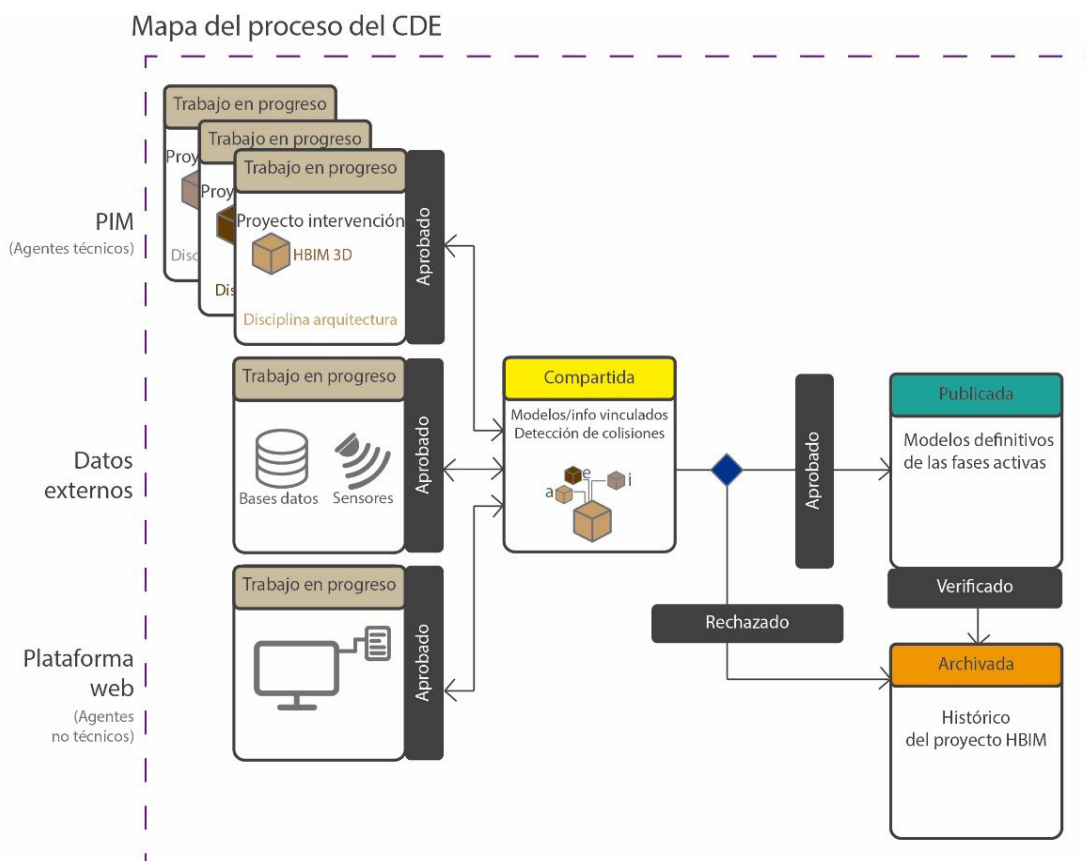
Figura 95. V2. Diagrama del Entorno común de datos (CDE) para gestionar la información (Fuente: Elaboración propia)

### ENTORNO COMÚN DE DATOS (CDE)

Con el fin de que el intercambio de información entre profesionales sea fiable, el CDE debe estructurarse en distintas carpetas: trabajo en progreso, compartida, publicada y archivada (figura 96). A cada carpeta se le asignan permisos de acceso y del tratamiento de la información que contiene.

En las carpetas denominadas “trabajo en progreso”, cada disciplina genera su información de manera independiente desde el modelo HBIM (agentes técnicos), desde la plataforma web (agentes no técnicos) o desde las bases de datos externas. Cuando esta información resulta apta para compartirse, se aprueba y pasa a la carpeta “compartida”. En esta carpeta se comparte la información que proviene de distintas fuentes. La información entre el modelo HBIM y la plataforma web y las bases de datos externas se vincula mediante plug-ins, los modelos HBIM realizados por distintas disciplinas se vinculan entre si y se aplican softwares para detectar colisiones entre la información vinculada. Cuando la información ha superado la detección de colisiones pasa a la carpeta “publicada”. La carpeta “publicada” contiene los modelos definitivos de las fases que están activas, como por ejemplo, del proyecto de ejecución de una intervención. El cliente tiene acceso a esta carpeta. La carpeta “archivada” actúa a modo de archivo histórico del proyecto HBIM. En ella se archivan las fases previas que no se encuentran activas, por ejemplo, el proyecto básico cuando se está desarrollando el proyecto de ejecución, o las propuestas rechazadas.

Figura 96. V2. Mapa del proceso del Entorno Común de Datos (CDE) (Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma PAS 1192-3:2004 (British Standards Institution, 2013))



### PROYECTO HBIM

Un proyecto HBIM está compuesto por distintos modelos HBIM que se desarrollan a lo largo del ciclo de la vida del bien patrimonial (figura 97).

Siguiendo la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) el proyecto HBIM se compone de dos grandes modelos: el modelo de información del proyecto (PIM) y el modelo de información del activo (AIM). El PIM se genera en la fase de desarrollo (diseño e intervención) y el AIM se desarrolla en la fase de operación para planificar y gestionar el uso y mantenimiento del activo (figura 98).

Figura 97. V2. Proyecto HBIM y los modelos HBIM que lo componen (Fuente: Elaboración propia)

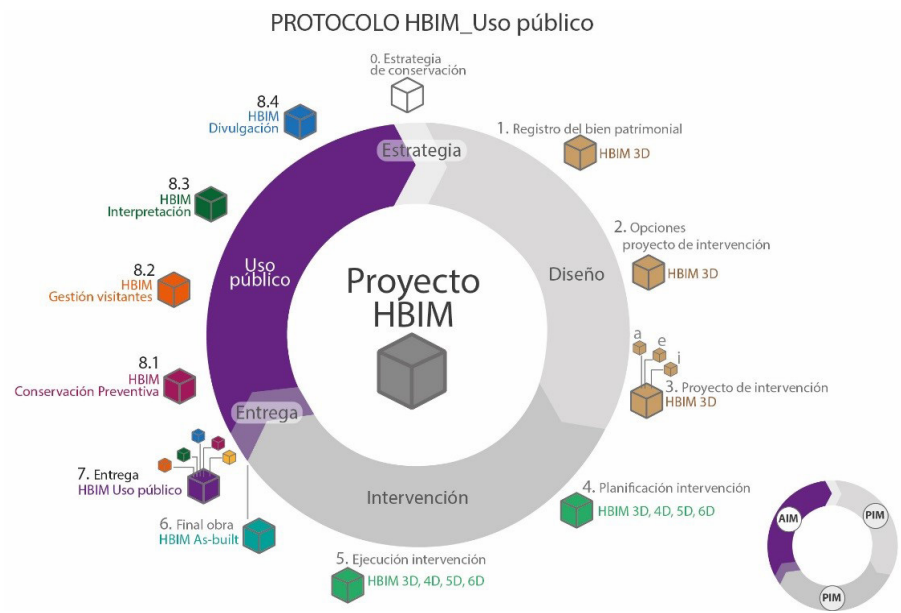
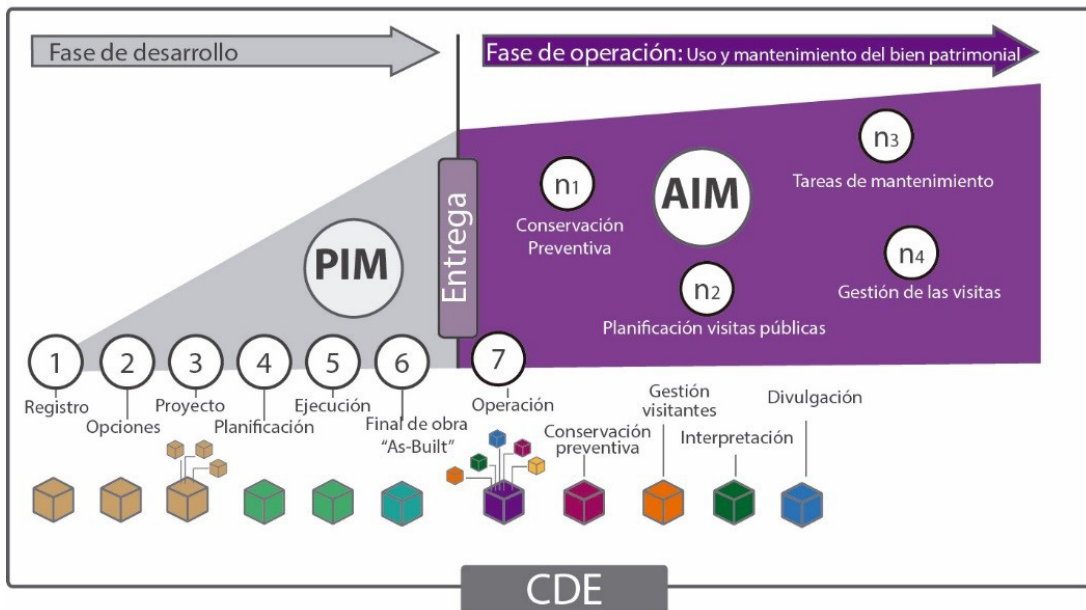


Figura 98. V2. Modelos de información PIM y AIM (Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma PAS 1192-3:2004 (British Standards Institution, 2013))





En la fase de diseño se desarrollan al menos tres modelos HBIM 3D, uno del registro del bien patrimonial, otro de las opciones del proyecto de intervención y otro del proyecto de intervención. A su vez, el modelo del proyecto de intervención puede estar formado por al menos tres modelos HBIM vinculados: arquitectura, estructura e instalaciones.

Durante la fase de intervención se generan modelos HBIM 4D para simular el proceso constructivo, optimizar la planificación de la obra y reducir los riesgos en materia de seguridad y salud. Los modelos 5D facilitan la gestión presupuestaria del proyecto y los modelos 6D facilitan el análisis energético. Al finalizar la intervención, se desarrolla el modelo HBIM As-built que refleja la intervención ejecutada.

En la fase de entrega, fase intermedia entre la fase de desarrollo y la fase de operación, se genera el AIM. Para desarrollar el AIM se parte principalmente del modelo As-built, se reutiliza la información útil, se prescinde de la información no útil y se le añade información específica para el mantenimiento y uso público.

Durante la fase de uso público, se desarrollan los modelos HBIM para planificar y gestionar la conservación preventiva, la gestión de visitantes, la interpretación y la divulgación de los bienes patrimoniales.

## PLATAFORMA WEB

Se propone el desarrollo de una plataforma web para que los agentes no técnicos de la planificación y gestión del uso público, como el gestor cultural, el personal de mantenimiento, etc. puedan gestionar su información de manera sencilla y vincularla con la información del modelo HBIM y la información que proviene de bases de datos externas a través de un *plugin*.

## PROCESO DE CONTRATACIÓN DE UN PROYECTO HBIM

Ante la necesidad de planificar o gestionar el uso público de un bien patrimonial, el cliente puede sacar a licitación pública la contratación de ese proyecto y exigir o valorar el uso de HBIM para su desarrollo. Este caso corresponde con el segundo escenario de aplicación del protocolo, que se empleará como directriz para desarrollar el protocolo que se adjunta a los contratos de los proyectos HBIM.

Este apartado trata de explicar el proceso de contratación de un proyecto HBIM (figura 99), enmarcar el Protocolo HBIM dentro de este proceso y explicar la finalidad y la información que debe contener (figura 100).

Para iniciar el proceso de contratación el cliente define los requisitos de información (EIR) que debe cumplir el proyecto HBIM. Dentro de estos requisitos, se debe especificar el protocolo HBIM estándar que se debe emplear de partida para redactar el protocolo HBIM específico que se adjunta al contrato.

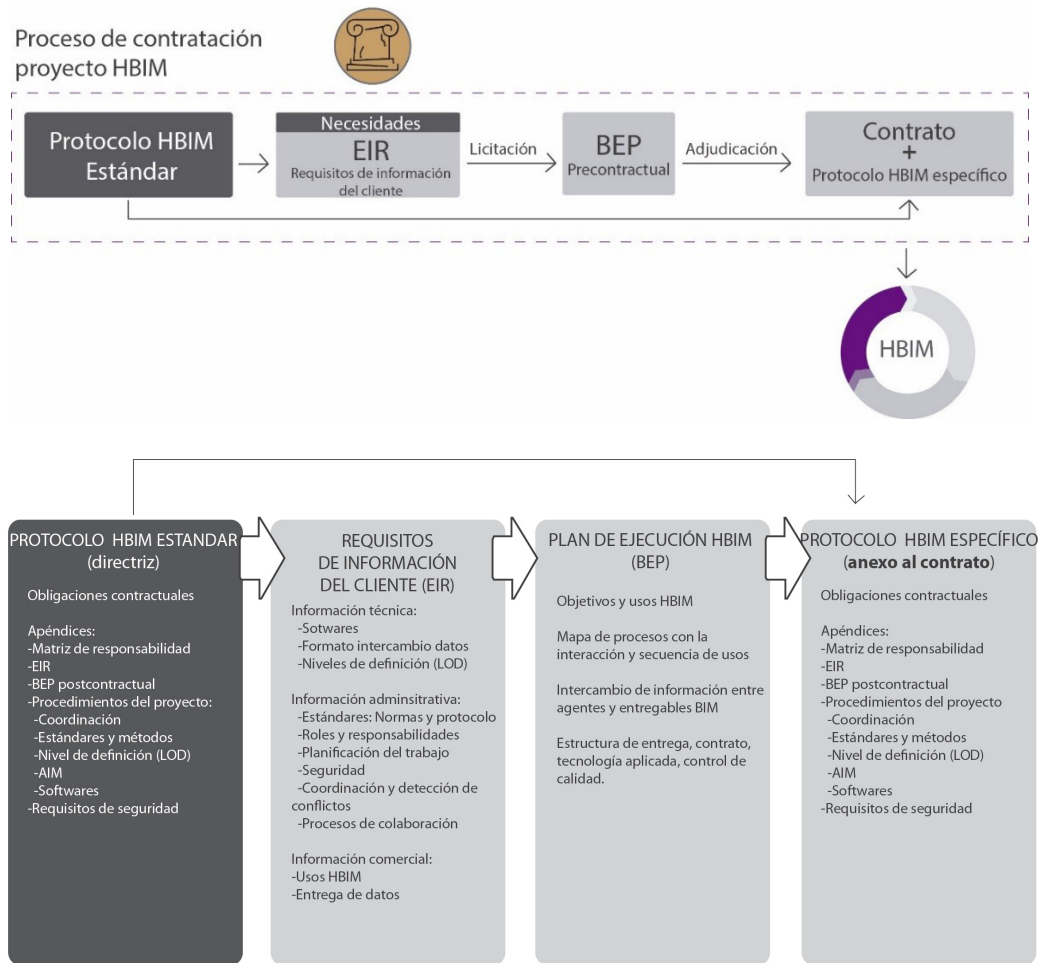


Figura 99. V2. Proceso de contratación de proyectos HBIM (Fuente: Elaboración propia a partir del diagrama de la Norma PAS 1192-3 (British Standards Institution, 2014)

El protocolo HBIM estándar contiene las obligaciones contractuales entre el empleador y el equipo de proyecto y unas directrices para desarrollar los apéndices: matriz de responsabilidad, usos HBIM, requisitos de información y procedimientos del proyecto.

Figura 100. V2. Contenido de los documentos de contratación de un proyecto HBIM (Fuente: Elaboración propia a partir de Construction Industry Council, 2010; Construction Industry Council, 2018)

Los equipos de proyecto que van a concursar preparan el Plan de Ejecución BIM (BEP) precontractual, en base al EIR. El BEP es el documento de planificación de la implementación del proyecto HBIM (BuildingSMART Alliance, 2010).

Tras la adjudicación, se prepara el contrato entre el cliente y el equipo de proyecto. Este contrato debe ir acompañado del protocolo HBIM específico. El protocolo HBIM específico proporciona al equipo del proyecto una hoja de ruta para comprender los objetivos del proyecto HBIM, sus reglas, sus responsabilidades y su coordinación a lo largo del proceso. Este documento, garantiza que los archivos HBIM estén estructurados correctamente y que el intercambio de datos en entornos colaborativos sea eficiente.

Concluido el proceso de contratación, el equipo de proyecto puede empezar a desarrollar el proyecto HBIM, siguiendo lo definido en el protocolo HBIM específico.

## ESTÁNDARES

Con el fin de evitar la pérdida de información en el intercambio de los datos, mantener la integridad de los datos a largo plazo y no condicionar el uso de ningún software comercial BIM específico, se recomienda el empleo de formatos no propietarios abiertos, como Industry Foundation Class (IFC), tanto para los modelos HBIM como para el visor de la plataforma web.

## PROTOCOLO HBIM ESTÁNDAR PARA PLANIFICAR Y GESTIONAR EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO

### OBLIGACIONES

#### OBLIGACIONES DEL EMPLEADOR

El empleador deberá:

1. Organizar un protocolo completo.
2. Cumplir con sus obligaciones según los estándares, métodos y procedimientos del proyecto.
3. Revisar y actualizar (si es necesario) los detalles de información y la matriz de responsabilidad en cada etapa del proyecto.
4. Permitir que el equipo de proyecto pueda acceder a la información del proyecto compartida a través del CDE.

#### OBLIGACIONES DEL EQUIPO DE PROYECTO

El equipo de proyecto deberá:

1. Producir la información especificada.
2. Usar el CDE para compartir y/o publicar la información especificada.
3. Cumplir con los detalles de información al producir, compartir y/o publicar la información especificada.
4. Cumplir con los procedimientos del proyecto.
5. Cumplir con los requisitos de seguridad de la información confidencial.





### REQUISITOS DE INFORMACIÓN

Este apartado ayudará al cliente a definir los requisitos de información que deben cumplir los modelos HBIM del uso público.

La figura 103 muestra los modelos HBIM de las fases de diseño e intervención que son de utilidad para el uso público (0, 1, 5 y 6), omite los modelos que no son de utilidad (2, 3 y 4) y presenta los cuatro modelos HBIM del uso público.

Cada cuadro contiene los requisitos de información de cada modelo HBIM y el nivel de definición (LOD), es decir, el nivel de detalle geométrico y el nivel de información.

En relación con los LOD, el modelo de la fase de estrategia debería tener un LOD 200, el modelo de registro un LOD 300, el modelo de intervención un LOD 400 y el modelo As-built un LOD 500. Los modelos HBIM para el uso público tendrán un LOD 500, ya que disponen de un alto nivel de información, no obstante, el nivel de definición geométrica será equivalente a un LOD 200, similar al detalle geométrico de un proyecto básico, ya que la gestión de visitantes, el programa de interpretación y los materiales de divulgación no requieren un elevado nivel de detalle de los sistemas constructivos.

En la fase de estrategia se establece la estrategia de conservación del bien: intervención y gestión. En esta fase se realiza un reconocimiento general del edificio, la búsqueda de fuentes documentales previas como análisis históricos, estudios arqueológicos, etc. y se desarrolla el plan estratégico de gestión del bien patrimonial, con el fin de establecer un diagnóstico del estado actual y un plan de actuación para coordinar y priorizar las acciones que se deben llevar a cabo para su mejor conservación. Este plan estratégico puede constar de un documento sencillo o un documento más elaborado como un Plan Director de aquellos bienes patrimoniales que están sujetos a los Planes Nacionales. También en esta fase se define el Plan de Conservación Preventiva, como estrategia de conservación, el estudio de viabilidad económica y se lleva a cabo la búsqueda de financiación.

Figura 102. V2. Usos HBIM para el uso público del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

Requisitos de información  
Modelos HBIM\_uso público



Figura 103. V2. Requisitos de información de los modelos HBIM para el uso público (Fuente: Elaboración propia)

La fase de diseño se inicia con el registro del bien patrimonial. El modelo HBIM de Registro contiene información sobre: levantamiento digital y tradicional (nube de puntos, modelo 3D fotogramétrico, planos 2D), modelado HBIM del entorno, del edificio existente (arquitectura, estructura e instalaciones), de los restos arqueológicos, de las fases históricas y de los elementos escultóricos. También contiene familias HBIM, materiales históricos, mapas de patologías, usos actuales, valores intrínsecos, monitorización de las condiciones ambientales y estructurales, documentación vinculada (estudios históricos, arqueológicos, estratigráficos, estructurales, pictóricos) y datos generales del inmueble.

Los modelos HBIM de las propuestas del diseño de la intervención, el proyecto básico y el proyecto de ejecución que se desarrollan durante la fase de diseño, no se reutilizan para el uso público, se archivan a modo de registro histórico. Por este motivo, no se han incluido en la figura 103. Lo mismo ocurre con la información del modelo HBIM para la planificación de la obra de intervención.

El modelo HBIM que se emplea mediante la ejecución de la intervención se actualiza periódicamente. A este modelo se le incorpora información sobre los nuevos hallazgos y se actualiza la información de los valores intrínsecos que se han visto afectados por estos nuevos hallazgos. También se actualiza la información sobre las patologías ocultas, las técnicas constructivas, los materiales, las condiciones de la estructura y de las instalaciones que no pudieron documentarse mediante el reconocimiento visual en la fase de

registro.

Una vez finalizada la obra, se registra la intervención ejecutada en el modelo HBIM As-built. El desarrollo del modelo As-built puede realizarse in situ a través de dispositivos portátiles y el empleo de visores BIM. El modelo As-built contiene el modelado HBIM de la intervención ejecutada, los usos actuales, los valores intrínsecos actualizados, la documentación vinculada y datos generales del inmueble.

En la fase de entrega, se preparan los modelos HBIM del uso público. Para ello, se parte principalmente del modelo HBIM As-built, del cual se reutiliza la información útil, se elimina la información no útil y se añaden los nuevos campos de información específicos para planificar y gestionar cada uno de los ámbitos del uso público. Estos nuevos campos de información serán completados por los agentes involucrados durante la fase de uso. También en esta fase se desarrolla la plataforma web con la información necesaria y los plug-ins de sincronización.

Durante la fase de uso público, los agentes involucrados completan los nuevos campos de información de los proyectos HBIM del uso público para desarrollar el programa de conservación preventiva, planificar la gestión de las visitas, desarrollar el programa de interpretación y generar los materiales divulgativos. Posteriormente, esta información se emplea para gestionar las tareas de mantenimiento y la gestión diaria de las visitas.



## PROCEDIMIENTOS DE ACTUACIÓN

Los procedimientos de actuación pueden ayudar a los profesionales y a las instituciones a adoptar el uso de HBIM para planificar y gestionar el uso público de un bien patrimonial o bien pueden servir como directriz para desarrollar el apéndice de los procedimientos del proyecto del protocolo HBIM específico.

En total se han desarrollado cuatro procedimientos: 1. Conservación preventiva, 2. Gestión de visitantes, 3. Interpretación del patrimonio y 4. Divulgación del patrimonio.

Cada procedimiento está estructurado según las fases que se deben seguir y contiene información sobre los agentes que intervienen, los modelos HBIM que se toman de partida, el nivel de definición (LOD), la toma de datos que requiere y los entregables que se deben generar. La información que contiene cada modelo HBIM, se encuentra recogida en la figura 103.

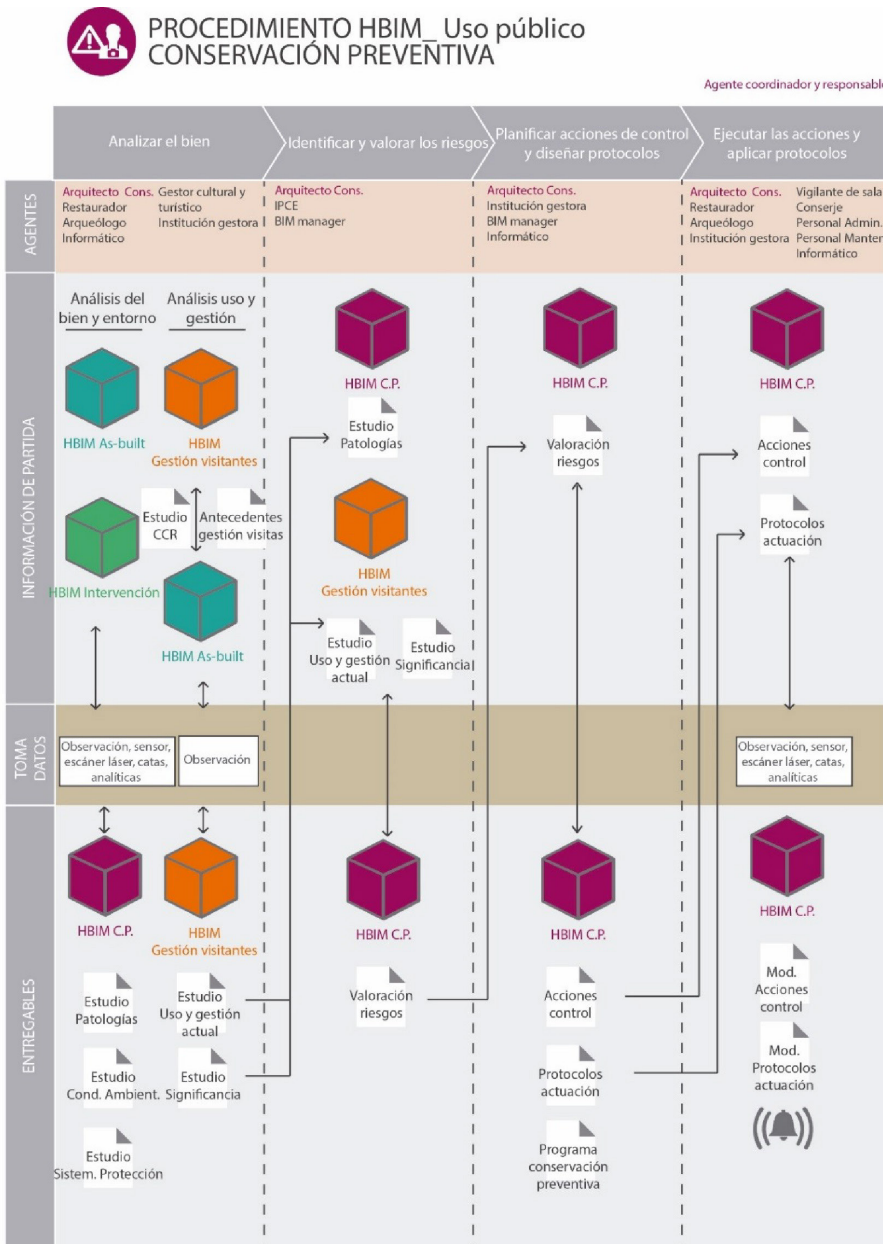
### PROCEDIMIENTO HBIM PARA EL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Cuando un bien patrimonial se destina al uso público, resulta imprescindible desarrollar un programa de conservación preventiva que contemple los riesgos relacionados con el uso público, además de los riesgos provocados por causas naturales o profesionales.

El procedimiento que se debe seguir para desarrollar el programa de conservación preventiva con HBIM se compone de tres fases: 1. Analizar el bien, 2. Identificar y valorar los riesgos 3. Diseñar las acciones de control y los protocolos de actuación. La cuarta fase del procedimiento hace referencia a la implementación del programa de conservación preventiva (figura 104).

#### 1. Analizar el bien, uso y gestión

- Partir del modelo HBIM As-built para disponer de información sobre los materiales, estructura, cerramientos, instalaciones y sistemas de protección. Adquirir nuevos datos sobre las condiciones actuales de bien mediante el reconocimiento visual, catas, analíticas, sensores (condiciones ambientales) cámara de alta resolución, escáner láser, etc. Acceder al modelo HBIM de la ejecución de la intervención para conocer las intervenciones realizadas y las técnicas aplicadas y así poder identificar las causas de las patologías provocadas por intervenciones inapropiadas. Desarrollar los siguientes entregables: estudio de patologías, estudio de condiciones ambientales y estudio de los sistemas de protección a partir de la información previa.



\*Consultar la figura 103 para conocer los requisitos de información de cada modelo HBIM

Figura 104. V2. Procedimiento HBIM para la conservación preventiva (Fuente: Elaboración propia)

- Analizar el uso y gestión actual del bien a partir de la información integrada en el modelo HBIM de gestión de visitantes y a través de la inspección (usos, número de visitantes, diseño del itinerario, accesos, señalética, equipamientos, comportamiento del visitante). Desarrollar el informe del uso y gestión actual. Si procede, desarrollar el estudio sobre la significancia del bien a partir de la actualización de los valores intrínsecos contenidos en el modelo HBIM As-built.

El entorno colaborativo de HBIM facilita el acceso a la información desarrollada por otras disciplinas, evitando de esta manera, la necesidad de adquirir datos dos veces. Además, mejora el conocimiento y el análisis inter-

disciplinar del bien, por ser un excelente gestor de información de formatos dispares (nubes de puntos, fotografías, datos climatológicos, informes, etc.).

## 2. Identificar y valorar los riesgos

- Identificar los riesgos de deterioro a partir del estudio de las patologías, del estudio del uso y gestión y del estudio de significancia, desarrollados en la fase anterior.
- Incorporar información de cada riesgo: denominación, deterioro producido, origen, factores agravantes, acciones de seguimiento y control recomendadas, riesgos relacionados, personal que ejecuta las acciones, recursos humanos y medios técnicos disponibles y necesarios para gestionar el riesgo.
- Disponer de acceso a la información del modelo HBIM de la Gestión de visitantes relativa a los usos que ha tenido el inmueble y la gestión de visitantes actual, facilita la identificación de los daños provocados por usos inapropiados o por una visita pública mal gestionada. Esta información resulta de gran utilidad para la valoración de los riesgos relacionados con el uso público.
- Valorar la gravedad de cada riesgo y la probabilidad de que ocurra. La generación de una tabla/gráfica HBIM de la probabilidad y gravedad de cada riesgo puede facilitar la toma de decisiones para priorizar las acciones de control de los riesgos.

## 3. Planificar las acciones de seguimiento y control de los riesgos y diseñar los protocolos de actuación

- Incorporar al modelo HBIM información relativa a las acciones de seguimiento y control de los riesgos: denominación, protocolo de actuación que se debe seguir, responsable, periodicidad de aplicación, recursos humanos y técnicos necesarios, coste y presupuesto total.

Las acciones de seguimiento y control de los riesgos relacionados con el uso público pueden ser: 1. Informar a los visitantes sobre los riesgos, 2. controlar el comportamiento del visitante durante la visita, 3. llevar el seguimiento de las condiciones ambientales y biodeterioro, 4. Realizar una encuesta de satisfacción del visitante después de la visita, 5. proporcionar formación continua al personal adscrito a la visita, 6. trasladar los registros de acceso y las incidencias detectadas a las bases de datos.

- Incorporar al modelo HBIM información relativa los protocolos de actuación: objetivo del protocolo, responsable, periodicidad de la tarea, respuesta en caso de superar el nivel de tolerancia, resultado de la acción de seguimiento y método de verificación.

HBIM puede vincular a cada riesgo, su acción de seguimiento y control y su protocolo de actuación, para facilitar la toma de decisiones o incluso automatizar las respuestas.

#### 4. Ejecutar las acciones de seguimiento y control de los riesgos y aplicar los protocolos

- Ejecutar las acciones de seguimiento y control de los riesgos de forma periódica permite prever los daños y verificar la idoneidad de los tratamientos de mantenimiento que se aplican y de los protocolos propuestos.

- Realizar el seguimiento del estado de conservación de la fábrica y de los elementos ornamentales mediante observación y toma de datos con instrumentos de alta precisión, como fotografías de alta definición y escáner láser 3D. Los modelos tridimensionales resultantes, permiten identificar variaciones volumétricas respecto a registros previos y actualizar el modelo HBIM.

El personal de mantenimiento puede registrar en el modelo HBIM el seguimiento del estado de conservación de la estructura y de las instalaciones in situ, mediante dispositivo móvil. La visualización 3D que proporciona el sistema HBIM facilita la identificación del recurso dañado por parte del personal de mantenimiento.

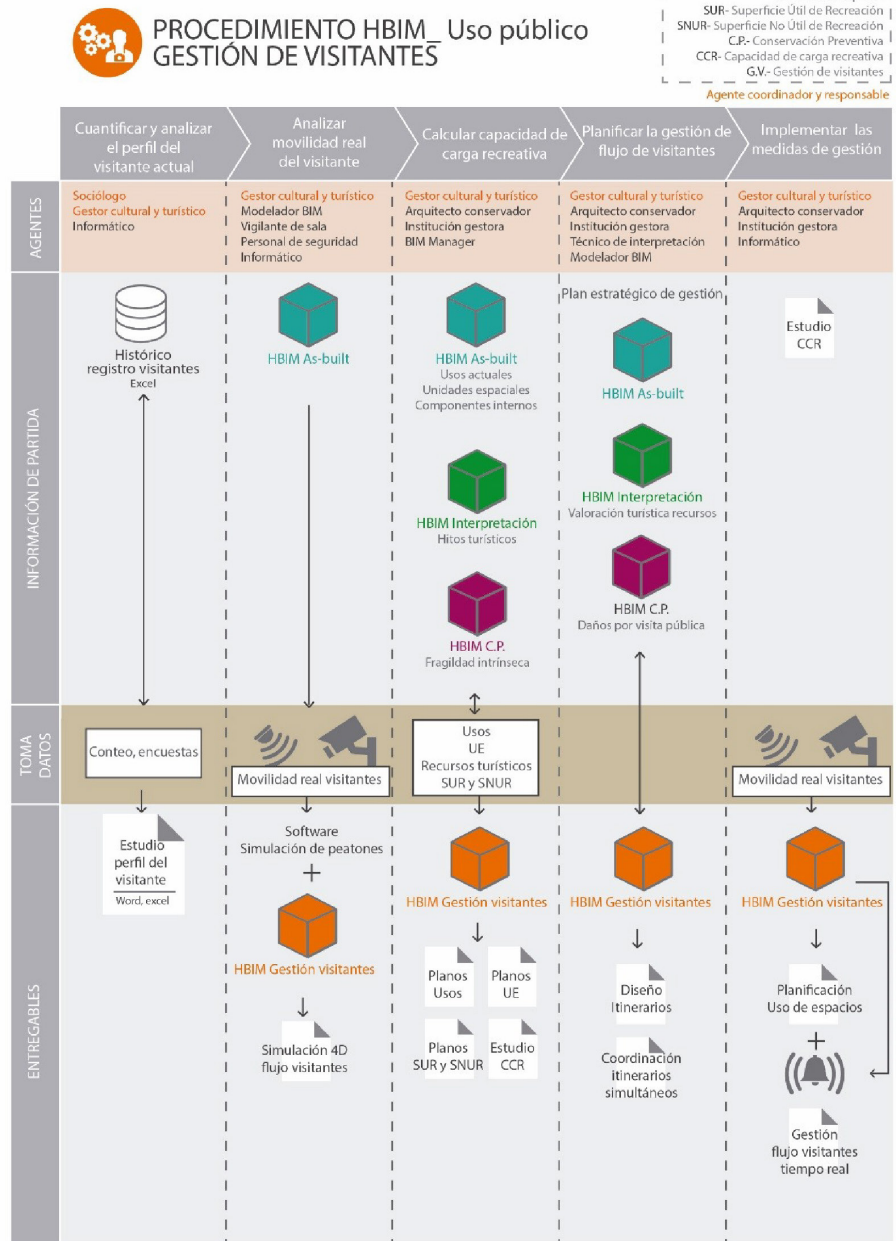
El seguimiento de las condiciones ambientales se puede realizar de forma continua o por muestreo con el apoyo de sensores. Si se vinculan las condiciones ambientales reales obtenidas mediante los sensores, con el modelo HBIM de conservación preventiva, se puede alertar de forma automática a la institución gestora cuando se supere el nivel de tolerancia admitida. La alerta puede llevar asociada los protocolos de actuación para agilizar la toma de decisiones en tiempo real.

Del mismo modo, la verificación diaria del correcto funcionamiento de los sistemas de protección por parte del conserje y del vigilante de sala, puede realizarse en el modelo HBIM mediante un dispositivo móvil y enviar alertas cuando se detecte alguna incidencia.

El sistema HBIM favorece la continua actualización del programa de conservación preventiva, lo cual garantiza su utilidad.

#### PROCEDIMIENTO HBIM PARA LA GESTIÓN DE VISITANTES

El procedimiento que se debe seguir para planificar la gestión de los visitantes con HBIM consta de cinco fases: 1. cuantificar y analizar el perfil del visitante, 2. Analizar la movilidad del visitante 3. Calcular la capacidad de carga recreativa, 4. Planificar la gestión del flujo de visitantes y 5. Implementar las medidas de gestión (figura 105).



\*Consultar la figura 103 para conocer los requisitos de información de cada modelo HBIM

Figura 105. V2. Procedimiento HBIM para la gestión de visitantes (Fuente: Elaboración propia)

### 1. Cuantificar y analizar el perfil del visitante

- Consultar datos del número de visitantes y del perfil del visitante de bases de datos previas y adquirir nuevos datos mediante encuestas y conteo. Vincular estos datos con el modelo HBIM y desarrollar el informe del perfil del visitante mediante softwares de tratamiento de texto (*Word*) y de bases de datos (*Excel*). Esta información resulta útil para el estudio de la capacidad de carga recreativa y el programa de conservación preventiva.

## 2. Analizar la movilidad real del visitante

- Partir del modelo HBIM As-built y adquirir datos de la movilidad real de los visitantes mediante sensores o cámaras de videovigilancia (muestras representativas o monitorización continua). Integrar estos datos en un *software* de simulación del movimiento de peatones, como *Mass-Motion Flow*®, vinculado con el modelo HBIM para simular en 4D la movilidad real de los visitantes y visualizar virtualmente los puntos más conflictivos de los flujos de visitantes (aglomeración, infrautilización, estrangulamiento) para facilitar la toma de decisiones de la gestión de los flujos de visitantes.

## 3. Calcular la Capacidad de Carga recreativa

- Partir del modelo HBIM As-built para tomar datos de los usos actuales y unidades espaciales in situ, a través de la plataforma web. Acceder al modelo HBIM de interpretación para identificar los recursos que disponen de mayor valoración turística, denominados hitos turísticos. En caso de no disponer de esta información, incorporar al modelo HBIM de gestión de visitantes los criterios de valoración turística desarrollados por Viñals *et al.* (2017) y realizar la valoración turística de los recursos. En gabinete, generar el plano de zonificación de usos, plano de unidades espaciales (UE), plano de la superficie útil de recreación (SUR) y plano de superficie no útil de recreación (SNUR). Para calcular la SNUR es necesario conocer las superficies que no pueden utilizarse para fines recreativos por razones conservacionistas, fragilidad intrínseca, seguridad, incompatibilidad de usos o por la disposición de componentes internos, según criterios de Viñals *et al.* (2017). Adquirir esta información de los modelos HBIM de conservación preventiva y del modelo HBIM As-built.

- Calcular la Capacidad de Carga Recreativa en un documento *Excel*, según la fórmula específica propuesta por Viñals *et al.* (2017). Vincular los datos de la SUR y SNUR del modelo HBIM en un documento *Excel* mediante un *plug-in*, como *Dynamo*. Con el fin de lograr una conservación más sostenible del bien, considerar los factores limitantes de gestión de la Institución como el personal disponible o los fondos económicos para el mantenimiento.

## 4. Planificar la gestión del flujo de visitantes

- Partir del modelo As-built para diseñar los itinerarios turísticos considerando el plan estratégico de gestión, la valoración turística de los recursos (contenidos en el modelo HBIM de interpretación), los daños provocados por visitas previas (definidos en el modelo HBIM de Conservación Preventiva) y los recursos personales disponibles para la visita. HBIM facilita el análisis virtual de las alternativas de los itinerarios turísticos y la toma de decisiones.

La simulación 4D de la coordinación de itinerarios turísticos simultáneos permite identificar y resolver posibles problemas (puntos de encuentro de

los grupos, tamaño del grupo excesivo) antes de su implementación real y optimizar la planificación de la gestión de flujos de visitantes en menor tiempo.

### 5. Implementar las medidas de gestión

Los modelos HBIM facilitan a la Institución gestora, la gestión de los espacios que comparten la visita pública con otro uso.

- Vincular los datos de la movilidad real de los visitantes con la capacidad de carga recreativa permitida y programar una alerta cuando se supere el límite establecido, facilita la toma de decisiones de la gestión de flujos de visitantes en tiempo real, por parte de la Institución gestora o del vigilante de sala.

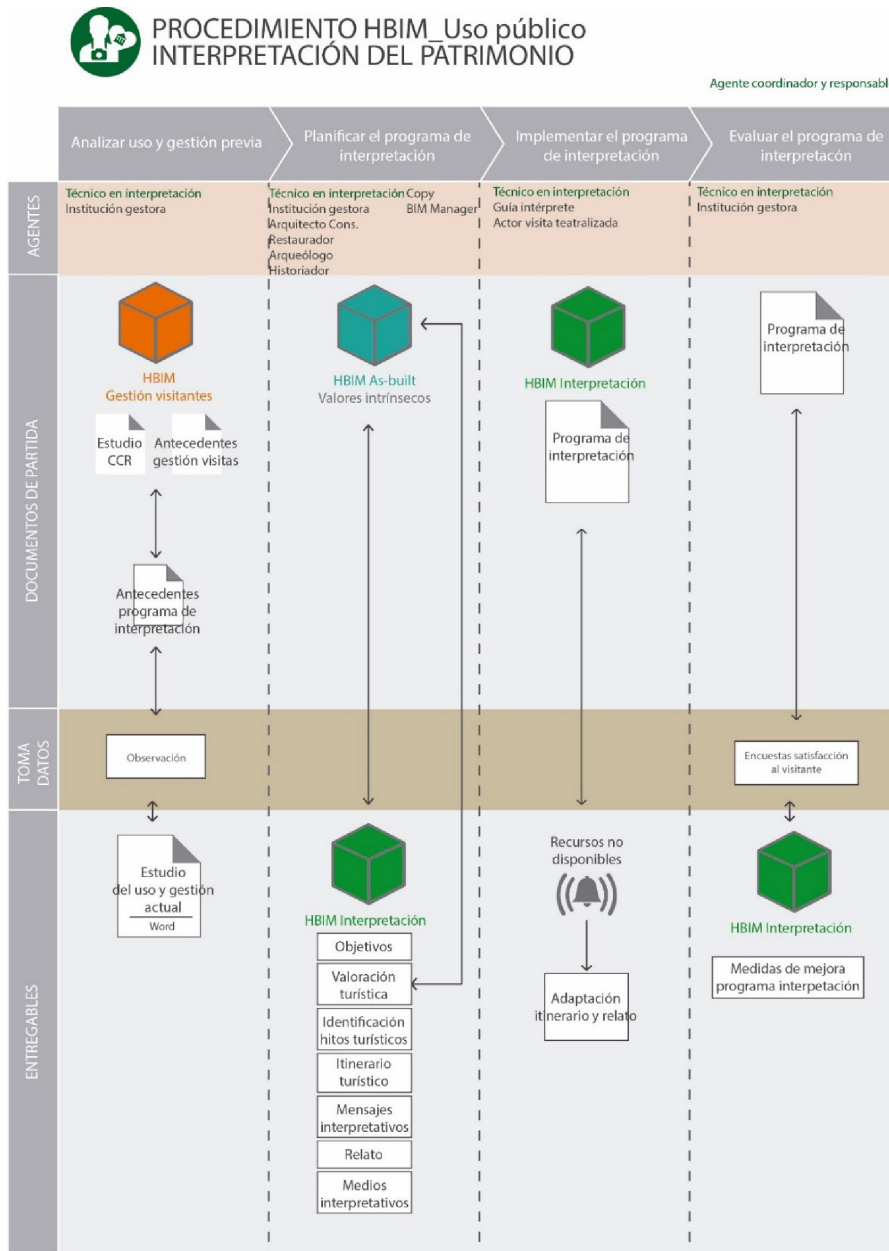
### PROCEDIMIENTO HBIM PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO

El procedimiento que se debe seguir para desarrollar el programa de interpretación del patrimonio con HBIM se compone de dos fases: 1. Análisis previo de la interpretación y 2. Planificación del programa de interpretación. Las fases tres y cuatro, hace referencia a la implementación y a la evaluación del programa desarrollado (figura 106).

#### 1. Analizar el uso y gestión de bien

- Analizar el uso y gestión del bien a partir de la información integrada en el modelo HBIM de gestión de visitantes. Analizar también los programas de interpretación previos, si se disponen. Desarrollar el estudio del uso y gestión actual del bien.





\*Consultar la figura 103 para conocer los requisitos de información de cada modelo HBIM

Figura 106. V2. Procedimiento HBIM para la interpretación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

## 2. Planificar el programa de interpretación

- Partir de la valoración intrínseca de los recursos contenida en el modelo HBIM As-built. Incorporar en el modelo HBIM de interpretación los criterios de valoración turística desarrollados por Viñals *et al.* (2017): Atractividad, resistencia, disponibilidad, accesibilidad, factibilidad, valores educativos y funcionalidad. Realizar, posteriormente, la valoración turística de los recursos. Relacionar la valoración intrínseca y turística de los recursos con el fin de identificar los hitos turísticos que mejor transmiten la significancia del bien y que por tanto, formarán parte de la visita. Diseñar y analizar virtualmente las alternativas del itinerario tu-

rístico de forma colaborativa con los agentes de la gestión de las visitas. Gestionar la información a través de una plataforma web.

La definición de los objetivos del programa de interpretación, la redacción del relato por parte del copy y la definición de los medios interpretativos más apropiados, es una labor intelectual, donde una herramienta informática no supone una gran ayuda. No obstante, la capacidad que dispone el sistema HBIM de vincular esta documentación al modelo HBIM, de manera que esté unificada en un único repositorio, resulta una gran ventaja frente al sistema de información tradicional, en el que la información se encuentra dispersa.

### 3. Implementar el programa de interpretación

Previamente a la fase de implementación, realizar la formación de los guías intérpretes y los actores de la visita teatralizada, en base al programa de interpretación.

En la fase de implementación, HBIM permite generar alertas automáticas para avisar al guía intérprete cuando los recursos o espacios visitables no se encuentran disponibles para la visita. De esta manera el guía puede anticipar la adaptación del itinerario y del relato interpretativo a la nueva situación, logrando una mayor experiencia de calidad de la visita.

### 4. Evaluar el programa de interpretación

La evaluación del programa de interpretación a través de las encuestas de satisfacción de los visitantes, permite adoptar medidas de mejora.

## PROCEDIMIENTO HBIM PARA LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO

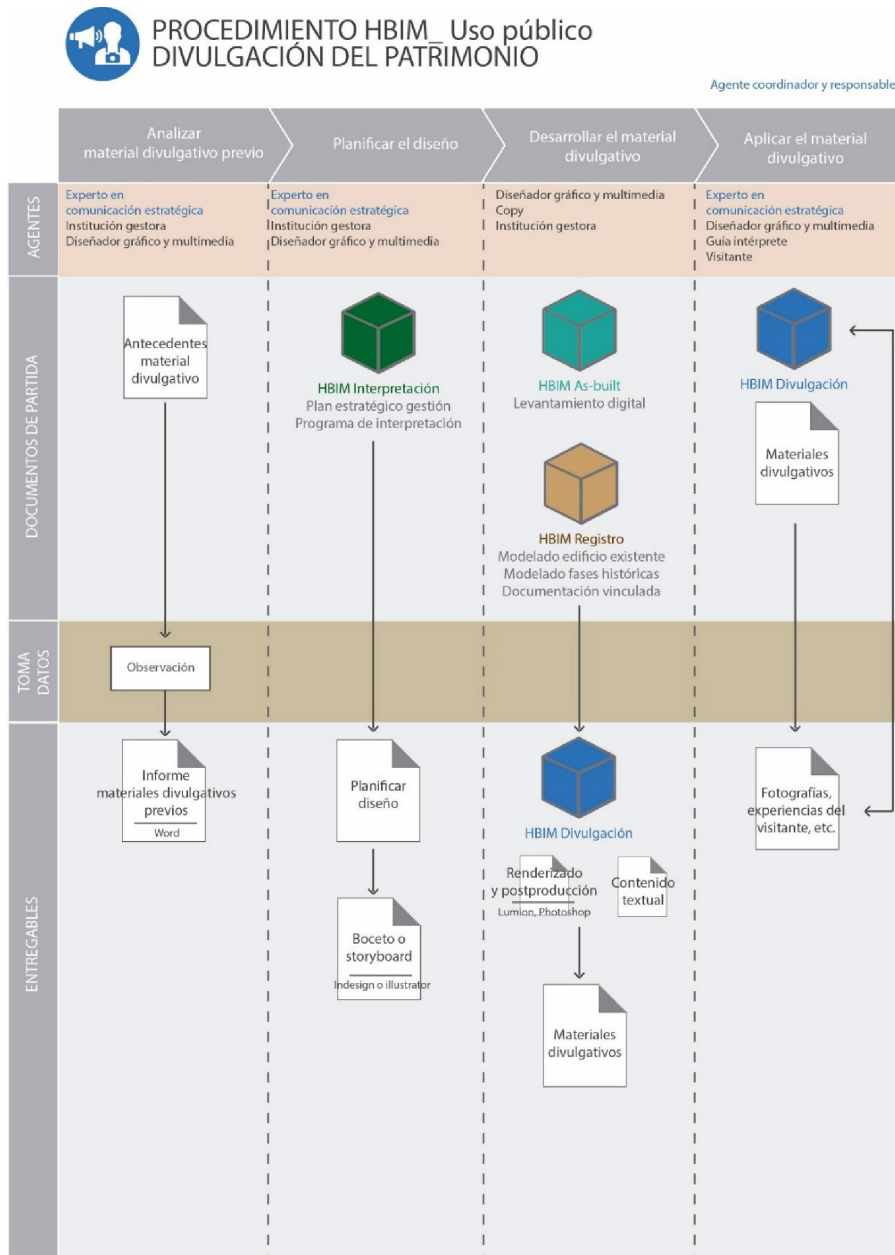
El protocolo HBIM específico para la divulgación del patrimonio se divide en tres fases: 1. Análisis previo de la divulgación, 2. Planificación y diseño del material divulgativo, 3. Implementación (figura 107).

### 1. Analizar el material divulgativo previo

Analizar los antecedentes de los materiales divulgativos y desarrollar un informe de los materiales divulgativos previos.

### 2. Planificar el diseño

Planificar el diseño de los materiales divulgativos en base al plan estratégico de gestión y al programa de interpretación contenidos en el modelo HBIM de interpretación. Desarrollar el boceto o storyboard.



\*Consultar la figura 103 para conocer los requisitos de información de cada modelo HBIM

Figura 107. V2. Procedimiento HBIM para la divulgación del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

### 3. Desarrollar el material divulgativo

Partir del modelo HBIM As-built para realizar la ilustración o renderizado del bien. Vincular el levantamiento digital (modelo 3D fotogramétrico) al modelo HBIM y realizar el renderizado con la textura real, o bien, renderizar sin texturas y aplicar patrones de texturas, durante la fase de postproducción.

Obtener información del programa de interpretación sobre los recursos turísticos y los mensajes interpretativos que se desean transmitir. En su defecto, acceder al modelo HBIM de registro para adquirir información sobre la edificación existente, la evolución de sus fases históricas, acontecimientos

históricos, etc. con el fin de conocer los valores que se quieren divulgar.

A partir de las ilustraciones, renderizados y contenidos previos desarrollar materiales divulgativos estáticos como ilustraciones, mapas turísticos, etc. o materiales divulgativos interactivos como visitas virtuales.

La capacidad que tienen los modelos HBIM para añadir hipervínculos, como modelos fotogramétricos o vídeos, fomenta la divulgación de sus valores. Cuando se reutilizan los modelos HBIM para desarrollar nuevos materiales divulgativos, se consigue una mayor eficiencia, ya que se optimizan los recursos económicos, se mejora la calidad de los contenidos y se logra una mayor comprensión de la complejidad de la arquitectura patrimonial por parte del visitante. En el caso de las visitas virtuales inmersivas a partir de modelos HBIM, la actualización de la información tanto del modelo HBIM como de la aplicación virtual es automática ya que existe una sincronización bidireccional de la información.

#### 4. Aplicar el material divulgativo

El material divulgativo mejora la orientación del visitante por el espacio patrimonial y ayuda al guía intérprete a divulgar el relato interpretativo para mejorar la comprensión de la configuración original del bien patrimonial y de su evolución constructiva, por parte del visitante.

Los visitantes y la comunidad local pueden enriquecer el modelo HBIM con información semántica relativa a sus valores sociales como fotografías y experiencias propias, etc. a través de accesos restringidos.

### 5.3.2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V2) A UN CASO DE ESTUDIO

Para estudiar la aplicabilidad del Protocolo HBIM (V2) para el uso público desarrollado en la fase anterior, se ha implementado parcialmente en el caso de estudio del conjunto de San Juan del Hospital de València. La implementación se ha centrado en dos de los cuatro aspectos del uso público que la literatura científica precedente no había explorado: la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio.

#### CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA

La implementación del protocolo HBIM (V2) en San Juan del Hospital ha partido de un conocimiento en profundidad del edificio y de la gestión del uso público que desarrollan. Así, según recoge la tesis doctoral de García-Valldecabres (2010), el templo de estilo gótico y tradición románica es de una sola nave con capillas laterales entre contrafuertes. La nave está cubierta con bóveda de cañón apuntado y plementería de piedra, dividida por arcos fajones que descansan sobre ménsulas. La cabecera de la iglesia es poligonal, de un solo ábside y está cubierta con bóveda de crucería y plementería de ladrillo (figura 108). La capilla de Santa Bárbara, de estilo barroco, fue proyectada por D. Juan Bautista Pérez Castiel, artífice de las obras más importantes del barroco valenciano. Esta capilla es de planta de cruz griega, está cubierta por una cúpula gallonada sobre cuatro pechinas y la ornamentación en relieve está realizada en yeso y posee esgrafiados de gran valor artístico. El templo cuenta con dos portadas gemelas de medio punto y gran dovelaje originarias de la iglesia primitiva y sobre ellas se alza una tracería ciega compuesta por cuatro trifolios que representa la cruz de Malta. Una de las portadas recae al patio norte y otra al patio sur. El acceso habitual a la iglesia se realiza lateralmente por los pies de la nave. El patio sur conserva importantes vestigios del primer cementerio medieval de la ciudad tras la reconquista, como la capilla funeraria, elemento inseparable de la arquitectura hospitalaria medieval, la panda de seis arcosolios, estelas funerarias y la cripta de Santa Bárbara donde se encuentra parte de la espina del circo romano de València (figura 109 y 110). La capilla funeraria está formada por un tramo de planta cuadrada abierto por sus lados y una cabecera ochavada cubierta con bóveda de crucería con plementos de ladrillo dispuestos a rosca. Cerca de la panda sur de arcosolios se encuentra protegida una fuentecita islámica del antiguo patio del Emir de València.



Figura 108. Nave de la iglesia de San Juan del Hospital de València, 2019 (Fuente: propia)



Figura 109. Patio sur del conjunto de San Juan del Hospital de València, 2020 (Fuente: propia)





Figura 110. Panda de arcosolios del patio sur del conjunto de San Juan del Hospital de València, 2020 (Fuente: propia)

Desde el año 1967, el conjunto ha sido objeto de diversas intervenciones para la recuperación, puesta en valor y adecuación para la visita pública. Entre los años 1967-1970 se llevó a cabo la repriminación de la arquitectura neoclásica de la nave de la iglesia superpuesta a la fábrica medieval. En el año 1997 se derribó el taller del periódico “Las Provincias” situado en una parte del patio sur. Un año después, se llevaron a cabo las obras de derribo de la casa del Prior, superpuesta a la capilla funeraria del patio sur (García-Valldecabres y López-González, 2003; García-Valldecabres *et al.*, 2013). En el año 2015, finalizaron las obras de restauración del muro de cierre y la Panda de arcosolios del patio sur. A mediados del año 2016, finalizaron las obras de puesta en valor y acondicionamiento para la visita pública del antiguo cementerio medieval ubicado en el patio sur y se facilitó el acceso para la visita pública.

En relación con la gestión de las visitas públicas, como ya se ha comentado, el complejo dispone de un modelo de visita simple, ya que el conjunto es de medianas dimensiones (aproximadamente 1.600 m<sup>2</sup>). La afluencia de visitantes recogida en el año 2019 es moderada (alrededor de 14.000 visitantes al año), las visitas no se concentran en periodos de tiempo concretos, ni en determinados enclaves. Sin embargo, la necesidad de compatibilizar el uso religioso con el uso de la visita pública y de garantizar el mantenimiento y conservación del bien, complican ligeramente el modelo de la visita.

Las visitas a la iglesia se pueden realizar de forma autoguiada y gratuita de lunes a viernes de 10:30 h. a 13:30 h, respetando siempre los horarios de culto. La visita del conjunto completo se puede realizar mediante visitas guiadas por guías profesionales de lunes a viernes a las 10:30h, 11:30h, y 12.30 h. por un precio establecido en 2019, de 5 euros o de 2 euros para los grupos. Dado que las actividades pastorales, como la catequesis, etc. se realizan principalmente durante las tardes y los fines de semana y tienen una elevada participación, las visitas públicas están programadas fuera del horario de estas actividades para evitar la simultaneidad de usos dentro del mismo espacio. No obstante, en ocasiones coinciden las visitas públicas con actividades pastorales que se desarrollan por la mañana como funerales, bodas de oro o incluso retiros multitudinarios.



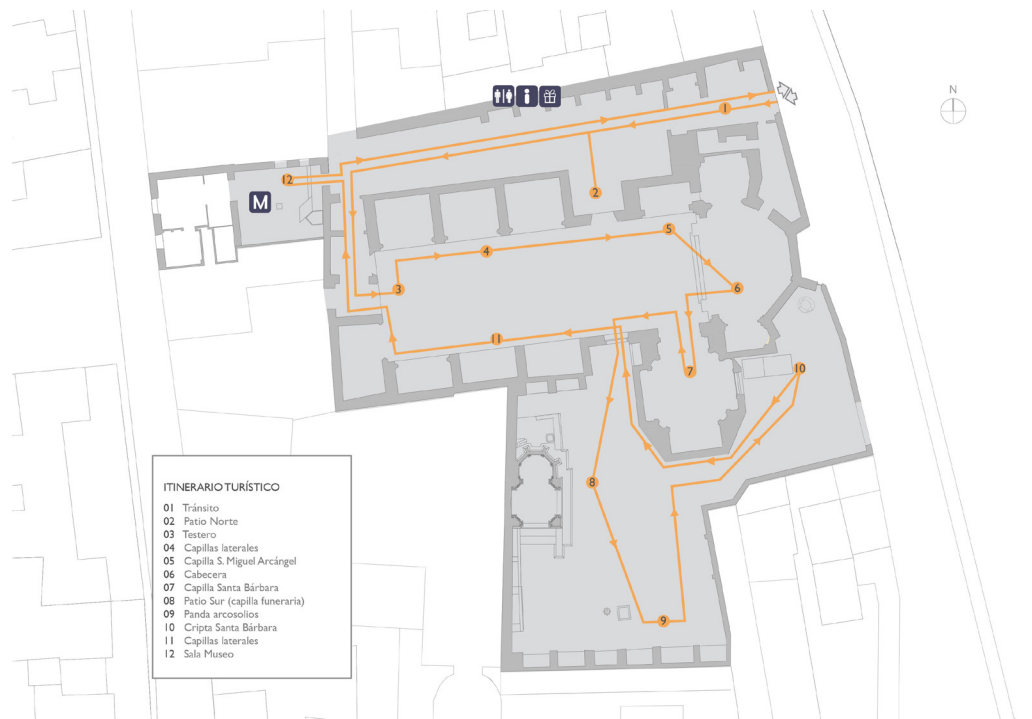
El perfil del visitante interesado en este bien destaca por la presencia de grupos escolares, alumnos universitarios y profesionales principalmente de origen local y público generalista de procedencia nacional e internacional, mayoritariamente de origen inglés e italiano. Actualmente, no se realizan encuestas de satisfacción a los visitantes, como se realizaban hace unos años; sin embargo, a través de las redes sociales se recogen las experiencias de los visitantes.

Los recursos turísticos más significativos del conjunto son las portadas de tradición románica de la iglesia, la iglesia de estilo gótico mediterráneo, la capilla barroca de Santa Bárbara, las pinturas murales de la capilla de San Miguel Arcángel, los vestigios del cementerio medieval ubicado en el patio sur y la cripta de Santa Bárbara donde se encuentran los restos del circo romano de Valencia (Salvador-García, 2015).

Tal como muestra la figura 111, el acceso al conjunto se realiza desde la calle Trinquete Caballeros. El acceso al templo se realiza lateralmente desde el patio norte. Al patio sur se puede acceder desde el interior del templo o bien desde la puerta recayente a la calle Trinquete Caballeros. El itinerario de la visita más frecuente inicia en el patio norte, pasa por la puerta de gran dovelaje, nave de la iglesia, capillas laterales, cabecera, capilla de Santa Bárbara, antiguo cementerio medieval, acceso de nuevo a la iglesia y por último, sala del museo (figura 112). El visitante puede moverse libremente por el espacio visitable, exceptuando la zona protegida de las estelas funerarias del patio sur y el interior de la cripta de Santa Bárbara que se realiza siempre con el acompañamiento del guía. Los grupos de las visitas pueden oscilar desde 3-4 personas, hasta grupos más numerosos de 25-30 personas, especialmente cuando se trata de grupos escolares. Es frecuente que coincidan dos visitas simultáneamente.

Figura 111. Recursos turísticos del conjunto de San Juan del Hospital de València (Fuente: Salvador-García, 2015)





En el patio norte se encuentra el punto de información, un punto de venta de libros y recuerdos y los aseos públicos debidamente señalizados.

En relación con los materiales divulgativos disponen de página web y un folleto para la visita turística traducido a cuatro idiomas, así como señalética informativa e interpretativa que facilita la accesibilidad intelectual de los visitantes.

En relación con la conservación del bien y la seguridad del usuario y visitante disponen de extintores, luces de emergencia, cámaras de seguridad y se prevé la colocación de detectores de humo en los espacios más vulnerables al fuego como la sacristía, el museo y la oficina. En relación con el mantenimiento del bien, existe la previsión de colocar una línea de vida para la limpieza de las cubiertas. Desde el año 2000 se han seguido las prioridades establecidas en el Plan Director (Lassala *et al.*, 2000) en relación con los estudios arqueológicos y las intervenciones arquitectónicas necesarias. Con respecto al plan de conservación preventiva, se han realizado algunas aproximaciones para su redacción, pero hasta el momento no se ha planificado ni implementado de forma específica.

Figura 112. Itinerario turístico del conjunto de San Juan del Hospital de València (Fuente: Elaboración propia)

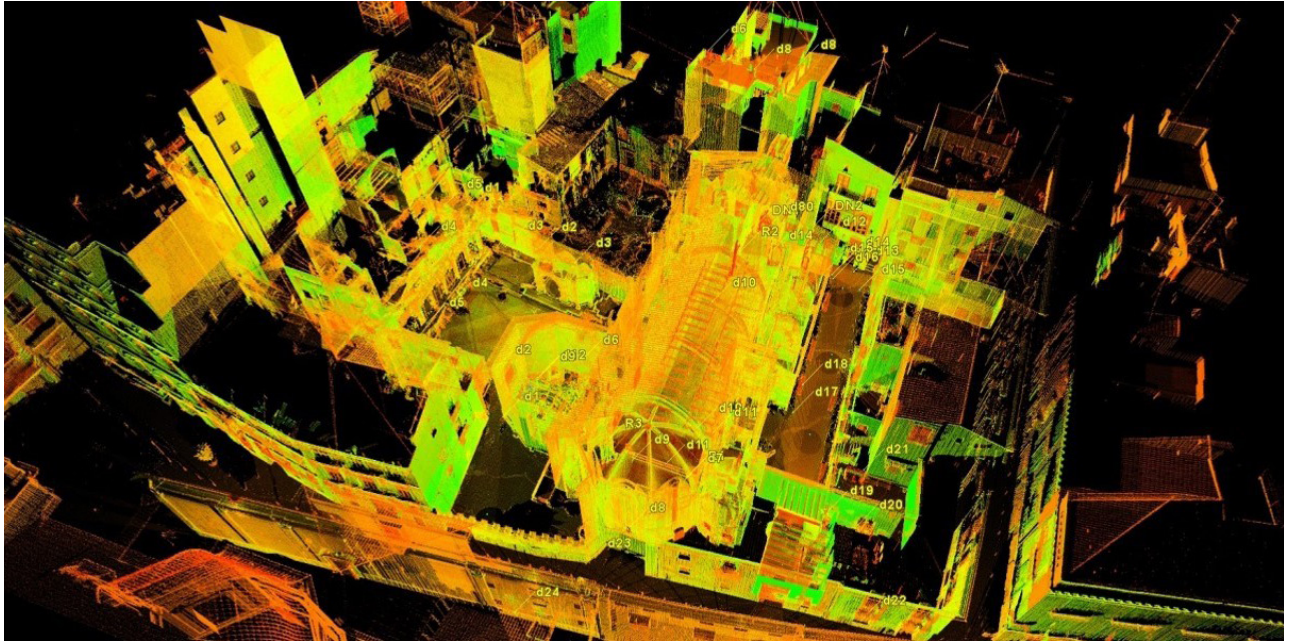
### MODELO HBIM DE PARTIDA DEL CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA

Tal como se ha mencionado previamente, el modelo HBIM del conjunto de San Juan del Hospital que se empleó de partida para la implementación de esta investigación fue el resultado del proyecto de investigación realizado durante los años 2013-2016, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (García-Valldecabres *et al.*, 2016a) donde la doctoranda participó como miembro del equipo de trabajo y de algunos trabajos final de máster codirigidos por el Dr. Jorge García Valldecabres como el de Jordán-Palomar (2015), Charco (2017), Forero (2018) y Mógica (2018). Los resultados del modelo HBIM resultante se muestran a continuación.

Siguiendo las recomendaciones del informe de la COTAC (Maxwell, 2014), el modelo HBIM se realizó tomando como referencia la nube de puntos. Tal como describen García-Valldecabres y Salvador-García (2014), la nube de puntos se obtuvo a partir de la toma de datos con escáner láser de la marca comercial Leica Geosystems (figura 113). Para realizar el escaneado del conjunto completo, hicieron falta un total de 54 escaneados parciales, que se desarrollaron durante dos días. La unión de las nubes parciales se llevó a cabo con la ayuda del *software Cyclone 8.1* de Leica Geosystem. El proceso de escaneado consistió en planificar el escaneado, realizar los escaneados parciales y unir las nubes de puntos parciales en una única nube que contenía la nave principal, patios norte y sur, cubiertas y entorno cercano (figura 114).



Figura 113. Toma de datos con escáner láser del conjunto de San Juan del Hospital, 2014 (Fuente: March Oliver, R.)



De los diferentes métodos de modelado HBIM que existen a partir de la nube de puntos (manual, semiautomático mediante algoritmos inteligentes y automático mediante la conversión de nurbs en objetos paramétricos HBIM), se decidió emplear la forma manual. El modelado manual sobre la nube de puntos (figuras 115 y 116), si bien idealiza levemente la geometría y requiere una importante inversión de tiempo, tal como destaca Maxwell (2014), hasta el momento resulta el método más adecuado, ya que el método automático se encuentra poco desarrollado y todavía genera simplificaciones formales e importantes inexactitudes.

Según Edwards (2017), los modelos híbridos compuestos por modelos HBIM y modelos de malla texturizada mejoran el registro riguroso de los elementos arquitectónicos de geometría compleja y de la envolvente exterior. Este tipo de modelo se experimentó parcialmente en la escultura de la Virgen del Milagro, como resultado del trabajo final de máster de Charco (2017) codirigido por García-Valdecabres y Salvador-García dando resultados positivos, pero no se aplicó extensivamente a todo el complejo para evitar que el tamaño del archivo aumentara considerablemente y afectara al almacenamiento y a la velocidad de procesamiento.

Figura 114. Nube de puntos del conjunto de San Juan del Hospital (Fuente: García-Valdecabres y Salvador-García, 2014b)



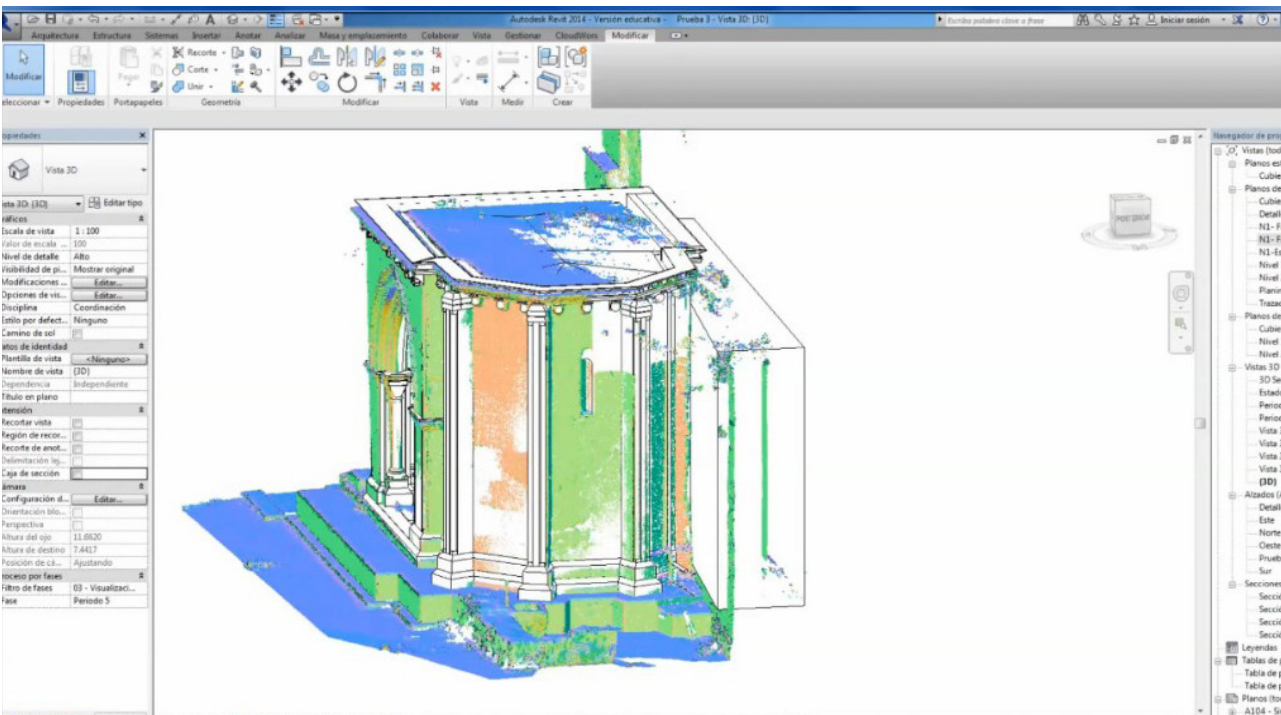
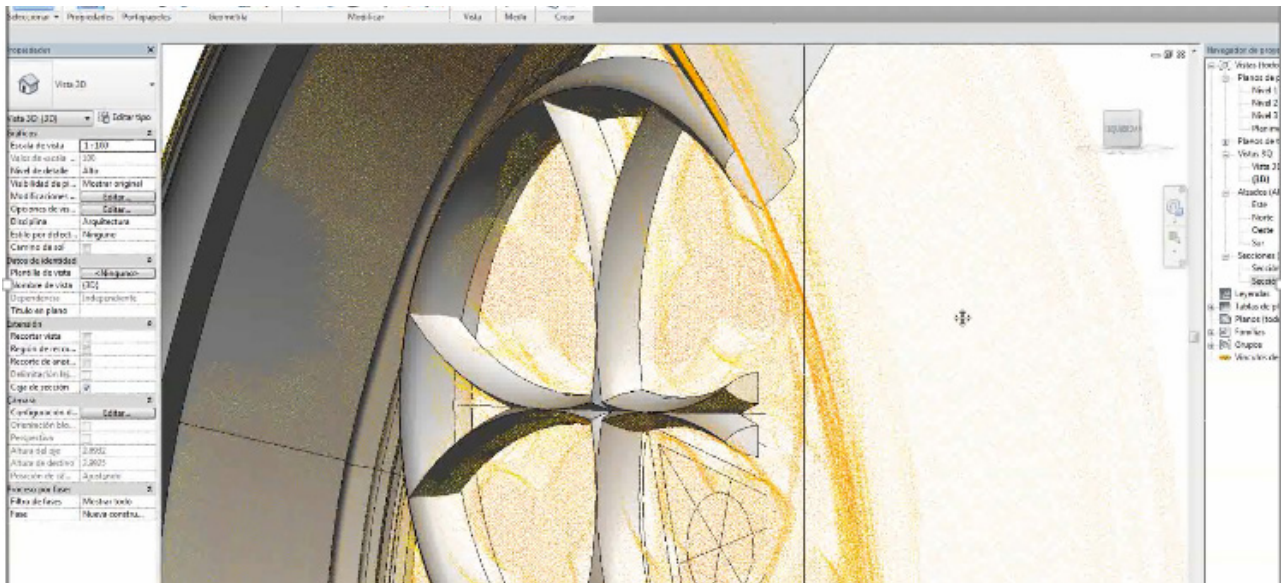


Figura 115. Modelado HBIM manual sobre la nube de puntos del rosetón de la iglesia de San Juan del Hospital (Fuente: March y Jordán-Palomar, 2014)

El primer paso para el desarrollo del modelo HBIM fue la creación de una plantilla patrimonial con parámetros propios de la arquitectura histórica, necesarios para la posterior conexión con la base de datos de la plataforma web *BIMLegacy* (figura 117).

Figura 116. Superposición de la nube de puntos y el modelo HBIM de la capilla funeraria del conjunto de San Juan del Hospital (Fuente: García-Valldecabres y Salvador-García, 2014b)

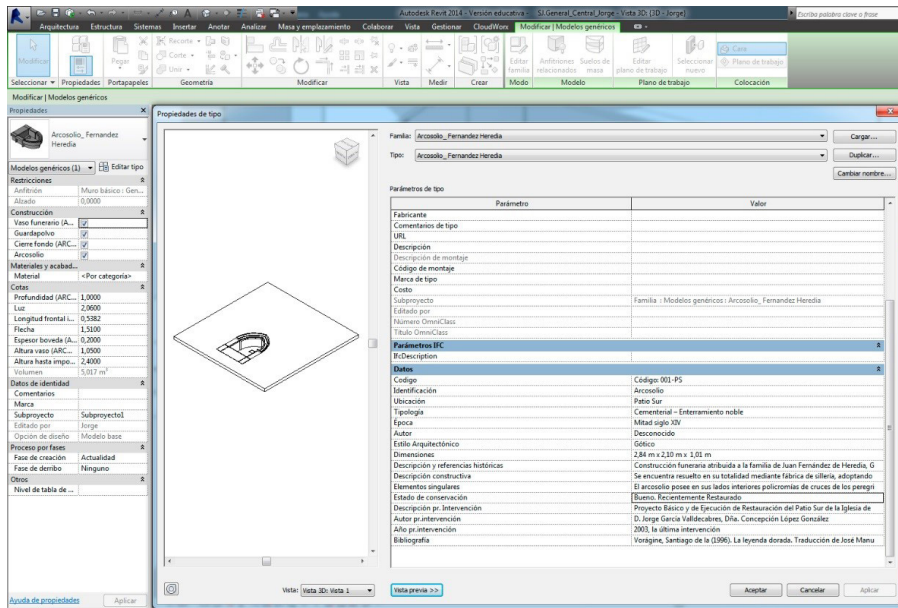
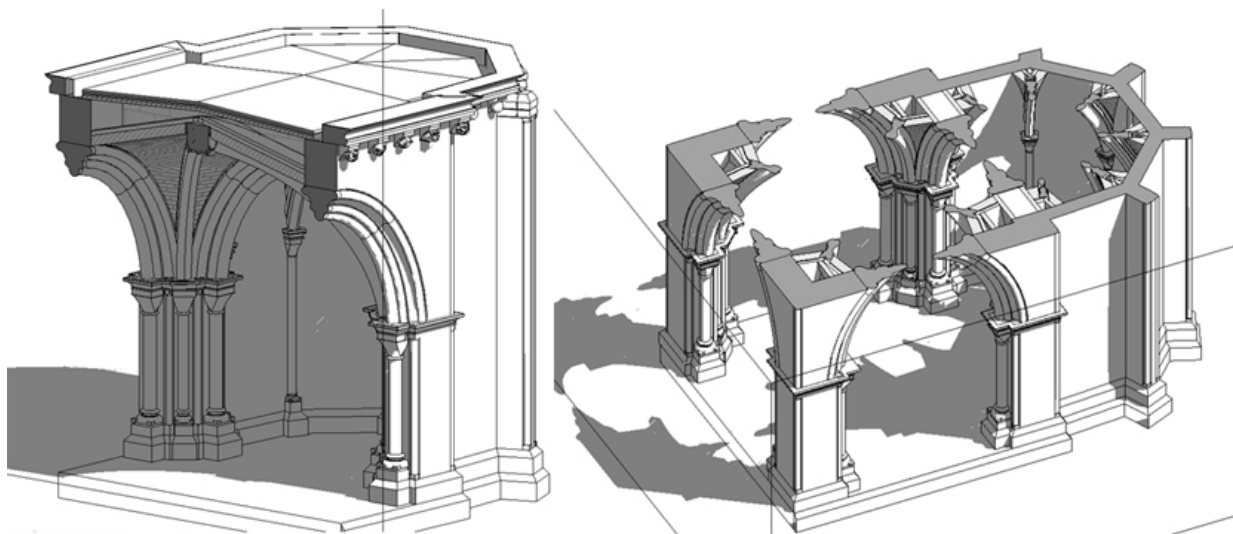


Figura 117. Parámetros de arquitectura patrimonial contenidos en la plantilla patrimonial (Fuente: García-Valldecabres, Jorge *et al.*, 2016)

Figura 118. Modelo HBIM de la capilla funeraria del conjunto de San Juan del Hospital seccionado donde se aprecia el sistema constructivo (Fuente: García-Valldecabres *et al.*, 2016a)



Tomando como referencia la nube de puntos y empleando las herramientas de dibujo de *Revit*, se fue modelando el conjunto desde lo más general a lo más particular.

En primer lugar, se modeló la volumetría del conjunto, el entorno urbano y el terreno. Posteriormente, se realizó el modelado general del conjunto, los restos arqueológicos y las fases históricas.

Para definir los sistemas constructivos en el modelo HBIM (figura 118), se consultaron los estudios sobre la evolución constructiva de la iglesia a través de la lectura muraria realizados por Crespo (2006), los informes de la recuperación del patio sur (García-Valldecabres y López-González, 2003) y los estudios recogidos en el Plan Director (Lassala *et al.*, 2000).

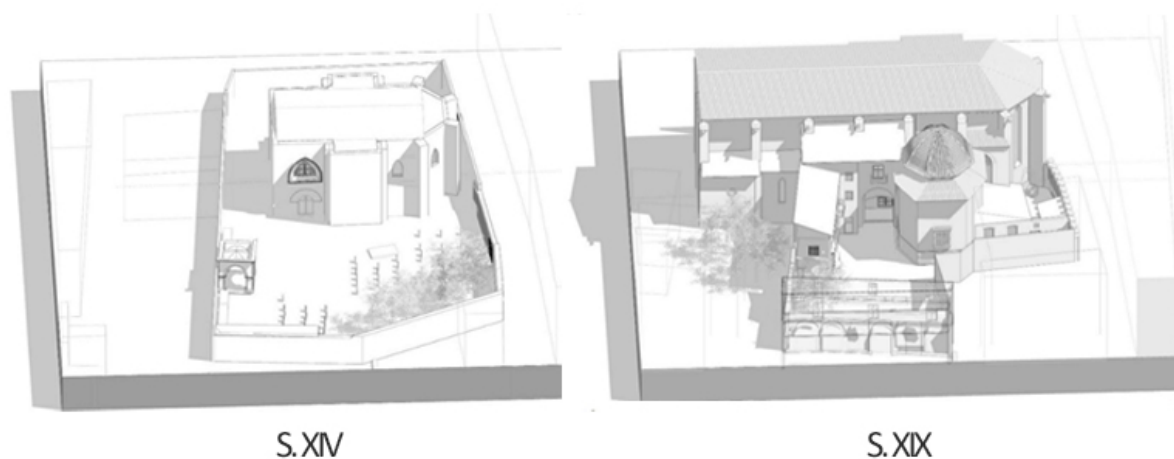
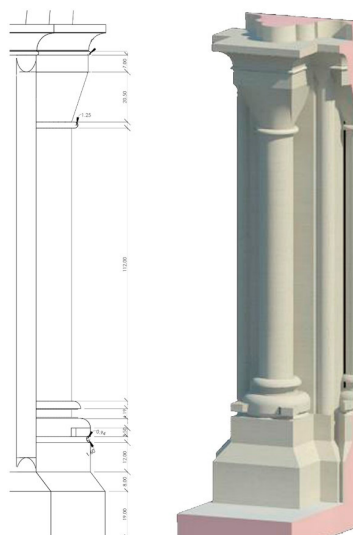


Figura 119. Algunas de las fases constructivas del conjunto de San Juan del Hospital (Fuente: Jordán-Palomar, 2015a)

Figura 120. Familia paramétrica de una pilastra de la capilla funeraria (Fuente: March y Jordán-Palomar, 2014)



Para modelar los restos arqueológicos, se analizaron los informes de las campañas arqueológicas (Pérez-Jordá *et al.*, 1998) y el trabajo final de master sobre el cementerio medieval realizado por Zornoza (2014). Los restos arqueológicos se modelaron *in situ*, por tratarse de elementos únicos.

Mediante el uso de los filtros de fase, se representaron las cinco etapas constructivas más significativas del monumento: siglo XIII, XIV, XVII, XIX y actualidad (figura 119). Las diferentes etapas se desarrollaron con mayor o menor nivel de detalle en base a la fiabilidad de los datos facilitados por las fuentes documentales existentes como cartografía y planimetría histórica, fotografías, grabados y los informes sobre la evolución constructiva de la iglesia realizados por Crespo (2006) y del patio sur desarrollados por Zornoza (2014).

Con el fin de reducir el tiempo de modelado de la geometría compleja propia de la arquitectura patrimonial se definieron algunas familias paramé-

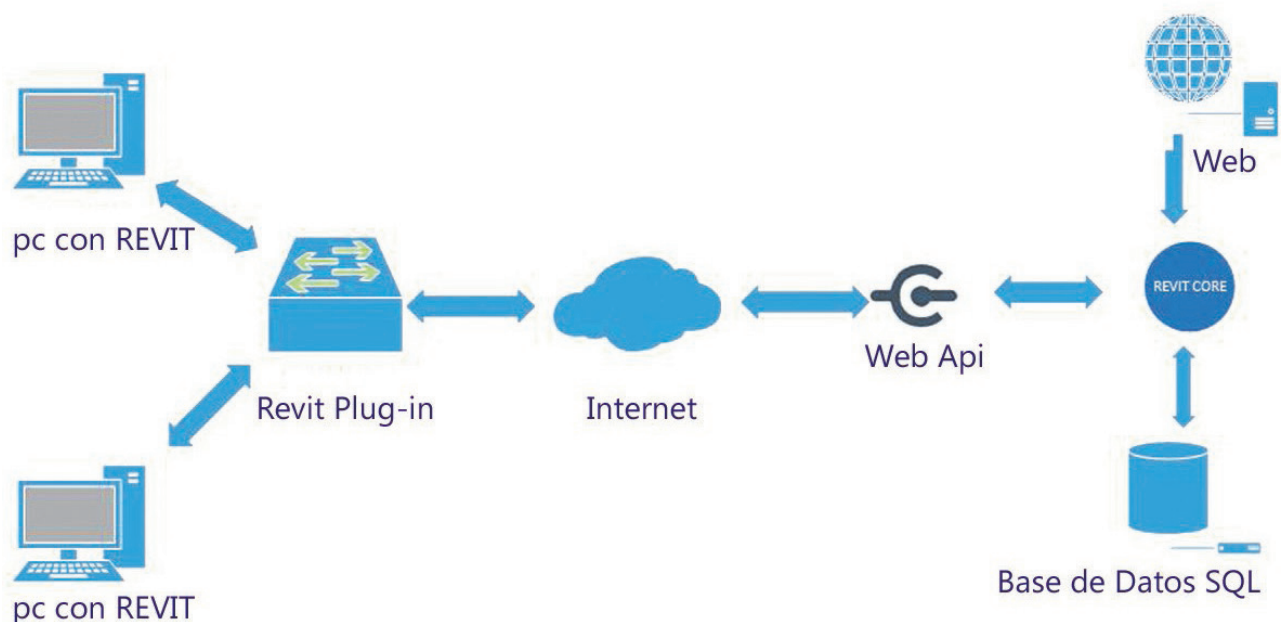


tricas de los elementos que se repetían o eran similares dentro del conjunto, como arcos, pilastras, rosetones, etc. (figura 120). Mediante la modificación de los parámetros y perfiles de las familias paramétricas, se consiguió adaptar la familia a la geometría singular de cada elemento.

A su vez, tal como describen García-Valldecabres *et al.* (2016a) con el fin de poder integrar en un único repositorio la información de los agentes técnicos y no técnicos involucrados en la conservación del patrimonio, se desarrolló un prototipo de plataforma web, denominada *BIMLegacy*.

El desarrollo informático de *BIMLegacy* compuesto por una plataforma web (*web Api*), una base de datos *SQL Server* y un *plug-in* de *Revit* (figuras 121, 122 y 123), se realizó dentro del proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (García-Valldecabres *et al.*, 2016a) en colaboración con el Instituto Tecnológico de Informática de la UPV. Este sistema novedoso permite sincronizar bidireccionalmente y en tiempo real los datos de la plataforma web con la información del modelo HBIM a través del *plug-in* y detectar los posibles conflictos de información introducida por los distintos agentes.

Figura 121. Arquitectura informática del sistema BIMLegacy (Fuente: García-Valldecabres *et al.*, 2016c)





## IMPLEMENTACIÓN

Para realizar la implementación del protocolo HBIM (V2) al caso de estudio, en primer lugar, se partió del modelo HBIM previo, se limpiaron los elementos solapados y se unificó la categorización de los elementos. Posteriormente, se completó el modelado HBIM del resto del conjunto (figura 124).

A este modelo HBIM se le añadió la información específica para la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio, con el fin de obtener los siguientes resultados: 1) Identificación y valoración de los hitos turísticos; 2) Diseño del itinerario turístico; y 3) Determinación de la capacidad de carga recreativa.

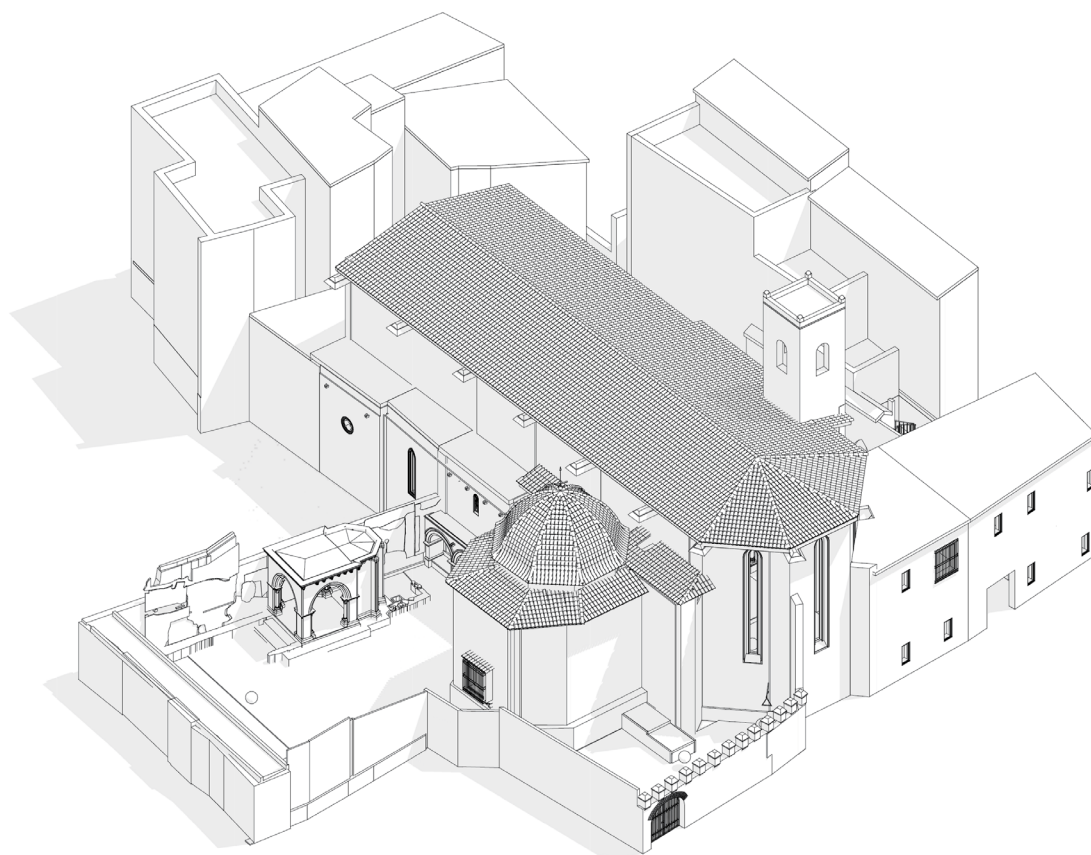


Figura 124. Modelo HBIM As-built del conjunto de San Juan del Hospital de Valencia.  
Fuente: (Salvador-García *et al.*, 2019b)

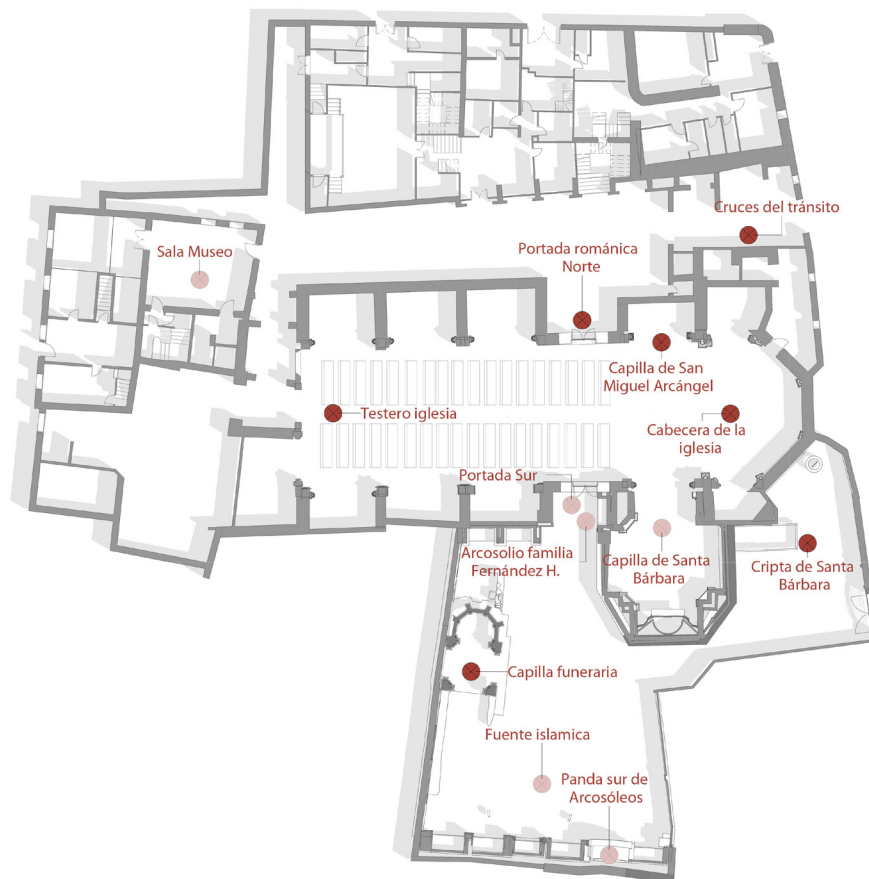
## 1. Identificación y valoración de los hitos turísticos

Con el fin de identificar los principales atractivos o hitos turísticos, se empleó la categoría de “modelo genérico” de *Revit*, así, se representó a modo de “chincheta de localización” y se colocaron en el punto de observación idóneo del hito.

A cada hito, se le incorporaron nuevos parámetros: “accesible”, “visitable” y los criterios de valoración intrínseca y de valoración turística propuestos por Viñals *et al.* (2017b). Los criterios de valoración intrínseca que se emplearon fueron: significancia, representatividad, singularidad, integridad, autenticidad, contextualización. Los criterios de valoración turística fueron: atractividad, resistencia, disponibilidad, accesibilidad del elemento, factibilidad, valores educativos y funcionalidad.

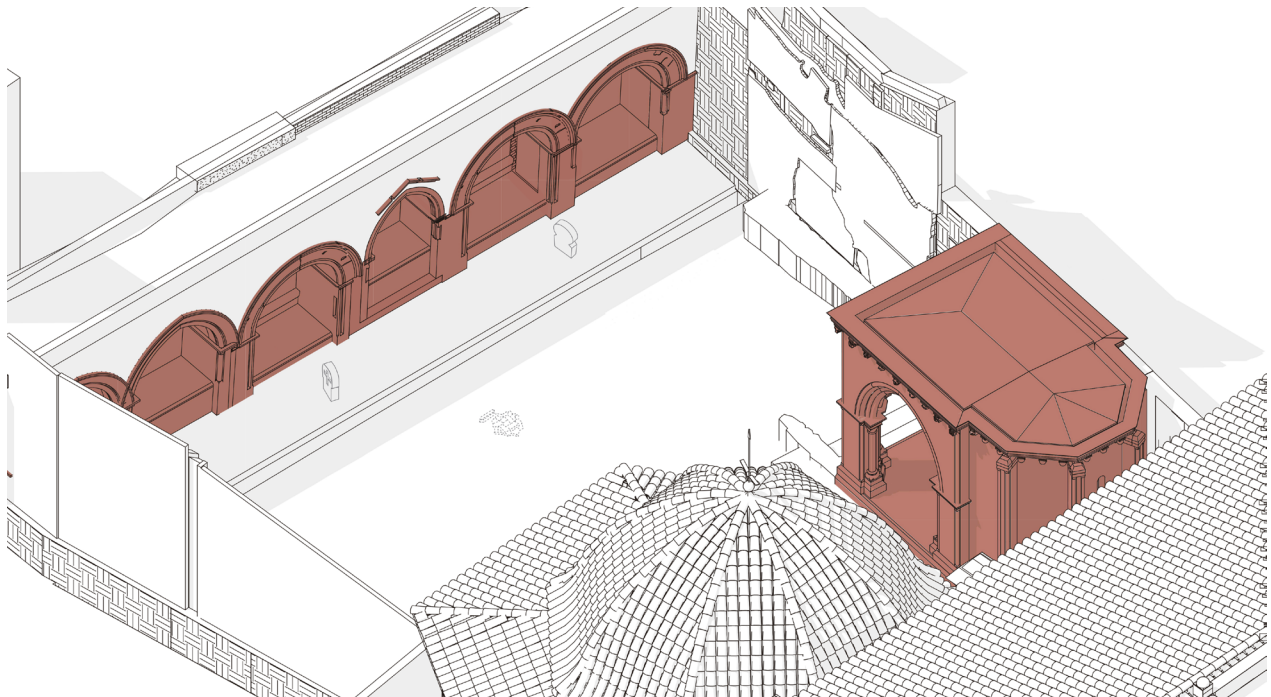
Se valoraron los criterios de cada hito en base a una escala de Likert con valores del 1-5 y se asignó un código de color de diferente intensidad según la valoración, siendo el más intenso el de mayor valor. Esto permitió visualizar los hitos en un plano 2D y resaltar aquellos que tenían mayor valor turístico (figura 125). Además, se generó un listado de los hitos turísticos para cada una de las Unidades Espaciales identificadas a través de tablas de planificación.

Figura 125. Vista 2D donde se destacan los recursos con mayor valor de atractividad (Fuente: Salvador-García *et al.*, 2019b)





Hito - Estado visitable / no				
A	B	C	D	E
Hito -Nombre	Estado del Hito	Descripción del estado del hito	Hito - accesible	Disponible
	(ninguno)			
Arcosolio familia Fernández H.	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Cabecera de la iglesia	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Capilla de San Miguel Arcángel	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Capilla de Santa Bárbara	En restauración	Restaurando los esgrafiados	<input type="checkbox"/>	No
Capilla funeraria	Disponible		<input type="checkbox"/>	Sí
Cripta de Santa Bárbara	Disponible		<input type="checkbox"/>	Sí
Cruces del tránsito	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Fuente islamica	Otros		<input type="checkbox"/>	No
Panda sur de Arcosóleos	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Portada románica Norte	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Portada Sur	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Sala Museo	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
Tesoro iglesia	Disponible		<input checked="" type="checkbox"/>	Sí



Dado que los hitos turísticos (elementos y espacios) no siempre se encuentran disponibles para la visita, se generó un nuevo parámetro de “sí/no disponible” y se indicó el motivo de la no disponibilidad: “en préstamo”, “en restauración”, “otro uso temporal”, “por razones de investigación” “otros” y se añadió un campo de “comentarios”. Esto permitió generar un listado de los hitos disponibles y describir los motivos en caso de no disponibilidad (figura 126).

Figura 126. Tabla de disponibilidad para la visita de los hitos turísticos (Fuente: Salvador-García *et al.*, 2019b)

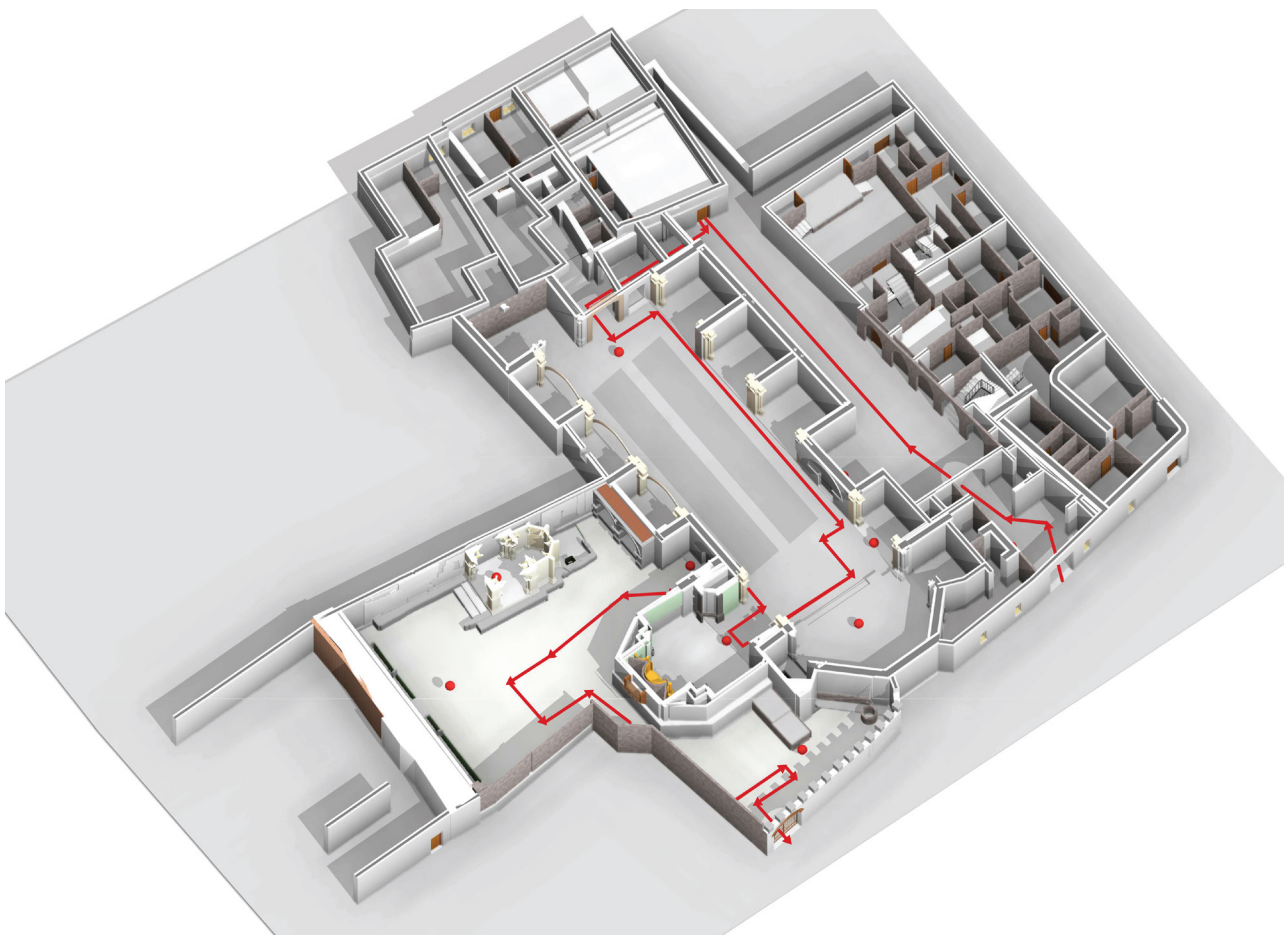
Figura 127. Vista 3D donde se destacan los hitos turísticos (Fuente: Salvador-García *et al.*, 2019b)

Para facilitar la visualización 3D y localización de los hitos turísticos, se destacaron mediante un sombreado. Tal como se aprecia en la figura 127, y a modo de ejemplo, los arcosoleos aparecen sombreados porque son un hito turístico. Sin embargo, la fuente islámica, un resto arqueológico que se encuentra oculto debajo del pavimento del patio sur, no aparece resaltado como hito turístico, porque a pesar de disponer de un elevado valor turístico de “atractividad”, su “disponibilidad” es nula ya que actualmente no se encuentra disponible para la visita.

## 2. Diseño del itinerario turístico

El itinerario de la visita se creó con un modelo genérico similar al empleado para representar el recorrido de evacuación de incendios de los edificios. El itinerario recorre los hitos turísticos más destacados que se encuentran disponibles, para una duración media de visita de 1 hora (figura 128).

Figura 128. Vista 3D del itinerario turístico  
(Fuente: Salvador-García *et al.*, 2019b)



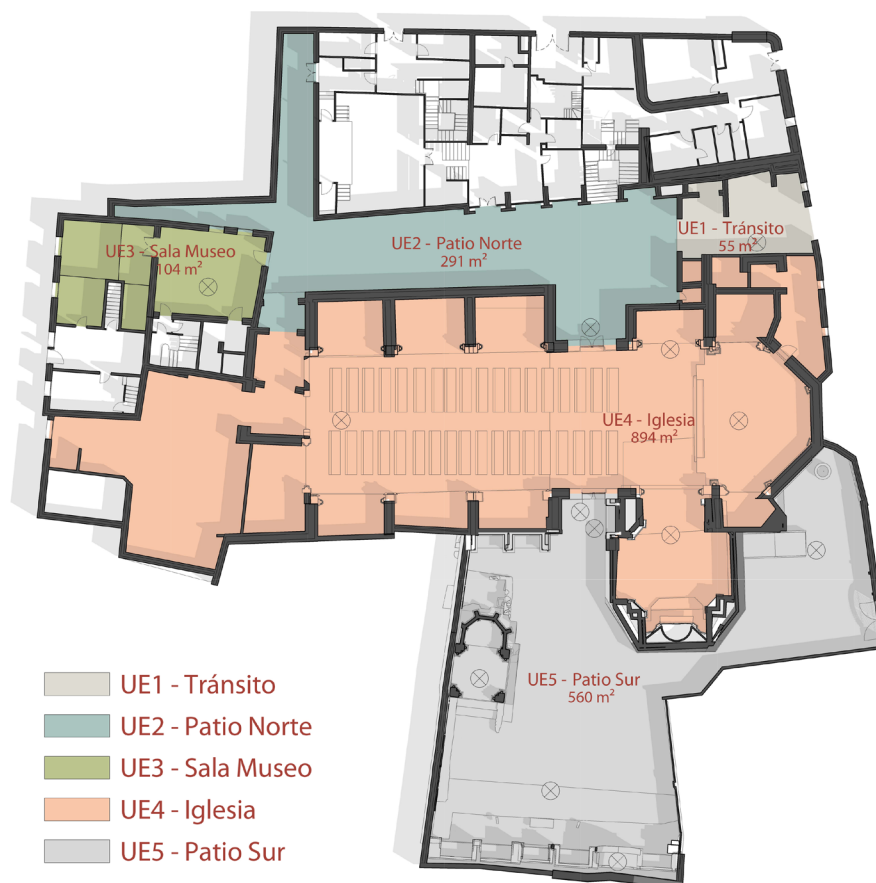
### 3. Determinación de la capacidad de carga recreativa

Para la determinación de la capacidad de carga recreativa, se llevaron a cabo los pasos relatados en capítulo 5.2.1.2. Gestión de visitantes: zonificación de los usos, identificación de las Unidades Espaciales (UE) según sus características físicas, determinación de la Superficie Útil de Recreación (SUR) de las UE y cálculo de la capacidad de carga recreativa.

Con el fin de zonificar los usos de las estancias, se empleó la categoría de “Área” de *Revit* por ser la más apropiada para delimitar distintos usos de un mismo espacio, no acotados por elementos constructivos físicos. Se diferenciaron tres usos “visita pública”, “zona de circulación” y “no visitable” diferenciados mediante un código de color y se detalló el uso específico de cada espacio: “uso religioso”, “uso privado”, “uso cultural ocasional”, “uso administrativo” y “aseos”, indicando la compatibilidad de uso entre los diferentes espacios.

Para zonificar las Unidades Espaciales (UE), se empleó la categoría de “Habitación” de *Revit*, ya que permite asignarle un uso y asociarle los hitos turísticos que contiene cada UE. Esta categoría, además, permite asignarle propiedades de área, perímetro y volumen, aspectos fundamentales para el cálculo de la capacidad de carga recreativa y parámetros de acabado de suelo, techo, muros, etc., que pueden ser de gran utilidad para registrar el esta-

Figura 129. Plano 2D de las Unidades Espaciales (Fuente: Salvador-García *et al.*, 2019b)



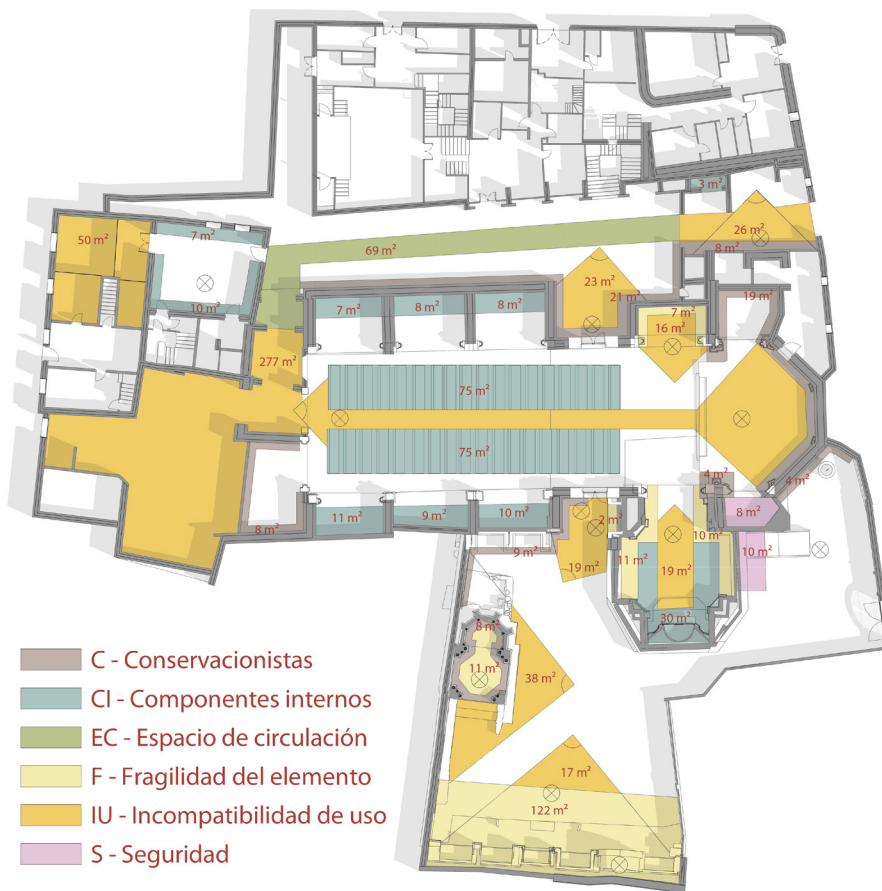


do de conservación actual y planificar el programa de conservación preventiva. La incorporación de esta información relativa a las Unidades Espaciales ha permitido generar un plano de zonificación de las cinco UE del conjunto: tránsito, patio norte, sala museo, iglesia, patio sur, diferenciadas según un código de color y donde quedan indicadas sus superficies útiles (figura 129).

El siguiente paso que se siguió para calcular la capacidad de carga recreativa fue la determinación de la Superficie Útil para la Recreación (SUR), que es aquella que queda disponible para la visita pública tras restar las Superficies No Útiles para la Recreación (SNUR). La SNUR la integran superficies que no pueden emplearse para la visita pública por varios motivos: razones conservacionistas, fragilidad, seguridad, incompatibilidad de usos o por la disposición espacial de componentes internos (mobiliario, columnas, etc.). Para acotar estos espacios, dado que no se encuentran delimitados por elementos constructivos, se empleó la categoría de “Área” de *Revit*.

Para delimitar las Superficies No Útiles para la Recreación (SNUR), se acotó un área paralela a la fábrica histórica “por razones conservacionistas” con el fin de minimizar los riesgos por desgaste que puedan provocar las visitas públicas. Además, se identificaron las superficies que presentan mayor fragilidad: arcosoleos del patio sur, pinturas murales de la capilla de San Miguel Arcángel, pavimento de la capilla funeraria y esgrafiados de la capilla de Santa Bárbara. Los espacios que presentaban limitaciones por “seguridad”

Figura 130. Plano de superficies no útiles de recreación (Fuente: Salvador-García *et al.*, 2019b)



han sido: la primitiva capilla de Santa Bárbara y la cripta de Santa Bárbara. Los espacios de circulación y los espacios comprendidos entre el punto idóneo de observación de los hitos y los propios hitos, se consideraron espacios incompatibles con el tránsito de personas para que no se produjeran obstrucciones ni intrusiones en la cuenca visual. Por último, se consideraron los bancos de la iglesia y altares de las capillas laterales como “componentes internos” limitantes para el uso de visita pública (figura 130).

Una vez definidas las SUR y SNUR, se desarrolló una definición de *Dynamo* que relaciona ambas superficies y permite extraer la SUR de cada UE a un *Excel*. En este archivo *Excel* se añadieron las operaciones matemáticas necesarias para calcular la capacidad de carga recreativa.

La división entre la SUR y el estándar personal de proxémica (espacio interpersonal de interacción cuando se desarrolla una actividad en grupo) ha permitido calcular el número de personas en cada unidad espacial (UE) que pueden realizar la actividad al mismo tiempo (PAMT), en condiciones de confort físico y psicológico. Los estándares de proxémica que se han empleado para desarrollar una actividad en grupo en espacios cerrados, es de 1,2 m<sup>2</sup>, y para espacios abiertos, 1,5 m<sup>2</sup>, siguiendo las propuestas de Hall (1982), como ya se comentó. El tamaño del grupo idóneo que se ha establecido para las visitas de este conjunto religioso ha sido de 12 personas, considerando las características del espacio patrimonial y la función religiosa que comparte con la visita pública.

Para calcular el número de grupos simultáneos que puede haber en cada UE, se ha dividido el PAMT entre el tamaño del grupo (12 personas) y se le ha aplicado el factor limitante de distancia mínima admisible entre grupos para garantizar el confort visual y acústico durante las visitas. A partir de la experiencia práctica en el desarrollo de rutas e itinerarios turísticos, se toma los 25 metros como distancia mínima de referencia entre grupos en espacios cerrados y 50 metros en espacios abiertos. Este cálculo ha evidenciado que el espacio más desfavorable para alojar varios grupos simultáneos es la Sala del Museo; por ese motivo, se ha determinado que únicamente puede haber 1 grupo simultáneo por UE.

Para calcular el coeficiente de rotación de los grupos en un mismo día, se ha dividido el horario de visita disponible (4 horas abierto al día), entre el tiempo medio de duración de la actividad (1 hora). Esta operación ha dado como resultado un coeficiente de rotación mínimo de 4 visitas al día. No obstante, considerando la configuración espacial del edificio, existe la posibilidad de simultanear varios grupos y programar 2 visitas por hora, saliendo con una diferencia entre grupos de 30 minutos o incluso 3 visitas por hora, iniciando cada 20 minutos. Esto daría un total de 4, 8 o 12 visitas por día en condiciones de confort físico y psicológico.

Finalmente, el cálculo de la capacidad de carga recreativa se ha obtenido al multiplicar el número de grupos simultáneos y el coeficiente de rotación. En este caso de estudio, siendo el número de grupos simultáneos 1, el tamaño del grupo de 12 personas y el coeficiente de rotación 4, 8 y 12, la capacidad de carga recreativa más desfavorable sería de 144 visitantes al

día. Hay que señalar que sería necesario un estudio detallado de los posibles impactos que este volumen de visitantes puede causar para refinar esta estimación.

### DISCUSIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio han demostrado por primera vez que HBIM puede ser una herramienta útil para analizar, planificar y también para gestionar más eficazmente las visitas públicas de los bienes patrimoniales ya que facilita la toma de decisiones de los agentes involucrados.

En relación con la planificación de los flujos de visitantes, los resultados de este estudio indican que las capacidades espaciales de HBIM, la posibilidad de identificar y valorar los hitos turísticos y relacionarlos espacial y temporalmente facilita la toma de decisiones a la hora de diseñar el itinerario turístico, determinar el tamaño y la rotación de los grupos, planificar la coordinación de itinerarios simultáneos, etc. Si bien, el itinerario se ha realizado de manera manual, se han identificado futuros estudios encaminados a profundizar en la automatización de itinerarios alternativos en base a la disponibilidad de los recursos visitables, el orden de la visita y el tiempo total de la visita. La capacidad de HBIM de analizar virtualmente distintas alternativas puede anticipar y resolver los riesgos derivados de una inapropiada gestión de la visita antes de su implementación, reduciendo así el tiempo y coste invertido para lograr una gestión más sostenible. Los resultados de este estudio indican también que HBIM facilita el cálculo de la capacidad de carga recreativa, ya que, si bien puede determinarse mediante otras herramientas tradicionales, HBIM maneja más eficientemente la información espacial y permite vincular información semántica que facilita su determinación de manera más integral.

Se estima que los resultados de esta implementación son un buen comienzo y ya se ha identificado la necesidad de desarrollar futuras líneas de investigación orientadas a analizar los flujos de visitantes reales y a gestionar las visitas públicas en tiempo real mediante el uso de HBIM. La vinculación de los flujos de visitantes obtenidos mediante sensores y dispositivos de posicionamiento, como GPS, con el modelo HBIM y un *software* de simulación de peatones puede analizar y anticipar situaciones de congestión y facilitar alternativas de tránsito a fin de evitar saturación y discomfort de los visitantes. También, HBIM podría permitir la gestión integrada de la información de diferentes inmuebles de una misma propiedad, por ejemplo, para el desarrollo de rutas temáticas que relacionen inmuebles con características comunes.

Las principales limitaciones que se han encontrado en la implementación han sido:

- En relación con la gestión de visitantes, no ha sido posible simular el análisis del flujo de los visitantes real ni generar de forma automática el itinerario de la visita ya que para alcanzar estos resultados se requería un desarrollo informático específico y una importante inversión de recursos y tiempo.
- Con respecto a la implementación del ámbito de la interpretación, únicamente se han introducido los parámetros de la valoración turística, como primer paso para el desarrollo del programa de interpretación. Sin embargo, no se han definido los objetivos del programa de interpretación, ni se ha redactado el relato interpretativo ya que como se trata de una labor principalmente intelectual, el sistema BIM no supone una gran ayuda.
- Por último, la integración de la información específica del uso público en el modelo HBIM la ha llevado a cabo el *BIM Manager* siguiendo las directrices de la autora y los directores de esta investigación, en lugar de los agentes de la gestión cultural del caso de estudio, debido a que no fue posible adaptar la plataforma *BIMLegacy* para el uso público y estos agentes no manejaban el software *Revit*.

### 5.3.2.3. EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V2)

Los resultados de la evaluación del Protocolo HBIM (V2) para el uso público del patrimonio llevada a cabo por agentes de la gestión cultural del conjunto de San Juan del Hospital de València, agentes profesionales en conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación y divulgación, y un agente experto en BIM, se detallan a continuación.

Los agentes de la gestión cultural del conjunto de San Juan del Hospital consideran que el Protocolo HBIM (V2) sería fácil de aplicar ya que la estructura del protocolo y su contenido resulta clara y sencilla. También están de acuerdo en que el protocolo podría generalizarse a diferentes tipos y tamaños de proyectos. No obstante, la directora del Museo de San Juan del Hospital opina que el proceso de aplicación de HBIM para el uso público requerirá un largo periodo de tiempo, especialmente en los monumentos complejos, ya que previamente se deberán introducir por primera vez todos los datos del momento en el sistema HBIM. En relación con la utilidad del protocolo, la directora del Museo ha expresado tener algunas dudas sobre si el protocolo podría facilitar el desarrollo de los materiales de planificación del uso público. En relación con los procesos y los agentes que contempla el protocolo, propone destacar en mayor medida la figura del historiador y del arqueólogo, así como los análisis históricos y estudios arqueológicos que se realizan con anterioridad a la intervención. Por otro lado, considera que el protocolo debería enfatizar que BIM permite conectar información de diferentes fuentes documentales (bases de datos *Excel* y *Access*, fotografías, documentos digitalizados, testimonios, etc.).

El agente experto en conservación preventiva está totalmente de acuerdo en que el Protocolo HBIM (V2) sería fácil de aplicar porque la estructura y el contenido le parece clara y sencilla. Si bien, destaca que existe una gran diversidad de bienes culturales (edificios históricos, arquitectura tradicional, yacimientos arqueológicos, etc.), considera que el protocolo podría ser generalizable a la gran mayoría de ellos. Con respecto a su utilidad, está de acuerdo en que el protocolo podría facilitar el desarrollo del programa de conservación preventiva, que HBIM puede mejorar la eficiencia en la planificación y gestión de la conservación preventiva y que el protocolo representa los procesos actuales de la conservación preventiva. Este agente sugiere señalar de forma más explícita que el proyecto HBIM puede generarse para el registro del bien cultural o la gestión del uso público aunque no sea necesaria una intervención arquitectónica. También propone que el protocolo debería incorporar información sobre las medidas de seguridad del bien cultural y de los visitantes y sobre las causas de los riesgos. Además, sugiere completar el protocolo con información que se desarrolla en las fases previas al uso público y que condiciona diferentes aspectos del uso público como el proyecto museográfico, análisis histórico-artístico, etc.

El agente experto en la gestión de visitantes opina que el Protocolo HBIM (V2) sería fácil de aplicar ya que la estructura del protocolo y en especial su contenido, resulta clara y sencilla. En relación con la generalización del protocolo a diferentes tipos y tamaños de proyectos, considera que el protocolo

está pensado para el patrimonio inmueble a escala de edificio y por tanto no resulta tan clara su aplicación a conjuntos monumentales más complejos compuestos no sólo por bienes construidos, sino también por jardines, restos arqueológicos, murallas, etc. aunque también de estos elementos se podría extraer información relativa a sus características y a su uso recreativo. Por otro lado, destaca que este protocolo puede resultar complejo para el tamaño medio de los bienes patrimoniales de España que cuentan con limitados recursos humanos. Y considera que es necesario pensar para qué escala de edificio y volumen de visitas podría ser “rentable” aplicar este sistema de gestión de la información para evitar las frustraciones en la gestión real. En relación con su utilidad, está de acuerdo en que el protocolo podría facilitar el desarrollo de los materiales de planificación del uso público desde el punto de vista teórico, pero advierte de que los sistemas de información por un lado requieren protocolos rígidos para alimentar los datos del sistema y los agentes involucrados deben cumplir rigurosamente estos protocolos y por otro lado, la información se debe tratar para que sea útil y pueda facilitar la toma de decisiones humanas. En este último aspecto destaca la importancia de generar únicamente la información útil y que los agentes involucrados sean capaces de manejar. Como conclusión general, considera que el diseño del protocolo contempla todos los aspectos del ámbito de la gestión de la visita.

El agente experto en interpretación del patrimonio, opina que la estructura y presentación del Protocolo HBIM (V2) es simple y clara y que podría aplicarse a diferentes tipos y tamaños de proyectos; sin embargo, en relación a la claridad del contenido, sugiere mejorar la correspondencia entre los términos del cuadro y del texto explicativo. Está de acuerdo en que el protocolo podría facilitar al equipo de proyecto el desarrollo del programa de interpretación y que HBIM podría mejorar la eficiencia en la planificación y gestión de la interpretación del patrimonio. Opina que el procedimiento del protocolo incluye los elementos y acciones clave de la interpretación, pero recomienda eliminar el agente actor de teatralización, ya que considera que este es sólo un ejemplo del amplio elenco de variantes de “puesta en escena”.

El agente experto en el desarrollo de materiales divulgativos considera que el Protocolo HBIM (V2) sería fácil de aplicar ya que la estructura del protocolo y su contenido resulta clara y sencilla. Sin embargo, ha expresado tener algunas dudas en relación con la generalización del protocolo a diferentes tipos y tamaños de proyectos. Con respecto a su utilidad, está totalmente de acuerdo en que el protocolo pueda ayudar a desarrollar con mayor facilidad los materiales divulgativos con HBIM y que el protocolo contempla los procesos actuales de su ámbito de estudio. También opina que el entorno colaborativo de HBIM puede mejorar la eficiencia para el desarrollo de materiales divulgativos. Este agente plantea la duda de si el sistema HBIM es capaz de resolver las incompatibilidades informáticas que existen en el intercambio de información entre otras disciplinas y el diseñador ya que los *softwares* que manejan son muy diferentes.

La evaluación del Protocolo HBIM (V2) por parte de un experto en BIM



con una amplia experiencia profesional como consultor, formador e implementador en *Revit* se ha centrado específicamente en la parte introductoria, por ser su ámbito de estudio. Este agente ha propuesto las siguientes sugerencias de mejora: 1) puntualizar que actualmente no existe ningún documento legal que obligue al uso de BIM en España, aunque las instituciones estén valorando o incluso exigiendo el uso de BIM en las contrataciones mediante licitación pública; 2) Realizar algunas modificaciones en el diagrama del entorno común de datos (CDE) y en el mapa de procesos del CDE; 3) Puntualizar que el proyecto HBIM está compuesto por un mismo modelo HBIM con distintos estados que va evolucionando a lo largo del ciclo de vida del proyecto; y 4) Puntualizar que el LOD hace referencia a los elementos del modelo HBIM y redefinir los LODs de los distintos estados del modelo HBIM.

Las pequeñas sugerencias de mejora propuestas por los evaluadores de la versión 2 del Protocolo HBIM (V2), han sido integradas en la versión 3 del Protocolo HBIM (V3). Las versiones V2 y V3 del Protocolo HBIM tienen una apariencia muy similar dado que su estructura se ha mantenido, aunque se han reelaborado algunos cuadros y se ha matizado parte del contenido como respuesta a las sugerencias de los evaluadores.

#### DISCUSIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V2)

En relación con la aplicabilidad del protocolo, todos los participantes de la evaluación consideran que el protocolo HBIM sería fácil de aplicar ya que la estructura y su contenido, resulta clara y sencilla. En relación con la generalización del protocolo a diferentes tipos y tamaños de proyectos, algún participante señala que el protocolo sería más fácil de aplicar a edificios patrimoniales que a conjuntos monumentales y que para la media de monumentos de España el protocolo podría resultar complejo de aplicar, debido a que generalmente cuentan con escasos recursos humanos. En este aspecto, el participante anima a realizar una reflexión final sobre el tipo de monumentos para los que este sistema de información podría ser “rentable”. Otros participantes opinan que el proceso de aplicación para el uso público de monumentos complejos podría ser largo ya que previamente se debería introducir toda la información disponible del bien.

En relación con la utilidad del protocolo, los participantes están de acuerdo en que el protocolo contempla todos los aspectos de su ámbito de estudio y que puede ayudar a desarrollar con mayor facilidad los materiales de planificación del uso público. Uno de los participantes considera que el protocolo es útil desde un punto de vista teórico y señala que será útil en la práctica siempre que los agentes involucrados respeten los protocolos para alimentar los datos del sistema y que generen únicamente la información que sea útil y sean capaces de manejar.

En general, los resultados de la evaluación del protocolo por parte del panel de expertos revelan que el protocolo es fácil de aplicar y es útil. Los comentarios que han realizado son sugerencias de mejora en relación con la información de algunos ámbitos del protocolo y de la parte introductoria del mismo y proponen algunos matices para la reflexión final.

### 5.3.3. VERSIÓN 3 DEL PROTOCOLO HBIM (V3)

#### 5.3.3.1. DESARROLLO DEL PROTOCOLO HBIM (V3)

## PROTOCOLO HBIM ESTÁNDAR PARA PLANIFICAR Y GESTIONAR EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO

### INTRODUCCIÓN

*Building Information Modelling* (BIM) es un sistema de trabajo colaborativo donde los agentes involucrados comparten, de forma coordinada, información geométrica, semántica y otra documentación del inmueble. Este sistema aplicado al patrimonio, denominado con el acrónimo (HBIM) ha demostrado claramente que mejora la eficiencia para documentar, intervenir y gestionar el inmueble patrimonial.

Ante la previsión de que HBIM sea cada vez más utilizado, incluso pueda llegar a exigirse en España en un futuro a corto plazo para gestionar el patrimonio arquitectónico durante todo su ciclo de vida, incluida la fase de uso público y anticipándose a la necesidad de desarrollar documentos directrices que faciliten la adopción de HBIM entre los profesionales del sector, se ha desarrollado un Protocolo HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio.

Este Protocolo HBIM podrá aplicarse a dos escenarios diferentes:

1. Como manual de procedimientos para ayudar a los profesionales y a las instituciones a adoptar el uso de HBIM para planificar y gestionar alguno o todos los ámbitos del uso público de un bien patrimonial específico.
2. Como directriz para desarrollar el protocolo HBIM específico que se debe adjuntar a cada contrato de planificación y gestión del uso público con HBIM. En este caso, el protocolo sirve como hoja de ruta para que el equipo de proyecto comprenda los objetivos y la coordinación del proyecto HBIM a lo largo de todo el proceso y sus responsabilidades.

Este protocolo se ha desarrollado tomando como referencia el Protocolo BIM Estándar del CIC (Construction Industry Council, 2018) y siguiendo las especificaciones de la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) y la adaptación de la Norma ISO 19650 al contexto español (BuildingSMART Spanish Chapter, 2019). La Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014) especifica cómo se gestiona la información del uso y mantenimiento de activos con un nivel de madurez BIM 2 y la Norma ISO 19650 se centra en la gestión de la información BIM durante la fase de desarrollo (diseño, construcción y entrega) y la fase de operación del activo construido (uso y mantenimiento).

Este protocolo se compone de una parte introductoria que explica cómo trabajar en un entorno colaborativo HBIM y del documento del protocolo que contiene las obligaciones del empleador y del equipo de proyecto y las directrices para planificar y gestionar el uso público con HBIM y para desarrollar el protocolo específico que se adjunta a los contratos de planificación y gestión del uso público con HBIM.

## DIAGRAMA CÍCLICO HBIM

Dado que las necesidades de los bienes patrimoniales pueden ser muy diferentes, desde el registro documental del bien con HBIM, a un proyecto de intervención HBIM o un proyecto de planificación de las visitas con HBIM, entre otros. El primer paso para abordar un proyecto HBIM sería identificar la fase específica que se va a desarrollar dentro del diagrama cíclico completo.

El diagrama cíclico de los proyectos HBIM se compone de las siguientes fases: 1. Estrategia; 2. Diseño; 3. Intervención; 4. Entrega; y 5. Uso público (figura 131). Si bien, el diagrama cíclico muestra todas las fases por las que puede pasar un proyecto HBIM, este no tiene por qué pasar necesariamente por todas las fases en un orden cronológico. El modelo HBIM se puede generar para documentar el bien patrimonial o para gestionar su uso público, aunque no esté prevista una intervención arqueológica.

Dado que este protocolo HBIM se centra concretamente en la fase de uso público del patrimonio, el diagrama cíclico incorpora por primera vez los cuatro aspectos que componen la fase de uso público: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación del patrimonio.

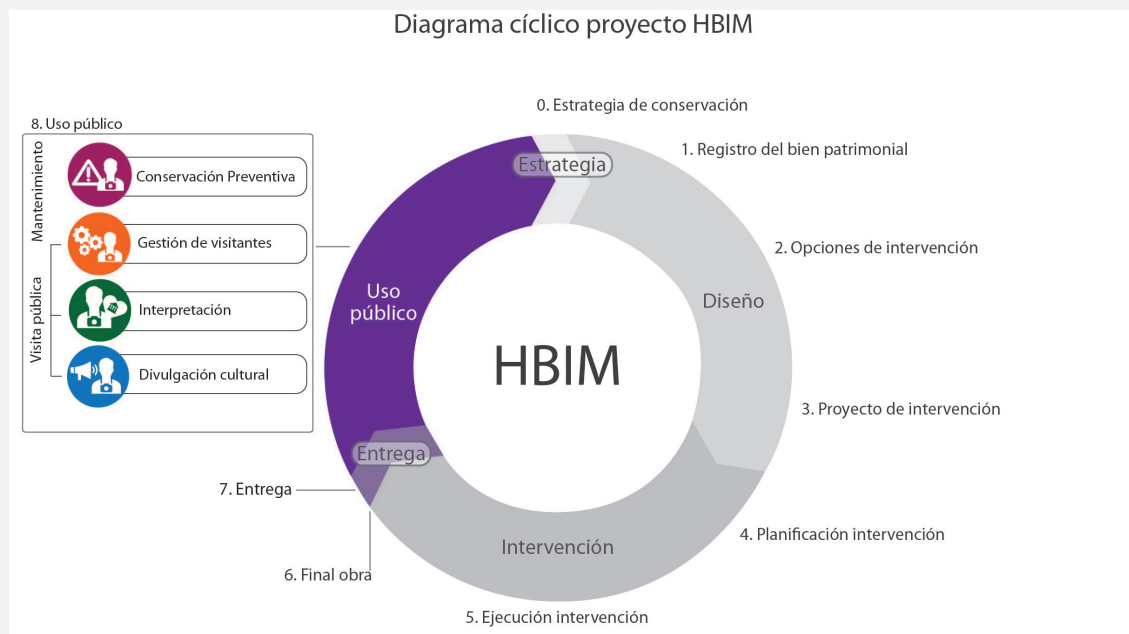


Figura 131. V3. Diagrama cíclico de un proyecto HBIM (Fuente: Elaboración propia)

Para mantener la integridad de los datos de los bienes patrimoniales a lo largo del ciclo de vida, facilitar el intercambio de información fiable y mejorar las decisiones consensuadas entre las disciplinas involucradas, se propone trabajar con el sistema BIM en entorno colaborativo, es decir, con un nivel 2 de madurez BIM, tal como recomienda la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014).

### ENTORNO COMÚN DE DATOS (CDE)

Para alcanzar este nivel de madurez BIM, el equipo de trabajo debe trabajar en un entorno común de datos (CDE en adelante). El CDE proporciona un entorno colaborativo donde el equipo de proyecto puede compartir información fiable del bien (gráfica, no gráfica y otra documentación). Tal como muestra la figura 132, el CDE está compuesto por dos bases de datos: el modelo BIM y otra base de datos con datos extendidos (*Excel*, *Access*, fotografías, testimonios, etc.) que se sitúa fuera del modelo BIM para no saturarlo de información. La información de ambas bases de datos se encuentra vinculada por medio de *plug-ins*. Como resultado de la combinación de las dos bases de datos se generan documentos, como planos, informes, tablas, etc. La información de la base de datos se puede introducir o extraer desde los propios programas informáticos o desde una plataforma web. La plataforma actúa de interfaz para facilitar a los agentes no técnicos (historiadores, gestor cultural, etc.) la gestión de la información de la base de datos. Los agentes técnicos como arquitectos, ingenieros, etc. gestionarán la información desde el modelo HBIM. La base de datos se alimentará también de datos obtenidos mediante sensores y otras bases de datos externas.

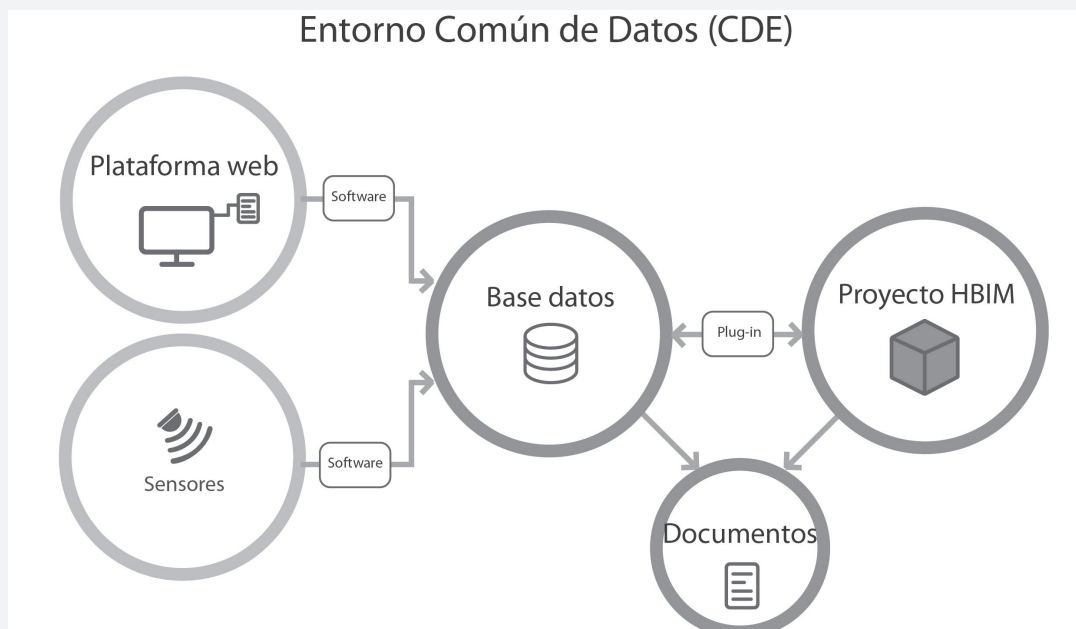


Figura 132. V3. Diagrama del Entorno común de datos (CDE) (Fuente: Elaboración propia)

Este sistema de trabajo puede optimizar los recursos económicos que se destinan para planificar los cuatro ámbitos del uso público, ya que permite reutilizar la información realizada previamente por otros profesionales, anticipar los problemas virtualmente, reducir la repetición de trabajos, minimizar la inversión de tiempo y dinero y mejorar la calidad y el rigor de los resultados.

Con el fin de que el intercambio de información entre profesionales sea fiable, el CDE se estructura en distintas carpetas. A cada carpeta se le asignan permisos de acceso y del tratamiento de la información que contiene. La información pasa de unas carpetas a otras siguiendo el mapa de procesos detallado en la figura 133.

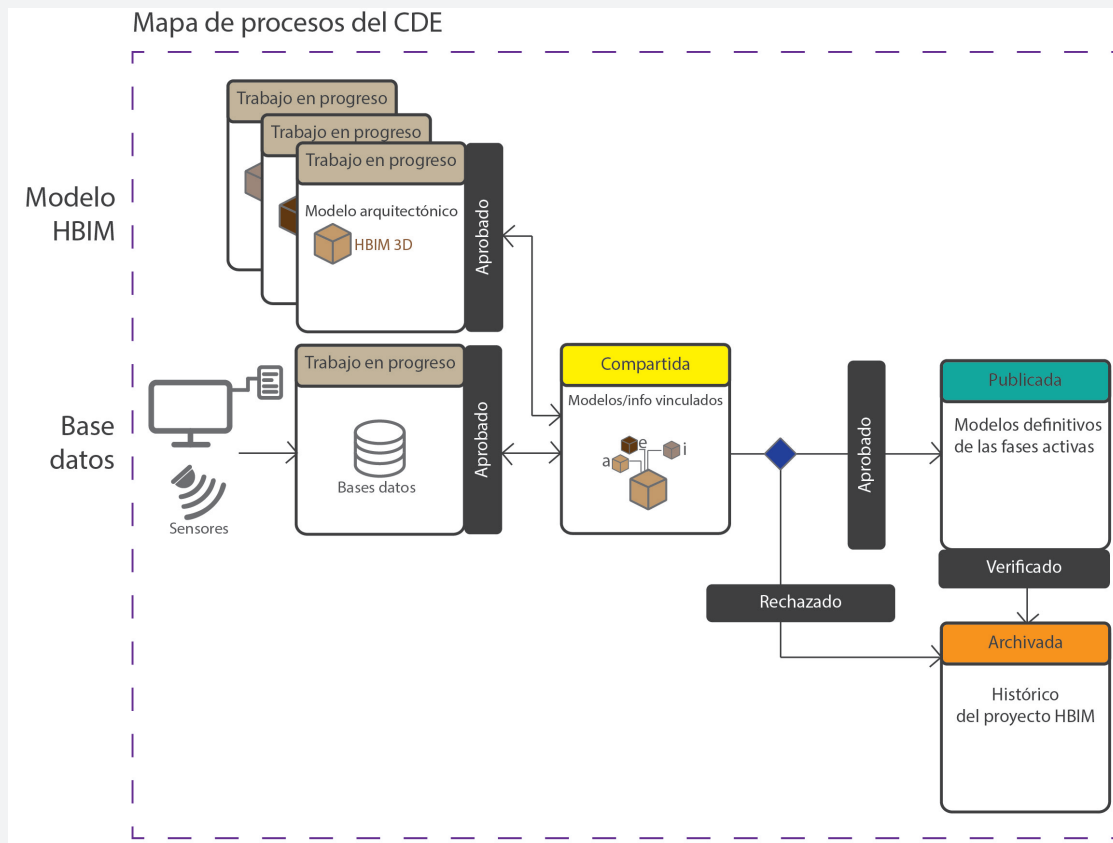


Figura 133. V3. Mapa del proceso del Entorno Común de Datos (CDE)  
 (Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014))

En las carpetas denominadas “trabajo en progreso”, cada disciplina genera su información de manera independiente tanto en el modelo HBIM, como en la base de datos. Cuando esta información resulta apta para compartirse, se aprueba y pasa a la carpeta “compartida”. En esta carpeta se vincula la información que proviene de ambas bases de datos y se realizan los análisis necesarios hasta que la información esté coordinada. Si la información no está coordinada, se vuelve atrás y se realizan tantos ciclos como sean necesarios. Cuando la información se encuentra coordinada pasa a la carpeta “publicada”. La carpeta “publicada” contiene los modelos HBIM definitivos y los documentos de las fases que están activas, por ejemplo, del proyecto de ejecución de una intervención. La carpeta “archivada” actúa a modo de archivo histórico del proyecto HBIM. En ella se archivan las fases previas que no se encuentran activas, por ejemplo, el proyecto básico cuando se está desarrollando el proyecto de ejecución, o las propuestas rechazadas o modificadas.

### PROYECTO HBIM

Un proyecto HBIM está compuesto por distintos estados de un mismo modelo HBIM que va evolucionando conforme se va incrementando información a lo largo del ciclo de la vida del bien patrimonial. Los modelos HBIM de distintos colores de la figura 134 representan los estados del modelo HBIM. La información que se incorpora en cada fase facilitará la toma de decisiones en las intervenciones, en los procedimientos de control del deterioro, en la gestión de las visitas públicas, etc.

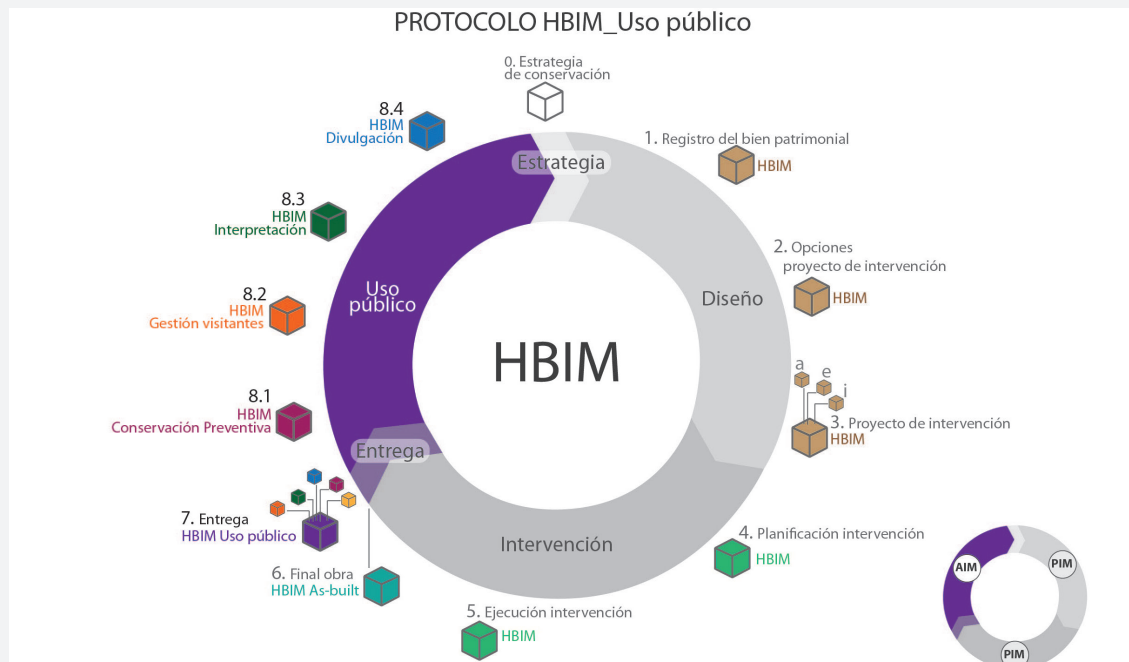


Figura 134. V3. Proyecto HBIM y los modelos HBIM que lo componen (Fuente: Elaboración propia)



Siguiendo la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014), el modelo HBIM que se genera en la fase de diseño y continúa en la fase de intervención se denomina Modelo de Información del Proyecto (PIM en adelante). El PIM se origina con el registro del bien patrimonial y en función de los usos que se le quiera dar, se le va incorporando más información. Tal como muestra la figura 135, el PIM puede pasar por seis estados. Los estados de la fase de diseño son: registro del bien patrimonial, opciones del proyecto de intervención y proyecto de intervención. Dependiendo del tamaño del proyecto, el proyecto de intervención puede estar formado por un conjunto de tres modelos HBIM vinculados: arquitectura, estructura e instalaciones. Durante la fase de intervención se incorpora información para simular el proceso constructivo, optimizar la planificación de la obra y reducir los riesgos en materia de seguridad y salud. También se introduce información para facilitar la gestión presupuestaria del proyecto y el análisis energético. Durante la fase de ejecución, se va actualizando el modelo con las modificaciones de la obra, hasta su finalización. Al finalizar la obra de intervención, se desarrolla el modelo HBIM *As-built* que refleja la intervención ejecutada.

En la fase de entrega, que es intermedia entre la fase de desarrollo y la fase de operación, se genera el Modelo de Información del Activo (AIM en adelante). El modelo AIM es una evolución del PIM, principalmente del modelo *As-built*, del que se reutiliza la información útil, se prescinde de la información no útil y se le añade los parámetros específicos para el mantenimiento y uso público del bien.

Durante la fase de uso público, se incorpora información al AIM para planificar y gestionar los cuatro ámbitos del uso público: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación de los bienes patrimoniales.

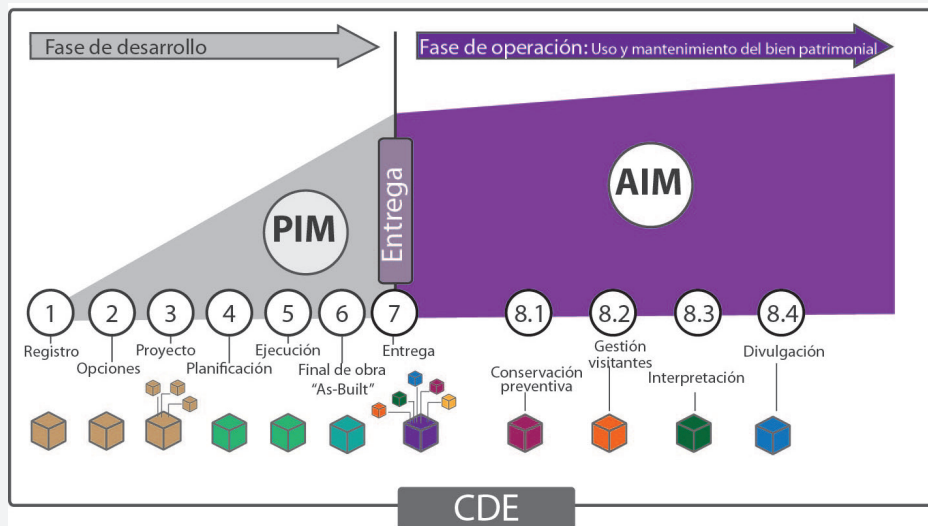


Figura 135. V3. Modelos de información PIM y AIM (Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma PAS 1192-3:2014 (British Standards Institution, 2014))

## PLATAFORMA WEB

Se propone el desarrollo de una plataforma web para que los agentes no técnicos de la planificación y gestión del uso público, como el gestor cultural, el personal de mantenimiento, etc. puedan gestionar de manera sencilla e intuitiva su información recogida en la base de datos y vincularla con la información del modelo HBIM.

## PROCESO DE CONTRATACIÓN DE UN PROYECTO HBIM

Ante la necesidad de planificar o gestionar el uso público de un bien patrimonial, el cliente puede sacar a licitación pública la contratación de ese proyecto y exigir o valorar el uso de HBIM para su desarrollo. Este caso corresponde con el segundo escenario de aplicación del protocolo, que se empleará como directriz para desarrollar el protocolo específico que se adjunta al contrato de cada proyecto HBIM.

Este apartado trata de explicar el proceso de contratación de un proyecto HBIM (figura 136), enmarcar el protocolo HBIM dentro de este proceso y explicar la finalidad y la información que debe contener (figura 137).

Para iniciar el proceso de contratación, el cliente define los requisitos de información (EIR en adelante) que debe cumplir el proyecto HBIM. Dentro de estos requisitos, se debe especificar el protocolo HBIM estándar que se debe emplear de partida para redactar el protocolo HBIM específico que se adjunta al contrato.

El protocolo HBIM estándar contiene las obligaciones contractuales entre el empleador y el equipo de proyecto y unas directrices para desarrollar los apéndices: matriz de responsabilidades, usos HBIM, requisitos de información y procedimientos del proyecto.

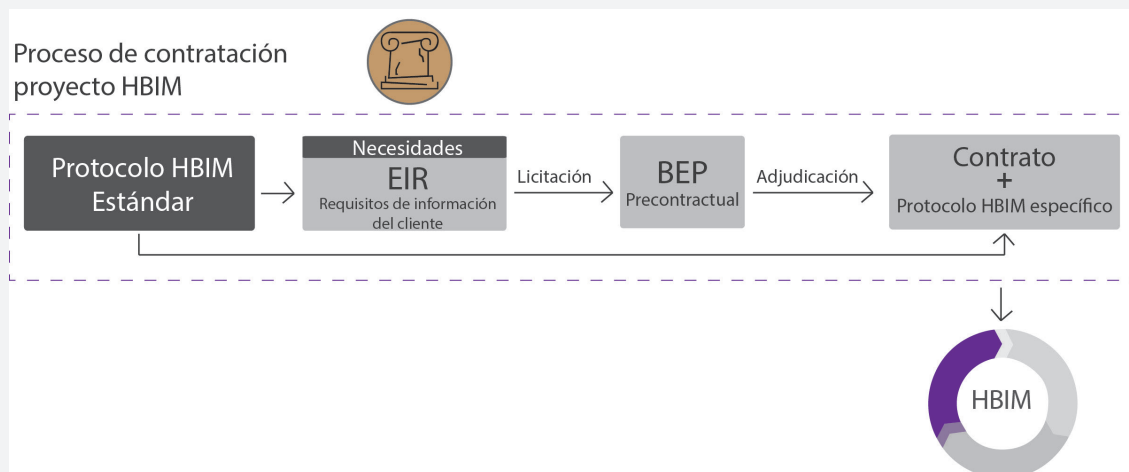


Figura 136. V3. Proceso de contratación de proyectos HBIM (Fuente: Elaboración propia a partir del diagrama de la Norma PAS 1192-3 (British Standards Institution, 2014))

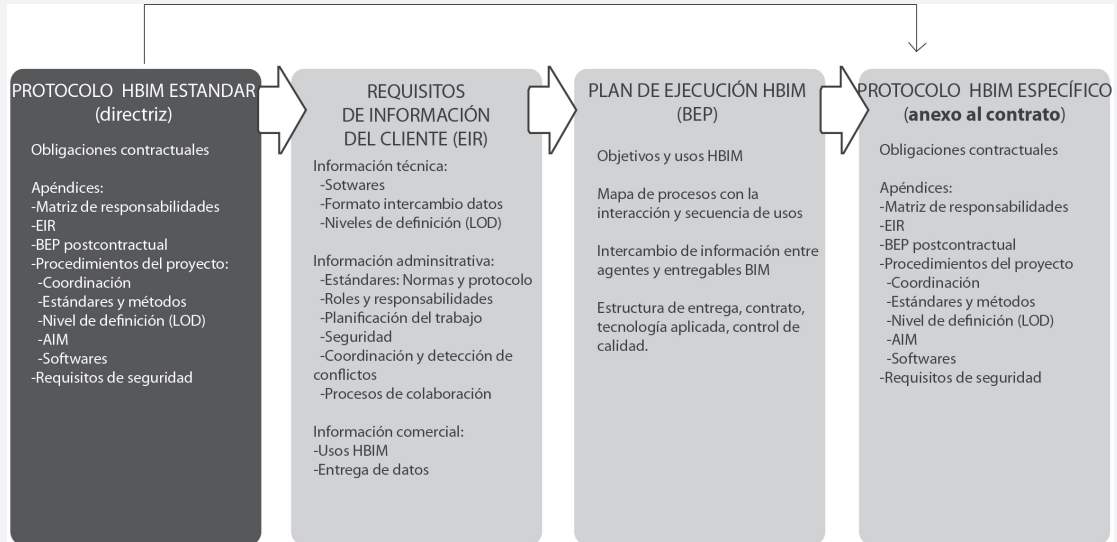


Figura 137. V3. Contenido de los documentos de contratación de un proyecto HBIM (Fuente: Elaboración propia a partir de Construction Industry Council, 2010; Construction Industry Council, 2018)

Los equipos de proyecto que van a concursar preparan el Plan de Ejecución BIM (BEP en adelante) precontractual, en base al EIR. El BEP es el documento de planificación de la implementación del proyecto HBIM (BuildingSMART Alliance, 2010).

Tras la adjudicación, se prepara el contrato entre el cliente y el equipo de proyecto. Este contrato debe ir acompañado del protocolo HBIM específico. El protocolo HBIM específico proporciona al equipo del proyecto una hoja de ruta para comprender los objetivos del proyecto HBIM, sus reglas, sus responsabilidades y su coordinación a lo largo del proceso. Este documento, garantiza que los archivos HBIM estén estructurados correctamente y que el intercambio de datos en entornos colaborativos sea eficiente.

Concluido el proceso de contratación, el equipo de proyecto puede empezar a desarrollar el proyecto HBIM, siguiendo lo definido en el protocolo HBIM específico.

## ESTÁNDARES

Con el fin de evitar la pérdida de información en el intercambio de los datos, mantener la integridad de los datos a largo plazo y no condicionar el uso de ningún *software* comercial BIM específico, se recomienda el empleo de formatos no propietarios abiertos, como Industry Foundation Class (IFC), tanto para los modelos HBIM como para el visor de la plataforma web.

## **PROTOCOLO HBIM ESTÁNDAR PARA PLANIFICAR Y GESTIONAR EL USO PÚBLICO DEL PATRIMONIO**

### **OBLIGACIONES**

#### **OBLIGACIONES DEL EMPLEADOR**

El empleador deberá:

1. Organizar un protocolo completo
2. Cumplir con sus obligaciones según los estándares, métodos y procedimientos del proyecto
3. Revisar y actualizar (si es necesario) los detalles de información y la matriz de responsabilidades en cada etapa del proyecto
4. Permitir que el equipo de proyecto pueda acceder a la información del proyecto compartida a través del CDE

#### **OBLIGACIONES DEL EQUIPO DE PROYECTO**

El equipo de proyecto deberá:

1. Producir la información especificada
2. Usar el CDE para compartir y/o publicar la información especificada
3. Cumplir con los detalles de información al producir, compartir y/o publicar la información especificada
4. Cumplir con los procedimientos del proyecto
5. Cumplir con los requisitos de seguridad de la información confidencial

## DIRECTRICES

### MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

Este gráfico detalla el elenco de agentes que pueden estar involucrados en cada uno de los cuatro ámbitos del uso público (figura 138). Se ha empleado un código de color para diferenciar los agentes involucrados (baja intensidad) y los agentes responsables (alta intensidad).

Esta información ayudará al equipo de proyecto a definir los agentes que van a participar en el desarrollo de su proyecto HBIM específico.

### USOS HBIM PARA EL USO PÚBLICO

La figura 139 contiene todos los usos HBIM para el uso público del patrimonio, clasificados en base a los cuatro ámbitos. El término “uso HBIM” hace referencia al uso que se le va a dar a la información HBIM, es decir, para qué se va a emplear esa información.

Este gráfico ayudará al cliente a definir los usos HBIM específicos de su proyecto.

Los usos HBIM pueden abarcar el ámbito completo, como por ejemplo la gestión de visitantes o centrarse en algunos usos específicos de ese ámbito, por ejemplo, calcular la capacidad de carga recreativa o diseñar los itinerarios turísticos.

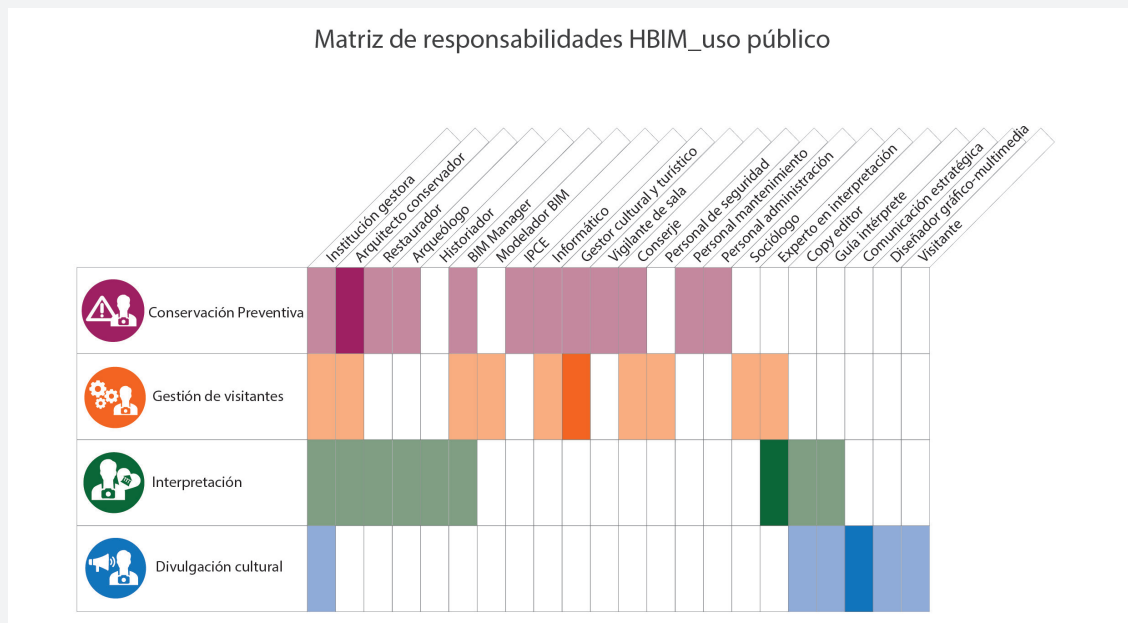


Figura 138. V3. Matriz de responsabilidades de los modelos HBIM para el uso público (Fuente: Elaboración propia)



Figura 139. V3. Usos HBIM para el uso público del patrimonio (Fuente: Elaboración propia)

### REQUISITOS DE INFORMACIÓN

Este apartado ayudará al cliente a definir los requisitos de información que deben cumplir los modelos HBIM del uso público.

La figura 140 muestra los estados del modelo HBIM de las fases de diseño e intervención que son de utilidad para el uso público (0, 1, 5 y 6), omite los estados del modelo que no son de utilidad para esta finalidad (2, 3 y 4) y presenta los cuatro modelos HBIM del uso público.

Cada cuadro contiene los requisitos de información de cada estado del modelo HBIM y el nivel de definición (LOD); es decir, el nivel de detalle geométrico y el nivel de información de los elementos del modelo HBIM.

En relación con los LOD, si bien en un mismo estado del modelo HBIM puede haber distintos LOD ya que puede haber elementos más definidos que otros, de manera general se señala que el modelo de la fase de estrategia debería tener un LOD 100-200, el modelo de registro un LOD 200-300, el modelo de intervención que comprende el proyecto básico y el proyecto de ejecución tendrán un LOD 200-300 y LOD 350 respectivamente y el modelo *As-built* un LOD 400.

Los modelos HBIM para el uso público tendrán un LOD 500, ya que disponen de un alto nivel de información; no obstante, el nivel de definición geométrica será equivalente a un LOD 200, similar al de un proyecto básico, ya que la gestión de visitantes, el programa de interpretación y los materiales de divulgación no requieren un elevado nivel de detalle de los sistemas constructivos.



Requisitos de información  
Modelo HBIM\_uso público

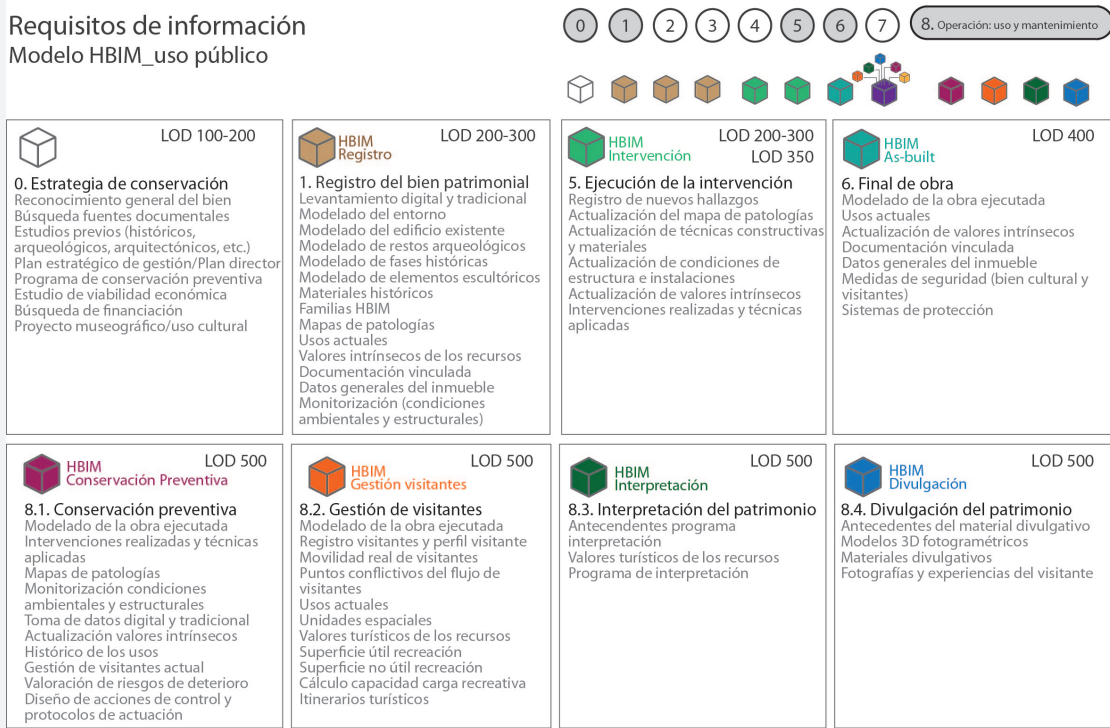


Figura 140. V3. Requisitos de información de los modelos HBIM para el uso público (Fuente: Elaboración propia)

En la fase de estrategia, se establece la estrategia de conservación del bien: intervención y gestión. En esta fase se realiza un reconocimiento general del edificio, la búsqueda de fuentes documentales previas como análisis históricos, estudios arqueológicos, etc. y, en su defecto, se realizan los estudios previos necesarios para el conocimiento del bien (históricos, arqueológicos, arquitectónicos, etc.). A continuación, se desarrolla el plan estratégico de gestión del bien patrimonial, con el fin de establecer un diagnóstico del estado actual y un plan de actuación para coordinar y priorizar las acciones que se deben llevar a cabo para su mejor conservación. Este plan estratégico puede constar de un documento sencillo o un documento más elaborado como un plan director de aquellos bienes patrimoniales que están sujetos a los planes nacionales. También en esta fase se define el plan de conservación preventiva como estrategia de conservación, el estudio de viabilidad económica, se lleva a cabo la búsqueda de financiación y se desarrolla el proyecto de uso cultural o proyecto museográfico.

La fase de diseño se inicia con el registro del bien patrimonial. El modelo HBIM de Registro contiene información sobre: levantamiento digital y tradicional (nube de puntos, modelo 3D fotogramétrico, planimetría 2D), modelado HBIM del entorno, del edificio existente (arquitectura, estructura e instalaciones), de los restos arqueológicos, de las fases históricas y de los elemen-

tos escultóricos. También contiene familias HBIM, materiales históricos, mapas de patologías, usos actuales, valores intrínsecos, monitorización de las condiciones ambientales y estructurales, documentación vinculada (estudios histórico-artísticos, arqueológicos, arquitectónicos, fotografías, etc.) y datos generales del inmueble.

El estado del modelo HBIM de las opciones del diseño de la intervención (fase 2), del proyecto básico y del proyecto de ejecución (fase 3) que se desarrollan durante la fase de diseño, no se reutilizan para el uso público, se archivan a modo de registro histórico. Por este motivo, no se han incluido en la figura 140. Lo mismo ocurre con la información del estado del modelo HBIM para la planificación de la obra de intervención (fase 4).

El modelo HBIM que se emplea mediante la ejecución de la intervención se actualiza periódicamente. A este modelo se le incorpora información sobre los nuevos hallazgos y se actualiza la información de los valores intrínsecos que se han visto afectados por estos nuevos hallazgos. También se actualiza la información sobre las patologías ocultas, las técnicas constructivas, los materiales, las condiciones de la estructura y de las instalaciones que no pudieron documentarse mediante el reconocimiento visual en la fase de registro.

Una vez finalizada la obra, se registra la intervención ejecutada en el modelo HBIM *As-built*. El desarrollo del modelo *As-built* puede realizarse *in situ* a través de dispositivos portátiles y el empleo de visores BIM. El modelo *As-built* contiene el modelado HBIM de la intervención ejecutada, los usos actuales, los valores intrínsecos actualizados, la documentación vinculada, datos generales del inmueble, las medidas de seguridad del bien cultural y de los visitantes y los sistemas de protección.

En la fase de entrega, se prepara el modelo HBIM del uso público. Para ello, se parte principalmente del modelo HBIM *As-built*, del cual se reutiliza la información útil, se elimina la información no útil y se añaden los nuevos campos de información específicos para planificar y gestionar cada uno de los ámbitos del uso público. Estos nuevos campos de información serán completados por los agentes involucrados durante la fase de uso. También en esta fase se desarrolla la plataforma web y el *plug-in* de sincronización.

Durante la fase de uso público, los agentes involucrados incorporan información en los nuevos campos del modelo HBIM del uso público para desarrollar el programa de conservación preventiva, planificar la gestión de las visitas, desarrollar el programa de interpretación y generar los materiales divulgativos. Posteriormente, esta información se emplea para gestionar las tareas de mantenimiento y la gestión diaria de las visitas.

## PROCEDIMIENTOS DE ACTUACIÓN

Los procedimientos de actuación pueden ayudar a los profesionales y a las instituciones a adoptar el uso de HBIM para planificar y gestionar el uso público de un bien patrimonial o bien pueden servir como directriz para desarrollar el apéndice de los procedimientos del proyecto del protocolo HBIM específico.

En total se han desarrollado cuatro procedimientos de actuación que coinciden con los cuatro ámbitos del uso público: 1. Conservación preventiva, 2. Gestión de visitantes, 3. Interpretación del patrimonio y 4. Divulgación del patrimonio.

Cada procedimiento está estructurado según las fases que se deben seguir y contiene información sobre los agentes que intervienen, los modelos HBIM que se toman de partida, el nivel de definición (LOD), la toma de datos que requiere y los entregables que se deben generar. La información que contiene cada estado del modelo HBIM, se encuentra recogida en la figura 140.

### PROCEDIMIENTO HBIM PARA EL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

Cuando un bien patrimonial se destina al uso público, resulta imprescindible desarrollar un programa de conservación preventiva que contemple los riesgos relacionados con el uso público, además de los riesgos provocados por causas naturales o profesionales.

El procedimiento que se debe seguir para desarrollar el programa de conservación preventiva con HBIM se compone de tres fases: 1. Analizar el bien, 2. Identificar y valorar los riesgos 3. Planificar las acciones de control y diseñar los protocolos de actuación. La cuarta fase del procedimiento hace referencia a la implementación del programa de conservación preventiva (figura 141).

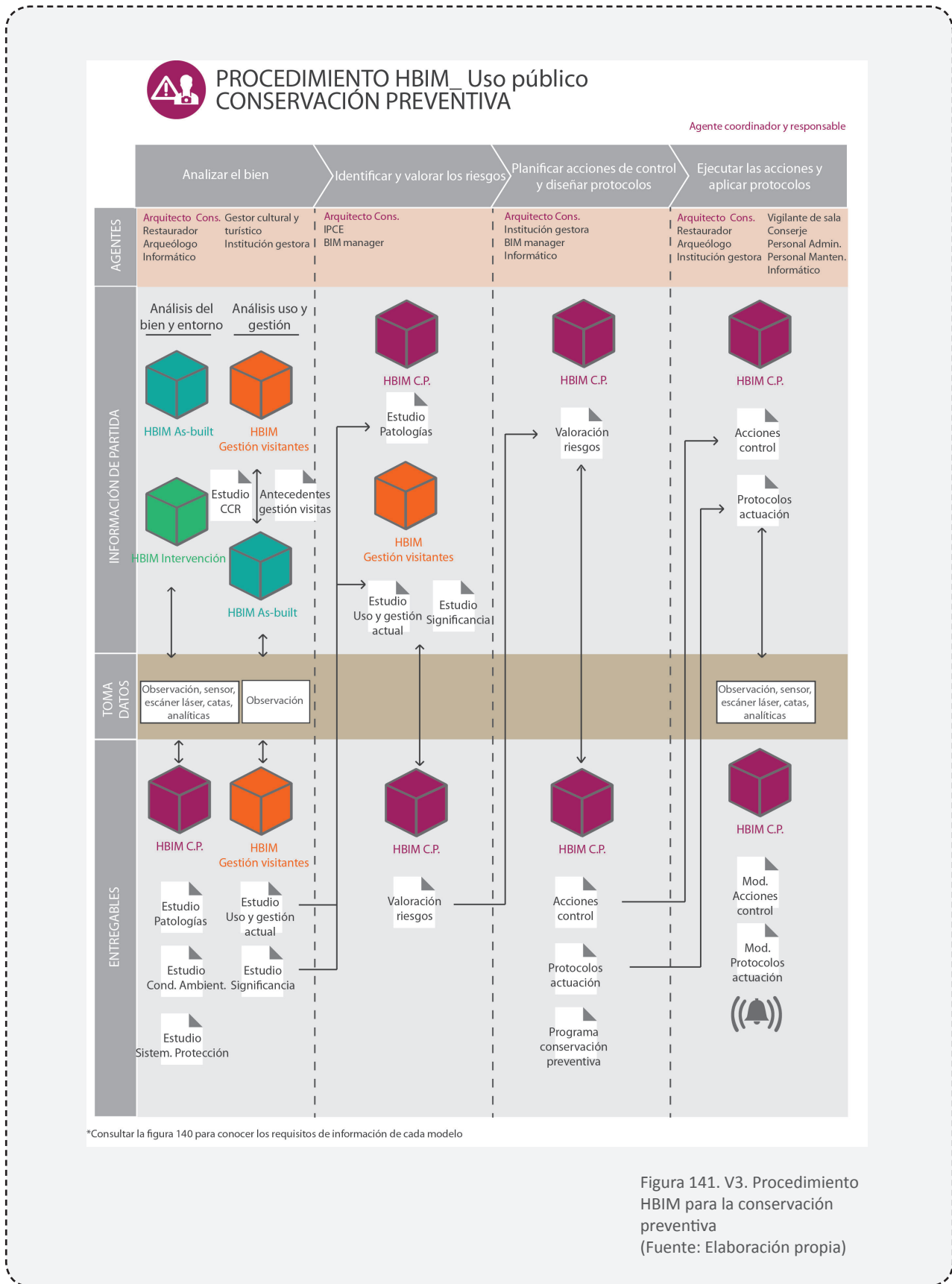


Figura 141. V3. Procedimiento HBIM para la conservación preventiva (Fuente: Elaboración propia)

## 1. Analizar el bien, uso y gestión

- Partir del modelo HBIM *As-built* para disponer de información sobre los materiales, estructura, cerramientos, instalaciones y sistemas de protección. Adquirir nuevos datos sobre las condiciones actuales de bien mediante el reconocimiento visual, catas, analíticas, sensores (condiciones ambientales) cámara de alta resolución, escáner láser, etc. Acceder al modelo HBIM de la ejecución de la intervención para conocer las intervenciones realizadas y las técnicas aplicadas y así poder identificar las causas de las patologías provocadas por intervenciones inapropiadas. Desarrollar los siguientes entregables: estudio de patologías, estudio de condiciones ambientales y estudio de los sistemas de protección a partir de la información previa.

- Analizar el uso y gestión actual del bien a partir de la información integrada en el modelo HBIM de gestión de visitantes y a través de la observación directa (usos, número de visitantes, diseño del itinerario, accesos, señalética, equipamientos, comportamiento del visitante). Desarrollar el informe del uso y gestión actual. Desarrollar también, el estudio sobre la significancia del bien a partir de la actualización de los valores intrínsecos contenidos en el modelo HBIM *As-built*.

El entorno colaborativo de HBIM facilita el acceso a la información desarrollada por otras disciplinas evitando, de esta manera, la necesidad de adquirir datos dos veces. Además, mejora el conocimiento y el análisis interdisciplinar del bien, por ser un excelente gestor de información de formatos dispares (nubes de puntos, fotografías, datos climatológicos, informes, etc.).

## 2. Identificar y valorar los riesgos

- Identificar los riesgos de deterioro a partir del estudio de las patologías, del estudio del uso y gestión y del estudio de significancia, desarrollados en la fase anterior. Los riesgos de deterioro pueden ser provocados por daños físicos, por el uso, por catástrofes, por condiciones ambientales, por biodeterioro, por actos antisociales o por actuaciones relacionadas con intervenciones de conservación.

- Incorporar información de cada riesgo: denominación, deterioro producido, origen, factores agravantes, acciones de seguimiento y control recomendadas, riesgos relacionados, personal que ejecuta las acciones, recursos humanos y medios técnicos disponibles y necesarios para gestionar el riesgo. Disponer de acceso a la información del modelo HBIM de la Gestión de visitantes relativa a los usos que ha tenido el inmueble y la gestión de visitantes actual, facilita la identificación de los daños provocados por usos inapropiados o por una visita pública mal gestionada. Esta información resulta de gran utilidad para la valoración de los riesgos relacionados con el uso público.

- Valorar la gravedad de cada riesgo y la probabilidad de que ocurra. La generación de una tabla/gráfico HBIM de la probabilidad y gravedad de cada riesgo puede facilitar la toma de decisiones para priorizar las acciones de control de los riesgos.

### 3. Planificar las acciones de seguimiento y control de los riesgos y diseñar los protocolos de actuación

- Incorporar al modelo HBIM información relativa a las acciones de seguimiento y control de los riesgos: denominación, protocolo de actuación que se debe seguir, responsable, periodicidad de aplicación, recursos humanos y técnicos necesarios, coste y presupuesto total. Las acciones de seguimiento y control de los riesgos relacionados con el uso público pueden ser: 1. Informar a los visitantes sobre los riesgos; 2. Controlar el comportamiento del visitante durante la visita; 3. Llevar el seguimiento de las condiciones ambientales y del biodeterioro asociado a las mismas; 4. Realizar una encuesta de satisfacción del visitante después de la visita; 5. Proporcionar formación continua al personal adscrito a la visita; 6. Trasladar los registros de acceso y las incidencias detectadas a las bases de datos.

- Incorporar al modelo HBIM información relativa a los protocolos de actuación: objetivo del protocolo, responsable, periodicidad de la tarea, respuesta en caso de superar el nivel de tolerancia, resultado de la acción de seguimiento y método de verificación. HBIM puede vincular a cada riesgo su acción de seguimiento y control y su protocolo de actuación, para facilitar la toma de decisiones o incluso automatizar las respuestas.

### 4. Ejecutar las acciones de seguimiento y control de los riesgos y aplicar los protocolos

- Ejecutar las acciones de seguimiento y control de los riesgos de forma periódica permite prever los daños y verificar la idoneidad de los tratamientos de mantenimiento que se aplican y de los protocolos propuestos.

- Realizar el seguimiento del estado de conservación de la fábrica y de los elementos ornamentales mediante observación y toma de datos con instrumentos de alta precisión, como fotografías de alta definición y escáner láser 3D. Los modelos tridimensionales resultantes, permiten identificar variaciones volumétricas respecto a registros previos y actualizar el modelo HBIM. El personal de mantenimiento puede registrar en el modelo HBIM el seguimiento del estado de conservación de la estructura y de las instalaciones *in situ*, mediante dispositivo móvil. La visualización 3D que proporciona el sistema HBIM facilita la identificación del recurso dañado por parte del personal de mantenimiento. El seguimiento de las condiciones ambientales se puede realizar de forma continua o por muestreo con el apoyo de sensores. Si se vinculan las condiciones ambientales reales obtenidas mediante los sensores, con el modelo HBIM de conservación preventiva, se puede alertar de forma automática a la institución gestora cuando se supere el nivel de tolerancia admitida. La alerta puede llevar asociada los protocolos de actuación para agilizar la toma de decisiones en tiempo real. Del mismo modo, la verificación diaria del correcto funcionamiento de los sistemas de protección por parte del conserje y del vigilante de sala, puede realizarse en el modelo HBIM mediante un dispositivo móvil y enviar alertas cuando se detecte alguna incidencia. El sistema HBIM favorece la continua actualización del programa de conservación preventiva, lo cual aumenta las garantías de éxito.

## PROCEDIMIENTO HBIM PARA LA GESTIÓN DE VISITANTES

El procedimiento que se debe seguir para planificar la gestión de los visitantes con HBIM consta de cinco fases: 1. Cuantificar y analizar el perfil del visitante; 2. Analizar la movilidad del visitante; 3. Calcular la capacidad de carga recreativa; 4. Planificar la gestión del flujo de visitantes; y 5. Implementar las medidas de gestión (figura 142).

### 1. Cuantificar y analizar el perfil del visitante

- Consultar datos del número de visitantes y del perfil del visitante de bases de datos previas y adquirir nuevos datos mediante encuestas y conteo. Vincular estos datos con el modelo HBIM y desarrollar el informe del perfil del visitante mediante softwares de tratamiento de texto (*Word*) y de bases de datos (*Excel*). Esta información resulta útil para el estudio de la capacidad de carga recreativa y el programa de conservación preventiva.

### 2. Analizar la movilidad real del visitante

- Partir del modelo HBIM *As-built* y adquirir datos de la movilidad real de los visitantes mediante sensores o cámaras de videovigilancia (muestras representativas o monitorización continua). Integrar estos datos en un software de simulación del movimiento de peatones, como *MassMotion Flow*®, vinculado con el modelo HBIM para simular en 4D la movilidad real de los visitantes y visualizar virtualmente los puntos más conflictivos de los flujos de visitantes (aglomeración, infrutilización, congestión) para facilitar la toma de decisiones de la gestión de los flujos de visitantes.

### 3. Calcular la capacidad de carga recreativa

- Partir del modelo HBIM *As-built* para tomar datos *in situ* de los usos actuales y unidades espaciales, a través de la plataforma web. Acceder al modelo HBIM de interpretación para identificar los recursos que disponen de mayor valoración turística, denominados hitos turísticos. En caso de no disponer de esta información, incorporar al modelo HBIM de gestión de visitantes los criterios de valoración turística desarrollados por Viñals *et al.* (2017b) y realizar la valoración turística de los recursos. En gabinete, generar el plano de zonificación de usos, plano de unidades espaciales (UE), plano de la superficie útil de recreación (SUR) y plano de superficie no útil de recreación (SNUR). Para calcular la SNUR es necesario conocer las superficies que no pueden utilizarse para fines recreativos por razones conservacionistas, fragilidad intrínseca, seguridad, incompatibilidad de usos o por la disposición de componentes internos, según criterios de Viñals *et al.* (2017b). Adquirir esta información de los modelos HBIM de conservación preventiva y del modelo HBIM *As-built*.

- Calcular la capacidad de carga recreativa en un documento *Excel*, según la fórmula específica propuesta por Viñals *et al.* (2017b). Vincular los datos de la SUR y SNUR del modelo HBIM en un documento *Excel* mediante un *plug-in*, como *Dynamo*. Con el fin de lograr una conservación más sostenible del bien, considerar los factores limitantes de gestión de la Institución como el personal disponible o los fondos económicos para el mantenimiento.



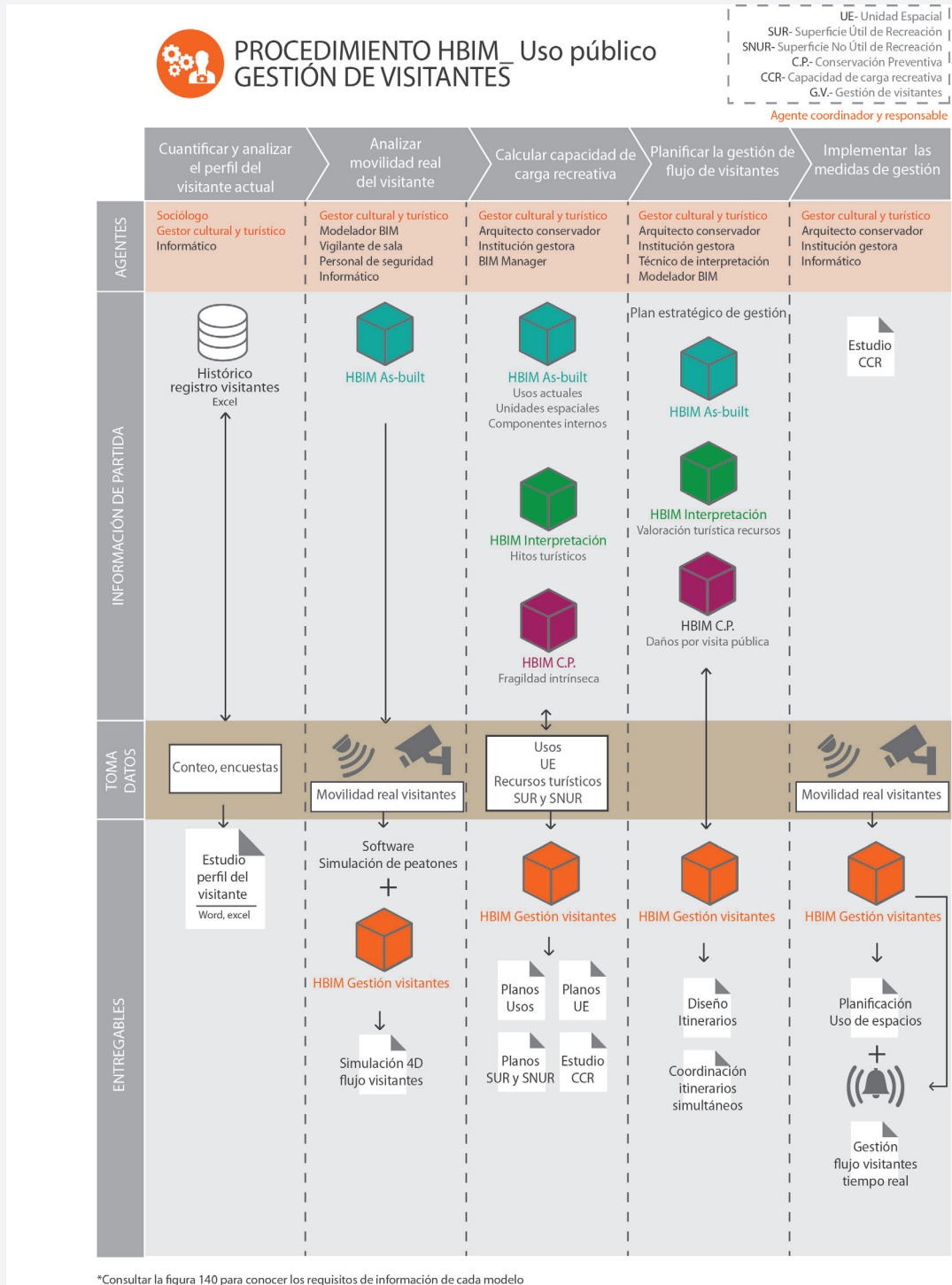


Figura 142. V3. Procedimiento HBIM para la gestión de visitantes (Fuente: Elaboración propia)

#### 4. Planificar la gestión del flujo de visitantes

- Partir del modelo *As-built* para diseñar los itinerarios turísticos considerando el plan estratégico de gestión, la valoración turística de los recursos (contenidos en el modelo HBIM de interpretación), los daños provocados por visitas previas (definidos en el modelo HBIM de conservación preventiva) y los recursos personales disponibles para la visita. HBIM facilita el análisis virtual de las alternativas de los itinerarios turísticos y la toma de decisiones. La simulación 4D de la coordinación de itinerarios turísticos simultáneos permite identificar y resolver posibles problemas (puntos de encuentro de los grupos, tamaño del grupo excesivo) antes de su implementación real y optimizar la planificación de la gestión de flujos de visitantes en menor tiempo.

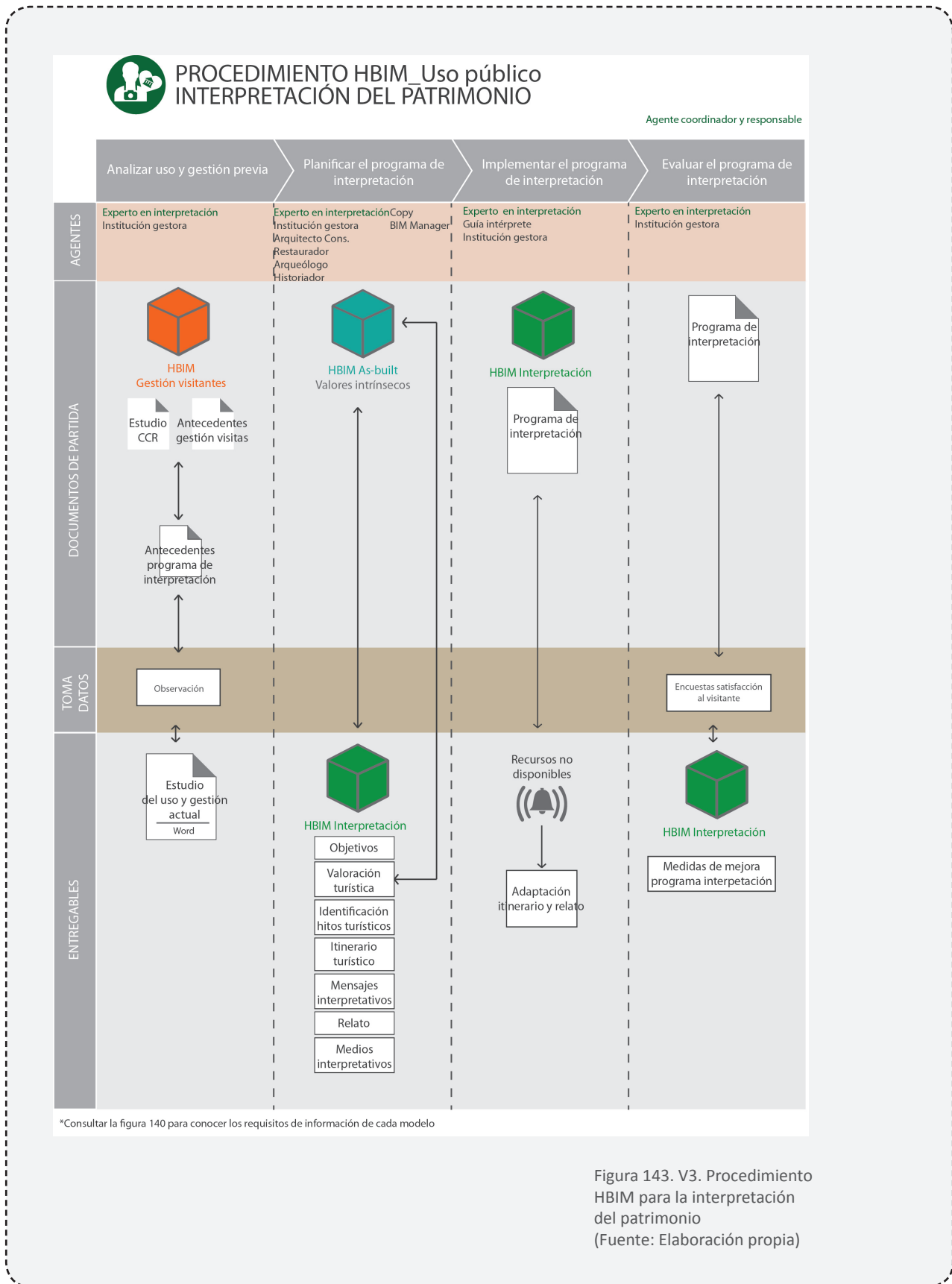
#### 5. Implementar las medidas de gestión

- Vincular los datos de la movilidad real de los visitantes con la capacidad de carga recreativa permitida y programar una alerta cuando se supere el límite establecido, facilita la toma de decisiones de la gestión de flujos de visitantes en tiempo real, por parte de la Institución gestora o del vigilante de sala.

Los modelos HBIM facilitan a la institución gestora, la gestión de los espacios que comparten la visita pública con otro uso.

#### PROCEDIMIENTO HBIM PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO

El procedimiento que se debe seguir para desarrollar el programa de interpretación del patrimonio con HBIM se compone de las siguientes fases: 1. Análisis previo de la interpretación; y 2. Planificación del programa de interpretación; 3. Implementación; y 4. Evaluación del programa desarrollado (figura 143).



### 1. Analizar el uso y gestión previa de bien

- Analizar el uso y gestión previa del bien a partir de la información integrada en el modelo HBIM de gestión de visitantes (estudio de capacidad de carga recreativa y antecedentes de la gestión de visitas) y del programa de interpretación previo, si se dispone. Obtener datos del uso y gestión actual mediante observación y desarrollar el estudio del uso y gestión actual del bien.

### 2. Planificar el programa de interpretación

- Partir de la valoración intrínseca de los recursos contenida en el modelo HBIM *As-built*. Incorporar en el modelo HBIM de interpretación los criterios de valoración turística desarrollados por Viñals *et al.* (2017b): Atractividad, resistencia, disponibilidad, accesibilidad, factibilidad, valores educacionales y funcionalidad. Realizar, posteriormente, la valoración turística de los recursos. Relacionar la valoración intrínseca y turística de los recursos con el fin de identificar los hitos turísticos que mejor transmiten la significancia del bien y que por tanto, formarán parte de la visita. Diseñar y analizar virtualmente las alternativas del itinerario turístico de forma colaborativa con los agentes de la gestión de las visitas. Gestionar la información a través de una plataforma web.

La definición de los objetivos del programa de interpretación, la definición de los medios interpretativos más apropiados y la redacción del relato por parte del experto en interpretación es una labor intelectual, donde una herramienta informática no supone una gran ayuda. No obstante, la capacidad que dispone el sistema HBIM de vincular esta documentación al modelo HBIM, de manera que esté unificada en un único repositorio, resulta una gran ventaja frente al sistema de información tradicional, en el que la información se encuentra dispersa.

### 3. Implementar el programa de interpretación

- Realizar la formación de los guías intérpretes en base al programa de interpretación.

En la fase de implementación, HBIM permite generar alertas automáticas para avisar al guía intérprete cuando los recursos o espacios visitables no se encuentran disponibles para la visita. De esta manera el guía puede adaptar de manera anticipada el itinerario y el relato interpretativo a la nueva situación, logrando una mejor experiencia de calidad de la visita.

### 4. Evaluar el programa de interpretación

- Evaluar el programa de interpretación implementado a través de las encuestas de satisfacción de los visitantes para adoptar medidas de mejora.

## PROCEDIMIENTO HBIM PARA LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO

El procedimiento HBIM específico para la divulgación del patrimonio se divide en cuatro fases: 1. Analizar el material divulgativo previo; 2. Planificar el diseño del material divulgativo; 3. Desarrollar el material divulgativo y 4. Aplicar el material divulgativo (figura 144).

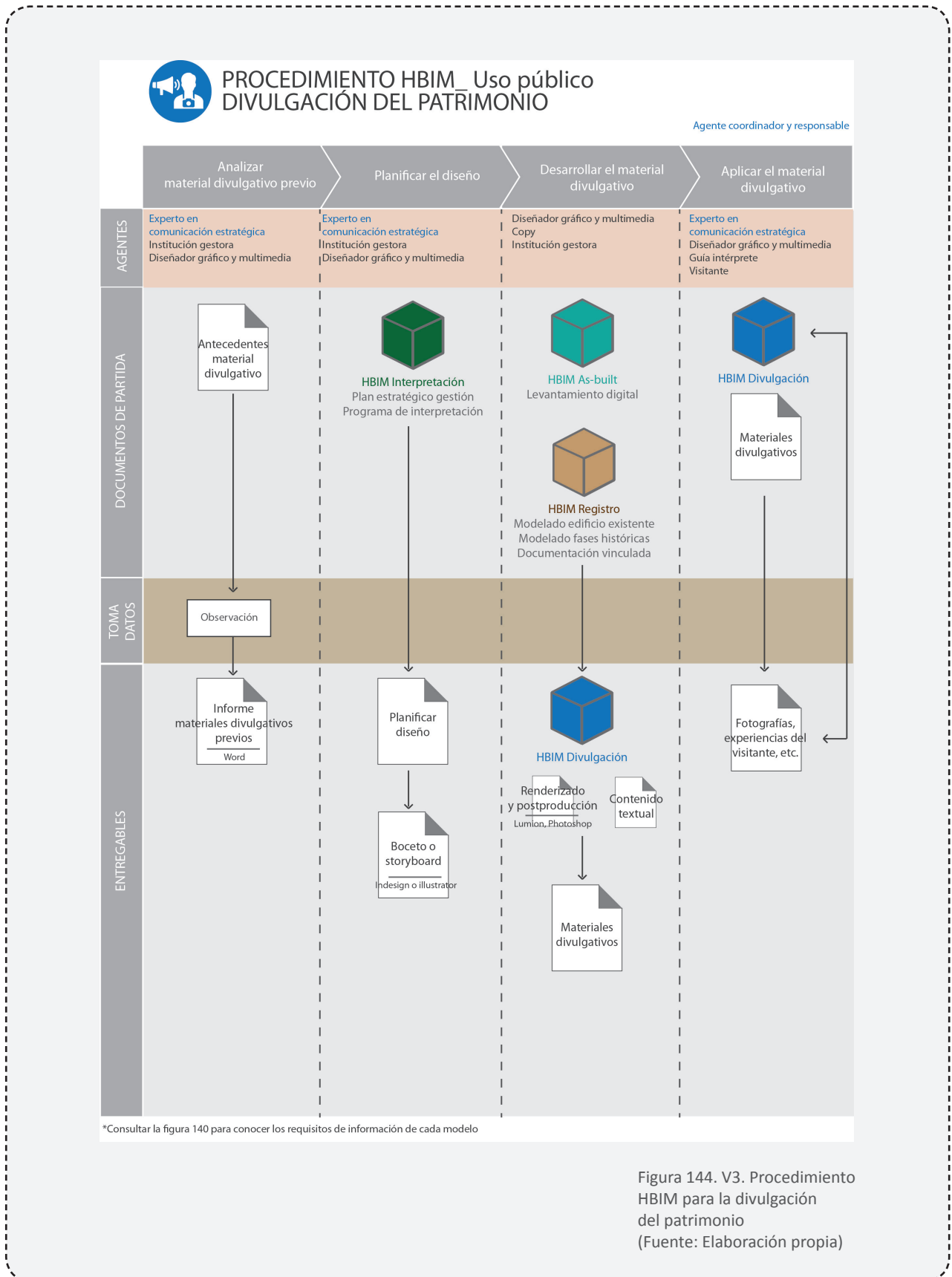


Figura 144. V3. Procedimiento HBIM para la divulgación del patrimonio  
(Fuente: Elaboración propia)

### 1. Analizar el material divulgativo previo

- Analizar los antecedentes de los materiales divulgativos y desarrollar un informe de los materiales divulgativos previos.

### 2. Planificar el diseño

- Planificar el diseño de los materiales divulgativos en base al plan estratégico de gestión y al programa de interpretación contenidos en el modelo HBIM de interpretación. Desarrollar el boceto gráfico o storyboard.

### 3. Desarrollar el material divulgativo

- Partir del modelo HBIM *As-built* para realizar la ilustración o renderizado del bien. Vincular el levantamiento digital (modelo 3D fotogramétrico) al modelo HBIM y realizar el renderizado con la textura real, o bien, renderizar sin texturas y aplicar patrones de texturas, durante la fase de postproducción.

- Obtener información del programa de interpretación sobre los recursos turísticos y los mensajes interpretativos que se desean transmitir. En su defecto, acceder al modelo HBIM de registro para adquirir información sobre la edificación existente, la evolución de sus fases históricas, acontecimientos históricos, etc. con el fin de conocer los valores que se quieren divulgar.

- Desarrollar materiales divulgativos estáticos como ilustraciones, mapas turísticos, etc. o materiales divulgativos interactivos como visitas virtuales, a partir de las ilustraciones, renderizados y contenidos previos.

La capacidad que tienen los modelos HBIM para añadir hipervínculos, como modelos fotogramétricos o vídeos fomenta la divulgación de sus valores. Cuando se reutilizan los modelos HBIM para desarrollar nuevos materiales divulgativos, se consigue una mayor eficiencia, ya que se optimizan los recursos económicos, se mejora la calidad de los contenidos y se logra una mayor comprensión de la complejidad de la arquitectura patrimonial por parte del visitante. En el caso de las visitas virtuales inmersivas a partir de modelos HBIM, la actualización de la información tanto del modelo HBIM como de la aplicación virtual es automática ya que existe una sincronización bidireccional de la información.

### 4. Aplicar el material divulgativo

El material divulgativo mejora la orientación del visitante por el espacio patrimonial y ayuda al guía intérprete a divulgar el relato interpretativo para mejorar la comprensión de la configuración original del bien patrimonial y de su evolución constructiva, por parte del visitante.

Los visitantes y la comunidad local pueden enriquecer el modelo HBIM con información semántica relativa a sus valores sociales como fotografías, experiencias propias, etc. a través de accesos restringidos.

### DISCUSIÓN DEL PROTOCOLO HBIM (V3)

La versión 3 del Protocolo HBIM estándar para planificar y gestionar el uso público del patrimonio actuará como manual de procedimientos para ayudar a los profesionales a adoptar HBIM para esta finalidad y como directriz para desarrollar el protocolo específico que debe adjuntarse a cada contrato.

Este Protocolo HBIM supone una importante contribución con respecto al Protocolo *BIMLegacy* de Jordán *et al.* (2018) ya que profundiza en la fase de uso público.

Las aportaciones del diagrama cíclico del Protocolo HBIM con respecto a los diagramas que se tomaron como referencia son:

- Independiza la fase de “Estrategia” de la fase de “Diseño”, ya que la estrategia de conservación no hace referencia sólo al diseño de la intervención sino también a la gestión del bien.
- Propone la fase de “Entrega” como una fase independiente de la fase de “Ejecución”.
- Incorpora por primera vez, los cuatro ámbitos del uso público del patrimonio: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación del patrimonio
- Representa los distintos estados del modelo HBIM a lo largo del ciclo de vida del bien patrimonial.

La descripción del entorno común de datos de forma clara y sencilla facilitará el desarrollo de un entorno de trabajo colaborativo y el intercambio de información fiable del bien entre el equipo multidisciplinar involucrado.

La explicación del proceso de contratación de un proyecto HBIM permitirá dar a conocer los documentos que se generan en ese proceso y la información que debe contener cada uno de ellos.

La matriz de responsabilidades incorpora por primera vez a los agentes involucrados en los cuatro aspectos del uso público como el gestor cultural y turístico, la institución gestora, el experto en interpretación, etc. Esta matriz ayudará al equipo de proyecto a definir los agentes que van a participar.

El cuadro de usos HBIM para el uso público integra algunos usos que no habían sido establecidos en estudios previos, especialmente en lo relativo a la gestión de visitantes como analizar la movilidad real del visitante, calcular la capacidad de carga recreativa, diseñar los itinerarios turísticos, coordinar los itinerarios simultáneos, etc.

El Protocolo HBIM define la información de los estados del modelo HBIM previos a la fase de uso público que es de utilidad para la fase de uso público. Además, establece el LOD más apropiado para los elementos de los distintos estados del modelo HBIM a lo largo del ciclo de vida.

El Protocolo HBIM define los procedimientos de actuación para imple-



mentar HBIM para los cuatro ámbitos del uso público.

El sistema HBIM puede resolver las dificultades de gestión de la información de los diferentes formatos que requiere la conservación preventiva. El acceso a la información generada por otras disciplinas puede favorecer la optimización de los recursos. Vincular a cada riesgo su protocolo de actuación, puede facilitar la toma de decisiones o incluso automatizar las respuestas, contribuyendo de esta manera a la conservación de la autenticidad de los bienes patrimoniales. El sistema HBIM facilita que el programa de conservación preventiva esté actualizado y tenga mayores garantías de éxito.

En relación con la gestión de visitantes, HBIM puede facilitar el análisis virtual de los puntos problemáticos de los flujos de visitantes reales. Puede también ayudar a determinar la capacidad de carga recreativa a partir de las superficies del modelo HBIM. El sistema HBIM puede facilitar el análisis virtual de las alternativas de itinerarios turísticos, la coordinación de varios itinerarios simultáneos, la planificación de los recursos personales necesarios y la estimación de costes que supondría. De esta manera se pueden identificar y resolver los problemas antes de su implementación, reduciendo así el tiempo y el coste necesario para alcanzar la solución más sostenible. HBIM puede también, facilitar la toma de decisiones de la gestión de los flujos de visitantes en tiempo real.

Con respecto a la interpretación del patrimonio, HBIM puede facilitar la relación de la valoración intrínseca y turística de los recursos con el fin de identificar los hitos que formarán parte de la visita turística. El acceso a la información del bien, generada por otras disciplinas, unificada y actualizada puede favorecer el desarrollo del programa de interpretación. HBIM también, puede generar alertas automáticas sobre los recursos no disponibles temporalmente, de manera que el guía intérprete pueda anticiparse y adaptar el itinerario de la visita y el relato interpretativo a la nueva situación.

La reutilización de los modelos HBIM para el desarrollo de materiales divulgativos puede optimizar los recursos económicos destinados para este fin, reducir la repetición de trabajos y mejorar la calidad y el rigor de los resultados. Los materiales divulgativos ayudan al guía intérprete a transmitir el relato interpretativo y mejoran la orientación del visitante por el espacio patrimonial y la comprensión de sus valores.

# 6

## Conclusiones



## 6. Conclusiones

En este capítulo se recogen las principales contribuciones de la investigación, las recomendaciones prácticas, las limitaciones que se han encontrado a lo largo de la investigación y se señalan las futuras líneas de investigación que pueden llevarse a cabo a partir de los resultados obtenidos.

### 6.1. CONTRIBUCIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En base a la previsión de que HBIM sea cada vez más utilizado e incluso pueda llegar a exigirse en España en un futuro a corto plazo, la primera contribución de esta investigación ha sido **anticipar la necesidad de desarrollar un protocolo que facilite la adopción de HBIM para planificar y gestionar el uso público del patrimonio arquitectónico.**

Para el desarrollo de esta investigación, se ha empleado el método de investigación innovador del *Design Science Research* o investigación de las Ciencias del Diseño. Este método proviene del ámbito anglosajón y su aplicación ha sido posible gracias a la transferencia de conocimientos entre la autora, los directores de esta investigación y otros investigadores de ámbito internacional. **La aplicación del método *Design Science Research* supone una aportación novedosa a las investigaciones del programa de doctorado en arquitectura de la Universitat Politècnica de València.**

El esquema de **la dimensión social de la conservación del patrimonio y en especial, de la visita pública interpretativa desarrollado en el capítulo del marco conceptual supone una importante aportación para esta materia de estudio.** Si bien existen numerosos estudios relacionados con el uso público, por primera vez, se ha desarrollado un esquema claro que relaciona todos los aspectos del uso público: conservación preventiva, gestión de visitantes, interpretación del patrimonio y divulgación del patrimonio.

**El desarrollo por primera vez de un Protocolo HBIM específico para el uso público,** supone una importante contribución para el conocimiento científico actual en materia de HBIM. Este protocolo se podrá aplicar a dos escenarios diferentes: como manual de procedimientos para ayudar a los profesionales a implementar HBIM para esta finalidad y como directriz para desarrollar el protocolo específico que debe acompañar a cada contrato de planificación y gestión del uso público de un bien patrimonial con HBIM.

Además, **podrá ayudar a la Administración a definir los requisitos BIM de las licitaciones públicas de los proyectos de planificación y gestión del uso público de los bienes patrimoniales.** Dado que los procedimientos de actuación del Protocolo HBIM especifican la información que se debería in-

tegrar en cada estado del modelo HBIM, este protocolo se podrá **emplear de guion para generar una plantilla HBIM que contenga los campos específicos del uso público y para realizar el desarrollo informático de una plataforma web para el uso público.**

**La definición de los usos HBIM para el uso público ha supuesto una importante contribución de esta investigación** ya que ningún estudio precedente había profundizado tanto en este aspecto. La identificación de estos usos complementa los usos HBIM definidos por otros investigadores previamente y contribuye al conocimiento actual aportando una visión completa de los usos que se le puede dar a la información contenida en los modelos HBIM.

Los resultados de la implementación de HBIM para la gestión de las visitas y la interpretación al caso de estudio del conjunto de San Juan del Hospital de València, han sido muy satisfactorios, considerando la tecnología existente y los limitados recursos y tiempo disponibles para su desarrollo. **Los resultados demuestran por primera vez que HBIM y en particular el software Revit puede ser una herramienta útil para analizar, planificar y también para gestionar más eficientemente las visitas públicas de los bienes patrimoniales.** Los resultados indican que el software *Revit* permite integrar en el modelo HBIM generado por los agentes técnicos, información geométrica y semántica generada por los agentes involucrados en la planificación y gestión del uso público. Esta fuente de información unificada y fiable facilita la toma de decisiones para el diseño del itinerario turístico, la gestión del flujo de visitantes y la determinación de la Capacidad de Carga Recreativa de manera más integral. Además, la capacidad de HBIM de analizar virtualmente distintas alternativas puede anticipar y resolver los riesgos derivados de una inapropiada gestión de la visita antes de su implementación, reduciendo así el tiempo y coste invertido para lograr una gestión más sostenible.

## 6.2. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

Las recomendaciones prácticas que se exponen a continuación, a modo de reflexión final, se han inspirado en la consideración de los resultados obtenidos y en las sugerencias y aportaciones de los evaluadores que han participado a lo largo de toda la investigación.

El Protocolo HBIM desarrollado en esta tesis puede ser especialmente útil para los bienes que tienen un modelo de visita compleja (grandes dimensiones, exigentes medidas de conservación y elevada afluencia de visitantes) y cuentan con grandes recursos económicos y humanos para su gestión. Se cree que para los bienes culturales que tienen un modelo de visita simple y que disponen de limitados recursos, resultaría más complejo de llevar a la práctica. Por otro lado, se piensa que en edificios patrimoniales con problemas de presión turística, se podría aplicar especialmente el Procedimiento HBIM para la gestión de visitantes y la conservación preventiva, ya que en esta tipología de edificios el mayor reto es controlar el impacto turístico en términos de conservación y no tanto el mejorar la experiencia de la visita. Para edificios menos icónicos, donde el volumen de visitantes no plantea

problemas con respecto a la conservación del edificio, se podría aplicar el Procedimiento HBIM para la interpretación y divulgación ya que su mayor preocupación es mejorar la experiencia de la visita.

El uso de HBIM para desarrollar materiales divulgativos puede resultar interesante ya que optimiza los recursos disponibles y aumenta la calidad de los resultados. Sería especialmente útil para desarrollar aplicaciones de visita virtual con realidad aumentada o realidad virtual ya que lee los datos directamente del modelo HBIM. Sin embargo, el desarrollo de materiales divulgativos como videos o mapas turísticos impresos, no sería tan interesante ya que la información de los modelos HBIM perdería la conexión bidireccional con este tipo de materiales.

Para gestionar los modelos HBIM de los bienes patrimoniales, se ha identificado la necesidad de incorporar dentro de la institución gestora un perfil profesional experto en intervención y gestión del patrimonio con formación en HBIM. Para disponer de técnicos con esta formación, se propone integrar en los planes de estudios de los postgrados en conservación del patrimonio arquitectónico, la formación en HBIM.

No obstante, considerando la situación actual en España, se prevén limitaciones para la implementación de HBIM a corto plazo. Por un lado, la media de los bienes patrimoniales de España cuenta con limitados recursos humanos contratados en plantilla y limitados recursos económicos, lo cual dificulta la incorporación de un nuevo perfil profesional formado en HBIM. Además, los propietarios de estos bienes se muestran generalmente reticentes al uso de este sistema ya que la inversión inicial económica y de tiempo es muy elevada y los resultados de una mayor eficiencia en la gestión del bien patrimonial se aprecian a medio y largo plazo. Por otro lado, las instituciones públicas en materia de conservación del patrimonio como el IPCE no están todavía preparadas para adoptar la metodología HBIM ya que no disponen de personal en plantilla formado en HBIM ni de recursos informáticos adecuados para trabajar con este sistema. Actualmente, los modelos HBIM de que dispone la Administración, provenientes de las licitaciones públicas, se almacenan como repositorio de información, pero esa información no se está optimizando ni reutilizando.

Se cree que la implementación de HBIM tiene mayores posibilidades de éxito si se integra únicamente la información que los agentes involucrados sean capaces de gestionar y si los agentes involucrados respetan rigurosamente los protocolos del manejo de la información.

Considerando la importancia de mantener la integridad de los datos de los bienes patrimoniales de los modelos HBIM a largo plazo, se recomienda trabajar con formatos abiertos IFC. El formato IFC evita la pérdida de información que se produce al abrir archivos de versiones antiguas en versiones más nuevas de los programas comerciales y al intercambiar archivos nativos entre distintos programas comerciales tipo *Revit* y *Archicad*.

### 6.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el transcurso de la investigación se han detectado las siguientes limitaciones:

En base al tiempo y recursos limitados para el desarrollo de esta tesis doctoral, el Protocolo HBIM se ha implementado a un solo caso de estudio y se ha centrado en dos aspectos del uso público: la gestión de visitantes y la interpretación del patrimonio.

La evaluación de la utilidad del Protocolo HBIM se ha realizado desde un punto de vista teórico. Para evaluar su utilidad práctica, los evaluadores deberían haber participado previamente en la fase de implementación. Para haber participado en esta fase, además de disponer de experiencia y formación en la planificación y gestión del uso público, deberían haber tenido formación en HBIM o haber tenido acceso a una plataforma web que les hubiera permitido gestionar los datos del uso público y vincularlos con el modelo de *Revit*. Dado que en la actualidad no existe un perfil con esta doble formación, ni existe en el mercado una plataforma web con esta funcionalidad, no fue posible que los evaluadores participaran en la implementación ni que evaluaran la utilidad práctica del Protocolo HBIM. Estas reflexiones se contemplan en los apartados 6.2. Recomendaciones prácticas y 6.4. Futuras líneas de investigación.

### 6.4. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos mediante esta investigación, han permitido identificar las futuras líneas de investigación que se detallan a continuación:

Aplicar el Protocolo HBIM para el uso público desarrollado en esta investigación, a otros casos de estudio que tengan una mayor dimensión y un modelo de gestión más complejo. Este estudio permitirá refinar el Protocolo HBIM e identificar los beneficios que aporta el uso de HBIM con respecto a la gestión tradicional de este tipo de monumentos.

Implementar el Procedimiento HBIM para la conservación preventiva y la divulgación del patrimonio a otros casos de estudio, con el fin de extraer conclusiones específicas sobre su aplicabilidad y utilidad.

Desarrollar futuros estudios encaminados a analizar los flujos de visitantes reales y a gestionar las visitas públicas en tiempo real mediante el uso de HBIM. La vinculación de los flujos de visitantes obtenidos mediante sensores y dispositivos de posicionamiento, como GPS, con el modelo HBIM y un *software* de simulación de peatones puede analizar y anticipar situaciones de congestión y facilitar alternativas de tránsito con el fin de evitar la saturación y discomfort de los visitantes. También, HBIM puede permitir la gestión integrada de la información de diferentes inmuebles de una misma propiedad, por ejemplo, para el desarrollo de rutas temáticas que relacionen inmuebles con características comunes.

Desarrollar una plataforma web o completar la plataforma web *BIMLegacy* con los parámetros específicos del uso público que se han introducido



en el modelo HBIM en la fase de implementación. Esta plataforma actuará de interfaz para facilitar a los agentes no técnicos (historiadores, gestor cultural, etc.) la gestión de la información de la base de datos y del modelo HBIM. Realizar, además las actualizaciones necesarias del *plug-in* para facilitar la sincronización de la información entre ambas bases de datos.



7

Referencias



## 7. Referencias

- ADAMI, A., F. FASSI, L. FREGONESE y M. PIANA, 2018. Image-based techniques for the survey of mosaics in the Basilica di San Marco in Venice. *Virtual Archaeology Review*, vol. 9, no. 19, pp. 1-20.
- ADAMI, A., B. SCALA y A. SPEZZONI, 2017. Modelling and accuracy in a bim environment for planned conservation: The apartment of troia of Giulio Romano. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 42, no. 2W3, pp. 17-23.
- AGUSTÍN-HERNÁNDEZ, L., A. FERNÁNDEZ-MORALES y M. QUINTILLA, 2018. Inventario gráfico digital del patrimonio arquitectónico. *XVII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 1, no. mayo, pp. 633-640.
- ALDRIDGE, D., 1975. *Principles of countryside interpretation and interpretive planning*. Edimburgo, Reino Unido: HMSO.
- ALMAGRO-GORBEA, A., 2004. Levantamiento arquitectónico. *Monográfica (Universidad de Granada). Biblioteca de arquitectura y restauración*, no. 8, pp. 300.
- ALMAGRO-VIDAL, A. (Trad.), 2000. Carta del Rilievo. Roma.
- ALMEIDA, F., 2006. Tipología de visitante turístico y satisfacción de la experiencia turística en Santiago de Compostela. *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia*, vol. 28, pp. 231-258.
- ALONSO-MONASTERIO, P., 2013. *Análisis de la eficiencia comunicativa y las funciones interpretativas de los mapas turísticos para la visita de espacios con patrimonio*. Universitat Politècnica de València. Tesis doctoral.
- ANDREU, L., J.E. BIGNÉ y C. COOPER, 2000. Projected and Perceived Image of Spain as a Tourist Destination for British Travellers. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, vol. 9, no. 4, pp. 47-67.
- ANDREWS, D., J. BEDFORD y P. BRYAN, 2015. *Metric Survey Specifications for Cultural Heritage* [en línea]. 3ª Edición. Swindon: Historic England. Disponible en: <http://archaeologydataservice.ac.uk/archiveDS/archiveDownload?t=arch-1416-1/dissemination/pdf/9781848021716.pdf>.
- ANGULO, R., 2012. Construcción de la base gráfica para un sistema

de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas. *Arqueología de la Arquitectura*, vol. 0, no. 9, pp. 11-25.

ANYFORMS DESIGN, 2018. Anyforms Design [en línea]. [Consulta: 11 julio 2019]. Disponible en: <http://www.anyformsdesign.com/>.

ARAYACI, Y., J. COUNSELL, L. MAHDJOUBI, G. NAGY, S. HAWAS y K. DEWIDAR, 2017. *Heritage Building Information Modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor& Francis Group.

ARMISÉN, A., B. GARCÍA-FERNÁNDEZ-JARDÓN, F.J. MATEOS, L. VALDEÓN y A. ROJO, 2016. Plataforma virtual para el diseño, planificación, control, intervención y mantenimiento en el ámbito de la conservación del patrimonio histórico «PetroBIM». *Congreso Euro-Americano REHABEND 2016* [en línea]. Burgos (España), pp. 1-8. Disponible en: <http://www.geaasesoriageologica.com/noticias/adjuntos/69.pdf> [http://petrobim.com/2017/05/14/los-cuatro-pilares-de-la-gestion-de-patrimonio-resueltos-con-petrobim/?utm\\_campaign=shareaholic&utm\\_medium=linkedin&utm\\_source=socialnetwork](http://petrobim.com/2017/05/14/los-cuatro-pilares-de-la-gestion-de-patrimonio-resueltos-con-petrobim/?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=linkedin&utm_source=socialnetwork).

ASSOCIATION FOR GEOGRAPHIC INFORMATION, 2020. *AGI Foresight Report 2020*. Atkins.

AYUNTAMIENTO DE VALENCIA, 2010. *Catálogo de bienes y espacios protegidos. Templo y dependencias de San Juan del Hospital* [en línea]. Disponible en: [https://www.valencia.es/revisiõnpgou/catalogo/urbano/1.37 BIC TEMPLO Y DEPENDENCIAS DE SAN JUAN DEL HOSPITAL\\_firmado.pdf](https://www.valencia.es/revisiõnpgou/catalogo/urbano/1.37%20TEMPLO%20Y%20DEPENDENCIAS%20DE%20SAN%20JUAN%20DEL%20HOSPITAL_firmado.pdf).

BAIK, A. y J. BOEHM, 2017. Jeddah Heritage Building Information Modeling (JHBIM). En: Y. Arayaci, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G. Nagy, S. Hawas y K. Dewidar (eds.), *Heritage Building Information Modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor& Francis Group, pp. 133-153.

BARAZZETTI, L., F. BANFI y BRUMANA RAFFAELLA, 2016. Historic BIM in the cloud. En: M. Ioannides, E. Fink, A. Moropoulou, M. Hagedorn-Saupe, A. Fresa, G. Liestol, V. Rajcic y P. Grussenmeyer (eds.), *Euro-Mediterranean Conference*. Nicosia (Chipre): Springer, pp. 104-115.

BARAZZETTI, L., F. BANFI, R. BRUMANA, D. ORENI, M. PREVITALI y F. RONCORONI, 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*, vol. XL-5/W7, pp. 35-42.

BARNES, P. y N. DAVIES, 2014. *BIM in Principle and in Practice*. Londres: ICE Publishing

BASSIER, M., G. HADJIDEMETRIOU, M. VERGAUWEN, N. VAN ROY y E. VERSTRYNGE, 2016. Implementation of Scan-to-BIM and FEM for the Documentation and Analysis of Heritage Timber Roof Structures. En: M. Ioannides, E. Fink, A. Moropoulou, M. Hagedorn-Saupe, A. Fresa, G. Liestol, V. Rajcic y P. Grussenmeyer (eds.), *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage*:

- Documentation, Preservation, and Protection* [en línea]. Nicosia (Chipre): Springer, pp. 79-90. DOI 10.1007/978-3-319-48974-2. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-48496-9>.
- BAVIERA, E., J. LLOPIS-VERDÚ, J. MARTÍNEZ-PIQUERAS y J.L. DENIA, 2018. La realidad virtual en la difusión del patrimonio arquitectónico. El caso de Fontilles. En: C.L. Marco, P.J. Juan-Gutiérrez, J. Domingo-Gresa y J. Oliva (eds.), *EGA. De trazos, huellas e improntas*. Alicante (España), pp. 551-557.
- BLASCO, T. y L. OTERO, 2008a. Técnicas conversacionales para la recogida de datos en investigación cualitativa: La entrevista (I). *Nure investigación*, vol. 33.
- BLASCO, T. y L. OTERO, 2008b. Técnicas cualitativas para la recogida de datos en investigación cualitativa: La entrevista (II). *Nure investigación*, vol. 34.
- BOHÓRQUEZ-CASTELLANOS, J.J., H. PORRAS-DÍAZ, O.G. SÁNCHEZ-RIVERA y M.C. MARIÑO-ESPINEL, 2018. Planificación de recursos humanos a partir de la simulación del proceso constructivo en modelos BIM 5D \*. *Entramado*, vol. 14, no. 1, pp. 252-267.
- BRADLEY, S., 2005. Preventive conservation research and practice at the British Museum. *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 44, no. 2, pp. 159-173.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2014. PAS1192-3:2014. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. [en línea]. Disponible en: <https://bim-level2.org/standards/>.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2013a. BS 7913:2013 Guide to the conservation of historic buildings.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2013b. PAS 1192-2:2013 Specification for Information Management for the Capital/Delivery Phase of Construction Projects using Building Information Modelling (BIM) [en línea]. Disponible en: <https://bim-level2.org/standards/>.
- BRUMANA, R., S. DELLA TORRE, D. ORENI, M. PREVITALI, L. CANTINI, L. BARAZZETTI, A. FRANCHI y F. BANFI, 2017. HBIM challenge among the paradigm of complexity, tools and preservation: The basilica Di collemaggio 8 years after the earthquake (L'aquila). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 42, no. 2W5, pp. 97-104.
- BRUMANA, R., D. ORENI, A. RAIMONDI, A. GEORGOPOULOS y A. BRIGIANNI, 2013. From survey to HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage: The case study of St. María in Scaria d'Intelvi. *Digital Heritage International Congress*, pp. 497-504.
- BRUNO, S., M. DE FINO y F. FATIGUSO, 2018. Historic Building Informa-



- tion Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management. *Automation in Construction*, vol. 86, pp. 256-276.
- BRUSAPORCI, S., G. RUGGERI, P. MAIEZZA, A. TATA, LI. TRIZIO y A. GIANNAGELI, 2018. AHBIM per l'analisi stratigrafica dell'architettura storica. *Restauro Archeologico*, vol. 27, no. 1, pp. 112-131.
- BUILDINGSMART ALLIANCE, 2010. BIM Project Execution Planning Guide [en línea]. Pensilvania: Disponible en: [https://www.bim.psu.edu/bim\\_pep\\_guide/](https://www.bim.psu.edu/bim_pep_guide/).
- BUILDINGSMART SPANISH CHAPTER, 2019. Introducción a la serie EN-ISO 19650.
- BUILDINGSMART SPANISH CHAPTER, 2018. *Guía de usuarios BIM aplicado al Patrimonio Cultural* [en línea]. Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/bim/guías-ubim/>.
- BUILDINGSMART SPANISH CHAPTER, 2015. Memoria de actividades. Spanish home of OpenBIM [en línea]. Disponible en: <http://www.redmadre.es/sevilla/memoria>.
- BUILDINGSMART SPANISH CHAPTER, 2014. *Guía de usuarios BIM* [en línea]. ISBN 978-989-96647-1-5. Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/recursos/guías-ubim/>.
- CABALLERO-ZOREDA, L., 2004. Una experiencia en Arqueología de la Arquitectura. *Arqueología de la Arquitectura*, no. 3, pp. 127.
- CABEZA, M., A. SOLER, M.J. MÁÑEZ y J.T. GARFELLA, 2014. La cantería gótica en la comarca del maestrazgo. Modelos virtuales de los sistemas abovedados de tres capillas ochavadas. *Expresión Gráfica de la Edificación*, vol. 8, pp. 106-112.
- CABINET OFFICE, 2011. Government Construction Strategy. Londres.
- CALLE, M. de la, M. del C. MÍNGUEZ y M. GARCÍA-HERNÁNDEZ, 2009. Bases para la gestión de la visita turística del Conjunto Arqueológico de Carmoña. Inédito.
- CALLE, M. de la y M. GARCÍA-HERNÁNDEZ, 1998. Fuentes y técnicas para el estudio del turismo en las ciudades históricas. *Ería*, vol. 47, pp. 326-333.
- CALLEJO, J., 2001. *El grupo de discusión: introducción a una práctica de investigación*. Grupo Planeta (GBS).
- CANCIANI, M., F. CHIAPPETTA, M. MICHELINI, E. PALLOTTINO, M. SACCONI y A. SCORTECCI, 2014. A new GIS-based map of Villa Adriana, a multimedia guide for ancient paths. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 40, no. XL-5, pp. 129-136.
- CARTER, J., 2001. *A sense of place: an interpretive planning handbook*.

- CARTER, J., 1993. The role and power of writing in interpretation. *Environmental Interpretation*.
- CASTELLANO-ROMÁN, M. y F. PINTO-PUERTO, 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*, vol. 14, no. mayo, pp. 1-12.
- CASTELLANO-ROMÁN, M., 2015. Generación de un modelo de información del patrimonio inmueble en el momento de su protección jurídica. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, vol. 20, no. 26, pp. 266-277.
- CASTELLANO-ROMÁN, M., 2013. Hacia el modelado de información patrimonial. Generación de modelos de información del patrimonio inmueble en el momento de su protección jurídica. *Virtual Archaeology Review*, vol. 4, no. 9, pp. 7-13.
- CASU, P. y C. PISU, 2019. BIM application in Documenting and Recreating Lost Architectural Heritage. En: IGI Global. Disseminator of knowledge (ed.), *Architecture and Design: Breakthroughs in Research and Practice*, pp. 112-141.
- CHARCO, J.L., 2017. *Implementación HBIM de elementos singulares del Patrimonio Arquitectónico. El caso de la Virgen del Milagro del Conjunto de San Juan del Hospital de Valencia*. TFM inédito.
- CHAVES, F.J., P. TZORTZOPOULOS, C.T. FORMOSO y C.N. BIOTTO, 2016. Building information modelling to cut disruption in housing retrofit. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, vol. 170, no. 6, pp. 322-333.
- CIFUENTES, M., 1992. *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. Turrialba (Costa Rica).
- CIRUJANO, C., Á.L. GARCÍA y T. LAGUNA, 2009. El mantenimiento de los bienes culturales como garantía para su conservación. *Ge-conservación*, vol. 0, pp. 21-33.
- COMISIÓN EUROPEA, 2018. Representación en España. [en línea]. [Consulta: 30 noviembre 2018]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/spain/news/171207\\_Cultural-Heritage-Year\\_es](https://ec.europa.eu/spain/news/171207_Cultural-Heritage-Year_es).
- CONSEJO SUPERIOR DE ANTIGÜEDADES Y BELLAS ARTES DE ITALIA, 1932. Carta del Restauo 1932.
- CONSELLERÍA DE CULTURA, EDUCACIÓN Y CIENCIA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA, 1997. *Museo Conjunto Hospitalario de San Juan del Hospital* [en línea]. Disponible en: [http://www.dogv.gva.es/datos/1997/04/16/pdf/1997\\_6350.pdf](http://www.dogv.gva.es/datos/1997/04/16/pdf/1997_6350.pdf).
- CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL, 2018. Building Information Mod-

- eling (BIM) protocol.
- CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL, 2010. BIM Project Execution Planning Guide. Version 2.0.
- CORBETTA, P., 2007. *Metodología y técnicas de investigación social*. Madrid: McGraw-Hill.
- CORFIELD, M., 2013. Preventative conservation for archaeological sites. *Studies in Conservation*, vol. 41, pp. 32-37.
- CORTES GENERALES, 1978. Constitución Española. Boletín Oficial del Estado, no. 331.
- COS-GAYÓN LÓPEZ, F., J. CORDÓN LLÁCER, A.B. ANQUELA JULIÁN y J.A. BONET EDESA, 2016. Aplicaciones de Realidad Virtual inmersiva en el Teatro Romano de Sagunto (Valencia, España). En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds), *EUBIM 2016*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 138-149.
- COUNCIL CONSTRUCTION INDUSTRY, 2013. Building Information Model (BIM) Protocol. Londres (Reino Unido): Council Construction Industry.
- COUNSELL, J. y T. TAYLOR, 2017. What are the goals of HBIM. En: Y. Arayaci, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G. Nagy, S. Hawas y K. Dewidar (eds.), *Heritage Building Information Modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor and Francis Group, pp. 15-31.
- COWAN, N., 2005. *Working memory capacity: Essays in cognitive psychology*. New York (EEUU).
- CRESPO, D., 2006. *Iglesia de San Juan del Hospital de Valencia: Evolución constructiva a través de la lectura muraria y las fuentes documentales*. TFM Inédito.
- DARDES, K. y J. DRUZIK, 2000. Managing the Environment: An Update on Preventive Conservation. *The Getty Conservation Institute* [en línea]. [Consulta: 29 noviembre 2018]. Disponible en: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/newsletters/15\\_2/feature.html](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/15_2/feature.html).
- DASGUPTA, S., 2003. Multidisciplinary creativity: The case of Herbert A. Simon. *Cognitive Science*, vol. 27, no. 5, pp. 683-707.
- DAVE, B., A. KIVINIEMI, J. KOSKELA, LAURI, P. TZORTZOPOULOS y R. OWEN, 2013. *Implementing Lean in construction. Lean construction and BIM*. Londres: Ciria.
- DE BOIS, P. y K. BUURMANS, 2007. To know the path is to rule the system. Case study New Town Almere (NL). Delft: Delft University of Technology.
- DELLA TORRE, S., 2015. Un bilancio del progetto BHIMM. *Modellazione e gestione delle informazioni per il patrimonio edilizio esistente*. Ingenio, pp. 10-16.

- DENARD, H., A. GRANDE (trad.) y V. LÓPEZ-MENCHERO (trad.), 2009. *Carta de Londres*.
- DORE, C. y M. MURPHY, 2017. Current state of the art historic building information modelling. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 42, no. 2W5, pp. 185-192.
- DORE, C. y M. MURPHY, 2012. Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites. *International Conference on Virtual Systems and Multimedia: «Virtual Systems in the Information Society»*. Milán (Italia), pp. 369-376. DOI 10.1109/VSM2012.6365947.
- ECHTNER, C.M. y J.R.B. RITCHIE, 1991. The Meaning and Measurement of Destination Image. *The Journal of Tourism Studies*, vol. 2, no. 2, pp. 2-12.
- EDWARDS, J., 2017. It's BIM but not as we know it! En: Y. Arayaci, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G.A. Nagy, S. Hawas y K. Dweidar (eds.), *Heritage building information modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor and Francis Group.
- ES.BIM, 2016. BIM en 8 puntos. *es.BIM* [en línea]. Disponible en: [http://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento\\_diffusion\\_BIM.pdf](http://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_diffusion_BIM.pdf).
- ESCENA TURÍSTICA S.L., 2000. Proyecto de interpretación de la muralla de Ávila. Inédito
- ESTEBAN-CHAPAPRÍA, J. y M.P. GARCÍA-CUETOS, 2007. *Alejandro Ferrant y la conservación monumental en España (1929-1939): Castilla y León y la primera zona monumental. Vol. 1*. Valladolid: Junta de Castilla y León.
- EUROPARC-ESPAÑA, 2005. Conceptos de uso público en los espacios naturales protegidos [en línea]. Disponible en: [http://www.redeuro-parc.org/system/files/shared/manual\\_1.pdf](http://www.redeuro-parc.org/system/files/shared/manual_1.pdf).
- FASSI, F., C. ACHILLE, A. MANDELLI, F. RECHICHI y S. PARRI, 2015. A New idea of bim system for visualization, web sharing and using huge complex 3d models for facility management. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 40, no. 5W4, pp. 359-366.
- FASSI, F., A. MANDELLI, S. TERUGGI, F. RECHICHI, F. FIORILLO y C. ACHILLE, 2016. VR for Cultural Heritage A VR-WEB-BIM for the Future Maintenance of Milan's Cathedral. En: L.T. De Paolis and A. Mongelli (ed.), *International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics*. Springer International Publishing Switzerland, pp. 139-157.
- FORERO, D., 2018. *Mejora del modelo Historic Building Information*

*Modeling (HBIM) para la gestión de fases histórico-constructivas. Aplicación al caso de la nave de la iglesia de San Juan del Hospital en Valencia.* TFM Inédito.

FORUM INTERNACIONAL DE ARQUEOLOGÍA VIRTUAL, 2012. Principios de Sevilla. Principios internacionales de la arqueología virtual.

FREGONESE, L., C. ACHILLE, A. ADAMI, F. FASSI, A. SPEZZONI y L. TAFFURELLI, 2015. BIM: an integrated model for planned and preventive maintenance of architectural heritage. *Digital Heritage*. Granada: IEEE, pp. 51-54. DOI 10.1109/DigitalHeritage.2015.7413832.

FUDGE, R., 2003. Interpretative themes- what's the big idea? En: D.L. Larsen (ed.), *Meaningful Interpretation: How to connect hearts and minds to places, objects and other resources*. Fort Washington, Pensilvania: Eastern National.

FUNDACIÓN CATEDRAL SANTA MARÍA, 2009. *Estudios y restauración del pórtico. Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz*. Vitoria: Fundación Catedral Santa María.

FUNDACIÓN SANTA MARÍA LA REAL, 2018. Las aplicaciones de MHS se exponen en sendas jornadas sobre conservación preventiva del patrimonio [en línea]. [Consulta: 12 febrero 2019]. Disponible en: [http://www.santamarialareal.org/noticias/las-aplicaciones-de-mhs-se-exponen-en-sendas-jornadas-sobre-conservacion-preventiva-del-patrimonio?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad\\_flagship3\\_feed%3Bni9uzaSXTUOs-5Qb94S35sg%3D%3D](http://www.santamarialareal.org/noticias/las-aplicaciones-de-mhs-se-exponen-en-sendas-jornadas-sobre-conservacion-preventiva-del-patrimonio?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3Bni9uzaSXTUOs-5Qb94S35sg%3D%3D).

GALIANO-GARRIGÓS, A. y M.D. ANDÚJAR-MONTOYA, 2018. Building Information Modelling in operations of maintenance at the University of Alicante. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 13, no. 1, pp. 1-11.

GALIANO, A., V. ECHARRI y A. ESPINOSA, 2017. Public participation in the process of improving quality of the urban frame. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 12, no. 4, pp. 644-654.

GARAGNANI, S. y A.M. MANFERDINI, 2013. Parametric accuracy: Building information modeling process applied to the cultural heritage preservation. *3DArch2013. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Trento, Italia, pp. 87-92.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., 2013. Capacidad de carga turística y gestión de la visita pública en la zona arqueológica de Copán, Honduras. *Congreso Internacional «America Latina»: La autonomía de una región*. Madrid (España), pp. 911-921.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., 2003. *Turismo y conjuntos monumentales: capacidad de acogida turística y gestión de flujos de visitantes*. Valencia: Tirant lo Blanch.

GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., M. de la CALLE, M.Á. TROITIÑO-VINUESA y L. TROI-

- TIÑO-TORRALBA, 2013. Estudio de Capacidad de Carga Turística del Parque Arqueológico de Copán (Honduras). Inédito.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., M. de la CALLE y M. del C. MÍNGUEZ, 2011. Capacidad de Carga Turística y Espacios patrimoniales. Aproximación a la estimación de la capacidad de carga del Conjunto Arqueológico de Carmona (Sevilla, España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, vol. 57, pp. 219-242.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L., M.C. LÓPEZ-GONZÁLEZ y I. JORDÁN-PALOMAR, 2018. The Study of Architectural Heritage with HBIM Methodology. A Medieval Case Study. En: E. Castaño Perea y Echeverría Valiente E. (eds.), *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica 2016*. Springer, Cham, pp. 945-955.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L., M.C. LÓPEZ-GONZÁLEZ, E. SALVADOR-GARCÍA, R. MARCH y I. JORDÁN-PALOMAR, 2016a. *El diseño de una base de datos, modelo para la gestión de la información y del conocimiento del Patrimonio Arquitectónico*. Inédito.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L., R. MARCH y I. JORDÁN-PALOMAR, 2016b. Registro de monumentos históricos con HBIM. *XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. APEGA. Castellón (España), pp. 1-9.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L., E. SALVADOR-GARCÍA y R. MARCH-OLIVER, 2016c. Conexión de bases de datos BIM con bases de datos documentales para el registro de los bienes patrimoniales. En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds.), *EUBIM 2016*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 190-199.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L. y E. SALVADOR-GARCÍA, 2014a. La necesidad de la nube de puntos para el modelado BIM de elementos complejos. En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds.), *EUBIM 2014*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 87-99.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L. y E. SALVADOR-GARCÍA, 2014b. Registro previo para la gestión del patrimonio: La necesidad de la nube de puntos. En: S. Bertocci y S. Van Riel (eds.), *REUSO. La cultura del restauro e della valorizzazione. Temi e problemi per un percorso internazionale di conoscenza*. Florencia: Alinea Editrice, pp. 197-203.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L., M.C. LÓPEZ-GONZÁLEZ, M.R. ZORNOZA y E. SALVADOR-GARCÍA, 2013. El paso del tiempo a través de los usos del actual patio sur de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia, más de 700 años de historia. En: S. Mora, A. Rueda y P.A. Cruz (eds.), *REUSO. La cultura del restauro e della valorizzazione. Temi e problemi per un percorso internazionale di conoscenza*. Madrid: C2o Servicios Editoriales, pp. 123-129.
- GARCÍA-VALLDECABRES, J.L., 2010. *La métrica y las trazas en la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia*. Universitat Politècnica de València.

Tesis doctoral inédita.

GARCÍA-VALLDECABRES, J.L. y M.C. LÓPEZ-GONZÁLEZ, 2003. Proyecto básico y de ejecución para la recuperación del patio sur de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia. Inédito

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA), 2011. BIM Guide for Facility Management [en línea]. Disponible en: [https://www.gsa.gov/cdnstatic/largedocs/BIM\\_Guide\\_Series\\_Facility\\_Management.pdf](https://www.gsa.gov/cdnstatic/largedocs/BIM_Guide_Series_Facility_Management.pdf).

GENERALITAT VALENCIANA, 1998. LEY 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano. BOE no. 174.

GRAEFE, A.R., J.J. VASKE y F.R. KUSS, 2009. Social carrying capacity: An integration and synthesis of twenty years of research. *Leisure Sciences: An interdisciplinary Journal*, no. 4, pp. 395-431.

GUTIÉRREZ, J., 2008. *Dinámica del grupo de discusión*. Madrid: CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas).

HALL, E.T., 1982. *The hidden dimension*. Nueva York: Anchor Books Editions.

HALL, E.T., 1963. A System for the Notation of Proxemic Behavior. *American Anthropologist*, vol. 65, no. 1, pp. 1003-1026.

HAM, S., 2014. *Interpretación. Para marcar la diferencia intencionadamente*. Sevilla: Ed. Asociación para la Interpretación del Patrimonio.

HAM, S., 1983. Cognitive psychology and interpretation: synthesis and application. *Journal of Interpretation*, vol. 8, no. 1, pp. 11-27.

HAWAS, S. y M. MARZOUK, 2017. Integrating Value Map with Building Information Modelling Approach for Documenting Historic Buildings in Egypt. En: Y. Arayaci, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G. Nagy, S. Hawas y K. Dewidar (eds.), *Heritage Building Information Modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor& Francis Group, pp. 62-72.

HEGAZY, Y.S., 2017. HBIM applications in Egyptian heritage sites. En: Y. Arayaci, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G. Nagy, S. Hawas y K. Dewidar (eds.), *Heritage Building Information Modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor and Francis Group, pp. 95-105.

HISTORIC ENGLAND, 2017. BIM for Heritage. Developing a Historic Building Information Model. Swindon: Historic England.

HISTORIC ENGLAND, 2008. Conservation Principles, Policies and Guidance. *English Heritage*.

HM GOVERNMENT, 2015. Digital Built Britain. level 3 Building Information Modelling-Strategic Plan. *UK Government*, no. febrero, pp. 1-47.

HM GOVERNMENT, 2013. Industrial Strategy: government and industry in partnership. Reino Unido.

HOLMSTRÖM, J., M. KETOKIVI y A. HAMERI, 2009. Bridging practice and the-



- ory: a design science approach. *Decision Sciences*, vol. 40, no. 1, pp. 65-87.
- HUAMANTINCO CISNEROS, M.A., N. V. REVOLLO SARMIENTO, C.A. DELRIEUX, M.C. PICCOLO y G.M.E. PERILLO, 2016. Beach carrying capacity assessment through image processing tools for coastal management. *Ocean and Coastal Management*, vol. 130, pp. 138-147.
- ICCROM, 2018. What is ICCROM [en línea]. [Consulta: 28 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.iccrom.org/about/overview/what-iccrom>.
- ICCROM y CANADIAN CONSERVATION INSTITUTE, 2016. A Guide to Risk Management of Cultural Heritage [en línea]. Disponible en: [https://www.iccrom.org/sites/default/files/2017-12/risk\\_management\\_guide\\_english\\_web.pdf](https://www.iccrom.org/sites/default/files/2017-12/risk_management_guide_english_web.pdf).
- ICCROM, 2000. Reunión de Vantaa. Hacia una estrategia europea sobre conservación preventiva. *Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*.
- ICN-ARTEA, 1999. Plan de interpretación de Málaga. Propuesta de señalética. Inédito
- ICOMOS, 1964. Carta de Venecia [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2018]. Disponible en: <https://ipce.mecd.gob.es/dam/jcr:b55d37b1-0009-4fec-b46f-364cfdd78b9d/1964-carta-venecia.pdf>.
- ICOMOS, 2008. Carta ICOMOS para la Interpretación y Presentación de Sitios de Patrimonio Cultural.
- ICOMOS, 2005. Carta ICOMOS de Ename para la interpretación de lugares pertenecientes al patrimonio cultural [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2018]. Disponible en: <https://ipce.mecd.gob.es/dam/jcr:838a31dc-26f3-4aa7-bec8-d81b2270386e/2005-carta-ename.pdf>.
- ICOMOS, 2000. Carta de Cracovia [en línea]. Disponible en: <http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/cartas/2000-cracovia.pdf>.
- ICOMOS, 1999. Carta Internacional sobre Turismo Cultural [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2018]. Disponible en: [https://www.icomos.org/charters/tourism\\_sp.pdf](https://www.icomos.org/charters/tourism_sp.pdf).
- ICOMOS, 1996. Principios para la Creación de Archivos Documentales de Monumentos, Conjuntos Arquitectónicos y Sitios Históricos y Artísticos (1966). *Adoptado por ICOMOS en 1996* [en línea]. Disponible en: <https://goo.gl/T98XmB>.
- ICOMOS, 1994. Documento de Nara sobre la autenticidad.
- ICOMOS, 1993. Guidelines for Education and training in the conservation of Monuments, Ensembles and Sites [en línea]. [Consulta: 10

septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/187-guidelines-for-education-and-training-in-the-conservation-of-monuments-ensembles-and-sites>.

ICOMOS, 1990. Guide to Record Historic Buildings.

INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA, 2012. Plan de Conservación Preventiva del Pórtico de la gloria y su entorno. Catedral de Santiago de Compostela. Inédito.

INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA, 2009. Carta del Bierzo para la conservación del patrimonio industrial minero.

INSTITUTO DEL PATRIMONIO CULTURAL DE ESPAÑA, 2006. Carta de Baños de la Encina para la Conservación de la arquitectura defensiva en España.

JEFATURA DEL ESTADO, 2017. Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público. BOE no. 272 [en línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/11/09/pdfs/BOE-A-2017-12902.pdf>.

JEFATURA DEL ESTADO, 1985. Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. BOE-A-1985-12534.

JORDÁN-PALOMAR, I., P. TZORTZOPOULOS, J. GARCÍA-VALLDECABRES y E. PELLICER, 2018. Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM). *Sustainability*, vol. 10, no. 908, pp. 1-19.

JORDÁN-PALOMAR, I., 2015a. *Metodología HBIM; diseño de un método para la gestión de la información y el conocimiento del patrimonio arquitectónico medieval, aplicado al Conjunto de San Juan del Hospital de Valencia*. TFM inédito.

JUNTA DE ANDALUCÍA, 1991. Ley 1/1991, de 3 de julio, de Patrimonio Histórico de Andalucía. Boletín Oficial Junta de Andalucía no. 59.

KLINGBERG, T., 2009. *The overflowing brain: information overload and the limits of working memory*. New York: Oxford University Press.

LANCASTER COUNTY PLANNING COMMISSION, 2001. Telling Our Stories. An Interpretation Manual for Heritage Partners.

LARSEN, D.L., 2003. *Meaningful interpretation. How to connect hearts and minds to places, objects and other resources*. Fort Washington: Eastern National.

LASSALA, V., M. ORDEIG, J.I. CASAR, E. DIES, F. ROMERO, F. TABERNER, H. TORTAJADA, M. SANCRISTOVAL, A. SERRA y P.L. GALLUD, 2000. *Plan Director del Templo de San Juan del Hospital de Valencia*. Inédito.

LAWSON, E. y M. WALKER, 2016. Pautas para la interpretación de lugares y rasgos patrimoniales. *Boletín de interpretación*, no. 34, pp. 1-27.

- LERALTA, J., 2016. Una visita guiada a un museo puede marcar la diferencia. *Boletín de interpretación*, vol. 33, pp. 5-6.
- LEVIN, J., 1992. Preventive Conservation. *The Getty Conservation Institute* [en línea]. [Consulta: 29 noviembre 2018]. Disponible en: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/newsletters/7\\_1/preventive.html](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/7_1/preventive.html).
- LEWIS, W., 1980. *Interpreting for park visitors*. Philadelphia: Eastern Acorn Press.
- LIN, Y.C., C.P. LIN, H.T. HU y Y.C. SU, 2018. Developing final as-built BIM model management system for owners during project closeout: A case study. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 36, no. febrero, pp. 178-193.
- LINDBERG, K., S. MC COOL y G. STANKEY, 1996. *Rethinking Carrying Capacity* [en línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Stephen\\_Mccool/publication/256987158\\_Rethinking\\_Carrying\\_Capacity/links/5a1c3b0b0f7e9bd1be5c5535/Rethinking-Carrying-Capacity.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Stephen_Mccool/publication/256987158_Rethinking_Carrying_Capacity/links/5a1c3b0b0f7e9bd1be5c5535/Rethinking-Carrying-Capacity.pdf).
- LITTLEFIELD, D., 2017. Heritage and time: mapping what is not there. En: Y. Arayaci, J. Counsell, L. Mahdjoubi, G. Nagy, S. Hawas y K. Dewidar (eds.), *Heritage Building Information Modelling*. Londres y Nueva York: Routledge Taylor & Francis Group.
- LO TURCO, M., M. MATTONE y F. RINAUDO, 2017. Metric survey and bim technologies to record decay conditions. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 42, no. 5W1, pp. 261-268.
- LO TURCO, M., C. SANTAGATI, S. PARRINELLO, G.M. VALENTI y L. INZERILLO, 2016. BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale. *Disegnare-con*, vol. 9. no. 16, pp. 1-9
- LOGOTHETIS, S., E. KARACHALIOU y E. STYLIANIDIS, 2017. From Oss cad to bim for cultural heritage digital representation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, vol. 42, no. 2W3, pp. 439-445.
- LÓPEZ, F., P. LERONES, J. LLAMAS, J. GÓMEZ-GARCÍA-BERMEJO y E. ZALAMA, 2018. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 2, no. 2, pp. 21.
- LYNCH, K., 1960. *The Image of the City*. Cambridge Massachussets: MIT Press.
- MAGDY, I. y R. KRAWCZYK, 2003. The Level of Knowledge of CAD Objects within the Building Information Model. *Acadia* [en línea]. Muncie (EEUU), pp. 173-177. Disponible en: <http://papers.cumincad.org/>

data/works/att/acadia03\_023.content.pdf.

MANNING, R., Y.F. LEUNG y M. BUDRUK, 2005. Research to Support Management of Visitor Carrying Capacity of Boston Harbor Islands. *Northeastern Naturalist*, vol. 12, no. 3, pp. 201-220.

MANNING, R.E. y S.R. LAWSON, 2002. Carrying Capacity as “Informed Judgment”: The Values of Science and the Science of Values. *An International Journal for Decision Makers, Scientists and Environmental Auditors*, vol. 30, no. 2, pp. 157-168.

MARCH, R. y I. JORDÁN-PALOMAR, 2014. Avances en la investigación sobre la tecnología BIM en intervención aplicada al patrimonio arquitectónico. En: M.V. Vivancos, M.T. Doménech y J. Sánchez-Pons (eds.), *Jornadas de Investigación Emergente en Conservación y Restauración de Patrimonio. EMERGE*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de Valencia, pp. 877-886.

MARTÍNEZ-IBÁÑEZ, V., E. PELLICER, J. ALCOBENDAS y S. CASADO, 2017. Retos en la implantación de BIM en la ingeniería civil y propuestas para acelerar su aplicación. En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds.), *EUBIM 2017*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 256-267.

MAXWELL, I., 2016. COTAC BIM4C Integrating Report Part 1: Conservation Parameters.

MAXWELL, I., 2014. Integrating Digital Technologies in Support of Historic Building Information Modelling: BIM4Conservation (HBIM) [en línea]. [Consulta: 16 septiembre 2018]. Disponible en: <http://cotac.global/resources/COTAC-HBIM-Report-Final-A-21-April-2014-2-small.pdf>.

MERLO, A. y A. ALIPERTA, 2015. *Levantamiento digital Y modelación 3D* [en línea]. Florencia: DIDA Dipartimento di Architettura Università degli Studi di Firenze. Disponible en: [http://issuu.com/dida-unifi/docs/levantamiento\\_digital](http://issuu.com/dida-unifi/docs/levantamiento_digital).

MINISTERIO DE COMERCIO Y TURISMO, SECRETARÍA GENERAL de TURISMO DE ESPAÑA., 1995. Garraf: l'esperit del romanticisme. Plan de dinamización del patrimonio. Madrid (España).

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, 2019. *Un viaje al pasado. Museo Cerralbo* [en línea]. 2019. Madrid (España). Disponible en: <https://www.culturaydeporte.gob.es/mcerralbo/dam/jcr:d67ff4ef-1207-46ce-9fd4-bd15df514516/triptico-web.pdf>.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, 2015a. Plan Nacional de Conservación Preventiva. Madrid: Ed. Secretaría General Técnica. NIPO: 030-16-418-8. DOI: 10.4438/030-16-418-8.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, 2015b. Plan Nacional de Catedrales. NIPO: 030-16-415-1.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, 2015c.

- Contenido tipo de Plan Director y de documentación de Abadías, Monasterios y Conventos.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, 2014a. Programa de investigación para la conservación preventiva y régimen de acceso de la cueva de Altamira.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, 2014b. Conociendo a nuestros visitantes. Museo Cerralbo. NIPO: 030-14-183-X.
- MINISTERIO DE FOMENTO DE ESPAÑA, 2015. es.BIM. Implantación del BIM en España [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.esbim.es/es-bim/>.
- MINISTERIO DE FOMENTO DE ESPAÑA, 1918. Real Decreto BOE-A-1918-4414.
- MINISTERIO DE INSTRUCCIÓN PÚBLICA DE ITALIA, 1972. Carta del Restauro 1972.
- MOGENA, R., 2018. *Diseño de un protocolo para la definición LOD en HBIM. Aplicado a la Capilla de Santa Bárbara de San Juan del Hospital en la ciudad de Valencia*. TFM Inédito.
- MONIN, C., 2000. El Museo del Louvre y el turismo: relaciones ambiguas. En: Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León (ed.), *Turismo cultural: el patrimonio histórico como fuente de riqueza*, pp. 277-290.
- MORALES, J., 2008. El sentido y metodología de la interpretación del patrimonio. En: S.M. Rusillo (ed.), *La comunicación global del patrimonio cultural*. Gijón: Trea, pp. 53-77.
- MORALES, J., 2001. *Guía práctica para la interpretación del patrimonio: El arte de acercar el legado natural y cultural al público visitante*. Sevilla: Consejería de Cultura de Andalucía.
- MOSCARDO, G., R. BALLANTYNE y K. HUGHES, 2007. *Designing Interpretive Signs: principles in practice*. Golden (Colorado): Fulcrum Publishing.
- MOSCARDO, G., 1996. Mindful visitors: Heritage and Tourism. *Annals of Tourism Research*, vol. 23, no. 2, pp. 376-397.
- MUÑOZ PARDO, E., R. GUADALUPE GARCÍA y F. VALDERRAMA, 2017. Planificación BIM 4D en la rehabilitación del Salón de Reinos. En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds.), *EUBIM 2017*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 211-218.
- NAVAJAS CORRAL, Ó., 2017. El Museo del Hombre: un museo. *Boletín de interpretación*, vol. 36, pp. 4-6.
- NEVELL, A. y H.A. SIMON, 1972. *Human problem solving*. 1972. NJ.:

Prentice Hall.

- NIETO, J.E. y J.J. MOYANO, 2014. El Estudio Paramental en el Modelo de Información del Edificio Histórico o “ Proyecto HBIM ”. *Virtual Archaeology Review*, vol. 5, no. 11, pp. 73-85.
- NIINILUOTO, I., 1993. The aim and structure of applied research. *Erkenntnis*, vol. 38, no. 1, pp. 1-21.
- NOGUERA, J.F., 2002. La conservación activa del patrimonio arquitectónico. *Loggia: Arquitectura y restauración*, vol. 13, pp. 10-31.
- NUTTENS, T., V. DE BREUCK, R. CATTOR, K. DECOCK y I. HEMERYCK, 2017. Using BIM models for the design of large rail infrastructure projects: Key factors for a successful implementation. En: Wessex Institute (ed.), *2nd International Conference on Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*. Alicante (España).
- O'REILLY, A.M., 1986. Tourism carrying capacity: concept and issues. *Tourism Management*, vol. 7, no. 4, pp. 254-258.
- ORENI, D., F. BANFI, R. BRUMANA y L. BARAZZETI, 2014. Beyond crude 3D models: from point clouds to Historical Building Information Modeling via NURBS. *Euro-Mediterranean Conference*. Cham: Springer, pp. 166-175. DOI 10.1007/978-3-319-13695-0.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL TURISMO, 2004. *Indicators of sustainable development for tourism destinations: A Guidebook*. Madrid: World Tourism Organization (UNWTO).
- OSELLO, A., A. ACQUAVIVA, D. DALMASSO, D. ERBA, M. DEL GIUDICE, E. MACII y E. PATTI, 2015. BIM and Interoperability for Cultural Heritage through ICT. *Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation*. IGI Global, pp. 274-292.
- PARISI, P., M. Lo TURCO y E.C. GIOVANNI, 2019. The value of knowledge through H-BIM models: Historic documentation with a semantic approach. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-2/W9, no. February, pp. 581-588.
- PARLAMENTO EUROPEO, 2014. Directiva 2014/24/EU del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 [en línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/094/L00065-00242.pdf>.
- PÄRN, E.A. y D.J. EDWARDS, 2017. Conceptualising the FinDD API plug-in: A study of BIM-FM integration. *Automation in Construction*, vol. 80, pp. 11-21.
- PÉREZ-JORDÁ, G., E. DIES y C. GÓMEZ-BELLARD, 1998. Informe de la intervención arqueológica realizada en la capilla de Santa Bárbara e iglesia de San Juan del Hospital. Inédito.

- PÉREZ-SÁEZ, J.M., 2015. e-ARt Realidad Aumentada y Arte Rupestre. *XXXIV Reunión de asociaciones y entidades para la defensa del patrimonio cultural y su entorno*, pp. 1-4.
- PINTO-PUERTO, F., 2018. La tutela sostenible del patrimonio cultural a través de modelos digitales BIM y SIG como contribución al conocimiento e innovación social. *revista PH*, vol. 0, no. 93, pp. 27-29.
- PINTO-PUERTO, F. y J.M. GUERRERO-VEGA, 2015. Modelos digitales aplicados a la intervención del patrimonio arquitectónico: La restauración del remate sureste de la puerta de San Cristóbal en la catedral de Sevilla. *Virtual Archaeology Review*, vol. 6, no. 12, pp. 103.
- PORTALÉS, C., J.L. LERMA y C. PÉREZ, 2009. Photogrammetry and augmented reality for cultural heritage applications. *Photogrammetric Record*, vol. 24, no. 128, pp. 316-331.
- PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS, 1926. Decreto-Ley Conservación de la riqueza histórico-artística de España. *Gaceta de Madrid*, no. 227, pp. 1026-1031.
- QUATTRINI, R., E.S. MALINVERNI, P. CLINI, R. NESPECA y E. ORLIETTI, 2015. From TLS to HBIM. High quality semantically-aware 3D modeling of complex architecture. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp. 367-374.
- QUIRÓS, J.A., 2002. Arqueología de la Arquitectura en España. *Arqueología de la Arquitectura*, vol. 1, pp. 27-38.
- RAGIN, C.C., 2000. *Fuzzy-Set Social Science*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- REAL, M.L., 2014. Uso de BIM en proyectos de gran escala. En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds.), *EUBIM 2014*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 114-121.
- REIJNDORP, A. y H. MAARTEN, 2001. In Search of the New Public Domain. Analysis and Strategy. Rotterdam: NAI publishers.
- RODRÍGUEZ-NAVARRO, P. y P.M. CABEZOS-BERNAL, 2014. Aplicaciones de la cámara Gopro para la toma de datos de arquitectura. *XII Congreso Internacional Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*, pp. 104-113.
- ROIG I MUNAR, F.X., 2003. Análisis de la relación entre capacidad de carga física y capacidad de carga perceptual en playas naturales de la Isla de Menorca. *Investigaciones Geográficas*, vol. 31, no. 31, pp. 107-118.
- RUBIO, J.M., J.J.F. MARTÍN y J.I.S.J. ALONSO, 2018. Implementación de escáner 3d y fotogrametría digital para la documentación de la iglesia de La Merced de Panamá. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*,



- vol. 23, no. 32, pp. 208-219.
- SACKS, R., L. KOSKELA, B.A. DAVE y R. OWEN, 2010. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, no. 9, pp. 968-980.
- SALVADOR-GARCÍA, E., J.L. GARCÍA-VALLDECABRES y M.J. VIÑALS BLASCO, 2019a. Integrating HBIM models in the management of the public use of heritage buildings. *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 47, no. 2, pp. 228-235. doi.org/10.1139/cjce-2018-0338.
- SALVADOR-GARCÍA, E., J.L. GARCÍA-VALLDECABRES, M.J. VIÑALS y S. MORET, 2019b. Heritage Building Information Modelling (HBIM) como herramienta para la gestión del uso público del patrimonio arquitectónico. En: B. Fuentes Giner y I. Oliver Faubel (eds.), *EUBIM 2019*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 35-46.
- SALVADOR-GARCÍA, E., 2018. Aproximación a la potencialidad de los modelos HBIM para el uso público del patrimonio. *Seminario Internacional: Estudio e investigación sobre el conocimiento, la revalorización, la conservación y el re-uso del patrimonio arquitectónico*. Valencia.
- SALVADOR-GARCÍA, E., J.L. GARCÍA-VALLDECABRES y M.J. VIÑALS BLASCO, 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*, vol. 13, no. 1, pp. 96-107.
- SALVADOR-GARCÍA, E., 2015. *Nuevas propuestas de puesta en valor para la visita pública interpretativa del Conjunto de San Juan del Hospital de Valencia*. TFM inédito.
- SÁNCHEZ, A., K.D. HAMPSON y M. SHERIF, 2015. *Sydney Opera House. Case study report*. 2015. Sustainable Built Environment. National Research Centre.
- SANCHO, M., L. AGUSTÍN-HERNÁNDEZ y J. LLOPIS, 2017. Análisis y generación de cartografías historiográficas en el estudio de la evolución de la forma urbana: El caso de la ciudad de Teruel. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 22, no. 30, pp. 180-189.
- SCIANNA, A., S. GRISTINA y S. PALIAGA, 2014. Experimental BIM applications in Archeology: a Workflow. *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, vol. 8740.
- SHELBY, B. y T.A. HEBERLEIN, 2009. A conceptual framework for carrying capacity determination. *Leisure Sciences: An interdisciplinary Journal*, no. 4, pp. 433-451.
- SIMON, H.A., 2006. *Las ciencias de lo artificial*. Granada: Comares Editorial.
- SMITH, P., 2014. BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 119, pp. 475-484.

- SOCIEDAD DE NACIONES, 1931. Carta de Atenas [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2018]. Disponible en: <https://ipce.mecd.gob.es/dam/jcr:40dcc432-525e-43a7-ac7a-f86791e2f5e6/1931-carta-atenas.pdf>.
- SOLIMAN, J. y C. TORRES-FORMOSO, 2018. *A semantic approach for automated rule checking in healthcare facilities* [en línea]. Disponible en: <https://research.hud.ac.uk/media/assets/document/schools/artdesignandarchitecture/research/idl/leanandbimabstracts/7-SolimanJrFormoso.pdf>.
- STANKEY, G., 1982. Recreational carrying capacity research review. *Ontario Geography*, vol. 19, pp. 57-72.
- SUCCAR, B., 2008. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, vol. 18, pp. 357-375.
- TAKEDA, H., P. VEERKAMP, T. TOMIYAMA y H. YOSHIKAWAM, 1990. Modeling design process. *AI Magazine*, vol. 11, no. 4, pp. 37-48.
- THE BRITISH MUSEUM, 2016. Conservation Policy [en línea]. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Briefing/ConservationPolicy/background.htm>.
- THORNDYKE, P., 1977. Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse. *Cognitive Psychology*, vol. 9, no. 1, pp. 77-110.
- TILDEN, F., 2006. *La interpretación de nuestro patrimonio*. Chapel Hill, Carolina del Norte: Asociación para la interpretación del Patrimonio, D.L.
- TILDEN, F., 1957. *Interpreting our heritage: principles and practices for visitor services in parks, museums and historic places*. Chapel Hill, Carolina del Norte: University of North Carolina Press.
- TROITIÑO, M.Á., 2012. Turismo, patrimonio y recuperación urbana en ciudades y conjuntos históricos. *Patrimonio cultural de España*, vol. 6, pp. 147-162.
- TROITIÑO-VINUESA, M.Á., M. GARCÍA-HERNÁNDEZ, M. de la CALLE, L. TROITIÑO-TORRALBA y C. YUBERO, 2011a. Estudio del funcionamiento turístico y cultural de la Real Colegiata de San Isidoro de León. Inédito.
- TROITIÑO, M.Á., M. GARCÍA-HERNÁNDEZ y M. de la CALLE, 2011b. Las actividades turístico-recreativas en los planes de gestión de los Sitios Patrimonio Mundial. El caso de Aranjuez, paisaje cultural de la humanidad. *Cuadernos de Turismo*, vol. 27, pp. 907-929.
- TROITIÑO, M.Á., 2000. Turismo y sostenibilidad: la Alhambra y Granada. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, vol. 20, pp. 377-396.

- TZORTZOPOULOS, P., 2004. *The design and implementation of product development process model in construction companies*. Universidad de Salford. Tesis doctoral.
- UNESCO, 2014a. 37 C/4 Estrategia a medio plazo [en línea]. [Consulta: 3 octubre 2018]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002278/227860s.pdf>.
- UNESCO, 2014b. Gestión del patrimonio mundial cultural. Manual de Referencia [en línea]. Disponible en: <http://whc.unesco.org/en/managing-cultural-world-heritage/>.
- UNESCO, 1972. Convención sobre la protección del patrimonio mundial cultural y natural [en línea]. Disponible en: <http://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf><http://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>.
- UNESCO, 1967. Las Normas de Quito [en línea]. [Consulta: 13 septiembre 2018]. Disponible en: <https://ipce.mecd.gob.es/dam/jcr:da21d-fac-4e15-4937-bd6a-d6ead67155be/1967-carta-de-quito.pdf>.
- UTRERO, M. de los Á., J.I. MURILLO y R. MARTÍN-TALAVERANO, 2016. Virtual models for archaeological research and 2.0 dissemination: The early medieval church of San Cebrián de Mazote (Spain). *Scientific Research and Information Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 93-108.
- VAISHNAVI, V.K. y W. KUECHLER, 2007. Introduction to Design Science Research in Information and Communication Technology. *Design Science Research Methods and Patterns: Innovating Information and Communication Technology* [en línea]. Boca Ratón: CRC Press, pp. 7-30. Disponible en: <http://books.google.com.br/books?id=s12Y9Jh8tq8C>.
- VAISHNAVI, V., W. KUECHLER y S. (Eds. PETER), 2004. Design Science Research in Information Systems. *Association for Information Systems*, pp. 66.
- VALLÉS, M., 1997. Variedad de paradigmas y perspectivas en la investigación cualitativa. *Técnicas Cualitativas de Investigación Social: reflexión metodológica y práctica profesional*. Madrid (España): Síntesis sociología, pp. 48-68.
- VAN AKEN, J.E., 2004. Management research on the basis of the design paradigm: The quest for field-tested and grounded technological rules. *Journal of Management Studies*, vol. 41, no. 2, pp. 219-246.
- VELA, F., 2015. Urban archaeology in Madrid experience and opportunities to understand the historical city. *EDA Esempi di Architettura*, vol. 2, no. 1, pp. 20-35.
- VERVEKA, J., 2015. *Interpretive Master Planning. Philosophy, Theory and Practice*. Edinburgo: MuseumsEtc.
- VIDAL-LORENZO, C., G. MUÑOZ-COSME y A. MERLO, 2017. Surveying Ancient Maya Buildings in the Forest. *Handbook of Research on Emerging Tech-*

- nologies for Architectural and Archaeological Heritage*. Roma (Italia): IGI Global, pp. 255-257.
- VILLAFRANCA JIMÉNEZ, M. del M., V.E. CHAMORRO MARTÍNEZ y F. LAMOLDA ÁLVAREZ, 2013. El paisaje cultural de la Alhambra: valores y riesgos de la interacción entre el hombre y el patrimonio. *E-Rph*, vol. 12, pp. 76-101.
- VILLARREAL, O. y J. LANDETA, 2010. Case study as a methodology of scientific research in business economics and management. An application of the internationalisation. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa (IEDEE)*, vol. 16, no. 3, pp. 31-52.
- VIÑALS, M.J. y P. ALONSO-MONASTERIO, 2018. *Mapa Turístico-interpretativo del Marjal de Pego-Oliva (Comunitat Valenciana, España)*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València/Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España.
- VIÑALS, M.J., P. ALONSO-MONASTERIO y M. REDÓN, 2018a. *Mapa Turístico-interpretativo de la Laguna de Fuente de Piedra (Málaga, Andalucía, España)*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València/Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España.
- VIÑALS, M.J., P. ALONSO-MONASTERIO, J.C. FARINHA, R. SPIRITO SANTO y A. SILVA, 2018b. *Mapa Turístico-interpretativo do Estuário do tejo (Lisboa, Portugal)*.
- VIÑALS, M.J., A. FERRANDO y I. MARTÍNEZ-SANCHIS, 2017a. Programa de interpretación para Casa Galeano de Gracias (Honduras).
- VIÑALS, M.J., M. MAYOR, I. MARTINEZ-SANCHIS, L. TERUEL, P. ALONSO-MONASTERIO y M. MORANT, 2017b. *Turismo sostenible y patrimonio. Herramientas para la puesta en valor y planificación*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València. ISBN 978-84-9048-618-4.
- VIÑALS, M.J., M. MORANT y L. TERUEL, 2014a. Confort psicológico y experiencia turística. Casos de estudio de espacios naturales protegidos de la comunidad Valenciana (España). *Boletín de la AGE*, vol. 65, pp. 293-316.
- VIÑALS, M.J., I. MARTÍNEZ, A. ABDENNADHER y L. TERUEL, 2014b. A recreational carrying capacity assessment of the 16th century Spanish Fort of Santiago on the Island of Chikly, Tunisia. *WIT Transactions on the Built Environment*, vol. 143, pp. 185-196. DOI: 10.2495/DSHF140161.
- VIÑALS, M.J. y P. ALONSO-MONASTERIO, 2013. Analysis of the Spatial Standards and Perceptual Components of the Recreational Carrying Capacity Applied to Archaeological Sites. case Study of Castellet de Bernabé (Lliria, Spain). En: Mondejar, Vargas Ortega y Perez Calderón

(eds.), *Methods and Analysis on Tourism and Environment*. Nueva York: Nova Science publishers, pp. 109-120.

VIÑALS, M.J., M. MORANT y P. ALONSO-MONASTERIO, 2013. Key Issues in the Ancient Theatres Recreational Carrying Capacity Assessment Studies. En: *Prototype of Management Plan for Enhancement of New Actualities*. Juan F. (coord). Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València, pp. 89-96.

VIÑALS, M.J., P. ALONSO-MONASTERIO y Z. HALASA, 2011. Manual de señalización para el Parc Fluvial del Túria. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València. ISBN 978-84-694-5602-6.

VIÑALS, M.J., M.P. DONAT, P. ALONSO-MONASTERIO, A. ARIAS, M. MORANT y E. QUILIS, 2006. Programa de interpretación y educación patrimonial para el Castellet de Bernabé y su entorno (Llíria, València).

XIONG, X., A. ADAN, B. AKINCI y D. HUBER, 2013. Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data. *Automation in Construction*, vol. 31, no. January, pp. 325-337.

YIN, R.K., 2009. *Case Study Research: Design and Methods*. Los Ángeles. California: SAGE Publications.

ZORNOZA, M.R., 2014. *El cementerio medieval de San Juan del Hospital de Valencia. Siglos XIII-XIV*. TFM inédito.







8

Anexos



## 8.1. FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO DEL PARTICIPANTE



## FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO DEL PARTICIPANTE

**Investigador:** Elena Salvador García. Estudiante de Doctorado

**Título del estudio de investigación:** Interpretación, gestión del uso público y difusión del Patrimonio Arquitectónico a partir de modelos de información de construcción HBIM

**Directores de Tesis:** Dr. Jorge García Valldecabres & Dra. María José Viñals Blasco

<input type="checkbox"/>	Confirmando que he leído y entendido el objeto de estudio de la investigación y he tenido la oportunidad de hacer preguntas
<input type="checkbox"/>	Entiendo que mi participación es voluntaria y que soy libre de retirarme en cualquier momento sin dar ninguna razón
<input type="checkbox"/>	Entiendo que todas mis respuestas serán presentadas de forma anónima
<input type="checkbox"/>	Doy mi consentimiento al investigador para que tenga acceso a mis respuestas anónimas
<input type="checkbox"/>	Acepto a participar en el presente estudio de investigación
<input type="checkbox"/>	Permito que el investigador grabe en audio la entrevista como parte de esta investigación

Fecha:

Nombre del participante:

Firma del participante:

Firma del investigador:

## 8.2. DATOS DEL PARTICIPANTE DE LA ENTREVISTA



## ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

**Investigador:** Elena Salvador García. Estudiante de Doctorado

**Título Estudio de Investigación:** Interpretación, gestión del uso público y difusión del Patrimonio Arquitectónico a partir de modelos de información de construcción HBIM

**Responsable de la estancia en la UPM:** Dr. Fernando Vela Cossío

**Directores de Tesis:** Dr. Jorge García Valldecabres & María José Viñals Blasco

Nombre del participante:

Número de teléfono:

E-mail:

Titulación:

Experiencia en el sector:

Cargo:

Funciones desempeñadas:

Monumento:

Titularidad:

Entidad gestora:

Día:	Firma:
------	--------

	No me importaría que el investigador/entrevistador me contacte
	Me gustaría participar en entrevistas de grupo con otras disciplinas: ejemplo (gestor del monumento, gestor cultural, arquitecto, guía-intérprete, infografista, personal de mantenimiento, visitante, BIM Manager, Consultoría BIM).

## 8.3. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: MONASTERIO DE LAS DESCALZAS REALES DE MADRID



## ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Disciplina: CONSERVADORA DE MUSEO. MONASTERIO DE LAS DESCALZAS REALES DE MADRID

1. ¿De quién es propiedad el Monasterio de las Descalzas Reales? ¿De qué organismo depende su tutela?
2. ¿Qué uso se le da al Monasterio?
3. ¿Me podría explicar el organigrama de la gestión del Monasterio? ¿Con qué recursos humanos cuentan para la gestión de las visitas? ¿Qué función desempeña cada grupo? ¿Comparten información gráfica o textual entre los grupos?
4. ¿Qué número de visitantes se registran al año?
5. ¿Han identificado problemas de presión turística y han tenido que recurrir a estudios de capacidad de carga y gestión de flujos de visitantes por motivos de conservación?
6. ¿Con qué herramienta informática gestionan las visitas públicas (venta de entradas, estadísticas de nº de visitantes)?
7. ¿Qué disciplina o equipo desarrolla el discurso de la visita y los contenidos gráficos y textuales de los materiales de difusión (folletos, web, guías turísticas...)? ¿Qué disciplinas le proporciona los datos de partida para desarrollarlos? (arquitecto, historiador...) ¿La información es digital? ¿Con qué formato? ¿Emplean la tercera dimensión (z)?
8. ¿Las visitas guiadas las realizan guías profesionales o voluntarios? ¿Hay uniformidad en el contenido que transmiten todos los guías profesionales? Los guías han recibido formación? ¿Realizan siempre el mismo itinerario de visita?
9. ¿El discurso de la visita incluye la significancia arquitectónica del Monasterio? ¿Qué mensaje arquitectónico quieren transmitir al visitante?
10. ¿Cree que el visitante comprende el valor arquitectónico del Monasterio y la configuración original del antiguo palacio y los espacios que han desaparecido? ¿Cree que una reconstrucción virtual ayudaría al público a entenderlo mejor?
11. ¿Cree que la metodología actual de gestión de las visitas y difusión del Monasterio es eficaz? ¿Qué cosas podrían mejorar?
12. ¿Cree que disponer de un modelo digital tridimensional HBIM que contiene información gráfica, constructiva, histórica y documental del edificio, unificada en la red y actualizada, a la que pueden acceder todas las disciplinas, podría mejorar la calidad y eficacia de la gestión de la visita/uso del edificio y de su difusión?

## 8.4. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: MUSEO CERRALBO DE MADRID



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

**Disciplina: CONSERVADORA DE MUSEO. MUSEO CERRALBO DE MADRID**

1. ¿De quién es propiedad el Museo Cerralbo? ¿De qué organismo depende su tutela? ¿Me podría explicar el organigrama de la gestión del museo?
2. ¿Qué disciplinas dependen del Departamento de difusión y comunicación? ¿Qué funciones desempeñan? ¿Con qué otros departamentos se relacionan?
3. ¿Qué número de visitantes registran al año? ¿Mayoritariamente individuales o en grupo?
4. ¿Han tenido problemas de sobredemanda de visitantes y han tenido que recurrir a estudios de capacidad de carga y gestión de flujos de visitantes por motivos de conservación?
5. ¿Qué es lo que más le interesa al público, la casa museo o la colección privada, según los estudios del perfil del visitante?
6. ¿Con qué sistema gestionan las visitas públicas? ¿Y la gestión del alquiler de los espacios?
7. ¿Quién tiene la competencia de definir el discurso de la visita y los contenidos gráficos y textuales de los materiales de difusión? Hay uniformidad en el contenido que transmiten todos los guías profesionales? Realizan siempre el mismo itinerario? ¿Les facilitan el discurso a los guías propios de grupos o profesores?
8. ¿El contenido de la visita introduce los valores arquitectónicos de la casa museo? ¿Cuál es el valor singular del museo que desean transmitir al público? ¿Han aplicado la metodología de la interpretación del patrimonio en el discurso de la visita?
9. ¿Qué materiales de difusión y comunicación desarrollan? ¿Se subcontrata a un equipo externo?
10. ¿Para desarrollar los materiales de difusión y comunicación recibe/envía o comparte información gráfica, documental o datos con otras disciplinas de la conservación del edificio como arquitecto restaurador, arqueólogo, historiador, arquitecto técnico, ingeniero, constructor o personal de mantenimiento de instalaciones? ¿La información es digital? ¿Con qué formato? ¿Emplean la tercera dimensión (z)?
11. ¿Tiene que redibujar o rehacer la información gráfica que le proporcionan otras disciplinas porque no es el formato con el que trabaja?
12. ¿Para desarrollar los materiales de difusión y comunicación, recibe/envía o comparte información gráfica, documental o datos con otras disciplinas de la gestión de las visitas públicas del edificio como propietario, gestor cultural, guía, infografista, personal de seguridad, limpieza? ¿La información es digital? ¿Con qué formato?
13. ¿La información que comparten es bidireccional? ¿El intercambio es fluido?
14. ¿Cree que el intercambio de información podría ser más eficiente? ¿Cómo?
15. ¿Cree que reutilizar un modelo digital tridimensional HBIM que contiene información gráfica, constructiva, histórica y documental del edificio podría mejorar la calidad y eficacia del desarrollo del material de difusión y comunicación? ¿Qué información y utilidades cree que debería contener? ¿Cree que podría ser útil para rutas con otros museos, como la ruta de los cinco museos?
16. ¿Cree que la metodología BIM puede mejorar la difusión del discurso arquitectónico de las visitas públicas del Patrimonio Arquitectónico? ¿Qué ventajas y qué limitaciones le ve?

## 8.5. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

### ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Disciplina: DIRECTOR DE MUSEO Y RECTOR. CONJUNTO DE SAN JUAN DEL HOSPITAL DE VALENCIA

### VISITA PÚBLICA

1. ¿Cuántos visitantes se registraron el año pasado?
2. ¿Los guías son estudiantes en prácticas/personal voluntario o son guías profesionales?
3. ¿La visita a la iglesia y al patio sur se realiza por separado?
4. ¿Qué precio tiene la visita?
5. ¿Qué número de visitantes tienen los grupos?
6. ¿Cuáles son los horarios de visita del patio sur?
7. ¿Qué recorrido se hace en la visita del patio sur? ¿Cuál es la puerta de entrada y salida?
8. ¿Pueden coincidir varios grupos simultáneos en el patio sur o en la iglesia?
9. ¿Qué problemas ha detectado en la gestión de las visitas?

### MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

10. ¿Hay extintores?
11. ¿Hay cámaras de seguridad?
12. ¿Hay plano del recorrido de evacuación y salida de emergencia?
13. ¿De qué labores de mantenimiento se encarga el personal interno? ¿Cuándo se requiere los servicios de la empresa de mantenimiento externa?
14. ¿Se ha desarrollado un Plan de Conservación Preventiva? ¿Se aplica?
15. ¿Qué problemas ha detectado en la gestión de las labores de mantenimiento?



## 8.6. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: CONSERVACIÓN PREVENTIVA



### ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

#### Disciplina: CONSERVACIÓN PREVENTIVA

2. ¿Qué indicios marcan la necesidad de realizar un estudio de conservación preventiva de un inmueble patrimonial?
3. ¿Qué agente o institución realiza el encargo de este trabajo?
4. ¿En qué consiste el trabajo de conservación preventiva para minimizar las causas de deterioro provocadas por las visitas públicas de los edificios patrimoniales? Identificar las causas de deterioro, recopilar datos sobre la evolución de los daños, proponer medidas correctoras, protocolo de actuación...
5. ¿Cuáles son las principales causas de deterioro de los edificios patrimoniales provocadas por las visitas públicas? (abrasión, vibración, caza de tesoros, falta de información, grafitis)
6. ¿Qué disciplinas forman el equipo de trabajo?
7. ¿Qué información/datos recopilan y qué información/datos elaboran? ¿Qué herramientas utilizan para recopilar la información? ¿Qué softwares utilizan? (Dropbox, Excel)
8. ¿Comparten información gráfica, descriptiva y datos entre las disciplinas? ¿La información que comparten es bidireccional? ¿Necesitan acceder a los datos de forma remota? ¿Cuál es el flujo de trabajo?
9. ¿Todas las disciplinas podrían trabajar con softwares técnicos tipo Revit... o necesitarían un visor que les facilitase el manejo de la información?
10. ¿Comparten información con otras disciplinas encargadas de la conservación del edificio, como arquitecto restaurador, gestor cultural? ¿La información que comparten es bidireccional? ¿Cuál es el flujo de trabajo con otras disciplinas?
11. ¿La información gráfica es bidimensional? ¿Cómo se representan gráficamente los daños? ¿Y la evolución de los daños?
12. ¿Cree que la metodología BIM podría mejorar la gestión de la información sobre la conservación preventiva de los bienes inmuebles patrimoniales? Y específicamente en relación a los riesgos de deterioro provocados por la presión turística? ¿Qué ventajas y qué limitaciones le ve? Ventajas: Modelo tridimensional del edificio con su sistema constructivo, al que se pudiera vincular datos técnicos y descriptivos de los elementos/patologías concretas, y que toda esta información se encontrara en la nube, accesible por todas las disciplinas de forma remota, para que dispongan de información actualizada en todo momento.
13. ¿Qué información cree que deberían contener los modelos BIM de conservación preventiva?

## 8.7. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: GESTIÓN DE LA VISITA PÚBLICA



## ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

**Disciplina: TÉCNICO DE GESTIÓN DE LAS VISITAS PÚBLICAS**

1. ¿Qué indicios marcan la necesidad de realizar un estudio de este tipo? ¿De quién parte la iniciativa?
2. ¿Qué agente o institución realiza el encargo de estos trabajos? ¿Se suele encargar a un equipo externo?
3. ¿Qué disciplinas intervienen en el desarrollo de estos estudios? ¿Son equipos interdisciplinares?
4. ¿Qué información gráfica y documental necesita para desarrollar esos estudios? ¿En qué formato y qué disciplinas se las facilita? ¿A qué escala suele trabajar los planos para los estudios de capacidad de acogida para establecer las superficies dedicadas al uso público? ¿Cómo se contempla la tercera dimensión (z) en los estudios de capacidad de acogida para espacios cerrados?
5. ¿Recibe/envía o comparte información gráfica, documental o datos con otras disciplinas de la conservación del edificio como arquitecto restaurador, arqueólogo, historiador, arquitecto técnico, ingeniero, constructor o personal de mantenimiento de instalaciones? ¿La información es digital? ¿Con qué formato?
6. ¿Tiene que redibujar o rehacer la información que le proporcionan porque no es el formato con el que trabaja?
7. ¿Recibe/envía o comparte información gráfica, documental o datos con otras disciplinas de la gestión de las visitas públicas del edificio como propietario, gestor cultural, guía, infografista, personal de seguridad, limpieza? ¿La información es digital? ¿Con qué formato?
8. ¿La información que comparten es bidireccional? ¿El intercambio es fluido? ¿Hacen reuniones interdisciplinares?
9. ¿Cree que el intercambio de información podría ser más eficiente? ¿Cómo?
10. ¿Qué tipo de material desarrolla informes, planos...? ¿Con qué programas lo desarrolla? ¿El material que produce es digital?
11. ¿Cree que un modelo digital tridimensional del edificio del cual pueda extraer información sobre superficies, volumen total de visitantes, representar puntos de interés, recursos vulnerables, rotación de las visitas, distribución temporal y espacial, puntos de contemplación, etc. le podría facilitar el desarrollo de su trabajo? ¿Qué información y utilidades cree que debería tener ese visor?
12. ¿Cree que la metodología BIM puede mejorar la difusión y gestión de las visitas públicas del Patrimonio Arquitectónico? ¿Qué ventajas y qué limitaciones le ve?

## 8.8. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO



ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

**Disciplina: INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO**

1. ¿Qué agentes intervienen en el desarrollo de un programa de interpretación?  
¿Cómo se relacionan entre ellos?
2. ¿Cree que los agentes que se han identificado en el protocolo son correctos o añadiría o modificaría alguno?
3. ¿Cree que el flujo de trabajo tradicional para realizar los programas de interpretación es eficiente?
4. ¿Qué procesos del programa de interpretación se beneficiarían de estar vinculadas con un modelo geométrico espacial y con una base de datos centralizada y accesible por todos los agentes?
5. ¿Qué agentes definen los criterios de valoración intrínsecos y los turísticos?
6. ¿Cómo se definen los mensajes? ¿HBIM tendría una aplicación directa para la definición de los mensajes?
7. ¿Qué cartografías se desarrollan en un programa de interpretación?
8. ¿El programa de interpretación sufre actualizaciones?
9. ¿Cree que el sistema HBIM podría ayudar a mejorar la eficiencia en la planificación y gestión de la interpretación del patrimonio?

## 8.9. PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA: DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO



## ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

**Disciplina: DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO**

1. ¿En qué consiste su trabajo? ¿Realiza infografías estáticas o dinámicas para documentales de TV? ¿Que se suele representar en las infografías del Patrimonio Arquitectónico?
2. ¿Trabaja de forma autónoma o para algún organismo o empresa?
3. ¿Qué agente o institución realiza el encargo de las infografías? ¿Qué indicios marcan la necesidad de realizarlas?
4. ¿Cómo se desarrolla el flujo de información desde el encargo de la infografía hasta su entrega? ¿Qué disciplinas intervienen?
5. ¿Qué información gráfica y textual necesita para realizar las infografías? ¿Qué disciplinas le facilitan esa información? ¿La información gráfica se la facilitan en 2D o 3D?
6. ¿Las infografías las realiza siempre en 3D? ¿Por qué? ¿Qué técnicas utiliza para facilitar la comprensión del patrimonio arquitectónico y las técnicas constructivas? Explosiones, secciones, representación de oficios...
7. ¿Modela desde el origen o parte de modelos 3D que le facilitan y los adapta?
8. ¿Qué programas informáticos emplea? ¿Son los mismos programas que emplean los otras disciplinas: arquitecto restaurador...¿A qué escala suele trabajar?
9. La Institución que realiza el encargo de la infografía ¿reutiliza los modelos tridimensionales para otros materiales de difusión, como folletos, web...?
10. Cuando se producen cambios en el monumento debido a una intervención arquitectónica ¿Cómo le informan de los cambios? ¿Se actualiza la infografía?
11. ¿Cuál es el tiempo medio que emplea en realizar una infografía? ¿Cada cuánto tiempo se actualizan las infografías?
12. ¿Dispone de una biblioteca de elementos constructivos, materiales, vegetación, personas, que le faciliten el trabajo?
13. ¿Cree que los modelos tridimensionales BIM realizados para el proyecto de intervención podrían reutilizarse para la realización de infografías del Patrimonio Arquitectónico? ¿Qué ventajas y qué limitaciones le ve?

## 8.10. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM



## EVALUACIÓN

Protocolo HBIM estándar

para planificar y gestionar el uso público del patrimonio

**Doctoranda:** Elena Salvador García**Título de la tesis doctoral:** Interpretación, gestión del uso público y difusión del Patrimonio Arquitectónico a partir de modelos de información de construcción HBIM**Directores de Tesis:** Dr. Jorge García Valldecabres y María José Viñals Blasco

Nombre del participante:

Número de teléfono:

E-mail:

Titulación:

Experiencia en el sector:

Cargo:

Seleccionar el ámbito de estudio:

Conservación preventiva	Gestión de visitantes	Interpretación	Divulgación

Día:	Firma:



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Para evaluar el protocolo HBIM para el uso público del patrimonio, se han empleado los criterios de evaluación tradicional sugeridos por Khan y Tzoropoulos (2016), ya que no existen criterios específicos para evaluar un producto desarrollado por el método de investigación de esta tesis doctoral, el Design Science Research o investigación de las ciencias del diseño.

**En relación con su aplicabilidad:**

1. ¿Considera que la presentación y la estructura del protocolo es simple y clara?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

2. ¿Cree que el contenido del protocolo es claro?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

3. ¿Cree que el protocolo se puede generalizar a diferentes tipos y tamaños de proyectos?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**En relación con su utilidad:**

4. ¿Cree que el protocolo puede ayudar al equipo de proyecto a desarrollar con mayor facilidad el programa de conservación preventiva, el cálculo de la capacidad de carga recreativa y la gestión de los flujos de visitantes, el programa de interpretación o los materiales divulgativos con HBIM? Contestar según el ámbito de estudio.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

5. ¿Cree que el protocolo HBIM representa los procesos actuales y puede aportar mejoras? Indique si ha detectado que falta alguna fase del proceso o algún agente involucrado.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

6. ¿Cree que el entorno de trabajo colaborativo HBIM que permite compartir información interdisciplinar, analizar alternativas e identificar problemas con antelación, puede mejorar la eficiencia de la planificación y gestión de la conservación preventiva, la gestión de la visita, la interpretación y la divulgación del patrimonio? Contestar según el ámbito de estudio.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

7. Indique qué debilidades o mejoras ha identificado en el protocolo.



## 8.11. LISTADO DE PARTICIPANTES DE LAS ENTREVISTAS Y EVALUACIÓN DEL PROTOCOLO HBIM

### **Alonso-Monasterio Fernández, Pau**

Técnica Superior de investigación del grupo de “Gestión turística del patrimonio natural y cultural” de la Universitat Politècnica de València.

### **Cerdán Castillo, Alberto**

Consultor y profesor de BIM de la Universitat Politècnica de València.

### **Charco León, Jose Luis**

Arquitecto, Máster en BIM por la Universitat Politècnica de València.

### **Cos-Gayón López, Fernando**

Director del Máster en Edificación de la Universitat Politècnica de València.

### **Cremades Sanz-Pastor, Carlos**

Rector de la Iglesia de San Juan del Hospital de València.

### **García Hernández, María**

Departamento de Geografía Humana de la Universidad Complutense de Madrid.

### **García Sanz, Ana**

Conservadora de Patrimonio Nacional (Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid).

### **Heredia Ortega, Gustavo**

Arquitecto, Máster en BIM por la Universitat Politècnica de València.

### **Herráez Ferreiro, Juan Antonio**

Conservador del Departamento de Conservación Preventiva del IPCE.

### **Holzer, Dominik**

Profesional en “Design Technology” y profesor de Arquitectura Digital en la Universidad de Melbourne (Australia).

### **Martínez Albors, José**

Arquitecto y BIM Manager.

### **Moret Colomer, Salvador**

Arquitecto, BIM Manager y propietario de “SM architecture +BIM studio” de València.

### **Ordeig Corsini, Margarita**

Directora del Museo de San Juan del Hospital de València.

### **Parra Company, Thais**

Arquitecto Técnico, BIM Manager y modelador experto en BIM.

### **Sanz Díaz, Carmen Mercedes**

Conservadora del Museo Cerralbo de Madrid.

### **Taklim, Luis Miguel Agostinho**

Director de arte de Anyforms (Portugal). Infografista de la revista “National Geographic”.

### **Troitiño Vinuesa, Miguel Ángel**

Director del Departamento de Investigación “Turismo, Patrimonio y Desarrollo” de la Universidad Complutense de Madrid.



## 9. Listado de acrónimos

<b>AIM</b>	Asset Information Model (Modelo de Información del Activo)
<b>BEP</b>	BIM Execution Plan (Plan de Ejecución BIM)
<b>BIC</b>	Bien de Interés Cultural
<b>BIM</b>	Building Information Modelling (Modelo de Información de la Construcción)
<b>BRL</b>	Bien de Relevancia Local
<b>CCF</b>	Capacidad de Carga Física
<b>CCR</b>	Capacidad de Carga Real
<b>CCE</b>	Capacidad de Carga Efectiva
<b>CDE</b>	Common Data Environment (Entorno Común de Datos)
<b>CIC</b>	Construction Industry Council
<b>COTAC</b>	Council on Training in Architectural Conservation
<b>DSR</b>	Design Science Research (Investigación de las Ciencias del Diseño)
<b>EIR</b>	Employer's Information Requirements (Requisitos de Información del Empleador)
<b>FM</b>	Facility Management (Gestión de servicios)
<b>HBIM</b>	Heritage Building Information Modelling (Modelo de Información de Bienes Patrimoniales)
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GSA</b>	General Service Administration
<b>ICCROM</b>	International Center for the Study of the Preservation and Restauration of Cultural Property (Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales)
<b>ICOMOS</b>	International Council on Monuments and Sites (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios)
<b>IFC</b>	Industry Foundation Class
<b>IPCE</b>	Instituto del Patrimonio Cultural de España
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>LIDI</b>	Laboratorio para la Innovación de Diseño Interdisciplinar
<b>LOD</b>	Level of detail/Level of development (Nivel de definición de los elementos del modelo BIM)
<b>LOK</b>	Level of knowledge (Nivel de conocimiento)
<b>PAMT</b>	Personas que pueden realizar una actividad al mismo tiempo
<b>PDF</b>	Portable Document Format
<b>PERI</b>	Plan Especial de Reforma Interior
<b>PIM</b>	Project Information Model (Modelo de Información del Proyecto)

<b>RV</b>	Realidad Virtual
<b>RA</b>	Realidad Aumentada
<b>SJR</b>	Scimago Journal & Country Rank
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SNUR</b>	Superficie No Útil de Recreación
<b>SUR</b>	Superficie Útil de Recreación
<b>TIC</b>	Tecnologías de Información y Comunicación
<b>UE</b>	Unidad Espacial
<b>UICN</b>	International Union for Conservation of Nature (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura

## 10. Índice de figuras

Figura 1	Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido	30
Figura 2	Gómez-Moreno y el arquitecto conservador de la zona 1, Alejandro Ferrant en la Cámara Santa de la Catedral de Oviedo	31
Figura 3	Dimensiones de la conservación del patrimonio	33
Figura 4	Nube de puntos “coloreada” y ortoimagen de la fachada de la iglesia de la Merced de Panamá	35
Figura 5	La Lonja de València	38
Figura 6	Uso público del patrimonio	41
Figura 7	Turismo cultural en la Sagrada Familia de Barcelona	42
Figura 8	Distintas maneras de abordar el uso público del patrimonio	43
Figura 9	Ámbitos y herramientas para la planificación y gestión de la visita pública interpretativa	44
Figura 10	Ámbitos de la visita pública interpretativa del patrimonio	45
Figura 11	Riesgos que afectan a la conservación del patrimonio	46
Figura 12	Acciones para la gestión de visitantes	48
Figura 13	Movilidad turística en la Alhambra de Granada	49
Figura 14	Análisis espacial del Fuerte de Santiago de la isla de Chickly en Túnez	50
Figura 15	Espacio de acogida del Museo de Altamira (Santillana del Mar)	52
Figura 16	Objetivos de la interpretación del patrimonio	53
Figura 17	Plataforma en defensa del barrio del Cabanyal Canyameral de València	54
Figura 18	Frase célebre de Freeman Tilden	55
Figura 19	Modelo TORA de la Interpretación Temática	55
Figura 20	Dimensiones de la interpretación del patrimonio	56
Figura 21	Guía de la Lonja de la seda de València	57
Figura 22	Señalética informativa exterior del Monasterio de Santes Creus (Tarragona)	57
Figura 23	Señalética direccional del Monasterio de Santes Creus (Tarragona)	57
Figura 24	Panel interpretativo de los símbolos de la cultura del <i>Dreamtime</i> en Taroga Zoo, Sydney	58
Figura 25	Folleto divulgativo de distintos monumentos de Portugal desarrollados por la empresa Anyforms design	58
Figura 26	Panel divulgativo de la aplicación de Realidad Aumentada del Arte Rupestre en el Museo de la Valltorta	59
Figura 27	Panel divulgativo de la aplicación de Realidad Aumentada de Tarragona	59
Figura 28	BIM como modelo de información de la construcción	62

Figura 29	Modelo HBIM del Monasterio de la Cartuja de Jerez de la Frontera	62
Figura 30	Interacción de los campos BIM de Succar	63
Figura 31	Diagrama de niveles de madurez BIM de Bew-Richards	64
Figura 32	Diagrama del Entorno Común de Datos	65
Figura 33	Diagrama cíclico de los proyectos BIM	66
Figura 34	Inspección de mantenimiento con el <i>software Iviva</i>	68
Figura 35	Simulación del movimiento de peatones del Fulton Center de Nueva York con <i>MassMotion</i>	69
Figura 36	Proceso de contratación y proceso de desarrollo del proyecto y gestión del activo con BIM	70
Figura 37	Modelo 3D con base de datos semántica. Visualización de la evolución constructiva de la iglesia de San Cebrián de Mazote (España)	78
Figura 38	Nube de puntos texturizada de la Basílica de San Marcos de Venecia (Italia)	79
Figura 39	Modelo HBIM de la iglesia de Santa María de Portonovo (Italia)	80
Figura 40	Familias paramétricas de elementos arquitectónicos medievales	81
Figura 41	Niveles de conocimiento de HBIM (LOK)	82
Figura 42	Fases constructivas del castillo de Masegra (Italia)	83
Figura 43	Línea de tiempo de las fases constructivas. Facultad de Arquitectura de la Universidad de Granada (España)	83
Figura 44	Proyecto HBIM de rehabilitación de la Estación de Canfran (España)	85
Figura 45	Parámetros añadidos al modelo HBIM para su vinculación con la plataforma <i>BIMLegacy</i>	86
Figura 46	Plataforma <i>BIMLegacy</i>	86
Figura 47	Uso de la plataforma BIM3DSG para las labores de mantenimiento en campo	89
Figura 48	Visita virtual generada con la aplicación iVisit3D a partir del modelo HBIM	91
Figura 49	Diagrama cíclico HBIM	93
Figura 50	Documentos que componen la guía <i>uBIM</i>	94
Figura 51	Protocolo HBIM <i>BIMLegacy</i> . Capa A	95
Figura 52	Análisis comparativo de las fases del proyecto HBIM según la literatura precedente	95
Figura 53	Fases y usos HBIM del Informe COTAC 2014	96
Figura 54	Fases y usos HBIM de la guía de usuarios BIM española aplicada al patrimonio	96
Figura 55	Fases y usos HBIM del protocolo <i>BIMLegacy</i>	97
Figura 56	Comparativa de los Usos HBIM para el uso del patrimonio según literatura precedente	98
Figura 57	Visita pública interpretativa como parte de la arquitectura patrimonial	105
Figura 58	Proceso de la investigación de las Ciencias del Diseño	106
Figura 59	Diseño de la investigación	107
Figura 60	Metodología para la identificación del problema	108
Figura 61	Palabras clave empleadas para la búsqueda de la literatura	109

Figura 62	Clasificación de las publicaciones consultadas según el formato	110
Figura 63	Análisis cuantitativo de las publicaciones consultadas	111
Figura 64	Visita guiada del patio sur de San Juan del Hospital	114
Figura 65	Metodología desarrollada para comprender el problema	115
Figura 66	Metodología llevada a cabo para desarrollar el Protocolo HBIM (V1) y (V2)	118
Figura 67	Presentación del Protocolo HBIM (V1) en el grupo de discusión con agentes expertos en BIM	120
Figura 68	Participantes del grupo de discusión, expertos en BIM	120
Figura 69	Contenido del Protocolo HBIM (V2)	121
Figura 70	Metodología llevada a cabo para implementar el Protocolo HBIM (V2) al caso de estudio	123
Figura 71	Metodología llevada a cabo para evaluar el Protocolo HBIM (V2) y desarrollar el Protocolo HBIM (V3)	125
Figura 72	Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid	130
Figura 73	Agentes involucrados en la gestión del uso público del Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid	131
Figura 74	Museo Cerralbo de Madrid	132
Figura 75	Agentes involucrados en la gestión del uso público del Museo Cerralbo de Madrid	133
Figura 76	Conjunto de San Juan del Hospital de València	134
Figura 77	Planta del conjunto de San Juan del Hospital de València	135
Figura 78	Agentes involucrados en la gestión del uso público del conjunto de San Juan del Hospital	136
Figura 79	Agentes involucrados en la Conservación Preventiva de los inmuebles patrimoniales	139
Figura 80	Método de trabajo actual de la conservación preventiva	140
Figura 81	Ficha de valoración de riesgos de la visita cultural de la cueva de Altamira	142
Figura 82	Agentes involucrados en la gestión de visitantes de los inmuebles patrimoniales	145
Figura 83	Método de trabajo actual de la gestión de visitantes	146
Figura 84	Ficha de Determinación de la Capacidad de Carga Recreativa real diaria	148
Figura 85	Agentes involucrados en la Interpretación del patrimonio	150
Figura 86	Método de trabajo actual de la interpretación del patrimonio	151
Figura 87	Agentes involucrados en la divulgación del patrimonio	153
Figura 88	Método de trabajo actual de la divulgación del patrimonio	154
Figura 89	V1 del Protocolo HBIM. Diagrama cíclico	159
Figura 90	V1 del Protocolo HBIM. Usos y agentes involucrados en el ámbito de la divulgación del patrimonio. Opción 1	159
Figura 91	V1 del Protocolo HBIM. Usos y agentes involucrados en el ámbito de la conservación preventiva. Opción 2	160
Figura 92	V1 del Protocolo HBIM. Tipo de softwares necesarios	160



Figura 93	V1 del Protocolo HBIM. Información del ámbito de la gestión de visitantes en las distintas bases de datos	161
Figura 94	V2. Diagrama cíclico de un proyecto HBIM	165
Figura 95	V2. Diagrama del Entorno común de datos (CDE)	166
Figura 96	V2. Mapa del proceso del Entorno Común de Datos (CDE)	167
Figura 97	V2. Proyecto HBIM y los modelos HBIM que lo componen	168
Figura 98	V2. Modelos de información PIM y AIM	168
Figura 99	V2. Proceso de contratación de proyectos HBIM	170
Figura 100	V2. Contenido de los documentos de contratación de un proyecto HBIM	170
Figura 101	V2. Matriz de responsabilidad de los modelos HBIM para el uso público	172
Figura 102	V2. Usos HBIM para el uso público del patrimonio	173
Figura 103	V2. Requisitos de información de los modelos HBIM para el uso público	174
Figura 104	V2. Procedimiento HBIM para la conservación preventiva	177
Figura 105	V2. Procedimiento HBIM para la gestión de visitantes	180
Figura 106	V2. Procedimiento HBIM para la interpretación del patrimonio	183
Figura 107	V2. Procedimiento HBIM para la divulgación del patrimonio	185
Figura 108	Nave de la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia	188
Figura 109	Patio sur del conjunto de San Juan del Hospital de València	188
Figura 110	Panda de arcosolios del patio sur del conjunto de San Juan del Hospital de València	189
Figura 111	Recursos turísticos del conjunto de San Juan del Hospital de València	190
Figura 112	Itinerario turístico del conjunto de San Juan del Hospital de València	191
Figura 113	Toma de datos con escáner láser del conjunto de San Juan del Hospital	192
Figura 114	Nube de puntos del conjunto de San Juan del Hospital	193
Figura 115	Modelado HBIM manual sobre la nube de puntos del rosetón de la iglesia de San Juan del Hospital	194
Figura 116	Superposición de la nube de puntos y el modelo HBIM de la capilla funeraria del conjunto de San Juan del Hospital	194
Figura 117	Parámetros de arquitectura patrimonial contenidos en la plantilla patrimonial	195
Figura 118	Modelo HBIM de la capilla funeraria del conjunto de San Juan del Hospital seccionado donde se aprecia el sistema constructivo	195
Figura 119	Algunas de las fases constructivas del conjunto de San Juan del Hospital	196
Figura 120	Familia paramétrica de una pilastra de la capilla funeraria	196
Figura 121	Arquitectura informática del sistema <i>BIMLegacy</i>	197
Figura 122	Plataforma <i>BIMLegacy</i> . Información de un elemento	198
Figura 123	Sincronización de información entre la base de datos y el modelo HBIM desde el modelo HBIM	198
Figura 124	Modelo HBIM As-built del conjunto de San Juan del Hospital de València	199
Figura 125	Vista 2D donde se destacan los recursos con mayor valor de atraktividad	200
Figura 126	Tabla de disponibilidad para la visita de los hitos turísticos	201

Figura 127	Vista 3D donde se destacan los hitos turísticos	201
Figura 128	Vista 3D del itinerario turístico	202
Figura 129	Plano 2D de las Unidades Espaciales	203
Figura 130	Plano de superficies no útiles de recreación	204
Figura 131	V3. Diagrama cíclico de un proyecto HBIM	212
Figura 132	V3. Diagrama del Entorno común de datos (CDE)	213
Figura 133	V3. Mapa del proceso del Entorno Común de Datos (CDE)	214
Figura 134	V3. Proyecto HBIM y los modelos HBIM que lo componen	215
Figura 135	V3. Modelos de información PIM y AIM	216
Figura 136	V3. Proceso de contratación de proyectos HBIM	217
Figura 137	V3. Contenido de los documentos de contratación de un proyecto HBIM	218
Figura 138	V3. Matriz de responsabilidades de los modelos HBIM para el uso público	220
Figura 139	V3. Usos HBIM para el uso público del patrimonio	221
Figura 140	V3. Requisitos de información de los modelos HBIM para el uso público	222
Figura 141	V3. Procedimiento HBIM para la conservación preventiva	225
Figura 142	V3. Procedimiento HBIM para la gestión de visitantes	229
Figura 143	V3. Procedimiento HBIM para la interpretación del patrimonio	231
Figura 144	V3. Procedimiento HBIM para la divulgación del patrimonio	233

