

# Marco metodológico para la conservación preventiva de murallas históricas emplazadas en contextos urbanos. Normalización de datos espaciales relativos a la muralla medieval de Sevilla (España): el caso del sector de la Macarena<sup>[1]</sup>

Jacinto Canivell, Emilio J. Mascort-Albea, Elena Cabrera-Revuelta, Rocío Romero-Hernández, Antonio Jaramillo-Morilla, Álvaro Serrano-Chacón

**Resumen:** La gestión de inmuebles históricos encuentra problemáticas específicas en el caso del patrimonio fortificado que se localiza en contextos urbanos: demoliciones, afecciones arqueológicas, deterioro, etc. Dichas cuestiones se ejemplifican en el caso de la muralla medieval de Sevilla, construida prevalentemente en tierra mediante la técnica del tapial. Estas entidades, de gran extensión y elevada complejidad, resultan idóneas para el empleo de sistemas de información geográfica (SIG). La gestión cartográfica digital (GCD) aboga por el uso de modelos simplificados que permiten alcanzar la definición de la escala arquitectónica, facilitando el posterior uso de herramientas tridimensionales. La transversalidad que exige la construcción de una base de datos destinada a la conservación preventiva, y su componente multiescalar, requieren de un importante proceso de normalización que debe abarcar sus componentes terminológica, temática y espacial. El presente artículo comparte los resultados alcanzados en esta fase del proceso, atendiendo a la caracterización básica de aquellos elementos identificados en el sector de la Macarena.

**Palabras clave:** gestión cartográfica digital (GCD), sistemas de información geográfica (SIG), arquitectura militar histórica, tapia

## A methodological framework for the preventive conservation of historic walls located in urban contexts. Spatial data standards for the medieval wall of Seville (Spain): the case of the Macarena sector

**Abstract:** Historic buildings management involves specific problems in the case of fortified heritage located in urban contexts: demolitions, archaeological affections, deterioration, etc. These issues are exemplified in the case of the medieval wall of Seville, built mainly on earth using the rammed earth technique. These extensive and highly complex entities are ideal for the use of geographic information systems. Digital cartographic management (DCM) advocates the use of two-dimensional models that allow the definition of the architectural scale to be reached, facilitating the subsequent use of three-dimensional tools. The transversality demanded by a database for preventive conservation, and its multi-scale component, require an important standardisation process that must include its terminological, thematic and spatial components. This article shares the results achieved in this phase of the process, considering the basic characterization of those elements identified in the Macarena sector.

**Keyword:** digital cartographic management (DCM), geographic information systems (GIS), Historic military architecture, rammed earth

## Enquadramento metodológico para a conservação preventiva de paredes históricas localizadas em contextos urbanos. Normalização de dados espaciais relacionados com a muralha medieval de Sevilha (Espanha): o caso do setor da Macarena

**Resumo:** A gestão de edifícios históricos encontra problemas específicos no caso de património fortificado localizado em contextos urbanos: demolições, condições arqueológicas, deterioração, etc. Essas questões são exemplificadas no caso da muralha medieval de Sevilha, construída predominantemente em terra com a técnica de taipa. Essas entidades, de grande extensão e elevada complexidade, são ideais para o uso de sistemas de informações geográficas (SIG). A gestão cartográfica digital (GCD) preconiza a utilização de modelos

simplificados que permitem alcançar a definição da escala arquitetónica, facilitando o uso posterior de ferramentas tridimensionais. A transversalidade que exige a construção de uma base de dados de conservação preventiva, e a sua componente multiescala, requerem um importante processo de normalização que deve abranger as suas componentes terminológica, temática e espacial. Este artigo compartilha os resultados alcançados nesta fase do processo, atendendo à caracterização básica dos elementos identificados no setor da Macarena.

**Palavras-chave:** gestão cartográfica digital (GCD), sistemas de informação geográfica (SIG), arquitetura militar histórica, muro

## Introducción

Las recurrentes noticias relacionadas con daños detectados en murallas urbanas ponen de manifiesto la fragilidad generalizada de los sistemas defensivos de origen histórico, vulnerabilidad que parece acentuarse en relación a problemáticas vinculadas a la cuestión paisajística. Esta problemática, a menudo atribuida a circunstancias ambientales y a fenómenos antrópicos, sin embargo, revela causas de una mayor complejidad y requiere con urgencia que se asignen más recursos a la conservación del patrimonio histórico.

En este contexto, los problemas relacionados con las murallas urbanas son perfectamente extrapolables a un extenso catálogo de inmuebles patrimoniales, que imponen la necesidad de activar políticas de mantenimiento programado efectivas y sostenibles. En el centro del debate se debe exponer la persistente ausencia de una cultura de planificación en las medidas de protección del patrimonio histórico y arquitectónico. De este modo, se detecta la necesidad de líneas metodológicas que aborden el problema en clave interdisciplinaria, a través del conocimiento y difusión de los bienes, el estudio de los factores de riesgo, el diagnóstico, las herramientas técnicas de conservación y un mantenimiento programado (Sivo y Ladiana 2019).

A la espera de que esta práctica se consolide efectivamente en las políticas de gobernanza patrimonial, incluso con la asignación de fondos suficientes, es necesario actuar en la formación de técnicos especializados en tareas de gestión. Así pues, queda de manifiesto la importancia que adquiere el desarrollo de métodos de mantenimiento planificado, una estrategia esencial para prevenir acontecimientos catastróficos y garantizar la conservación del patrimonio material. Las experiencias realizadas a nivel internacional están conduciendo hacia a una difusión progresiva de la cultura de mantenimiento, tanto en el ente público como en el usuario privado, y a la elaboración de una legislación destinada a apoyar con subvenciones el cuidado continuo de los monumentos.

Ejemplos recientes, como los relativos al proyecto europeo *Heritage Care*, financiado por el programa *Interreg-SUDOE*, ponen de manifiesto la necesidad de nuevos protocolos que aprovechen las posibilidades otorgadas por las actuales tecnologías digitales para un mejor conocimiento del patrimonio edificado (Masciotta *et al.* 2019; Oliveira y Masciotta 2019; Ramos *et al.* 2018). Sin embargo, el grado

de detalle que proporcionan las herramientas digitales y que exigen los modelos tridimensionales generados a través de sofisticados procesos de captación y procesado de la información, también implican un elevado nivel de dedicación en cuanto a recursos humanos, materiales y económicos. En este sentido, destacamos las aportaciones del proyecto *H2020-Inception* (Piaia *et al.* 2020) por el que se propone una herramienta de evaluación de bienes patrimoniales basado en el uso del modelado de información de la construcción (*Building Information Modeling*, BIM) y que posibilita una gestión eficiente en las inspecciones técnicas y de la conservación preventiva. Con otra perspectiva más enfocada en el patrimonio defensivo, García-Pulido *et al.* (2017) plantean un análisis sistemático de fortificaciones nazaríes basado en elaboración de un inventario cartográfico y digital, así como en el análisis de las características históricas y arquitectónicas de la red de fortificaciones estudiada. Más centrado en la dimensión del análisis del riesgo, como elemento fundamental en la conservación preventiva, Moreno *et al.* (2019) proponen un modelo metodológico para evaluar la vulnerabilidad de los sistemas defensivos en centros históricos, empleando sistemas de información geográfica (SIG), aunque con un nivel de detalle que no alcanza la escala arquitectónica.

Por dichos motivos, se consideran necesarias estrategias simplificadas que permitan alcanzar resultados válidos de forma más ágil en el marco de proyectos ambiciosos, que afronten estudios tipológicos con numerosas muestras (Mascort-Albea 2018; Mascort-Albea y Meynier-Philip 2017) o en casos de estudio extremadamente complejos y/o extensos (Mascort-Albea *et al.* 2016). De este modo, el uso de modelos preliminares que permitan una caracterización eficiente y completa de los bienes patrimoniales de carácter material resulta cada vez más reclamada por los gestores institucionales.

El presente artículo propone el uso de la gestión cartográfica digital (GCD), concebida como un conjunto de procedimientos destinados a elaborar modelos bidimensionales a través del uso de SIG, con el propósito de generar datos espaciales que puedan ser empleados para la conservación preventiva patrimonial, entendida desde su acepción más amplia y transversal. Asimismo, este tipo de modelos bidimensionales empleados a un nivel de detalle arquitectónico (e incluso constructivo) no solamente pueden ser concebidos como un producto final cartográfico publicable como dato abierto (Mascort-Albea 2017), sino también como estadio intermedio para el



posterior desarrollo de modelos tridimensionales (Hidalgo-Sánchez 2018), a través de plataformas geoespaciales de carácter tridimensional o el uso del BIM.

Así pues, la GCD se posiciona como un protocolo validado para el estudio multidisciplinar de inmuebles históricos con diferentes escalas y grados de complejidad, que actualmente afronta su verificación para el caso de elementos fortificados insertos en contextos urbanos. De este modo, la aplicación de la GCD al estudio de las murallas urbanas permitiría dar una respuesta sistemática a un tipo de realidad especialmente relevante por su gran extensión y su influencia en la concepción de las urbes actuales, que suelen estar especialmente dotadas de plataformas de gestión geo-espacial.

En base a los anteriores planteamientos, se presenta una propuesta de investigación interdisciplinar que aspira a contribuir en el desarrollo de un ambicioso proyecto de gestión patrimonial impulsado por la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla. En el marco del mismo, se persigue el diseño de un plan de conservación preventiva de carácter integral para los sectores conservados de la muralla medieval de Sevilla (Canivell *et al.* 2019). Así pues, el objetivo principal del presente artículo radica en el diseño de una propuesta de normalización (terminológica, temática y espacial) para el desarrollo de una base de datos planteada en el caso de estudio correspondiente al sector de la Macarena. La actual situación de vulnerabilidad física que presenta el monumento ha provocado que éste se encuentre en fase de diagnóstico, de cara a un futuro proyecto de intervención.

### Caso de estudio. La muralla medieval de Sevilla

La presente investigación se ha centrado en la aplicación de un procedimiento metodológico para caracterizar fortificaciones históricas mediante el empleo de bases de datos espaciales. Para ello se ha seleccionado un ejemplo relevante dentro del panorama patrimonial de la ciudad de Sevilla: su muralla medieval. Dentro de este planteamiento, se ha concretado como caso de estudio específico el sector de la Macarena, que comprende el tramo emergente en el extremo norte del centro histórico entre las puertas de la Macarena y de Córdoba, con aproximadamente 600 metros lineales de lienzos y torres.

De datación exacta muy discutida (Jiménez Maqueda y Pérez Quesada 2012), el recinto amurallado en la Macarena proviene de un periodo musulmán tardío en la capital sevillana (siglos XI-XII), al que contribuyeron gobernantes almorávides y almohades. Por tanto, el objeto arquitectónico actualmente preservado es el resultado de multitud de intervenciones, donde conviven diversas soluciones constructivas cuyo desarrollo alcanza el periodo actual.

El material básico de construcción de este recinto es un hormigón ciclópeo compactado de tierra y cal que se

denomina tapia, originalmente conocido como *tabiya* por las fuentes árabes. Este tipo de fábrica ha sido ampliamente documentado tanto en el ámbito residencial como en el defensivo dentro del periodo medieval, abarcando un amplio territorio en la Península Ibérica, aunque más concentrado en el tercio Sur (Canivell y Graciani García 2015), así como en el Levante (Castilla Pascual, Serrano Canto, y Sanz Martínez 2012). Constructivamente, las fábricas encofradas empleadas en elementos defensivos se distinguen por su gran masividad, presentando normalmente espesores de 1,50 a 2,00 metros e incluso mayores, lo que implicaba una evolución de la técnica constructiva tradicional de la tapia mediante el uso de elementos auxiliares específicos. De este modo, el proceso de ejecución basado en la elaboración de hilos consecutivos de tapia por medio de la reutilización de los encofrados, muchas veces mediante cajones corridos y juntas inclinadas, permitía erigir potentes estructuras con medios asequibles, aunque con una labor intensiva y especializada.

La fisonomía del sector de la Macarena está compuesta en la actualidad por un lienzo principal conservado hasta la cota del almenado; ocho torres, de las que cinco presentan una o dos cámaras sobre el nivel de paso de ronda; dos puertas, siendo una original (Puerta de Córdoba) y otra un añadido posterior (Puerta de la Macarena); dos portillos practicados en el siglo XIX y una barbacana. Todo el conjunto se encuentra ejecutado como tapia monolítica, en la que solamente aparece el empleo del ladrillo a modo de verdugadas en algunos tramos de los lienzos y torres [Figura 1].



**Figura 1.-** Vistas de la Muralla de la Macarena desde las zonas interior (izquierda) y exterior (derecha) del recinto fortificado. Elaboración propia.

*—Estado actual de conservación*

La heterogénea composición actual del monumento es el resultado de los derribos controlados que fueron llevados a cabo durante la segunda mitad del siglo XIX. De hecho, la mayor parte de las lesiones originadas en el bien han sido causadas por deficiencias en las intervenciones sobre el entorno o en el propio monumento. Pese a que la técnica constructiva con la que se ejecutó la fortificación es la del tapial, a través del uso de cajones de tierra compactada, las diferentes intervenciones efectuadas sobre la misma a lo largo de siglos ofrecen actualmente un conjunto de añadidos, remotes, reposiciones y restauraciones que, siendo mayoritariamente ejecutadas en tierra, presentan diferentes variantes en su composición, funcionando algunas mejor que otras. Entre todos los materiales analizados existen rasgos mineralógicos comunes, entre los que se destaca la presencia de áridos silíceos mayormente, tanto en las fábricas originales como en las reparaciones, así como el uso de una estabilización química, por medio de cal en las fábricas originales. Por estas razones, la resistencia mecánica suele ser elevada, en comparación con otras tapias militares, por lo que a veces se asimilan a hormigones ciclópeos de cal. En las distribuciones granulométricas, destacan las elevadas proporciones de áridos gruesos y especialmente una descompensación de los materiales de restitución.

En referencia a las lesiones más usuales que se encuentran en el tramo estudiado de la muralla, un gran porcentaje se encuadran en erosiones, pérdidas de cohesión, arenización, suciedades, costras y vegetación invasora, cuestiones subsanables mediante la conservación preventiva y el mantenimiento. En ningún caso se han detectado lesiones graves que pongan en riesgo la estabilidad estructural de los lienzos y torres.

Adicionalmente, pueden destacarse los efectos de las humedades de capilaridad en ambas caras del lienzo de muralla, donde el agua asciende por encima de las zonas restituidas a una cara, debilitando la fábrica original y propiciando su descohesión y arenización. Las causas probables residen en una combinación de factores fundamentada en una deficiente recogida de agua en la base de los muros y en las características físicas de los materiales que conforman la base de los muros. En este sentido, la probable utilización de cemento portland en las restituciones y las diferencias en la porosidad abierta de los materiales originales y restituidos, unidas a una posible interfase entre ambos materiales, puede estar impidiendo que el agua de capilaridad transpire adecuadamente por los frentes restituidos, interfiriendo así en mayor grado en las tapias originales.

Una de las consecuencias de las humedades de ascensión de capilaridad es el debilitamiento de la masa ocasionado por el transporte y la cristalización de sales, fundamentalmente sulfatos, provocando la descohesión y arenización antes comentada. Asimismo, cuando las capas

superficiales han sido atacadas por la cristalización de sales, la masa resultante puede verse alterada por la presencia de agua. Por otro lado, es conocido que ciertos incrementos excesivos de humedad, debido a filtraciones o capilaridad, pueden reducir sensiblemente la cohesión de los materiales compactados, haciéndolos más susceptibles a la meteorización y erosión. Todo esto conduce actualmente a un círculo muy pernicioso de lesiones encadenadas, para lo que es necesario implementar algunas medidas correctoras y otras preventivas y de mantenimiento que eviten o limiten la acción del agua en estas fábricas.

A estos hechos físicos se le une la problemática social y marginal que en este sector de la ciudad ha existido, y que aún persiste, contribuyendo al deterioro y al abandono del bien estudiado. La función actual de la muralla como monumento y su condición de Bien de Interés Cultural (BIC) se ven comprometidos debido a una progresiva degradación material y simbólica. La recuperación y adquisición de nuevos roles para este sector de la cerca urbana es crucial para la estructuración de esta zona de la ciudad, constituyendo un reto que requiere de una gestión eficiente y sencilla.

Por ello, la presente propuesta metodológica pretende contribuir en este último aspecto por medio de una herramienta que permita la gestión del mantenimiento del tramo de la muralla de la Macarena, a través de un sistema de información espacial adaptado a su realidad física. Los resultados que aporte este estudio, de ámbito muy localizado, pueden hacerse extensibles a todo el recinto amurallado de Sevilla, e incluso a otros ejemplos relevantes del patrimonio andaluz como las cercas de Granada, Córdoba, Badajoz, Cáceres, Murcia, entre muchas otras.

**Aplicación del protocolo GDC al caso de estudio**

La base de datos propuesta posee una estructura de campos de información constante, pero adaptable al nivel de detalle de las unidades representadas. De este modo, la estructura empleada para organizar la información debe fundamentarse en un proceso de normalización que abarque sus componentes terminológica, temática y espacial.

Antes de proceder a la explicación de las distintas categorías de normalización, es necesario indicar que la estructura organizativa planteada persigue una armonización con los criterios que se están actualmente planteando en el marco de otros proyectos municipales destinados a la gestión del patrimonio histórico municipal de Sevilla, que, a través del diseño de un futuro plan director, contemplan la inclusión de la muralla medieval de la ciudad dentro del conjunto total de casos de estudio. De este modo, una correcta confluencia terminológica, temática y espacial facilitará la integración de la base de datos planteada en sistemas de información de mayor alcance.

— Normalización terminológica

En primer lugar, es necesario establecer y definir los términos que van a ser empleados en la cumplimentación de los distintos campos de atributos que conformen la futura base de datos. Aunque las categorías de dichos términos abarcan numerosas temáticas, tal y como se expondrá posteriormente, la presente contribución se centra únicamente en la definición tipológica de las entidades arquitectónicas que constituyen la cerca urbana.

El glosario básico de términos se define por medio de un tesoro especializado, que ha sido elaborado a partir del publicado por la Junta de Andalucía (1998), siendo completado en lo referente a la poliorcética medieval con algunos textos de Mora Figueroa (1994) y Graciani (2009), y respecto las técnicas constructivas por las aportaciones de la tratadística (Bails 1983, Ger y Lóbez 2001, Marcos y Bausá 1880, San Nicolás 1989, Villanueva 1866). Los términos relacionados definen los elementos arquitectónicos, constructivos y espaciales de una fortificación medieval, y específicamente adaptada al caso de las cercas islámicas de los siglos XII al XIV levantadas fundamentalmente mediante fábricas de tapia. En la [Figura 2] se ejemplifica el glosario básico empleado.

Obsérvese cómo en la figura anterior [Figura 2] solo ciertos elementos (*muralla, barbacana, liza y torre*) reciben códigos vinculados que corresponden a la normalización espacial. Asimismo, los términos que serán empleados

para identificar los elementos del objeto arquitectónico son los establecidos en la primera columna, aunque se conozcan formas semánticas alternativas, recogidas en la tercera columna de la citada tabla.

— Normalización temática

Todos los atributos asignados al caso de estudio se organizan y gestionan mediante una base de datos que contiene la totalidad de los niveles de detalle requeridos, tal y como se expone en la sección de *normalización espacial y codificación*. Cada elemento que compone la muralla, definido según la normalización terminológica, se identifica unívocamente mediante un código al que se asocian conjuntos de atributos según grupos temáticos que tratan de aportar una perspectiva completa y multidisciplinar del bien. Para la definición de las categorías y de sus contenidos se han empleado los fundamentos básicos de la GCD. Asimismo, resulta necesario precisar que el orden propuesto para los futuros campos de atributos se heredará de forma equivalente en cada nivel de detalle correspondiente a la organización espacial. A través de esta decisión se persigue una gestión de datos optimizada y simplificada, que evite la existencia de campos de atributos que vayan apareciendo y desapareciendo con los distintos cambios de nivel de detalle que experimentan las entidades gráficas incluidas en el sistema de información.

A continuación se presenta la estructura que conformará el esquema fundamental de la base de datos. Debido

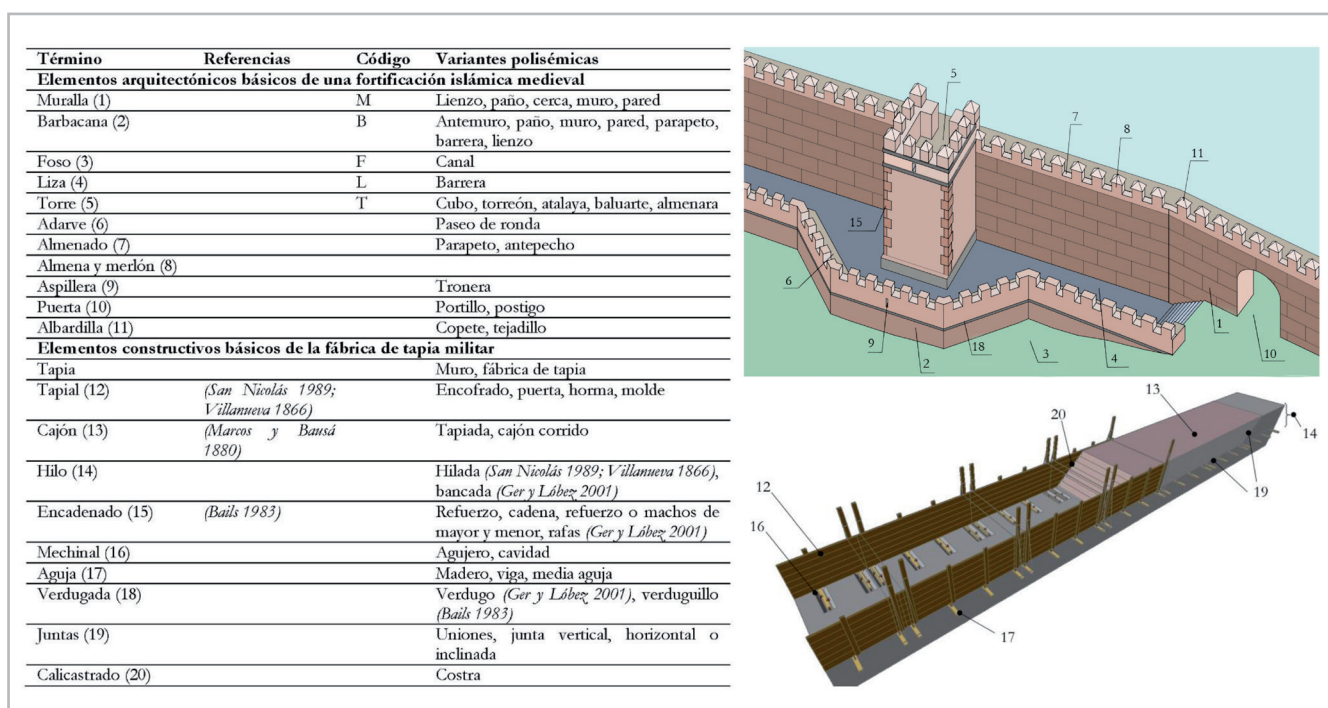


Figura 2.- Normalización terminológica de los elementos arquitectónicos y constructivos básicos de una fortificación islámica.

a la elevada cantidad de campos de atributos y a la compleja labor que implica su definición, el detalle pormenorizado de todos los campos y sus atributos queda fuera del ámbito de esta publicación. Todos los

contenidos planteados se organizarán en cuatro grandes categorías de *información: identificación, documentación, diagnóstico e intervención*, que se desglosan en base a los bloques y secciones establecidos en la [Tabla 1].

**Tabla 1.-** Normalización temática de la información vinculada a la base de datos espacial.

Categorías	Bloques	Secciones	Contenidos	
Identificación	Caracterización	Metadatos	<i>Fecha de creación, autoría, técnicos e instituciones participantes y sistemas de proyección geográfica</i>	
		Información Básica	<i>Codificación, identificación, ubicación y datos de contacto</i>	
		Descripción	<i>Elemento, condiciones de contexto e imágenes representativas</i>	
		Tipología	<i>Características arquitectónicas, usos y actividades</i>	
		Contextualización		
		Normativa	<i>Figuras jurídicas, vigencia, declaraciones y afecciones relacionadas con la propiedad.</i>	
		Física	<i>Preexistencias, accesibilidad e instalaciones</i>	
	Documentación	Referencias	Bibliográficas	<i>Libros, artículos, aportaciones en congresos y trabajos académicos</i>
			Documentales	<i>Proyectos e informes técnicos</i>
			Cartográficas	<i>Mapas y datos espaciales</i>
Iconográficas			<i>Pinturas, esculturas, grabados y obra gráfica</i>	
Patrimonial		Historiográfica	<i>Valoración histórica y artística.</i>	
		Arqueológica	<i>Cautelas y actuaciones</i>	
Bienes muebles		Catalogación	<i>Localización, dimensiones, técnicas y datación</i>	
		Difusión	<i>Valoración patrimonial, propuestas museográficas</i>	
Diagnóstico		Conservación	Estado material	<i>Definición constructiva y estructural, clasificación de daños y evaluación de actuaciones de restauración</i>
			Seguimiento activo	<i>Monitorización ambiental y control de parámetros</i>
	Riesgos	Vulnerabilidad física	<i>Lesiones y problemas estructurales</i>	
		Amenazas ambientales y antrópicas	<i>Terremotos, inundaciones, contaminación, etc.</i>	
	Mantenimiento	Actuaciones periódicas	<i>Medios a emplear y costes estimados</i>	
	Intervención	Gestión	Alquiler y cesión	<i>Concesiones, titularidades, ejemplos de buenas prácticas y beneficios estimados</i>
		Propuestas	Proyectos	<i>Convocatorias de financiación competitivas y proyectos arquitectónicos</i>
			Redes	<i>Internacionales, nacionales y locales</i>



#### • Campos de identificación

Los campos que serán incorporados en la *categoría de identificación* se encuentran destinados a describir, situar y contextualizar la totalidad de los elementos incorporados en el sistema de información, independientemente del nivel de detalle asumido en su representación. Se plantea, por tanto, una organización en dos grandes bloques, destinados a la caracterización de los bienes, y a la definición de su marco jurídico.

Los contenidos asociados al *bloque de caracterización* definen cuestiones relativas a las propiedades de las capas geográficas generadas, a través de una *sección de metadatos* simplificados que facilita la verificación de la calidad de la información. Esta aproximación general se complementa con secciones destinadas a proporcionar *la información básica del elemento* para su correcta identificación y a establecer una descripción completa del mismo, a través de parámetros geométricos básicos (dimensiones, superficies, orientación, etc.), textos descriptivos e imágenes representativas. Adicionalmente, se proporciona una *sección tipológica* que permite introducir las características arquitectónicas fundamentales del elemento, así como aquellos aspectos relacionados con sus usos y actividades actuales.

Complementariamente, un *bloque de contextualización* proporciona la descripción de aquellas circunstancias que puedan influir decisivamente en determinadas consideraciones sobre el bien, desde diferentes aproximaciones de carácter material e inmaterial. De este modo, la *sección normativa* plantea la existencia de aquellos condicionantes y afecciones que puedan establecerse desde una perspectiva administrativa, patrimonial y urbanística. Finalmente, la *sección de contextualización física* hace referencia a contenidos que contemplen la existencia y posible influencia de sistemas e instalaciones urbanas, obstáculos visuales o problemas de accesibilidad en el entorno próximo del bien.

#### • Campos de documentación

En la *categoría de documentación* se recogen aquellos datos relativos al origen y evolución del bien en su conjunto, o de sus elementos constituyentes. En este sentido, se considera necesaria la existencia de un *bloque de referencias*, destinado a establecer un estudio sobre las distintas fuentes *bibliográficas, documentales, cartográficas e iconográficas*, que por su carácter primario o secundario, puedan aportar información relevante.

Adicionalmente, el *bloque patrimonial* debe proporcionar aquellos aspectos que permitan realizar valoraciones exhaustivas sobre cada uno de los elementos incorporados en la base de datos. Todo ello a través de *secciones* de carácter *historiográfico y arqueológico* que aporten información relativa a las transformaciones históricas y formales que hayan podido producirse en el transcurso de los siglos.

De un modo complementario, la existencia de un *bloque* destinado a la identificación de posibles *bienes muebles* que, por su relevancia o representatividad, merezcan la consideración de ser conservados e incluidos en secciones destinadas a su *catalogación y difusión*.

#### • Campos de diagnóstico

El objeto de la *categoría de diagnóstico* es organizar un conocimiento técnico multidisciplinar que sirva de base para la toma de decisiones, útil para activar procesos destinados a frenar el avance de la degradación y prevenir los riesgos inherentes a todas las relaciones que conectan los artefactos con su contexto. En primer lugar, se define el *bloque de conservación* por medio una *sección* relacionada con la definición del *estado material* de los elementos. De este modo se proponen contenidos relacionados con los aspectos constructivos, según estructura propuesta por Canivell (2012) para las fábricas de tapia, ya que en este caso de estudio resulta el factor predominante. Los parámetros constructivos a su vez se clasifican en métricos o materiales según hagan referencia a las dimensiones del muro y de sus constituyentes básicos (cajones, juntas, mechinales, etc.) o bien a la caracterización de los materiales empleados (granulometría, tipo de árido, presencia de estabilizantes, etc.). Asimismo, se contempla la clasificación y evaluación de las lesiones registradas en cuanto a daños estructurales, materiales o superficiales, atendiendo a sus grados de extensión y desarrollo, con lo que es posible plantear medidas correctoras. Adicionalmente se incorpora una *sección de seguimiento* con datos de monitorización ambiental, atendiendo a diferentes criterios: (i) duración de la medición (corto plazo o largo plazo); (ii) el tipo de fenómeno que se pretende estudiar (local o global); y (iii) el modo en el que se toman las medidas (estáticas o dinámicas).

Con el fin de establecer una conservación preventiva más eficaz, se establece el *bloque de riesgos*, definidos por Canivell (2012) y basados en la cuantificación de la vulnerabilidad y de la exposición de los elementos. Se consigue así definir una jerarquización por niveles ante distintos fenómenos como la estabilidad estructural, alteraciones materiales por presencia de humedad u otros agentes externos.

Finalmente, se propone un tercer bloque encaminado a establecer estrategias de *mantenimiento* de edificios en uso, que se basen en las observaciones anteriores y en los recursos humanos y materiales disponibles, para contribuir así a la optimización de la vida útil de los mismos.

#### • Campos de intervención

En último lugar, la *categoría de intervención* asume las propuestas que se encuentran planificadas de cara a futuras reutilizaciones totales o parciales del bien, así como a su

inclusión en redes patrimoniales o proyectos estratégicos de carácter global.

De este modo, se establece un *bloque gestión* que debe relacionarse con contenidos vinculados a los beneficios materiales e inmateriales que debe reportar una gobernanza y utilización apropiada del bien. Asimismo, se entiende que dichas actuaciones pueden ser complementadas con un segundo *bloque de propuestas*, que no deben limitarse al desarrollo de *proyectos* de carácter arquitectónico, sino que también deben contemplar la participación en *redes cooperativas* que permitan generar dinámicas de carácter cooperativo a diferentes escalas territoriales.

#### —Normalización espacial y codificación

La organización espacial del modelo se define mediante un conjunto de unidades básicas de información que, encontrándose geográficamente referenciadas, presentan una configuración geométrica adaptable al nivel de detalle requerido. La aplicación de estos niveles aporta una clara flexibilidad en la definición de los elementos de la muralla, desde la escala urbana hasta el detalle arquitectónico.

Cada nivel de detalle se compone de unidades lógicas de análisis (ULA), que corresponden a niveles de precisión graduales. Se establecen, en este caso, cuatro niveles de detalle -ULA-0 a ULA-3-, siendo el tercero el más detallado y con el mayor número de entidades registradas. Para cualquier nivel de detalle considerado, los elementos definidos en la normalización terminológica como muralla, barbacana, liza y torre se descomponen según la cara extramuros (-e), la intramuros (-i) y la de coronación (-o), la que además sirve para definir elementos completos.

La normalización espacial se organiza en base a una caracterización arquitectónica y tipológica del elemento (muralla, barbacana, torre o liza) y en el *nivel de detalle* según la ULA considerada. Se considerarán estos dos aspectos de forma ordenada en la codificación para establecer una codificación coherente con la normalización espacial. De esta forma la codificación propuesta comenzaría por la designación del elemento constructivo (M, B, T, L), junto con el sufijo considerado para la definición espacial (-e, -i, -o) y a continuación el código del nivel de detalle [Tabla 2]. Si el valor del código de la descomposición arquitectónica es nulo, la ULA designada está compuesta por todos los elementos arquitectónicos y el uso de su entidad espacial asociada se enfoca a fines divulgativos.

**ULA Nivel 0. Conjunto (SEMÚ).** Se ha establecido una matrícula identificativa para cada objeto arquitectónico, en nuestro caso, para cada fortificación, que se conforma por las siglas del término municipal correspondiente seguido de la tipología arquitectónica a la que pertenece. En este primer nivel se designa espacialmente la totalidad del objeto y no ha sido representado en los mapas temáticos presentados para evitar un posible ruido informativo, ya que el objeto de estudio se centra solo en el tramo del sector de la Macarena-Córdoba.

**ULA Nivel 1. Sectores (SEMÚ\_W).** En este nivel de definición se plantean 14 sectores, atendiendo a la secuencia de las antiguas puertas y a la continuidad algunos tramos emergentes. Esta cuestión permite que las puertas por su envergadura y significación sean incluidas como unidades con identificación propia y determinadas como sectores que sirven de enlace espacial [figura 3]. Los sectores considerados corresponden solo a la cerca que define el perímetro exterior de la ciudad siguiendo la secuencia de las trece puertas. El resto de los recintos de edificaciones palatinas quedan excluidos del presente trabajo.

**ULA Nivel 2. Subsectores (SEMÚ\_W\_x).** Se establecen tramos atendiendo a dos casuísticas principales para poder alcanzar una unidad que permita definir áreas de trabajo más concretas [figura 3]. El primer criterio se centra en elementos que generen discontinuidades en el lienzo (portillos o aperturas) para realizar la subsectorización. En el caso del sector de A (Macarena-Córdoba) se emplean los dos portillos practicados en el siglo XIX. Los tres subsectores generados han sido, de hecho, empleados para definir áreas de intervención, como la del año 2008 (García-Tapial 2006; Pozo 2008). Otro criterio se perfila para sectores donde la muralla no es accesible o pertenece a diferentes propiedades catastrales. En tal caso la subsectorización se realiza a través de las unidades de manzanas urbanas en la que se encuentren integradas y las calles que los definen. Así, por ejemplo, en el sector C (Sol-Osario), se detectan tres manzanas donde los tramos bajo vial serían considerados como los sub sectores de unión.

**ULA Nivel 3. Tramos (SEMÚ\_W\_x\_y).** Se emplea la secuencia de torres y lienzos para definir áreas de trabajo donde sea posible aplicar los criterios de conservación preventiva y mantenimiento. A tal efecto se considera la estructura arquitectónica planteada por Ramírez Reina (2014), en la que se muestra la secuencia de torres en

**Tabla 2.-** Composición del código de identificación según la configuración arquitectónica y el nivel de detalle.

Definición arquitectónica			Niveles de detalle		
Constructiva	Espacial		Unidades Lógicas de Análisis (ULAs)		
Elemento	Cara	Cara	ULA 1	ULA 2	ULA 3
M, B, T, L	-i, -e, -o	_SEMÚ	_A, _A-B, _B...	_1, 1-2, _2...	_1, 1-2, _2...



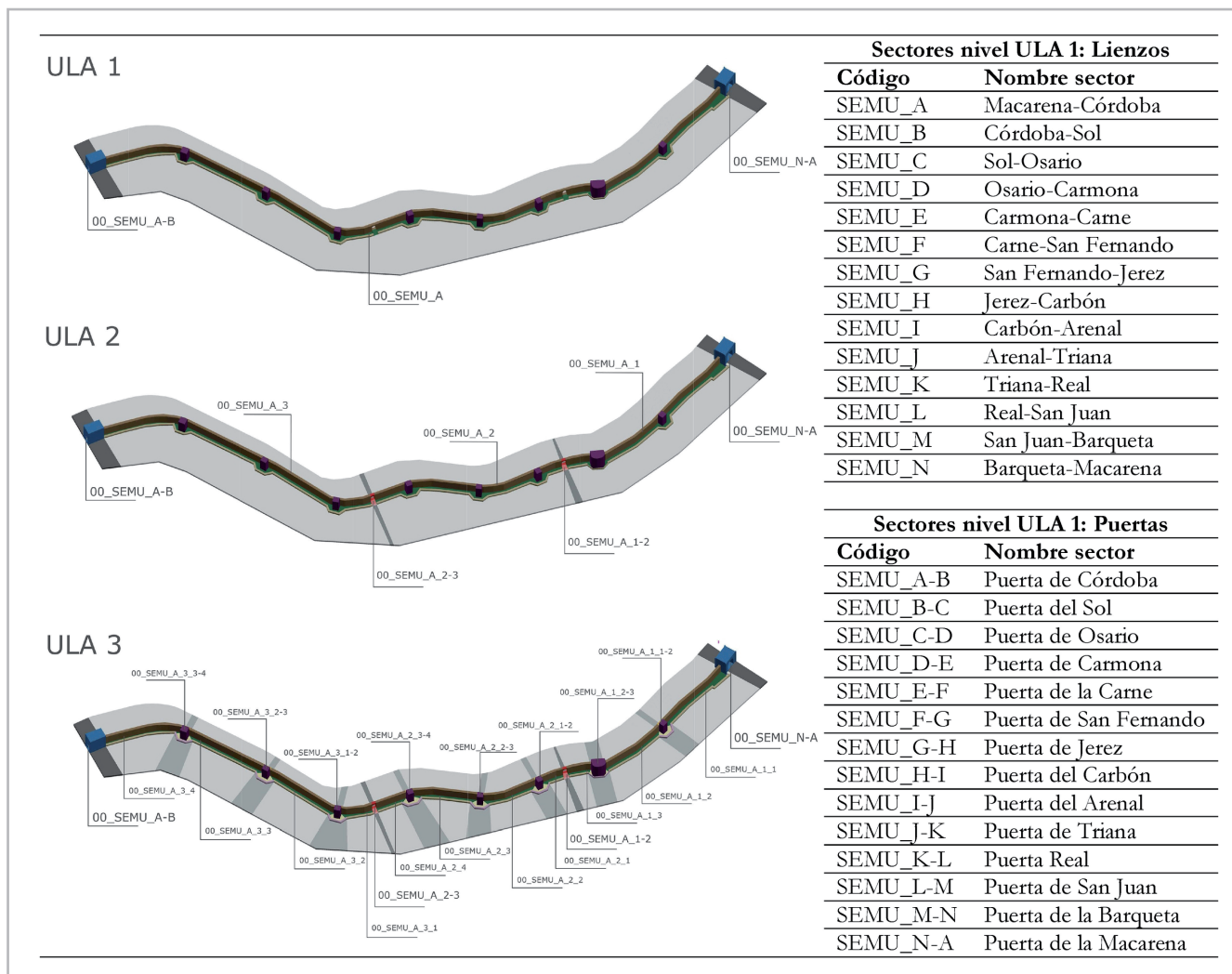


Figura 3.- Subsectores considerados para las ULA de nivel 1, 2 y 3.

tramos emergentes u ocultos bajo la rasante, ya sean constatadas por medio de intervenciones arqueológicas o como hipótesis razonables. Así, sobre los sectores del nivel anterior se consideran las torres como sub sectores de conexión y se identifican con una codificación compuesta [Figura 3]. En caso de existir una barbacana, también se considerará la misma división, quedando los lados

circundantes a la torre incluidos dentro de este tramo de conexión.

Considerando la descomposición arquitectónica y los niveles de detalle expuestos, la codificación y la normalización espacial de un conjunto representativo de elementos de la muralla de Sevilla quedarían como se detalla en la [Tabla 3]:

Tabla 3.- Ejemplos de codificación y normalización de elementos de la Muralla de Sevilla.

	Def. archit.		Niveles de detalle				Descripción
	Constr.	Esp.	Unidades Lógicas de Análisis (ULAs)				
	Elemento	Cara	ULA 0	ULA 1	ULA 2	ULA 3	
Mi_SEMU_B_2	M	-i	_SEM_U	_A	_2	--	Caras interiores de la muralla en el sector Córdoba-Sol, sector 2.
Me_SEMU_A_2-3	B	-e	_SEM_U	_B	_2-3	--	Caras exteriores de la muralla en el sector Macarena-Córdoba, sector de enlace 2-3 (zona portillo).
L_SEMU_A	L	--	_SEM_U	_A	--	--	Todas las lizas del sector Macarena-Córdoba.
Bo_SEMU_A_3_1-2	T	-o	_SEM_U	_A	_3	_1-2	Zona alta de la barbacana en el sector Macarena-Córdoba, sector 3, sub sector de enlace 1-2.

## Conclusiones

Desde una perspectiva general, el presente trabajo ha contribuido a la obtención de consideraciones específicas destinadas al desarrollo de guías y protocolos que atiendan a la gestión de las especificidades de la arquitectura defensiva de origen histórico integrada en entornos urbanos. Ante un planteamiento tan ambicioso, los resultados obtenidos se enmarcan en una reflexión sobre la normalización de la información que debe contener una base de datos espaciales que alcance el detalle arquitectónico en elementos amurallados.

A nivel particular, la estructura de datos propuesta está destinada a contribuir al desarrollo de una herramienta digital que permita el mantenimiento predictivo, la conservación preventiva y la difusión de los principales valores de la muralla medieval de Sevilla. El tramo monumental que se conserva en el sector de la Macarena afronta una futura intervención destinada a su apertura al público, y se encuentra entre aquellos bienes prioritarios contemplados por el Plan Director del Patrimonio Histórico Inmueble Municipal de Sevilla. De este modo, el estudio efectuado, relativo a los campos de información, es susceptible de contribuir en el establecimiento de la estructura de un futuro Sistema de Información del Patrimonio Histórico Municipal (SIPHIM).

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla, especialmente al *Servicio de Conservación Urbana y Renovación de la Edificación, al Servicio de Planeamiento y Desarrollo Urbanístico y a la Infraestructura de Datos Espaciales de Sevilla* (IDE Sevilla).

## Notas

[1] La presente investigación ha sido desarrollada en el marco del "Convenio específico de colaboración entre la Universidad de Sevilla y la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla, para el desarrollo de estrategias encaminadas a la restauración y su posterior conservación preventiva de la muralla medieval de Sevilla".

## Referencias

BAILS, B. (1983). *De La Arquitectura Civil*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia.

CANIVELL, J. (2012). "Characterization methodology to efficiently manage the conservation of historical rammed-earth buildings". En *Rammed Earth Conservation*, eds. C Mileto, F Vegas, y V Cristini. London: Taylor & Francis Group, 283-88.

CANIVELL, J., GRACIANI, A. (2015). "Caracterización constructiva de las fábricas de tapia en las fortificaciones almohades del antiguo Reino de Sevilla". *Arqueología de la Arquitectura* 12(12): e025. <https://doi.org/10.3989/arb.arqt.2015.003>

CANIVELL, J., JARAMILLO-MORILLA, A., MASCORT-ALBEA, E. J., ROMERO-HERNÁNDEZ, R. (2019). "Metodología de evaluación y monitorización del patrimonio basado en la gestión cartográfica digital. La muralla de Sevilla". En *Le mura urbane crollano: conservazione e manutenzione programmata della cinta muraria dei centri storici.*, eds. Michele Di Sivo y Daniela Ladiana. Pisa: Pisa University Press, 119-35. <https://idus.us.es/handle/11441/88061>

CASTILLA PASCUAL, F. J., SERRANO CANTO, J. L., SANZ MARTINEZ, D. (2012). "The rammed earth walls in the watchtowers of the order of Santiago in Albacete province (Spain)". En *Rammed Earth Conservation*, eds. C Mileto, F Vegas, y V Cristini. London: Taylor & Francis, 71-76.

GARCÍA-PULIDO, L. J., RUIZ JARAMILLO, J., ALBA DORADO, M. I. (2017). "Heritage survey and scientific analysis of the watchtowers that defended the last Islamic kingdom in the Iberian Peninsula (thirteenth to fifteenth century)". En *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 26th International CIPA Symposium - Digital Workflows for Heritage Conservation* (Vol. XLII-2/W5, pp. 259-265). <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-259-2017>

GARCÍA-TAPIAL, J. (2006). "Proyecto de rehabilitación de la Muralla de la Macarena (sector puerta de Córdoba) Fase III".

GER Y LÓBEZ, F. (2001). *Tratado de Construcción Civil*. Badajoz: Diputación de Badajoz. Departamento de publicaciones.

GRACIANI, A. (2009). Análisis Crítico de la Terminología Sobre la Técnica del Tapial en la Tradición. En *Aportaciones a la Comprensión de los Estudios Documentales de la Arquitectura Sevillana*. Vol. 2 (pp. 357-368). Sevilla: Estudios de Historia del Arte. Sevilla. Vicerrectorado de Relaciones Institucionales y Dpto. de Historia del Arte (Univ. de Sevilla).

HIDALGO SÁNCHEZ, F. M. (2018). *Interoperabilidad entre SIG y BIM aplicada al patrimonio arquitectónico. Exploración de posibilidades mediante la realización de un modelo digitalizado de la Antigua Iglesia de Santa Lucía y posterior análisis*. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/79394>

JIMÉNEZ MAQUEDA, D., PÉREZ QUESADA, P. (2012). "La muralla huérfana. A vueltas con el último recinto amurallado de Madinat Ibsliya". *Romula* 12: 273-347.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1998). *Tesoro de Patrimonio Histórico Andaluz*. Sevilla: Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. <https://guiadigital.iaph.es/tesoro-patrimonio-historico-andalucia>

MARCOS Y BAUSÁ, R. (1880). *Manual Del Albañil*. Madrid: Dirección y administración.

MASCIOTTA, M. G., MORAIS, M. J., RAMOS, L. F., OLIVEIRA, D. V., SÁNCHEZ-APARICIO, L. J., GONZÁLEZ-AGUILERA, D. (2019). "A Digital-based Integrated Methodology for the Preventive Conservation of Cultural Heritage: The Experience of HeritageCare Project". *International Journal of Architectural Heritage*: 1-20. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1668985>

MASCORT-ALBEA, E. J. (2017). "Datos geográficos abiertos para la conservación preventiva del patrimonio arquitectónico". *Revista PH* (92): 228. <https://doi.org/10.33349/2017.0.3948>

MASCORT-ALBEA, E. J. (2018). *Mapas para el patrimonio: caracterización técnica de las iglesias medievales de Sevilla mediante sistemas de información geográfica (SIG)*. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70745>

MASCORT-ALBEA, E. J., MEYNIER-PHILIP, M. (2017). "Estrategias para la conservación del patrimonio eclesiástico en la metrópolis Lyon/Saint-Étienne (Francia). La estancia breve investigadora como vía de transferencia metodológica". En *IDA 2017. I Congreso Internacional en Investigación Doctoral Avanzada*, Sevilla, España: IUACC. Universidad de Sevilla, 685-95. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/70006>

MASCORT-ALBEA, E. J., RUIZ-JARAMILLO, J., LÓPEZ LARRÍNAGA, F., PEÑA BERNAL, A. (2016). «Sevilla, Patrimonio Mundial: guía cultural interactiva para dispositivos móviles». *Revista PH* (90): 152. <https://doi.org/10.33349/2016.0.3778>

MORA FIGUEROA, L. DE. (1994). *Glosario de arquitectura defensiva medieval*. Cádiz: Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones.

MORENO RUIZ, M. DEL M., ORTIZ CALDERÓN, P., ORTIZ CALDERÓN, R. (2019). «Vulnerability study of earth walls in urban fortifications using cause-effect matrixes and GIS: the case of Seville, Carmona and Estepa defensive fences». *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 19(3), 119–138. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3583063>

OLIVEIRA, D. V., MASCIOTTA, M. G. (2019). «HeritageCare: "Prevenir mejor que curar"». *Revista PH* (96): 16-18.

PIAIA, E., MAIETTI, F., GIULIO, R. DI, DELFT, A. VAN, OLIVADESE, R. (2020). «BIM-based Cultural Heritage Asset Management Tool. Innovative Solution to Orient the Preservation and Valorization of Historic Buildings». *International Journal of Architectural Heritage*. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1734686>

POZO, F. (2008). *Intervención arqueológica puntual en las murallas de la Macarena, sector Puerta de Córdoba*. Memorial final.

RAMÍREZ REINA, O. (2014). «Las murallas de la ciudad». En *Historia y patrimonio del Ayuntamiento de Sevilla* (Vol. 1), eds. Benito Navarrete Prieto y Marcos Fernández Gómez. Sevilla, España, 147-62.

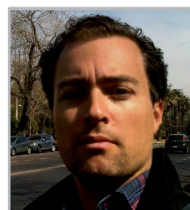
RAMOS, L. F. et al. (2018). «HeritageCARE: Preventive conservation of built cultural heritage in the south-west Europe». En *Innovative Built Heritage Models. CHANGES 2017*, London: Taylor & Francis, 135-42.

SAN NICOLÁS, L. DE. (1989). *Arte y Uso de Arquitectura*. Ed.facs. Vol. 1. Ed.facs. Zaragoza: Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.

SIVO, M., Y LADIANA, D., EDS. (2019). *Le mura urbane crollano: conservazione e manutenzione programmata della cinta muraria dei centri storici*. Pisa: Pisa University Press.

VILLANUEVA, J. DE. (1866). *Arte de Albañilería*. Madrid: Librería de la Viuda é hijos de D. J. Cuesta.

## Autor/es



**Jacinto Canivell García de Paredes**

[jacanivell@us.es](mailto:jacanivell@us.es)

Universidad de Sevilla.

Arquitecto por la Universidad de Sevilla (2001), Máster Oficial en Arquitectura y Patrimonio Histórico, Universidad de Sevilla (2008) y Doctor por la Universidad de Sevilla (2011). Actualmente es docente en el Departamento de Construcciones Arquitectónicas 2 de la Universidad de Sevilla, donde imparte materias relacionadas con las instalaciones en la edificación, construcción bioclimática y simulación energética dinámica. Sus intereses científicos y líneas de investigación, además de las relacionadas con la eficiencia y gestión energética, se centran en el estudio y evaluación del patrimonio, especialmente el construido mediante técnicas de construcción con tierra cruda. Desde 2016, se incorpora al Comité de UNE AEN/CTN 41/SC-10: Edificación con tierra, donde coordina y participa en tareas de normalización de sistemas constructivos que emplean tierra cruda como material de construcción (BTC, tapia y adobe).



**Emilio J. Mascort-Albea**

[emascort@us.es](mailto:emascort@us.es)

Universidad de Sevilla.

Su formación académica ha estado orientada hacia un conocimiento transversal del patrimonio arquitectónico, cursando estudios superiores en la Universidad de Sevilla: Arquitecto (2002-08); Lcdo. H<sup>a</sup> del Arte (2008-12); Master en Gestión y Planificación del Desarrollo Territorial (2012-2013); Doctor en Arquitectura, con -cum laude- y mención internacional (2014-18). Como miembro del grupo investigador TEP-018, en el año 2012 inicia su labor como profesor e investigador en la ETS de Arquitectura de Sevilla, ocupando desde el año 2019 el cargo de Profesor Ayudante Doctor en el área de Ingeniería del Terreno e impartiendo docencia en cursos de grado, máster y doctorado. Desde el año 2018 ejerce como Secretario Técnico del Master Universitario en Ciudad y Arquitectura Sostenible (MCAS). Su trayectoria investigadora contabiliza participaciones en más de veinticinco proyectos y contratos, así como más de treinta y cinco contribuciones científicas, relacionados con el empleo de técnicas no destructivas para el diagnóstico de edificios patrimoniales, el uso de modelos digitales para el análisis histórico de bienes culturales y el desarrollo de aplicaciones digitales.



**Elena Cabrera Revuelta**

ecabrera2@us.es

Universidad de Sevilla.

Arquitecta Técnica (2008), Máster en Gestión Integral y Seguridad en la Edificación (2010) y Doctora (2017) por la Universidad de Sevilla. Profesora Asociada en el Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla. La actividad investigadora desarrollada se centra en el diseño y obtención de un método que asista a los profesionales de la Topografía, la Ingeniería y la Arquitectura en los trabajos de levantamientos de edificios. Las publicaciones de carácter científico publicadas siguen la línea de la investigación descrita anteriormente, así como la relativa al estudio y aplicación de técnicas de fotogrametría y escáner láser a la digitalización del Patrimonio. En los últimos años se ha participado en actividades como:

- Proyectos IDI para labores de toma de datos con escáner láser y fotogrametría para restauración y/o prevención de elementos de gran valor patrimonial, como lo son el Real Alcázar y la Muralla de Sevilla, entre otros.
- Construcción de pabellones de arquitectura efímera a través de técnicas de fabricación digital, pioneros en la US.

**Antonio Jaramillo-Morilla**

jarami@us.es

Universidad de Sevilla.

Doctor Arquitecto, Catedrático del área Ingeniería del Terreno de la Universidad de Sevilla. Profesor en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla desde 1983. Destaca su asistencia técnica en la obra de restauración de la Iglesia del Salvador de Sevilla (España), terminada en 2008 es Premio Nacional de Restauración. Investigación sobre las vibraciones transmitidas por la línea 1 del Metro de Sevilla a los edificios próximos. Asesor de cimentaciones de la Exposición del 92 en Sevilla. Autor con otros arquitectos de más de 2.000 viviendas de protección oficial (sociales) en régimen de cooperativa en diferentes bloques y ciudades. Perito de la compañía de seguros de los Colegios de Arquitectos (ASEMAS), durante 10 años, interviniendo en todos grandes siniestros con origen generalmente en cimentación. Investigador responsable de varios proyectos subvencionados por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) en México y Chile. Colaborador en otros proyectos de Perú, Chile y México. Coautor del mapa geotécnico de Andalucía, proyecto de investigación subvencionado por la Junta de Andalucía, Consejería de Obras Públicas.

**Rocío Romero-Hernández**

rociorome@us.es

Universidad de Sevilla.

Arquitecto por la Universidad de Sevilla desde 1.992. Doctor Arquitecto "Cum laude" en 2004. Desde 1.994 hasta 1.998 trabajó para la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla realizando múltiples proyectos de obras de edificación y urbanización. Desde 1.995 es profesora de la Universidad de Sevilla, actualmente a tiempo completo como Profesor Colaborador. Desde 2.013 colabora como Técnico Especialista en Geotecnia de la Entidad de Control de Calidad de la del Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción de la Universidad de Sevilla. Desde 2.017, ejerce como Secretario del Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno. Como miembro del grupo investigador TEP-018\_Ingeniería del Terreno, sus principales líneas de investigación están relacionadas con el análisis de arquitecturas patrimoniales mediante el uso de SIG y el desarrollo de contenidos para aplicaciones digitales, así como análisis de patologías de edificios, control de daños y utilización de técnicas no destructivas. y de monitorización, como instrumento en la prevención y control de daños.

**Álvaro Serrano-Chacón**

aschacon@us.es

Universidad de Sevilla.

Graduado en Ingeniería Civil (2014) y Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (2016) por la Universidad Politécnica de Valencia. Imparte docencia en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla en asignaturas relacionadas con la geotecnia, así como el diseño y cálculo de cimentaciones. Actualmente está desarrollando el doctorado en la Universidad de Sevilla, centrando su actividad investigadora en la utilización de sensores de bajo coste para la caracterización dinámica de edificios de obra de fábrica, así como su utilización para la monitorización continua de estas construcciones frente a la acción sísmica. También ha participado en diversos estudios de monitorización de estructuras como, por ejemplo, el análisis de la influencia de vibraciones ambientales en el entorno de la Estación de Metro Cavalieri, situada en Mairena del Aljarafe (Sevilla).

Artículo enviado el 21/04/2020

Artículo aceptado el 02/06/2020


<https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.762>