

Cost Action TD1406: i2MHB: Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings

María José Merchán García

Universidad de Extremadura
mjmerchan@unex.es

Gumersindo Bueno Benito

Fundación Santa María la Real del Patrimonio Histórico
gbueno@santamarialareal.org

João Martins

Universidade Nova de Lisboa
jf.martins@fct.unl.pt

Pilar Merchán García

Universidad de Extremadura
pmerchan@unex.es

Resumen: Es práctica habitual que desde los diversos sectores que afectan al conocimiento y gestión de los edificios patrimoniales se trabaje individualmente, sin una visión de conjunto. De este modo, la colaboración se establece dentro de un mismo nivel, sin la necesaria integración de otros puntos de vista en la búsqueda de soluciones. Esta falta de interoperabilidad revierte negativamente en los propios edificios históricos, no solo desde el punto de vista de la investigación y la conservación, sino también en el de su funcionamiento diario. Hoy en día, pues, el principal desafío es superar estas colaboraciones limitadas, avanzando hacia un enfoque global multidisciplinar que integre los ámbitos científico, tecnológico, económico y social. En este contexto surge la acción i2MHB, con el objetivo de propiciar sinergias entre los diversos actores implicados en la sostenibilidad del patrimonio y de crear un marco común de actuaciones para garantizarla.

Palabras clave: Edificios históricos, sostenibilidad, interoperabilidad, conservación.

Abstract: It is usual that the different sectors in charge of knowledge and management of the heritage buildings work individually, without an overall vision. In this way, collaboration is established within the same level, lacking the necessary integration of other points of view in the search for solutions. This lack of interoperability reverts negatively in the historic buildings themselves, not only from the point of view of scientific research and preservation but also in their daily functioning. Nowadays the main challenge is to overcome these limited collaborations, moving towards a global multidisciplinary approach that integrates the scientific, technological, economic and social spheres. In this context, the i2MHB action arises, with the aim of fostering synergies among the various stakeholders involved in the sustainability of the heritage and of creating a common framework to guarantee it.

Keywords: Heritage buildings, sustainability, interoperability, conservation.

Introducción

En la traducción directa al español del término *heritage building* nos acogemos a la definición dada por la UNESCO. De este modo, hablamos de *heritage buildings* refiriéndonos al patrimonio cultural tangible inmueble, esto es, edificios, monumentos y sitios arqueológicos. Estas construcciones patrimoniales, a las que nos vamos a referir a partir de ahora como edificios históricos o simplemente HB, por sus siglas en inglés, desempeñan un papel clave a la hora de preservar las referencias culturales de las comunidades en las que se ubican. Es a través de la conservación y restauración de estos edificios y de su contenido como podemos preservar la identidad cultural de nuestro pasado para transferirla a las futuras generaciones. Pero, igualmente, son de suma importancia desde el punto de vista económico y social, al convertirse en un foco turístico de atracción, que lleva aparejada la creación de empleo, tanto directo como indirecto. Todo ello propicia la cohesión del edificio con su entorno más inmediato.

Pero para que esto se haga de una manera eficiente, es necesario adoptar un enfoque multidisciplinar, que fortalezca la colaboración entre las diversas partes implicadas, así como aprovechar las herramientas que las nuevas tecnologías ponen a nuestra disposición.

El continente europeo es un caso paradigmático para iniciar una propuesta como esta. No en vano, Europa posee el mayor número de edificios históricos del mundo y, dentro de él, la Península Ibérica ocupa un lugar importante. Además, el número de edificios protegidos bajo la denominación «patrimonio cultural» está creciendo a un ritmo acelerado en los últimos años. Todo lo cual implica una planificación e inversión económica en el sector por parte de los diferentes gobiernos que no siempre es fácil de conseguir. Con este panorama, se antoja más que nunca imprescindible desarrollar modelos para gestionar tal volumen de inmuebles de forma sostenible. En la actualidad se está evolucionando hacia un modelo de gestión inteligente que aumenta la eficiencia mediante el uso de la tecnología y el desarrollo de un lenguaje común entre los diversos actores involucrados en la conservación del patrimonio material. En este contexto surge esta Acción Cost, formada por expertos de 26 países. Ingenieros, arquitectos, arqueólogos, restauradores, historiadores, informáticos, químicos... han sabido aunar esfuerzos para crear una red paneuropea a partir de la cual promover sinergias entre los especialistas en ciencias del patrimonio y el mundo de la investigación tecnológica, la educación y el ámbito empresarial. La finalidad última es alcanzar un marco común de actuación y desarrollar una operativa unificada para la reintegración total de los edificios históricos en su entorno geográfico y cultural.

El título de la acción, «Innovación en la gestión inteligente de los edificios históricos», no deja lugar a dudas sobre sus intenciones. Pero para poder innovar en la toma de decisiones inteligentes sobre el futuro de edificios históricos es fundamental partir de un requisito previo: tener un conocimiento profundo del mismo y de su casuística a partir del intercambio de información entre los distintos estamentos y agentes implicados en su mantenimiento y puesta en valor. Es precisamente este el objetivo principal de la acción i2MHB: lograr una comprensión global de cada edificio y plantear una operativa unificada que integre la experiencia de las distintas ramas del saber, la tecnología y el *know-how* a través de un marco común novedoso e independiente. La idea es que los resultados se conviertan en un verdadero punto de inflexión en el campo de la gestión e innovación de los edificios históricos.

Para conseguir tal propósito, pues, es obligatorio disponer de ese enfoque multidisciplinar e interactivo del que venimos hablando. Hasta ahora, cuando se afrontan los problemas relativos a los edificios históricos superando la barrera del individualismo propio de cada especialidad, se hace siguiendo el procedimiento de bucle cerrado que a continuación presentamos (figura 1).

Mientras que a la hora de abordar la detección y la actuación los pasos a dar suelen ser bastante consensuados, la comprensión de la problemática y la toma de decisiones son extrema-

damente dependientes del área dentro de los que se analizan, por lo que suelen presentar un bajo nivel de interoperabilidad.

Para superar esta problemática es necesario adquirir un conocimiento profundo de los HB, el cual se fundamenta básicamente en tres pilares: conocimiento científico, sistemas y datos, y compromiso social. Uno de los mayores desafíos con respecto a los edificios históricos es hacer que esos pilares intercambien de manera vinculante información de relevancia y que, como consecuencia, se tomen decisiones optimizadas teniendo en cuenta todos los factores que entran en juego. Este procedimiento se conoce comúnmente como interoperabilidad; término que se puede definir como la capacidad de dos o más áreas de conocimiento para intercambiar información y utilizarla de forma eficiente. Pero para alcanzar esta deseada interoperabilidad se deben superar dos obstáculos bastante habituales. En primer lugar, conseguir que los diferentes actores tomen conciencia de la necesidad de alcanzar un consenso para un intercambio real y eficaz de información entre ellos. Este punto dependerá de manera clara de la motivación previa para hacerlo. En segundo lugar, cada una de las partes debe concienciarse, también, de su coexistencia con los otros sectores y de la igualdad de condiciones con la que se establecerá la interoperación.

En la acción i2MHB los tres pilares reseñados anteriormente constituyen las bases para alcanzar el techo de la interoperabilidad total. De este modo, se pretende que los miembros de la acción compartan un conocimiento común e interactivo en el que se destaquen tanto las interdependencias entre los tres pilares como las diferencias insalvables entre ellos, con el fin último de identificar las mejores actuaciones con las que avanzar hacia ese marco común de acciones.

Estado de la cuestión

En los últimos años ha habido importantes avances en la investigación sobre cada uno de los tres pilares. El conocimiento científico se potencia enormemente con la participación en proyectos multidisciplinares. Así, y a través de su iniciativa emblemática Europea, la Unión Europea ha invertido una gran cantidad de esfuerzos y recursos para facilitar el acceso y la utilización de los datos sobre el patrimonio cultural europeo proporcionados por diversas instituciones y que se basan en estándares establecidos (RDF, OAI-ORE, SKOS, CIDOC-CRM, Dublin Core...), diferentes para cada uno de los ámbitos del patrimonio representados: museos, archivos, colecciones audiovisuales y bibliotecas. Europea se encarga de recopilarlos, catalogarlos y estructurarlos mediante el modelo de datos (EDM) creado a la sazón: una nueva propuesta que mejora de manera significativa el modelo anterior, el más básico Europea Semantic Elements (ESE). De este modo, mientras este reduce los estándares de datos al mínimo, EDM, por el contrario, intenta trascender las perspectivas individualistas propias de cada sector: esto es, no se fundamenta en ningún estándar específico de un ámbito en particular, sino que adopta un marco de referencia abierto, interdisciplinar y basado en la Web Semántica. Así se consigue que todas las normas y estándares –LIDO, para museos; EAD1, para archivos o METS2, para bibliotecas digitales– tengan cabida (AA.VV., 2016). Este modelo de datos actúa como una ontología de nivel superior que conserva los modelos de datos origi-

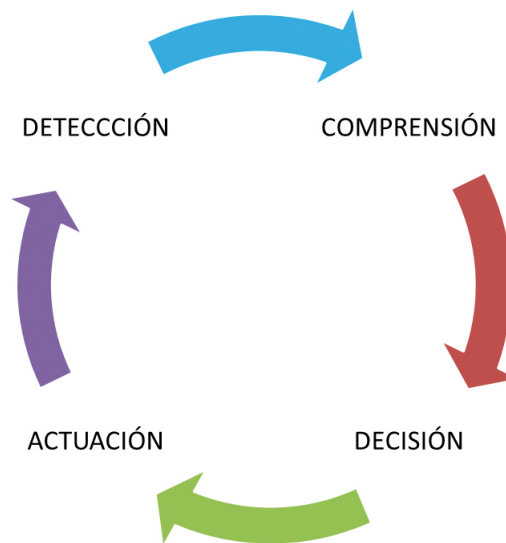


Figura 1. Ciclo de análisis de la problemática que presentan los HB.

nales y que tiene como objetivo permitir la interoperabilidad entre todos los ámbitos del patrimonio (Fernández *et al.*, 2013; Park y Smiraglia, 2014).

Del mismo modo, han surgido iniciativas con el objetivo de combinar datos que puedan vincularse con los proporcionados por otras fuentes en el contexto de las historias digitales. Sin embargo, a pesar de ser un floreciente campo de investigación, diversos estudios han revelado que los esfuerzos para combinar los datos vinculados y las tecnologías semánticas en el dominio del patrimonio cultural son muy pocos y aún se encuentran en una etapa embrionaria (Cudre-Maroux, *et al.*, 2012; Hyvönen, 2012; Guetti *et al.*, 2014). Los desafíos tecnológicos que se tienen que afrontar a este respecto son los siguientes: reconocimiento de entidades, enlaces eficientes y efectivos, gestión de identificadores de recursos uniforme (URI) y espacio de nombres (*namespace*), conciliación y calidad de los datos, consultas federadas y expansión de las consultas.

En el campo en el que mayores esfuerzos se han realizado y, por tanto, en el que mejores resultados se han obtenido dentro del ámbito del patrimonio cultural es aquel relacionado con la recopilación y almacenamiento de datos, gracias, en gran medida, a los Programas Marco de Europa. La transversalidad y el carácter multidisciplinar se han plasmado en todos ellos y, así, algunos han relacionado la conservación de los edificios históricos y la protección del clima (3ENCULT), mientras que otros, por ejemplo, desarrollan y demuestran, a través de estudios de caso, una metodología para evaluar y seleccionar intervenciones de eficiencia energética (EFFESUS). Entre los temas de investigación más abordados se encuentra el uso de sensores múltiples, redes de sensores inalámbricos y procedimientos de computación en la nube para el almacenamiento de datos (SH-City, entre las más novedosas).

En el plano de la promoción del compromiso social que han de tener los edificios históricos –tercer pilar en la correcta gestión del patrimonio– se han llevado a cabo numerosas investigaciones, siendo los proyectos europeos CHES o PATHS un ejemplo. Actualmente, la discusión en este campo se debate entre dos opiniones contrapuestas. Por un lado, desde un punto de vista consumista, la utilidad social del patrimonio se ve más como un medio que como un fin; es decir, no se considera más que como una herramienta para alcanzar ciertos resultados o mejorar otros aspectos, no para incrementar la calidad de vida o propiciar el bienestar social. En el lado contrario se posicionan los que creen que el compromiso social es un fin en sí mismo y que debe ser uno de los objetivos principales, si no el único, que debe animar cualquier proyecto en este sentido. No obstante, como en tantos otros ámbitos de la investigación, sería deseable alcanzar un consenso entre ambos enfoques.

A pesar de todas estas iniciativas, la mayoría de los proyectos se centran demasiado en la investigación básica, se limitan a la cooperación de alto nivel o bien se centran en la dimensión social, sin un enfoque de interoperabilidad global. Para llenar este hueco en la investigación surge el proyecto que a continuación pasamos a describir.

i2MHB: Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings

Como ya se apuntaba más arriba, el objetivo de la acción i2MHB es crear una red paneuropea abierta con la que promover las sinergias entre los especialistas implicados en las ciencias del patrimonio, las partes interesadas de la industria y el mundo de la investigación. El fin último es lograr un entendimiento y una operatividad, comunes y unificadas, que integren la experiencia de los profesionales de diversos ámbitos. Esto implica el establecimiento de una comunidad multidisciplinar en constante conexión y con la capacidad de realizar una evaluación intersectorial. En resumen, se busca conseguir la interoperabilidad entre los tres pilares que se consideran fundamentales en el conocimiento, conservación y disfrute del patrimonio cultural.

Para lograrlo, es necesario no solo contar con el equipo de trabajo adecuado, sino también establecer una cuidada hoja de ruta en la que se contemple una agenda de investigación estratégica y un conjunto de procedimientos y recomendaciones estándares para abordar las barreras que hoy en día nos encontramos en la interoperabilidad dentro del terreno los edificios históricos. Los objetivos que se pretenden alcanzar al finalizar esta acción, con los que paliar las carencias señaladas hasta ahora, son los siguientes:

- Creación de un marco común de actuaciones que defina claramente cómo han de desarrollarse:
 - La recopilación y clasificación de buenas prácticas en el ámbito de la preservación y rehabilitación del patrimonio cultural. Esto implica el intercambio constante de información entre todos los miembros de la Acción, con el propósito de asegurar el establecimiento de un entendimiento común respecto a la compleja problemática que debe soslayarse al crear dicho marco.
 - Los procedimientos comunes y más adecuados, para lo que se aprovecharán las sinergias creadas entre los diferentes miembros de la Acción; sinergias que permitirán, al mismo tiempo, optimizar dichos procedimientos a partir de las diversas visiones aportadas.
 - Un sistema capaz de contribuir al enriquecimiento de los conocimientos dentro del campo de la conservación del patrimonio, así como del de su valorización social y cultural. Esto no solo permitirá el análisis y la mejora en la recopilación y tratamiento de datos con ejemplos de buena o mala praxis, sino que también generará nuevos paradigmas de interoperabilidad, a través de los cuales se conseguirá la creación de un lenguaje común. Al mismo tiempo, este proceso revelará cuál es el impacto en la comprensión completa de la rehabilitación y la operativa diaria de los edificios históricos.
- La edición de un «libro blanco» que sirva como guía para afrontar en lo sucesivo la problemática de la interoperabilidad en el ámbito del patrimonio, y en el que se resalten las mejoras conseguidas en la rehabilitación sostenible de los edificios históricos. Este libro blanco debe ser, también, resultado de la colaboración con las autoridades locales, regionales, nacionales y europeas, a las que se debe atraer para que participen activamente. La elaboración del contenido del mismo será un proceso, sin duda, complejo, ya que debe sintetizar una gran variedad de aspectos: desde la eficiencia energética de los edificios hasta el papel educativo y cultural que juegan en su entorno, pasando por el impacto económico, la conservación preventiva de continente y contenido, la integración física en el paisaje urbano o natural circundante o su importancia en el contexto europeo. Para ello, debe planificarse detenidamente qué tecnologías son las más adecuadas en los procesos de rehabilitación y gestión de los edificios y cuáles nos proporcionan los datos más relevantes. A partir de ellas y de la investigación en cada uno de los campos de trabajo, se conformará un repositorio de buenas prácticas en la conservación del patrimonio cultural.
- La publicación de un informe público sobre la «Integración de los edificios del patrimonio cultural en su entorno». Este informe se centrará en el estudio del impacto del edificio o monumento en el paisaje urbano y natural en el que se ubica. Abordará la conservación y valorización de sus características específicas y sus peculiaridades para preservar tanto su esencia original como su intrahistoria a lo largo de las diferentes épocas.
- El lanzamiento de un documento donde se enfatice el papel social que desempeña el patrimonio cultural en clave tanto económica como cultural. Para ello, es necesario implicar a cuantos actores de la política local, regional, nacional y europea sea posible, puesto que un mayor intercambio de experiencias y opiniones garantizará la mejor comprensión

del mensaje. El trabajo difundido será el resultado de un análisis estadístico sistemático realizado mediante la recopilación, estudio y síntesis de los resultados de los cuestionarios dirigidos a los grandes grupos de objetivo. Esta actividad tendrá un resultado adicional al proporcionar una enorme base de datos sobre la percepción del edificio en su entorno social que puede implementarse en la mejora del marco de actuaciones.

- Establecimiento de un portal web sobre «Innovación en la gestión inteligente de los edificios históricos» que se constituya en el lugar de referencia y punto de partida para todos los que, a partir de ahora, se dediquen a la gestión inteligente del patrimonio. Se pretende que sea una plataforma de difusión abierta, a través de la cual se permita la extracción, exploración y recopilación de memorias, acciones y eventos, también mediante dispositivos móviles.

Estructura. Grupos de trabajo

Los objetivos de esta Acción Cost no podrían lograrse sin contar con un amplio grupo de especialistas en los más variados ámbitos, procedentes de prácticamente toda la Unión Europea. Propiciar una mayor cooperación intersectorial entre estos expertos y coordinar el trabajo de los diferentes grupos es el paso necesario para crear unas redes que mejoren la transferencia de conocimiento entre las diversas disciplinas individuales que cubren todo el espectro de temas relativos a los edificios del patrimonio histórico. Una vez creadas estas sinergias es más fácil generar soluciones innovadoras, basadas en el paradigma de la interoperabilidad.

Dado que el solapamiento de tareas no es solo ineficiente, sino contraproducente para el desarrollo del trabajo y la interoperabilidad entre las partes, existe una necesidad justificable de realizar un primer esfuerzo intersectorial para identificar y definir áreas de trabajo complementarias.

Las tres áreas principales de conocimiento de esta acción –los pilares definidos más arriba– deben estar, así, vinculadas entre sí y, a su vez, con los tres grandes sectores profesionales que la Acción pretende involucrar:

- Especialistas en los campos de la ciencia del patrimonio (conservadores de museos, coleccionistas privados, especialistas en el sector turístico, agencias gubernamentales de patrimonio, etc.).
- Agentes industriales (desarrolladores comerciales, integradores de sistemas de medición y aplicaciones de *software*, etc.).
- Miembros del campo de la investigación y la educación (universidades, laboratorios de I + D, centros de investigación, etc.).

La columna vertebral de la Acción se basa en la experiencia aportada por decenas de grupos que abarcan la gran mayoría de los aspectos teóricos, experimentales y prácticos claves en el desarrollo científico y tecnológico dentro del ámbito de los HB. Desarrolladores de tecnología, especialistas en edificios históricos, centros de investigación, en los que participan instituciones públicas –tanto las responsables de la toma de decisiones políticas como los organismos de gestión– y miembros del sector industrial forman parte de un conglomerado de especialidades en continuo crecimiento que trabajan con un propósito común, alcanzar la meta de la interoperabilidad. Además, puesto que el patrimonio cultural tiene un reseñable impacto en el producto interior bruto (PIB) y ha ayudado a crear muchas empresas especializadas que comenzaron a difundir internacionalmente sus conocimientos, la integración de este tipo de pymes en la Acción i2MHB se considera deseable como vehículo para aumentar aún más su internacionalización.

Para poder trabajar de forma eficiente con este enorme número de equipos y personas, las tareas a realizar se han dividido entre los cinco grupos de trabajo creados a tal efecto, independientes, pero interrelacionados entre sí.

El grupo de trabajo 1 (WG1) tiene como objetivo crear un marco común de buenas prácticas en el campo de la restauración, conservación y gestión de edificios históricos que sirva como referencia para todos los profesionales del ramo. Los miembros de este grupo tienen asignadas las siguientes tareas:

- Recopilación de datos y clasificación de buenas prácticas relacionadas con la preservación y rehabilitación de edificios históricos.
- Desarrollo de un sistema de procesamiento de los datos recabados, capaz de contribuir orgánicamente al enriquecimiento de los conocimientos técnicos dentro del campo de la gestión inteligente de los edificios históricos.
- Desarrollo, a partir de lo anterior, de procedimientos comunes y adecuados para elaborar un decálogo que sea, a su vez, una mejora en el marco común de actuaciones.

El objetivo principal del grupo de trabajo 2 (WG2) es construir una herramienta de TI capaz de fusionar semánticamente todos los idiomas, con el fin de que la toma y análisis de datos pueda ser llevada a cabo por cualquier miembro de la acción desde cualquier lugar. Este sistema debe responder a consultas basadas en requisitos comunes preestablecidos, para lo que se está creando una ontología a partir de la cual generar inteligencia. Dentro de este grupo se llevan a cabo los cometidos que enumeramos a continuación:

- Creación de una semántica de la interoperabilidad, implementación en el resto de sistemas y organización de los servicios que sirvan para tal fin.
- Modelado y construcción de aplicaciones.

Las actividades del grupo de trabajo 3 se centran en el estudio y la optimización de la integración de los edificios del patrimonio en su entorno, bien sea este urbano o natural. Para ello, debe llevarse a cabo un estudio de las tecnologías de conservación usadas hasta ahora, así como documentarse en profundidad para garantizar la conservación del aspecto original del edificio o bien, al menos, para destacar los elementos más valiosos por su importancia histórica, artística o social. Cuando los edificios se encuentren en un paraje natural se alientan estudios que enfatizan el papel de los HB en la conservación o mejora del paisaje. En cuanto a la rehabilitación de los interiores, en el caso de que no sea factible volver a su estado histórico, se pretende fomentar el uso de AR y VR con el fin de hacer accesible esa información a los visitantes del edificio.

Las labores encomendadas a este grupo de trabajo son:

- Analizar la perspectiva histórica de los edificios, monumentos y yacimientos.
- Valorizarla desde el punto de vista del entorno.
- Fusionar ambos trabajos para conseguir unas perspectivas combinadas.

La «Dimensión social de los edificios del patrimonio» es la denominación autoasignada del grupo de trabajo número 4. Este será el encargado de producir un documento, en formato folleto o panfleto, sobre el papel social que desempeñan los edificios históricos y el aprovechamiento que desde su dimensión sociocultural se puede hacer de ellos en los diferentes países europeos. Para elaborar dicho documento es necesario contar con la contribución de un numeroso y variado nú-

mero de autoridades, así como de todos los estamentos de la sociedad civil. El grupo de trabajo 4 ha dividido su cometido en las siguientes tareas:

- Estudio de los edificios en su contexto.
- El papel sociocultural desempeñado por los edificios históricos. Su impacto en la sociedad.
- Compromiso social con los edificios patrimoniales.
- Buenas prácticas en la vertiente social de los edificios patrimoniales.

Por último, el grupo de trabajo 5 es el aglutinante de este gran equipo, puesto que una de sus principales ocupaciones es la de actuar como puente y tejer redes tanto entre los restantes grupos como entre estos y los agentes de actuación externos –autoridades, empresas, etc.–. Además, entre sus funciones también se encuentra la gestión y divulgación de los resultados, así como la organización de actividades de capacitación, la detección de problemas de equilibrio de género y el fomento de la participación de jóvenes investigadores.

Herramientas de interconexión

Al mismo tiempo que se desarrolla la enorme actividad relacionada anteriormente, la Acción tiene como objetivo paralelo actuar de manera proactiva como una comunidad abierta que propicie la integración de nuevos miembros, tanto ciudadanos de los países Cost como de los países asociados (IPC), además de dar cabida a nuevas ideas y diferentes puntos de vista. Todo ello porque la red de i2MHB pretende ser el lugar de nacimiento de nuevos proyectos e ideas, una especie de «incubadora» en la que gestar nuevas iniciativas.

Un aspecto primordial con el que se comprometió esta Acción desde el principio es la incorporación activa de jóvenes investigadores, de tal manera que su contribución a las actividades de la Acción sea equitativa en comparación con la de otros expertos. Para fomentar su especialización en este campo y fidelizar a los participantes, se desarrollarán diversas actividades que propicien tales resultados.

De este modo, el establecimiento de un *think-tank* de estos jóvenes investigadores, desde el que aporten su visión a los problemas que se abordan dentro de la Acción a través de la organización de talleres para su especialización en determinado aspecto, pero, sobre todo, a través de las escuelas de formación y el intercambio de personal entre los diversos países socios por medio de las STSM (Misiones Científicas a Corto Plazo). Estas serán las acciones específicas para potenciar la capacitación de estos nuevos investigadores en esta rama del conocimiento, lo que sin duda supone también para ellos dar un salto cualitativo en sus carreras científicas. A partir de este intercambio continuo de personas y conocimientos, se potencian de igual forma las redes de interconexión y las sinergias entre los diferentes miembros de la Acción Cost. En todas estas iniciativas se tiene especial cuidado en la incorporación de las mujeres, principalmente de las jóvenes investigadoras, tanto del ámbito de las humanidades como del campo científico, para conseguir la equiparación real con sus colegas masculinos.

Materializados en datos reales, se han cumplido los objetivos en cuanto a la creación de una red de sinergias entre los diferentes grupos de investigación, que ha dado su fruto gracias a la realización de numerosos encuentros y reuniones, no solo entre los miembros del núcleo organizativo, sino también con la participación de otros miembros secundarios. Se han organizado varios *workshops*, algunos de los cuales han dado lugar a publicaciones indexadas; además de haber sabido atraer e incorporar a jóvenes investigadores a través de las escuelas de formación que han tenido lugar en España, Croacia, Italia, Eslovenia y Francia. La participación en todas ellas de nue-



Figura 2. Valletta Waterfront, un caso de estudio.

vos investigadores, pero, sobre todo, la asistencia reiterada de algunos de ellos, asegura la continuidad del trabajo más allá del marco temporal de la Acción.

La red de comunicación también ha quedado establecida a través de las estancias breves que ha logrado que desde España se haya ido a Portugal o Malta; desde Croacia se haya visitado España, Italia o Francia; los alemanes han recibido a serbios y rumanos; Francia ha contado con la participación de croatas, serbios y portugueses, los lituanos se han incorporado temporalmente en el equipo chipriota... y así hasta diez STSM por año.

Resultados

En cuanto a los resultados materiales del programa, se han creado sendas bases de datos con el fin de recopilar buenas prácticas en el ámbito de la conservación y restauración de edificios históricos y, al mismo tiempo, hacer una aproximación estadística al impacto social de los mismos en su entorno, determinar la percepción que tiene de ellos, primero, la ciudadanía, después, la Administración y, por último, las posibles empresas inversoras, para evaluar sus posibilidades económicas en la zona. De igual forma, como consecuencia del trabajo del grupo 2, se ha desarrollado una ontología que, mediante un constante *feedback* de todos los agentes implicados en la gestión de los edificios del patrimonio cultural, pueda crear una inteligencia artificial que ayude a la investigación y facilite el trabajo de historiadores del arte, arqueólogos, conservadores, etc.

Los resultados también pueden ser evaluados desde el punto de vista de la investigación, donde la participación y organización activa de los diferentes miembros del grupo en diversos congresos científicos es reseñable, así como la publicación de numerosos *papers* sobre la materia.

Pero lo más significativo, sin duda, a este respecto, es la edición del «libro blanco» donde se recogen las conclusiones más relevantes a las que se ha llegado a lo largo de esta Acción Cost.

Desde el punto de vista de la divulgación, la creación de una página web y la activa participación en las redes sociales, donde se han comunicado las diversas actividades de la Acción y se ha dado cuenta de todas las novedades que surgen en otros foros diferentes, pero interrelacionados con los objetivos básicos de esta, han contribuido a la internacionalización de los resultados.

Conclusiones

A lo largo de estas páginas hemos estado viendo cómo alcanzar la interoperabilidad (entendida como el intercambio eficiente de información entre los diversos sectores implicados en el ámbito de la conservación y valorización del patrimonio cultural para producir resultados optimizados) es necesario para llegar algún día a la gestión inteligente del patrimonio de manera real. Para ello es necesario crear un marco común de actuaciones que sirva de referencia a los diversos estamentos implicados. También se antoja imprescindible la formación de especialistas en gestión inteligente de patrimonio, una figura que tenga una visión conjunta de todos los problemas y necesidades y que sepa evaluar en todo momento cómo proceder para conseguir los resultados deseados. Quedan aún muchos puntos por resolver, pero esta Acción pretende ser la primera piedra en la construcción de un sistema de gestión sostenible del ingente patrimonio cultural europeo.

Agradecimientos

This publication is based upon work from Cost Action TD1406-i2MHB, supported by Cost (European Cooperation in Science and Technology), available in: www.cost.eu.

Se ha realizado dentro del proyecto IB16162, financiado por la Junta de Extremadura y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional «Una manera de hacer Europa».

Cost Action TD1406: Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings (i2MHB)

Introduction

Following the UNESCO definition for the direct Spanish translation of the term “heritage building,” we label this way all the tangible property heritage, i.e., buildings, monuments and archaeological sites. Heritage buildings play a key role in preserving the cultural landmarks of the communities where they are located. It is through the conservation and restoration of these buildings and their content that we can preserve the cultural identity of our past to hand it down to future generations. But they are also of paramount importance from the economic and social perspectives since they become tourist attractions and thus involve the creation of both direct and indirect jobs. All of this promotes the cohesion of the building with its most immediate environment.

But for this to be done efficiently, a multidisciplinary approach must be adopted, shoring up partnerships among the various stakeholders and leveraging the tools that new technologies make available to us.

The European continent is a textbook case for undertaking a proposal like this. Europe is home of the largest number of heritage buildings in the world, and the Iberian Peninsula occupies an important place within it. Furthermore, the number of buildings protected under the name of “cultural heritage” has been growing at an accelerated pace in recent years. This all entails economic planning and investment in the sector by the different governments that is not always easy to achieve. Against this backdrop, developing models to manage this volume of properties in a sustainable manner is more essential than ever. We are currently evolving towards an intelligent management model that boosts efficiency through the use of technology and the development of a common language among the various stakeholders involved in material heritage conservation. This was the context in which the present COST Action emerged, formed by experts from 26 countries. Engineers, architects, archaeologists, restorers, historians, computer scientists and chemists joined forces to create a pan-European network to promote synergies between heritage science specialists and the world of technological research, education and business. The ultimate aim was to achieve a common operational framework and develop a unified operation for the comprehensive reintegration of heritage buildings within their geographical and cultural context.

The title of the action, “Innovation in the Intelligent Management of Heritage Buildings”, leaves no doubt about its intentions. But to innovate in intelligent decision-making around the future of heritage buildings, it is essential to start from a previous requirement: a thorough knowledge of the subject and case studies based on the exchange of information among the different levels and stakeholders involved in their maintenance and exploitation. This is precisely the main objective of the i2MHB action: to achieve a global understanding of each building and propose a unified operation that integrates the experience of the different branches of knowledge, technology and know-how through a new and independent common framework. The idea is for the results to be-

come a real turning point in the field of heritage building management and innovation.

To deliver on this goal, then, it is mandatory to have the abovementioned multidisciplinary and interactive approach in place. So far, when problems around heritage buildings have been approached and the barrier of individualism inherent to each speciality overcome, it was done by following the closed loop procedure presented below (figure 1).

While the steps to be taken in detecting and acting are usually quite consensual, understanding of the problem and decision-making rely heavily on the area within which the problems are analysed, and so tend to have a low level of interoperability.

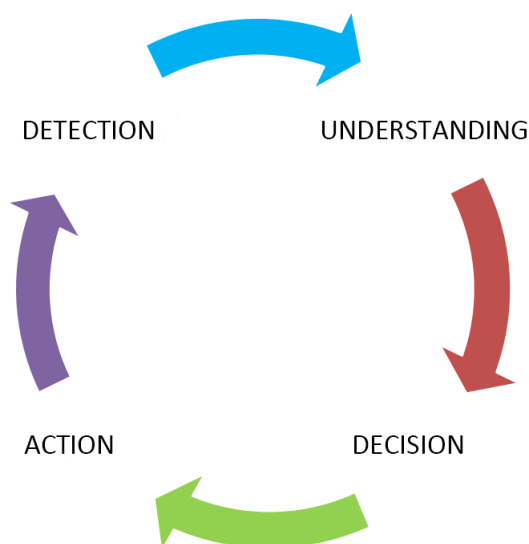


Figure 1. Analysis cycle of HB problems.

To overcome this, it is necessary to acquire a thorough knowledge of HBs which basically rests on three pillars: scientific knowledge, systems and data, and social commitment. One of the biggest challenges with regards heritage buildings is to get these pillars to exchange relevant information in a binding fashion to boost optimised decision-making considering all the factors that come into play. This procedure is commonly known as interoperability, a term that can be defined as the ability of two or more knowledge areas to exchange information and leverage it efficiently. But to achieve this desired interoperability, two fairly common obstacles must be overtaken. First, making the different actors aware of the need to reach consensus for a real and effective exchange of information. This will clearly depend on the prior motivation to do so. Second, each party must also be aware of its coexistence with other sectors and the equality of conditions under which interoperation will be established.

In Action i2MHB, the three pillars outlined above form the basis for reaching the ceiling of full interoperability. The aim is to get the members of the action to share pooled and interactive knowledge that emphasises both the interdependencies between the three pillars and the insurmountable differences between them, with the ultimate aim of identifying the best actions to move forwards on this common framework of actions.

State of the matter

Significant progress in research on each of the three pillars has been made in recent years. Scientific knowledge is greatly enhanced by engagement in multidisciplinary projects. For example, through its flagship Europeana initiative, the European Union has invested a considerable amount of effort and resources to facilitate access and use of the European cultural-heritage data provided by various institutions and based on established standards (RDF, OAI-ORE, SKOS, CIDOC-CRM, Dublin Core, etc.), which differ for each heritage sphere represented: museums, archives, audiovisual collections and libraries. Europeana is tasked with compiling, cataloguing and structuring this data through the specially created Europeana Data Model (EDM). This is a new proposal that significantly improves on the previous model, the more basic Europeana Semantic Elements (ESE). Thus, while the latter reduces data standards to a minimum, EDM, by contrast, tries to transcend the individualistic perspectives inherent to each sector: that is, it is not based on any specific standard in a particular sphere, but adopts an open, interdisciplinary and semantic web-based reference framework. This allows all rules and standards – LIDO, for museums; EAD1, for archives and METS2, for digital libraries – to be accommodated (various authors, 2016). This data model acts as

a higher-level ontology that preserves the original data models and aims to enable interoperability among all heritage spheres (Fernández *et al.*, 2013; Park, and Smiraglia, 2014).

Similarly, initiatives have emerged with the aim of combining data that can be linked with information provided by other sources in the context of digital histories. However, despite being a burgeoning field of research, several studies have found there are very few efforts to combine linked data and semantic technologies in the cultural heritage area and the few that are available are still in an embryonic stage (Cudre-Maroux *et al.*, 2012; Hyvönen, 2012; Guetti *et al.*, 2014). The technological challenges to be addressed in this regard are: recognition of entities, efficient and effective links, uniform resource identifier (URI) and namespace management, data reconciliation and quality, federated queries and query expansions.

The field where most efforts have been made, and hence the best results achieved within the context of cultural heritage, is that connected with data collection and storage, thanks largely to the European Framework Programmes. Mainstreaming and a multidisciplinary nature have been reflected in them all, and some have related the conservation of heritage buildings with climate protection (3ENCULT), while others, for example, leverage case studies to develop and demonstrate a methodology for evaluating and selecting energy efficiency interventions (EFFESUS). The most commonly covered research topics include the use of multiple sensors, wireless sensor networks and cloud computing procedures for data storage (SHCity, among the newest).

Numerous research works have aimed to promote the social commitment that heritage buildings must have (the third pillar in good heritage management), such as the European CHES and PATHS projects. Discussion in this field is currently being debated between two opposing opinions. On the one hand, from a consumerist insight, the social usefulness of heritage is seen more as a means than an end; in other words, it is viewed as no more than a tool to achieve certain outcomes or improve other aspects, rather than to improve quality of life or promote social well-being. On the opposite side of the debate are those who believe that social commitment is an end in itself and must be one of the core objectives, if not the only one, that should encourage any project in this regard. However, as in so many other areas of research, a consensus between the two approaches would be desirable.

Despite all these initiatives, most projects focus too much on basic research, are limited to high-level cooperation or put the spotlight on the social dimension, without an overarching interoperability approach. To fill this gap in the research comes the project described below.

i2MHB: Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings

As noted above, the objective of the i2MHB action is to create an open pan-European network to promote synergies between specialists involved in heritage sciences, industry stakeholders and the research world. The ultimate aim is to achieve a common and unified understanding and operability that integrates the experience of professionals spanning various fields. This implies the establishment of a multidisciplinary community in constant connection and with the ability to implement an intersectoral assessment. In short, the aim is to achieve interoperability among the three pillars deemed fundamental in cultural heritage knowledge, conservation and enjoyment.

To achieve this, it is necessary not only to have the right work team, but also to establish a carefully designed roadmap that covers a strategic research agenda and a suite of standard procedures and recommendations to address the barriers currently facing interoperability within the field of heritage buildings. The deliverables we wanted by the end of this action in order to alleviate the shortfalls indicated to date were as follows:

- Creation of a common action framework that clearly defines how the following should be developed:
 - The collection and classification of good practices in the field of cultural heritage preservation and rehabilitation. This involves the constant exchange of information between all the members of the Action to ensure the establishment of a common understanding with respect to the complex problems to be circumvented by creating this framework.
 - The common and most appropriate procedures, for which the synergies created between the different Action members will be used; synergies that will, at the same time, make it possible to optimise these procedures based on the different insights provided.
 - A system capable of contributing to the enrichment of knowledge around heritage conservation, as well as its social and cultural appreciation. This will not only enable analysis and improvement in data collection and processing with examples of good or poor practice but also generate new interoperability paradigms that can be leveraged to create a common language. This process will, at the same time, reveal the impact on the full understanding of the rehabilitation and daily operations of heritage buildings.
- Publication of a “white paper” to guide the issue of interoperability in the heritage area going forwards and highlighting the improvements achieved in the sustainable rehabilitation of heritage buildings. This white paper must also be the endpoint of collaboration with local, regional, national and European authorities, which should be attracted to participate actively. Content preparation was undoubtedly complex, since it must summarise a wide range of aspects, from the energy efficiency of buildings to the educational and cultural role they play in their environment, along with economic impact, preventive conservation of buildings and content, physical integration in the surrounding urban or natural landscape and importance in the European context. To do so, it was necessary to carefully plan which technologies were most suitable in building refurbishment and management processes and which provided us with the most relevant data. A repository of cultural-heritage good practices was established on the back of this and of research in each work sphere.
- Publication of a public report on the “Integration of Cultural Heritage Buildings in their Environment.” This report is focused on studying the impact of the building or monument on the urban and natural landscape in which it is located. It will address the conservation and appreciation of its specific characteristics and peculiarities in order to preserve both its original essence and its internal history throughout different periods.
- Launch of a document emphasising the social role played by cultural heritage in both economic and cultural terms. To this end, it was necessary to involve as many actors from local, regional, national and European politics as possible, since a greater exchange of experiences and opinions will ensure a better understanding of the message. The circulated work is the outcome of a systematic statistical analysis conducted by collecting, studying and summarising the results of questionnaires aimed at the large target groups. This activity has the additional result of providing a huge database on the perception of the building in its social environment that can be leveraged to improve the action framework.
- Establishment of a web portal around “Innovation in the Intelligent Management of Heritage Buildings” as a benchmark and a starting point for all those now involved in intelligent heritage management. The idea is to make it an open outreach platform enabling the extraction, exploration and collection of reports, actions and events, including over mobile devices.

Structure: Working Groups

The objectives of this COST Action could not be achieved without a large group of specialists spanning the most varied fields and coming from practically the whole of the European Union. Promoting greater cross-sectoral cooperation between these experts and coordinating the work of the different groups is the step that must be taken to create networks that enhance knowledge transfers between the different individual disciplines covering the entire spectrum of issues around historical heritage. Once these synergies have been created, it will be easier to generate innovative solutions, based on the paradigm of interoperability.

As the overlapping of tasks is not only inefficient but counterproductive for the development of work and interoperability between parties, there is a justifiable need for a first cross-sectoral effort to identify and define complementary work areas.

The three main areas of knowledge in this action, in other words, the pillars defined above, must therefore be linked to each other and, in turn, to the three large professional sectors the Action aims to bring onboard:

- Specialists from the fields of heritage science (museum conservators, private collectors, tourism specialists, government heritage agencies, etc.)
- Industrial agents (commercial developers, measurement system and software application integrators, etc.)
- Members from the fields of research and education (universities, R&D laboratories, research centres, etc.).

The backbone of the Action is posited on the experience provided by dozens of groups spanning the vast majority of key theoretical, experimental and practical aspects of scientific and technological development within the field of HBs. Technology developers, heritage building specialists, research centres involving public institutions (political decision-makers and management bodies alike) and industry members are part of a growing cluster of specialties working with a common purpose to meet the goal of interoperability. Furthermore, since cultural heritage significantly impacts gross domestic product (GDP) and has helped create many specialist enterprises that began to promote their knowledge internationally, the integration of this type of SME into Action i2MHB is considered desirable as a way of making it even more international.

In order to work efficiently with this huge number of teams and people, the tasks to be performed have been divided into five especially created, independent but interrelated working groups:

Working Group 1 (WG1) aims to create a common framework of good practices in the field of heritage building restoration, conservation and management to serve as a reference for all industry professionals. The members of this group have been assigned the following tasks:

- Data collection and classification of good practices around HB preservation and rehabilitation.
- Development of a system for processing the collected data that can make an organic contribution to the enrichment of technical knowledge in the field of the intelligent management of heritage buildings.
- Development, on the basis of the above, of common and appropriate procedures to draw up a ten-point guide which in turn can be used to improve the common framework of actions.

The main objective of Working Group 2 (WG2) is to build an IT tool that can merge all languages semantically so that data collection and analysis can be performed by any action member anywhere. The system must cover queries based on pre-established common requirements, for which an ontology is being created to generate intelligence. The tasks listed below are performed in this group:

- Creation of an interoperability roadmap, implementation in the other systems and organisation of the services serving this purpose.
- Modelling and construction of applications.

The activities of Working Group 3 (WG3) focus on the study and optimisation of the integration of heritage buildings into their surroundings, whether urban or natural. To this end, a study must be implemented on conservation technologies used to date and it must be documented in depth to guarantee the preservation of the original appearance of the building or at least highlight the elements considered most valuable for their historical, artistic or social importance. When buildings are in a natural setting, studies that emphasize the role of HBs in the conservation or improvement of the landscape are encouraged. With regards the restoration of interiors, if it is not feasible to return them to their historical state, the intention is to encourage the use of AR and VR to make this information accessible to visitors to the building.

The tasks assigned to this working group are:

- Analyse the historical perspective of buildings, monuments and sites.
- Value it from the point of view of the environment.
- Merge the two jobs to achieve a combined outlook.

“Social Dimension of Heritage Buildings” is the self-styled name of Working Group 4 (WG4). It is responsible for producing a document, in brochure or pamphlet format, on the social role played by HBs and the use that can be made of them in different European countries from the socio-cultural dimension. This document must be drafted with the contribution of a large and varied number of authorities and all levels of civil society. Working Group 4 has divided its remit into the following tasks:

- The study of buildings in their context.
- The socio-cultural role played by heritage buildings. Their impact on society.
- Social commitment to heritage buildings.
- Good practices in the social aspects of heritage buildings.

Finally, Working Group 5 (WG5) binds this large team together since one of its prime concerns is to act as a bridge and to weave networks both between the remaining groups and between them and external actors (authorities, companies, etc.). Its functions also include results management and outreach, the organisation of training activities, the detection of gender balance problems and getting young researchers engaged.

Interconnection tools

At the same time as the huge amount of activity listed above is being done, the Action has the parallel aim of proactively engaging as an open community that encourages the onboarding of new



Figure 2. Valletta Waterfront, a case study.

members, both citizens of COST countries and International Partner Countries (IPC), and to accommodate new ideas and different insights. All this because the i2MHB network aims to be the birthplace of new projects and ideas, a kind of ‘incubator’ where new initiatives can be bred.

A crucial aspect that the Action committed to from the outset was the active inclusion of young researchers so that their contribution to the Action’s activities would be balanced in comparison with that of other experts. In order to foster their specialisation in this field and build participant loyalty, a number of activities will be rolled out to generate these results.

They include the establishment of a think-tank of these young researchers, from where they can give their views on the problems addressed in the Action through the organisation of workshops for their specialisation in a certain regard, but above all through training schools and staff exchanges between the different partner countries by means of STSMs (Short-Term Scientific Missions). These will be dedicated actions to boost the training of new researchers in this branch of knowledge and will undoubtedly also allow them to take a qualitative leap in their scientific careers. Interconnection networks and synergies between different COST Action members will also be enhanced from this ongoing exchange of people and knowledge. Across all these initiatives, particular care will be taken to include women, mainly young researchers, both from the humanities and the scientific field, in order to achieve a true balance with their male colleagues.

Materialised in real data, the objectives around creating a network of synergies between the different research groups have been met through numerous events and meetings, not only among the members of the organisational core but also with the engagement of other secondary members. Several workshops have been organised, some of which resulted in indexed publications, and they were able to attract and recruit young researchers through the training schools held in Spain, Cro-

atia, Italy, Slovenia and France. The participation of new researchers in all of them and especially the repeated attendance by some ensures the work will continue beyond the Action's time frame.

The communication network has also been established through short stays that enabled researchers from Spain to spend time in Portugal and Malta; Croatian researchers to visit Spain, Italy and France; Germans to welcome Serbs and Romanians; French workshops that included the participation of Croats, Serbs and Portuguese; Lithuanians who joined the Cypriot team on a temporary basis... and so on up for to ten Short Term Scientific Missions a year.

Results

With regards programme deliverables, databases have been created to compile good practices in HB conservation and restoration and to make a statistical approximation of the social impact of HBs on their surroundings and determine the way they are perceived firstly by the public, then by the authorities and finally by potential investment companies in order to assess their economic potential in the area. Similarly, one upshot of working group 2 has been an ontology which, through constant feedback from all the stakeholders involved in HB management, can create an artificial intelligence to help with research and to facilitate the work of art historians, archaeologists, conservators, etc.

The results can also be evaluated from the research angle, where the engagement and active organisation of the different group members at various scientific congresses is of note, as well as the publication of numerous papers on the subject. The most significant aspect in this regard, however, is undoubtedly the publication of the white paper setting out the most significant conclusions reached over the course of this COST Action.

From the point of view of dissemination, the creation of a web page and active participation in social networks have contributed to the internationalisation of the results. As of them, the various activities of the Action and all the new developments arising in other different forums, but inter-related with the basic objectives of the Action, have been publicized.

Conclusions

Throughout these pages, we have been analysing how to achieve interoperability, understood as the efficient exchange of information between the various sectors involved in the field of conservation and enhancement of cultural heritage to produce optimised results, is necessary to really achieve intelligent management of heritage. To this end, it is necessary to create a common action framework that will serve as a reference to the different parties involved. It is also essential to train specialists in intelligent heritage management, a figure who has a joint vision across all the problems and needs and who can assess how to proceed at all times to achieve the desired results. Many points remain to be resolved, but this Action is intended to be the foundation stone for building a sustainable management system for Europe's vast cultural heritage.

Acknowledgements

This publication is based on work from Cost Action TD1406 – i2MHB, supported by Cost (European Cooperation in Science and Technology), available at: www.cost.eu

It was carried out as part of project IB16162, funded by the Extremadura Regional Government and the European Regional Development Fund "Una manera de hacer Europa".

Bibliografía / Bibliography

- AA.VV. (2016): *Definition of the Europeana Data Model v5.2.7*. Netherlands.
- Cudre-Maroux, P. *et al.* (eds.) (2012): *The Semantic Web – ISWC 2012*. Berlin: Springer.
- Cultural Heritage Experiences through Socio-personal interactions and Storytelling (CHES) Consortium: «CHES Cultural Heritage Experiences». Disponible en: <www.chesexperience.eu/>.
- Efficient Energy for EU Cultural Heritage (3ENCULT): «Background». Disponible en: <<http://www.3encult.eu/>>.
- Energy Efficiency for EU Historic Districts' Sustainability (EFFESUS): «About EFFESUS». Disponible en: <<http://www.fffesus.eu>>.
- Fernández *et al.* (2013): «A Cultural Heritage Application Schema: Achieving Interoperability of Cultural Heritage Data in INSPIRE», *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, vol. 8, pp. 74-97.
- Guetti Suca, E., y Corrêa da Silva, F. (2014): «Sharing Cultural Heritage Information using Linked Open Data at a Museum of Contemporary Art», *Access and Understanding - Networking in the Digital Era*. Dresde: CIDOC2014. Disponible en: <<http://network.icom.museum/cidoc/archives/past-conferences/2014-dresden/>>.
- Hyvönen, E. (2012): *Publishing and Using Cultural Heritage Linked Data on the Semantic Web*. London: Morgan & Claypool Publishers.
- Park, H., y Smiraglia, R. P. (2014): «Enhancing Data Curation of Cultural Heritage for Information Sharing: A Case Study Using Open Government Data», *Metadata and Semantics Research. MTSR 2014. Communications in Computer and Information Science*, vol. 478, pp. 95-106.
- Personalised Access to Cultural Heritage Spaces (PATHS): «PATHS and Europeana». Disponible en: <<https://pro.europeana.eu/project/paths>>.
- Smart Heritage City (SHCity): «Cuestionario y últimas noticias». Disponible en: <<http://www.shcity.eu>>.