

STRATEGIES FOR A DIGITAL MODEL TO FACILITATE THE KNOWLEDGE AND MANAGEMENT OF THE ARCHAEOLOGICAL SITE OF ITÁLICA: LOG BOOK

ESTRATEGIAS PARA UN MODELO DIGITAL DIRIGIDO AL CONOCIMIENTO Y GESTIÓN DEL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE ITÁLICA. CUADERNO DE BITÁCORA

Francisco Pinto Puerto^a, José María Guerrero Vega^b, Roque Angulo Fornos^a, Manuel Castellano Román^a

^a Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad de Sevilla, España.
fspp@us.es, roqueaf@us.es, manuelcr@us.es

^b Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación, Universidad de Sevilla, España,
jmgv@us.es

Abstract

This paper adopts the form of a log book of experiences, observations, interpretations, ideas and resources obtained as a result of using digital information models to address the needs of the institutions and managers of the Archaeological Site of Itálica (CAI, after the Spanish initials) between 2006 and 2021. The problems related to the knowledge and management of the site vary enormously both in scale and complexity. We discuss them here in chronological order to provide a vision of how digital geometric registration and information models have played an increasingly important role at this type of heritage site. The significance of the case study resides both in the importance of the remains, recognised since the 18th century, and in the difficulty of applying systematic processes to manage the site today.

Keywords: Conservation; Archaeological sites; HBIM; GIS; Databases.

Resumen

Esta aportación se plantea como cuaderno de bitácora de las experiencias, observaciones, lecturas, ideas y recursos resultado de aplicar modelos digitales de información a los requerimientos de las instituciones y gestores responsables del Conjunto Arqueológico de Itálica (CAI) entre los años 2006 y 2021. Reúne problemas de muy diversa escala y complejidad relacionados con el conocimiento y la gestión del yacimiento. Su lectura en orden cronológico ofrece una visión de la forma en que los modelos digitales de registro geométrico y de información han ido asumiendo un papel cada vez más relevante en este tipo de conjunto patrimonial. La trascendencia del caso de estudio se debe tanto a la importancia de los restos reconocidos desde el siglo XVIII, como por la complejidad en la aplicación en el presente de procesos sistemáticos de tutela.

Palabras clave: Conservación; Conjuntos arqueológicos; HBIM; SIG; Bases de datos.

1. INTRODUCTION

The Roman city of Itálica was founded around the year 206 BCE as the first stable Roman settlement in the Iberian Peninsula. It was located on a hill known as Cerro de la Cabeza, near the modern-day city of Seville, where an existing Turdetanian town was gradually Romanised and ultimately acquired municipal status in 45 BCE. During the Hadrianic period, the original settlement, or *Vetus Urbs*, underneath what is now the town of Santiponce, became a colony and evolved by means of the development of a walled grid plan into the *Nova Urbs*. Both parts of the city underwent numerous urban and architectural reforms, gaining important public buildings such as forums, a theatre, baths, an amphitheatre and a circus, as well as a complex water supply structure and a fluvial port in the River Rivera de Huelva, which have reached us in varying states of conservation.

The presence of the ruins of Itálica in the collective imagination of Seville dates back to the 16th century, associated with the literary restoration of antiquity by scholars like Ambrosio de Morales (1577) “(…) *old Seville boasts fine examples of ancient buildings, and fragments of a theatre or amphitheatre, a magnificent work with which the natural Emperors of (...) seemingly wished to embellish their land.*” However, the archaeological interest in the antiquity of these remains and their recognition as parts of an urban settlement had to wait until the 18th century, when Padre Ceballos (1886), prior of the Monastery of San Isidoro del Campo—on whose land the site was located—wrote about them in his work *La Itálica*, published in the late 19th century.

The first excavations were carried out at the same time as the appearance of this publication, leading to the discovery of major sculptures that attracted the attention of numerous scholars and travellers of the day (Fig. 1). This interest translated into further excavations, sometimes in line with the prevailing scientific criteria but sometimes more akin to sheer plundering. The creation of the Board of Excavations and Antiquities at the beginning of the 20th century led to a new series of excavations and in 1912 the site of Itálica was declared a national monument.



Fig. 1. *Ruins of the ancient city of Itálica*. David Roberts, 1835 (Source: Andalusian Institute of Statistics and Cartography).

The largest excavation was completed in the following decade, revealing most the houses in the *Nova Urbs* that we see today. Following these interventions, the ravages of the civil war and post-war period plunged the site into considerable decay. The 1960s and 70s saw a new series of largely random archaeological campaigns focused on the most highly esteemed and striking elements—the mosaics—often decontextualised from their logical relationship with the architecture that contained them. In the 1980s, following an analysis of the situation, the excavations were halted to focus efforts instead on the consolidation, classification and restoration of everything that already been exhumed.

Since then, under the official designation of *Conjunto Arqueológico de Itálica* (CAI) (*Decree 127/1989 of 6 June*), continuous efforts have restored unity to a site that occupies approximately 16 hectares (Fig. 2) through a more homogeneous treatment of all the ruins, their demarcation and legal and physical protection, and the implementation of contemporary conservation and dissemination mechanisms (*Decree 7/2001 of 9 January*). One of the pioneering actions in relation to these mechanisms, encompassing all the archaeological sites in Andalusia, was the creation of MOSAICO, an integrated information system that incorporates into a single tool all the features required to manage cultural assets and their related documents with a view to facilitating the knowledge, protection, dissemination and conservation of these assets (Becerra and Ladrón de Guevara 2005).



Fig. 2. Aerial view of Itálica. 2009 (Source: Archaeological Site of Itálica).

Under the auspices of the regional Network of Andalusian Cultural Spaces, the managers of the CAI started exploring digital forms and resources to help them define the future master plan for the site (Rodríguez de Guzmán Sánchez 2011), and it soon became evident that planning on this scale required tools that the regional MOSAICO system could not provide. This paper discusses the works conducted at the site during this last phase, presented in chronological order from 2006 to the present.

2. OBJECTIVES

The main objective of this paper is to describe the experiences of a team of researchers from the University of Seville in relation to the registration, knowledge and preventive conservation of the material remains of the CAI using digital information models. We do not include other equally essential management aspects such as the use of digital models to analyse the territory and landscape of the site (Tejedor et al. 2020), or the use of these models in processes related to public participation and perception (Grande León 2010), both objects of study by other teams and experts.

All the works presented here address very specific needs formulated by the institutions, technicians and professionals responsible for conservation of the site. They therefore translate into partial results that were meant for use in the short and medium term: facilitating document registration and geolocation processes, assisting excavations, serving as a basis for the preparation and presentation of project results, and generating and structuring data obtained from different analyses to design and implement the site master plan.

3. GENERAL METHODOLOGY

Our premises for using digital models to enhance the knowledge and management of Archaeological Site of Itálica were as follows:

1. There is a material reality subject to comprehensive management which requires description, documentation, measurement, research, assessment, conservation, intervention and dissemination.
2. There is an immaterial reality attached to the material remains, i.e. the documentary legacy, which needs to be associated and related with it; in other words, which needs to become an integral part of the same system.
3. As a material reality, these remains possess dimensional properties that enable us to identify them as a house, theatre, road, sewer, etc., and it is therefore essential to create a spatial referencing system both to georeference the remains and assign them a meaning within the building and the urban settlement to which they belong.

The efficient organisation, structuring, hierarchical classification and correlation of all this material will enable us to turn these data into useful elements for management of the remains. After all, despite their antiquity and forensic nature, they are living organisms that reveal constant material changes due to the impact of natural agents or human decisions and actions.

To address our objectives we used a series of models, understood in their broadest sense (González-Pérez 2018): tables and databases, geographic information systems (GIS), 3D models obtained from vector (CAD) and parametric design software, from the massive capture of data using laser scanners, photogrammetry or conventional topography, building information models (BIM) and their heritage version (HBIM), and intermediation elements such as computerised maintenance management systems (CMMS).

In all cases, we used existing digital tools, either commercial brands or open access, adapted in certain cases to the specific requirements by means of elementary programming. At all times, these tools were subject to analysis, reflection and debate about the stated requirements.

4. EXPERIENCES CARRIED OUT

4.1 HOUSE OF THE NEPTUNE MOSAIC

In 2006 the CAI expressed the need for an information management system to facilitate the documentation, research, assessment and maintenance of the archaeological remains at the site.¹ The site was already included in the Mosaico system which, as mentioned above, lacked the capacity to handle daily management requirements. This led to the search for a supplementary system. Since the Nova Urbs occupies the largest area of the site, the trial element chosen was a minimum unit of significance—the urban block—in this case, the House of the Neptune Mosaic, which takes its name from the discovery in 1970 of a mosaic depicting this mythological god. In this case, it is a single construction that has been attributed a semi-public use since it contains baths and a water supply structure as well as the usual rooms associated with a dwelling (Fig. 3). The house was typical of the problems of the site: it is located on sloping terrain, it is partially excavated, it contains a set of mosaics preserved and exhibited for the public, it has serious problems derived from its exposure to the natural elements, and its connection with the other elements that have been exhumed has yet to be resolved.

Each room in the house was treated as a fragment of an architectural unit with its own properties and merits which, through its interaction with the other fragments, enhances the overall merits of the site. This consideration was essential for recognising the paucity of the existing knowledge about the house because although the excavations carried out in the 1970s had exhumed the entire surface it occupied, it was never concluded. We could therefore only assess the gaps according to the knowledge we were able to obtain from the rest of the Nova Urbs and its materialisation through specific architectural types. Consequently, the system had to be open and revisable to permit its adaptation to new information and future visions of this same “reality”.

¹ The work was conducted under the auspices of the contract LOU 68/83 *Proposed schedule of conservation actions for public and semi-public buildings at the Archaeological Site of Itálica* (code 1189/2006). Team: V. Domínguez and F. Pinto, E. Morón and J. M. Guerrero, and R. Aguilar.



Fig. 3. View of the House of the Neptune Mosaic with the baths on the left. 2008 (Source: The authors).

The work strategy consisted in identifying the elements of this reality (inventory), assessing its merits (analysis) and planning strategies for its conservation, maintenance, research and dissemination (database). We began by applying a system of relations on this “reality” based on topology—a common branch of knowledge in archaeology—historiography, graphic survey and architectural analysis.

In the first stage of the work we conducted a topographical survey in which, in relation to the existing network of topographical base maps of the site, we identified outstanding points of the preserved architectural elements as well as others on the terrain to obtain their morphology, completing the task with more traditional resources such as the use of a tape measure and laser distance meter to obtain the dimensions of the archaeological remains.

The second stage consisted in drawing up an inventory of the elements belonging to the building, both those preserved in situ as well as the documented elements housed in museums, archives or other institutions. This inventory was based on a characterisation or semantic definition of each element, using categories and types to classify forms, building aspects, pathologies and degrees of severity, which we cross-checked with an existing heritage thesaurus (García Gutiérrez 1998; Martín Pradas 2007). All of these elements and terms identified were transferred to each graphic entity (point, line and area) located in layers in the vector graphic survey in CAD and to

a spreadsheet to be able to export them to the database (Fig. 4).

The next stage consisted in determining the relationships between each of the aforementioned elements. At this point we created the database that would enable users to access the information, relate different sets of data, and generate reports, lists of elements with their current state and evolution, and the relationships between them, etc. The initial aim of this tool was to make it sufficiently autonomous but considering a horizon where it might be merged with other systems, already in existence or under development, which address broader and more complex fields such as territorial and urban levels, archaeological maps, the use of GIS tools or the then emerging BIM, previously tested by members of the team (Torres Luque et al. 2004).

The final stage consisted in designing an attractive, accessible and user-friendly appearance for the computer application of this database. The system was meant to be able to address demands from technical, research, public and corporate fields, etc., which gave rise to a diversification of user profiles according to certain categories (basic

enquiry, researchers, conservators-managers) (Fig. 5).

The software chosen was Microsoft Access and protocols were designed for documentation, data input, security and storage, etc. The experience concluded with the creation of two digital models: a georeferenced vector graphic survey and a database. The purpose of both models was to implement a systematic register with a structure of elements and categories, and to facilitate its future incorporation in more advanced digital models. This first step made it possible to evaluate the level of involvement of users and the system's applicability, and it contributed to the digitalisation of the most basic management processes which even today remain largely unresolved in the heritage management bodies of public administrations.

4.2 THE MASTER PLAN

As we have already mentioned, the year 2008 saw the first steps to create the CAI Master Plan, a task that required access to an enormous quantity of information, including the assessment of the state of conservation of every single element at

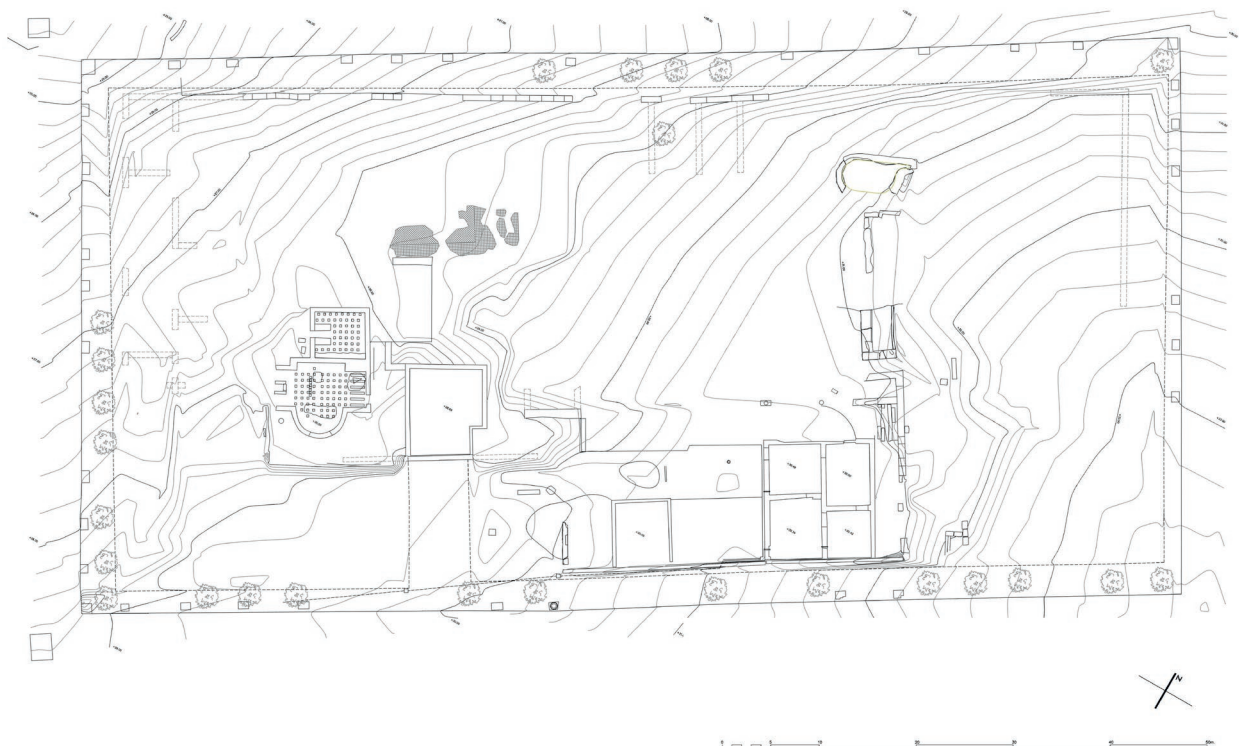


Fig. 4. Vector graphic survey of the House of Neptune (Source: The authors).

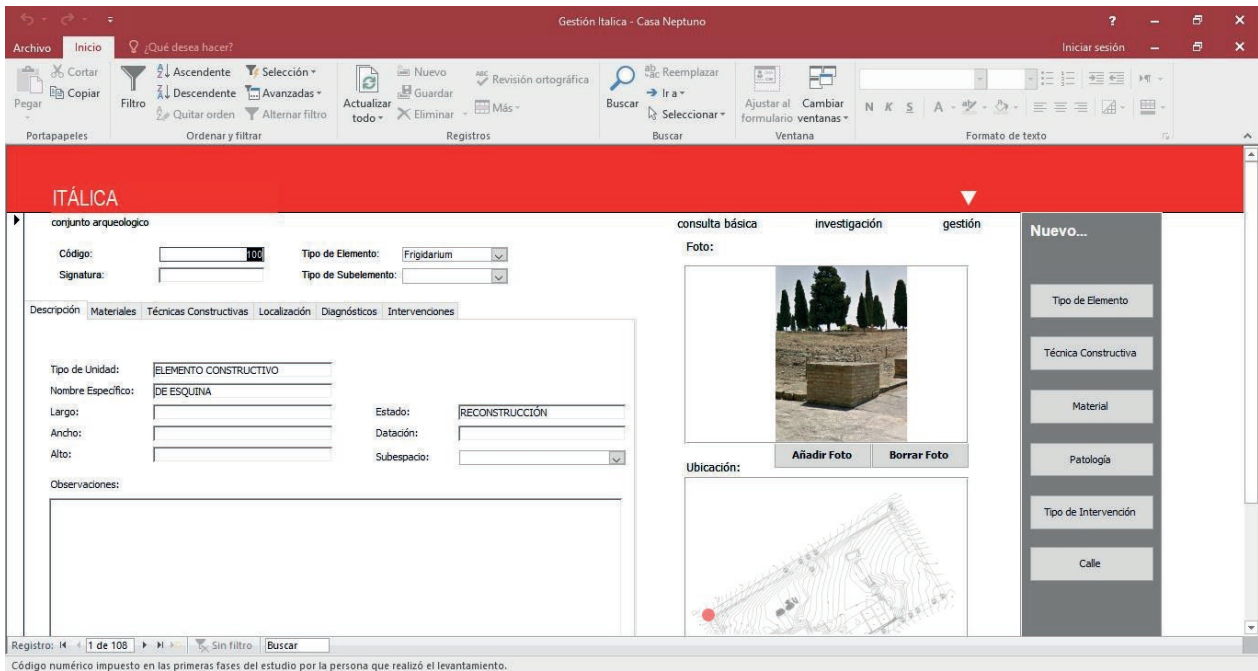


Fig. 5. Screenshot of the database created in 2009 (Source: The authors).

the site to determine and plan future conservation actions. Our team was commissioned to carry out this assessment and propose conservation actions for all the immovable properties in the Nova Urbs.² We already had a wide variety of information about the site but it was scattered, disorganised and contained significant gaps. For example, we did not have reliable plans of a considerable number of these buildings (Fig. 6).

Despite this challenge, we were able to draw on our prior experience at the House of the Neptune Mosaic. To be able to carry out the assessment, we first required an adequate format for recording and quantifying the state of conservation, and we needed tools that would enable us to update and maintain the vast quantities of information that were going to be produced. This led to the design of a strategy that consisted in: a) creating an updatable graphical base of the site; b) implementing a system to record and quantify elements, problems, degree of severity and level of urgency; and c) designing and importing into this same format a series of standard actions for the site, although we recognised that the future intervention on any element at the site would

entail a specific archaeological and conservation project. This was the resource most demanded by the professionals who habitually carry out interventions at the site, so we were addressing a short-term need.

We began by proposing a spatial reference system to address the reality of the site—in this case, a grid layout—so that the location of any element would have significance in its own right, over and above the consolidated designation of each urban block or house based on the most representative mosaics discovered there. Our interpretation of the urban area was therefore based on its structure, organised into cardines and decumani where the maximi intersected in the Traianeum, dividing the Hadrianic expansion into four quarters (Pinto Puerto et al. 2011a) (Fig. 7).

Next, we compiled and unified all the existing graphic documentation in a vector model in CAD, which we called the Graphical Base (GB) (Pinto Puerto et al. 2010). Each urban block was contained in a CAD file, where the information was organised in a common system of layers based on the building characteristics of the elements represented. This enabled us to edit the information in 2D at different levels of detail, content and scales. The files were georeferenced according to a general system of coordinates and included as external

² The work was conducted under the auspices of the contract LOU 68/83 *Assessment of immovable properties at the Archaeological Site of Itálica* (code OG-102/06). Team: F. Pinto, R. Angulo, M. Castellano, J. M. Guerrero and F. Pastor.

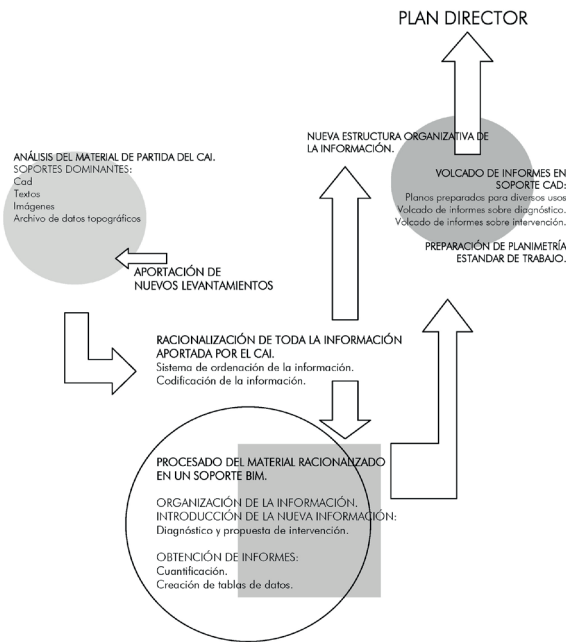


Fig. 6. Diagram of the work proposal. 2009 (Source: The authors).

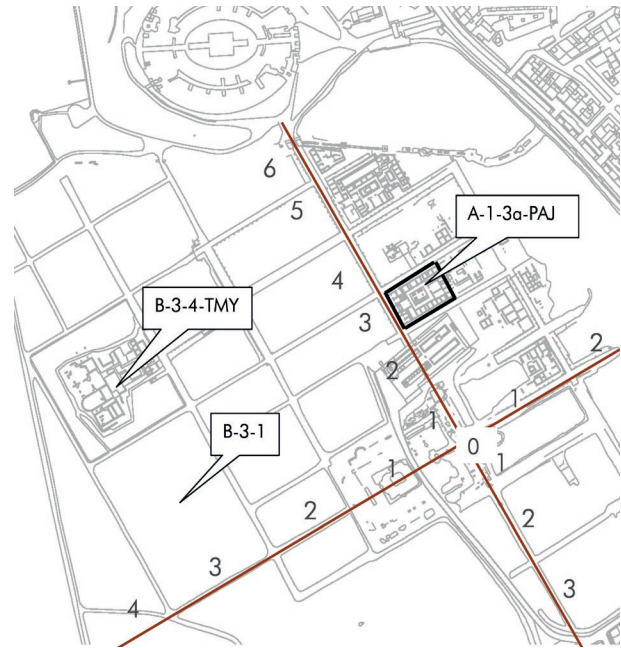


Fig. 7: Layout of the site showing the spatial reference system (Pinto Puerto et al. 2011a).

references in the file for the entire site. In the case of urban blocks that had not been surveyed, we used photogrammetry to at least create a 3D vector model that would be useful for future parametric models. This survey paid greater attention to the architectural elements, which in the previous topographical surveys were mere bumps in the terrain, and we based it on earlier experiences as

well as others conducted at the same time as our own work (Navarro and Cabanes 2009, Mesa et al. 2009) (Fig. 8).

The next stage consisted in creating the graphic register and tables of various determining factors for the conservation of the site: the conservation problems, the degree of severity and possible

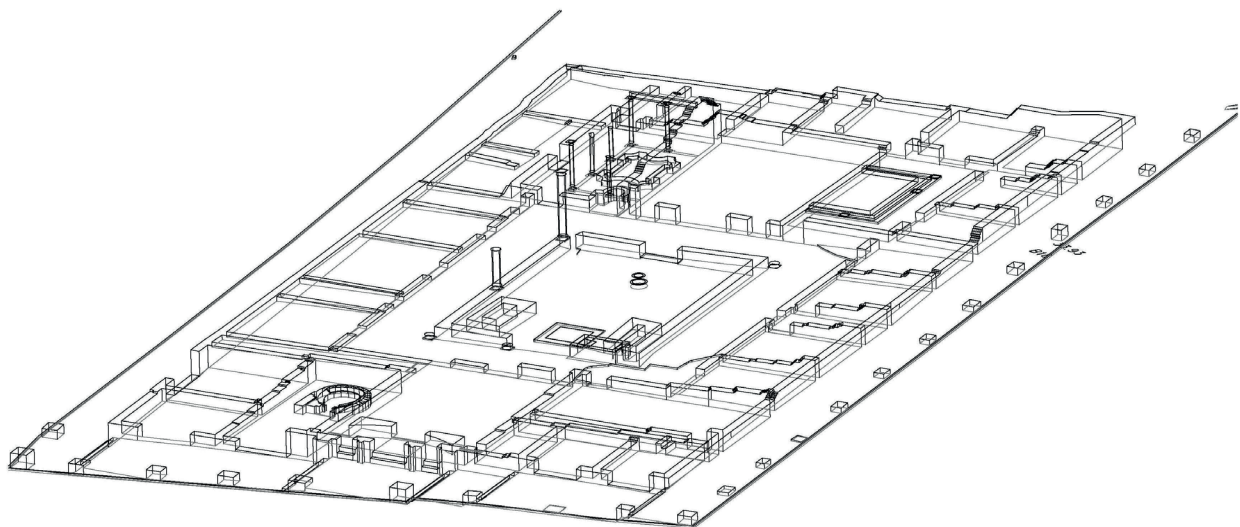


Figure 8: 3D vector survey of the House of Birds carried out using photogrammetry. 2009 (Source: The authors).

mitigating and conservation actions. We called this the Graphic Data (GD). This required recording elements in situ and then analysing them according to the experience described in the previous section. In view of the spatial and volumetric complexity of the elements studied—some of them containers of closed or underground spaces—we used digital building information models (BIM). At the time, these were only just emerging in Spain and were invariably applied to new-build architecture.

At this point we used Allplan software because it enabled us to import the information in CAD, categorise and quantify the previous factors and create automatically updatable tables of data (Pinto Puerto et al. 2010). Although our intention was to address the three-dimensionality of the architectural elements, lack of time meant that we had resort to a two-dimensional definition of the recorded factors (Fig. 9).

These resources were stored in the institutional server so that, following the protocols established, the existing information could be extracted and new data imported. At the time, most of the agents involved could not access the BIM environment so we transferred the graphical base (GB) in open-access CAD environments and the assessments and proposed interventions to the graphical base by means of layers that captured a snapshot of the site at that moment in time.

4.3. THE TRANSITION TO THREE-DIMENSIONALITY: THE HOUSE OF HYLAS

In view of the scale of the problem addressed and the need to provide a more or less immediate response, we were unable to explore the potential of 3D digital models. As part of his doctoral thesis completed between 2009 and 2011, one of the

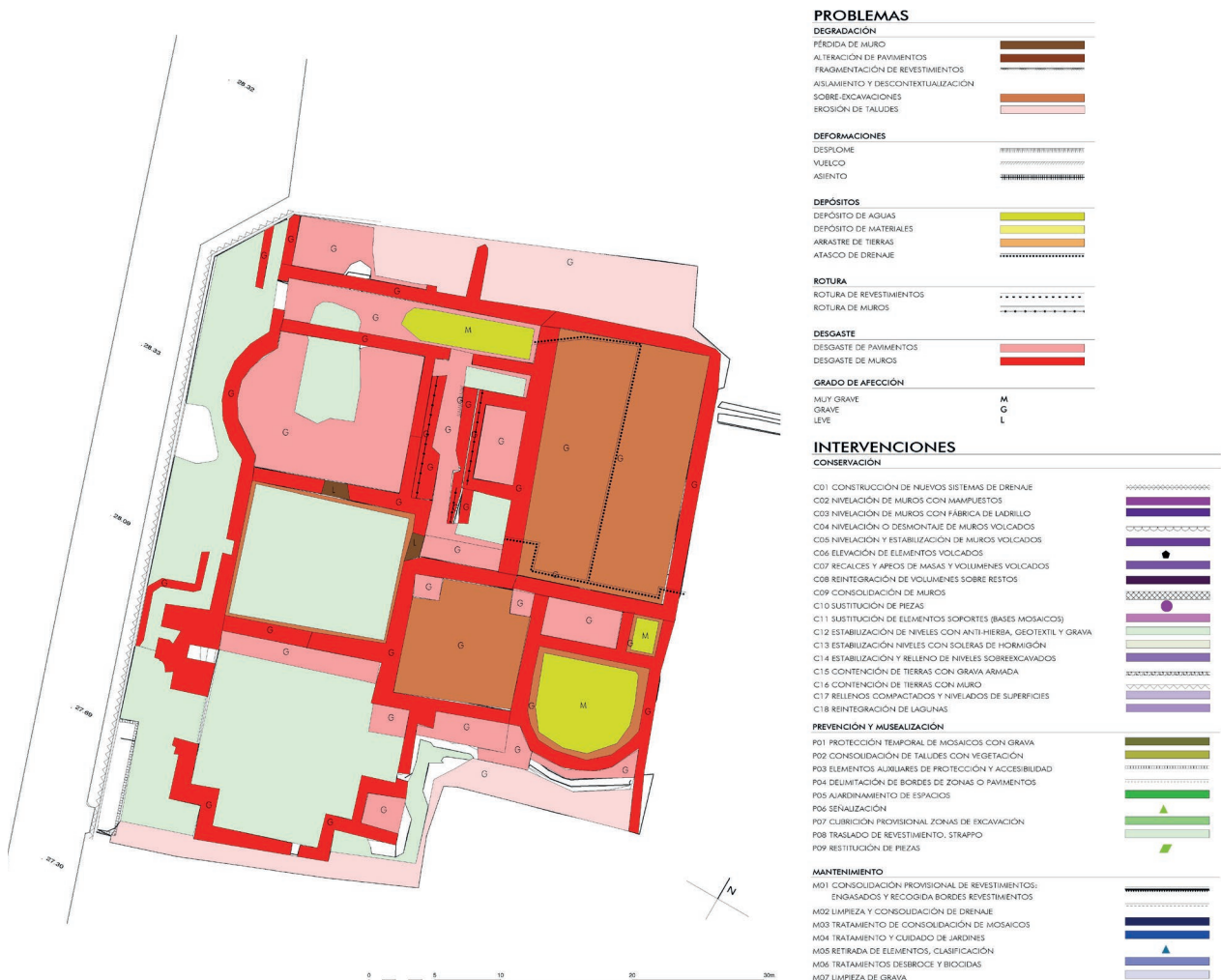


Figure 9: Assessment of the *Thermae Minores*. Edited from the BIM model. CAI. 2010 (Source: The authors).

members of the team wrote an essay on one of these archaeological units, the so-called House of Hylas.

The aim was to “evaluate the use of a massive entity model, as opposed to other types of graphic entities, as the basis for an information and management system, and to explore the possible modelling techniques capable of generating it” (Angulo Fornos 2012). The generation of massive objects requires the identification of each building element (wall, column, vault, a simple threshold, or a superficial layer with a known thickness, as in the case of a mosaic) as well as the actual terrain. Each of these massive elements is capable of containing and providing dimensional characteristics as well as physical and material properties, all of which can be easily updated and edited (Fig. 10).

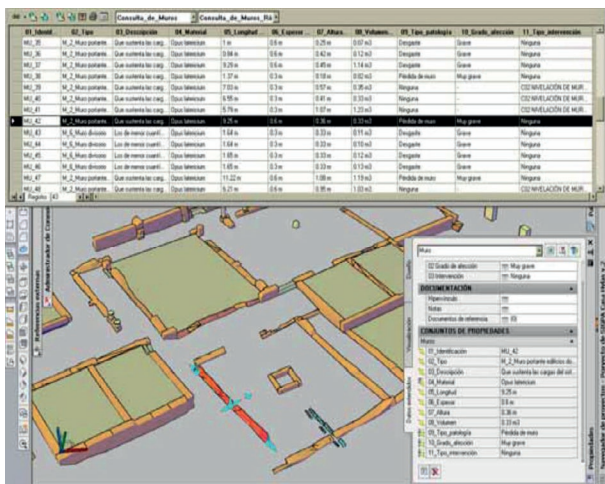


Figure 10: Association of the model with a database in ACD-A environment (Angulo Fornos 2012).

In this case we worked with the options afforded by *Autocad Architecture* software, based on a widely used platform conceived in a BIM environment, which enabled us to generate parametric elements from a 3D vector survey that we already had as a result of the experiences described in the previous sections.

This software also enabled us to create an external database using the Microsoft programs Open Database Connectivity and Ole DB, importing data from other applications used to generate tables or databases, such as Microsoft Access, dBASE, Microsoft Excel, Oracle, Padox, Microsoft Virtual FoxPro and SQL Server. The two

elements resulting from the work described in the experience on the House of the Neptune Mosaic are therefore now located in this environment to be able to generate a BIM model. Thanks to this massive model we were also able to generate 2D plans in the traditional representation systems, which will make it easier to manage archaeological interventions, register conservation processes and create architectural consolidation, restoration and anastylosis projects.

4.4. MODELS TO SUPPORT ANALYSIS AND INTERVENTION IN ARCHAEOLOGICAL ELEMENTS

Between 2011 and 2018 a series of experiences were carried out based on the use of digital models to support the analysis of the remains and the monitoring of archaeological interventions: a proposed anastylosis of the frons scaenae remains which are preserved in a scattered and random manner in the porticus post scaenam of the theatre at Itálica (Pinto Puerto et al. 2011b, Pinto Puerto and Guerrero Vega 2012) (Fig. 11); the building analysis of the shaft fragments of the *Traianaeum* (Rodríguez Gutiérrez et al. 2016) (Fig. 12); support for the excavations of the *hyposcaenium*, the south *parascaenium* and the seating tiers of the theatre at Itálica (Fig. 13).

Since many of these works have been shared in partial publications, here we merely summarise the common aspects related to the use of digital models.

In all cases, there was an expressed need for rigorous information about the dimensions and forms since these are fragments or archaeological remains that must be interpreted within the complex to which they belong. This need for precision had not had the same impact in the previous experiences—except for the model for the House of Hylas, which occupies an intermediate position—because the scale of attention required was much greater. In this new scale of approach we use photogrammetry techniques, specifically a digital photogrammetry program based on an SFM (Structure from

Motion) processing method. Processing each piece produced thick point clouds and triangular mesh models. We used JPEG compression to

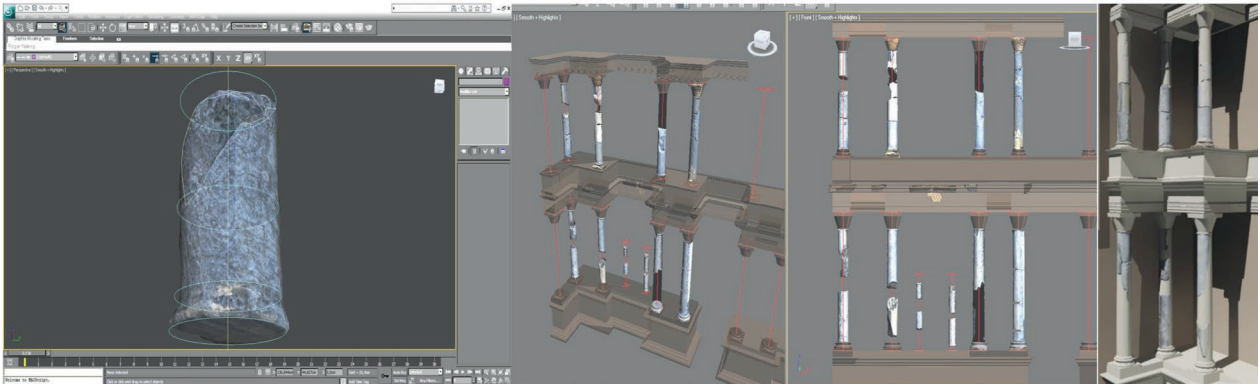


Fig. 11. Geometric analysis of the shafts of the frons scaenae of the theatre at Itálica (Source: The authors).

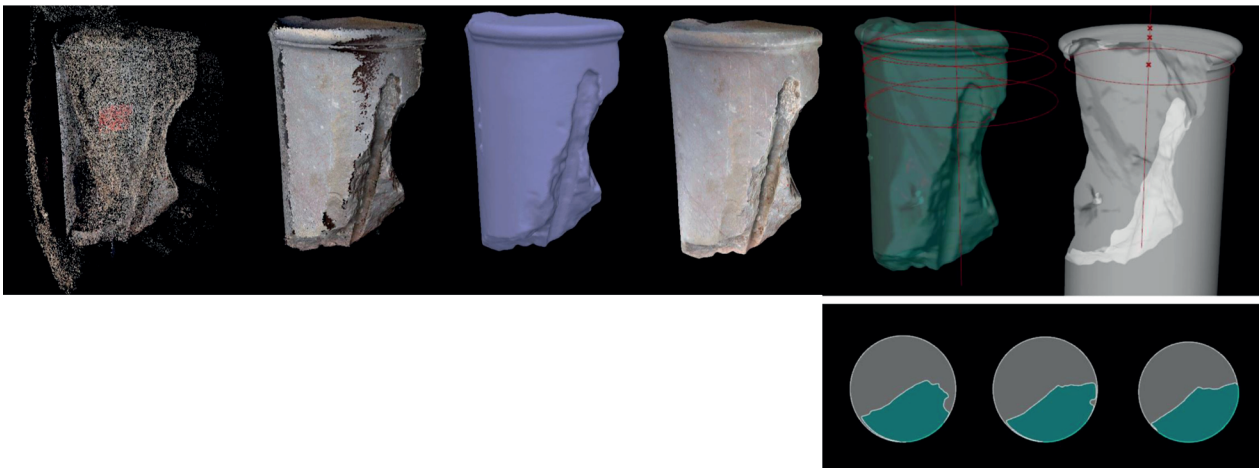


Fig. 12. Modelling of a shaft fragment from the Traianeum and reconstruction of the joint with a missing piece (Rodríguez Gutiérrez et al. 2016).

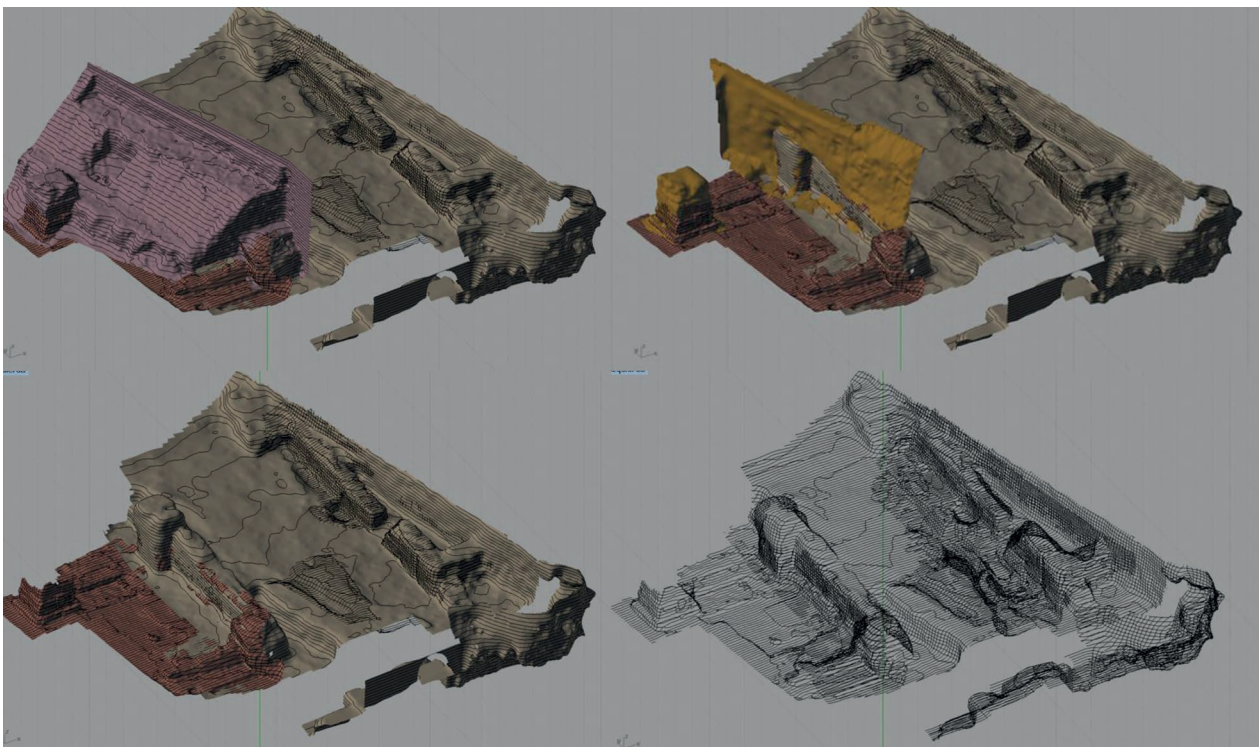


Fig. 13. Model of phases of the excavation process in the south parascenium of the theatre at Itálica (Source: The authors).

produce the textures with different levels of resolution depending on the size of the problem studied. These models were processed with 3D model visualisation software, enabling us to analyse the geometry of elements such as shafts, capitals, cornices, pieces of marble and stone building elements.

In some of these cases we used Geomagic, the reverse engineering program, to obtain an exhaustive knowledge of the geometric properties of each piece (diameter, column entasis, proportions, etc.), as well as building details that showed historical repair or reuse processes. The results obtained from these interpretations enabled us to generate orthogonal cylindrical projections in the form of orthophotos with reference to the metric scale and even to carry out 3D printing tests for some of the pieces (Rodríguez Gutiérrez et al. 2016).

4.5. A DIGITAL INFORMATION MODEL FOR CONSERVATION AND MANAGEMENT

In 2020, ten years after it was first presented, the Itálica Master Plan was revised and we were asked to update the existing information.³ This enabled us to verify the functionality and applicability of the digital resources previously tested, and we also took the opportunity to propose a revision of the models through a knowledge transfer project.⁴ The first problems we encountered emerged in connection with the digital models used: we had to transfer all the information from the initial format (Allplan) to a more widespread format nowadays (Autodesk Revit). Besides, during the interim years the national coordinates system had been modified.⁵ Having solved these problems, the strategy implemented was based on the one carried out in 2010, adapted in light

³ Minor contract from the Cultural Department of the Government of Andalusia, entitled “Updating of information on the state of conservation of the immovable assets at the Archaeological Site of Itálica”, recorded as CCUL-123-2020 CONTR 2020/547397.

⁴ Project entitled “Development of BIM, HBIM and GIS models applied to the knowledge, conservation, dissemination and management of architectural cultural heritage”, within the framework of the singular projects for the transfer of knowledge and cooperation between businesses and research centres. RIS3 Andalusia. Andalusia Tech (Codeo CEI-10-HUM799).

⁵ Royal Decree 1071/2007 of 27 July adopted the ETRS89 as the official and mandatory geodetic reference system in Spain with effect from 2012.

of the experiences undertaken in the intervening period. As one of these adaptations, we reframed the individual objectives that had been set over the years according to two new parameters: their level of complexity, and their capacity of transfer to the agents involved. Based on our updating of the assessment, we proposed a structure of digital information models (Fig. 14).

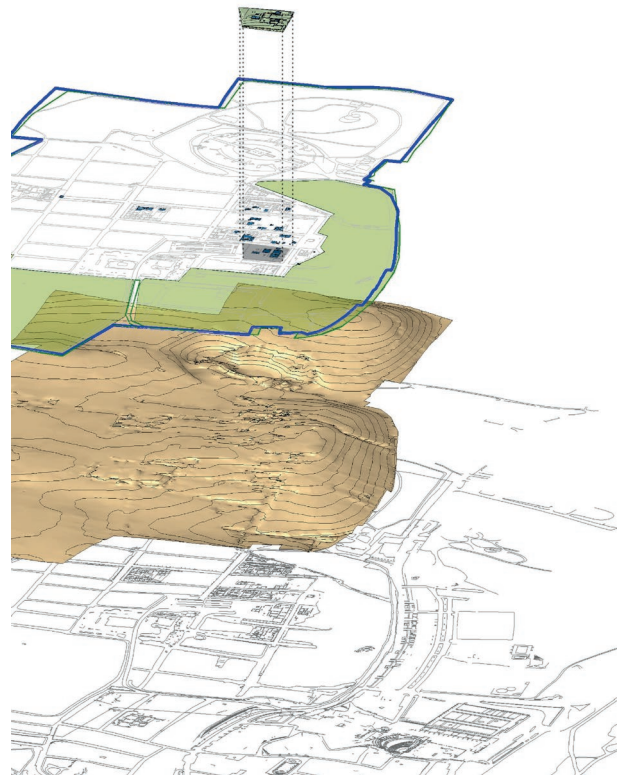


Fig. 14. Diagram of the different digital models considered for the CAI. From top to bottom: vector, HBIM, GIS (Source: The authors).

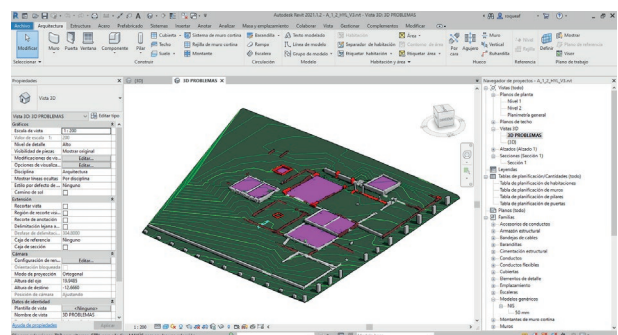


Fig. 15. HBIM model of the House of Hylas (Source: The authors)

The first level comprises the vector model in CAD created in 2010. This remains active and valid today, as demonstrated by its frequent use in the

excavation campaigns conducted in the last few years. The top level corresponds to the BIM model already tested at the House of Hylas (Fig. 15). The model was transferred to Autodesk Revit with information associated with the different archaeological elements preserved, enabling us to record data related to a smaller scale.

On an intermediate level we included the GIS and BIM digital models, again related to the previous two. The GIS models can be used to manage 2D information for analysis and report purposes—in our case, we used the QGIS tool— whereas the HBIM models enable users to delve into the spatial appreciation of the site, the topography, the shapes of the existing architectural remains and graphical restitutions. We view these models as places for establishing geometric relations and conducting predictive analyses. In both cases, just as in the earlier vector model, the physical structure of the real site is categorised according to the nature of the components, resulting in a semantic organisation in different layers of information or families.

During the review of the CAI master plan we used both the GIS and HBIM models to update the assessment of the state of conservation of the immovable assets, attempting to harness the possibilities afforded by each model and compare their capabilities. As yet, the two types of platforms do not offer complete interoperability because the processes involved are quite complex. We were therefore only able to export a very specific part of the geometric and semantic information from one system to another. The pertinence of combining both models was verified in two management tests of varying complexity: the mosaics and the vegetation clearance tasks.

The mosaics are exposed to the elements and therefore require extremely detailed and meticulous preventive conservation on a costly ongoing basis. In the model created we added a series of information fields related to their material description, obtained from the general assessment of these elements carried out by the Andalusian Institute of Historic Heritage when the master plan was drawn up (IAPH 2021), allowing for



Fig.16. Works on the mosaics at the CAI. 2020 (Source: The authors).

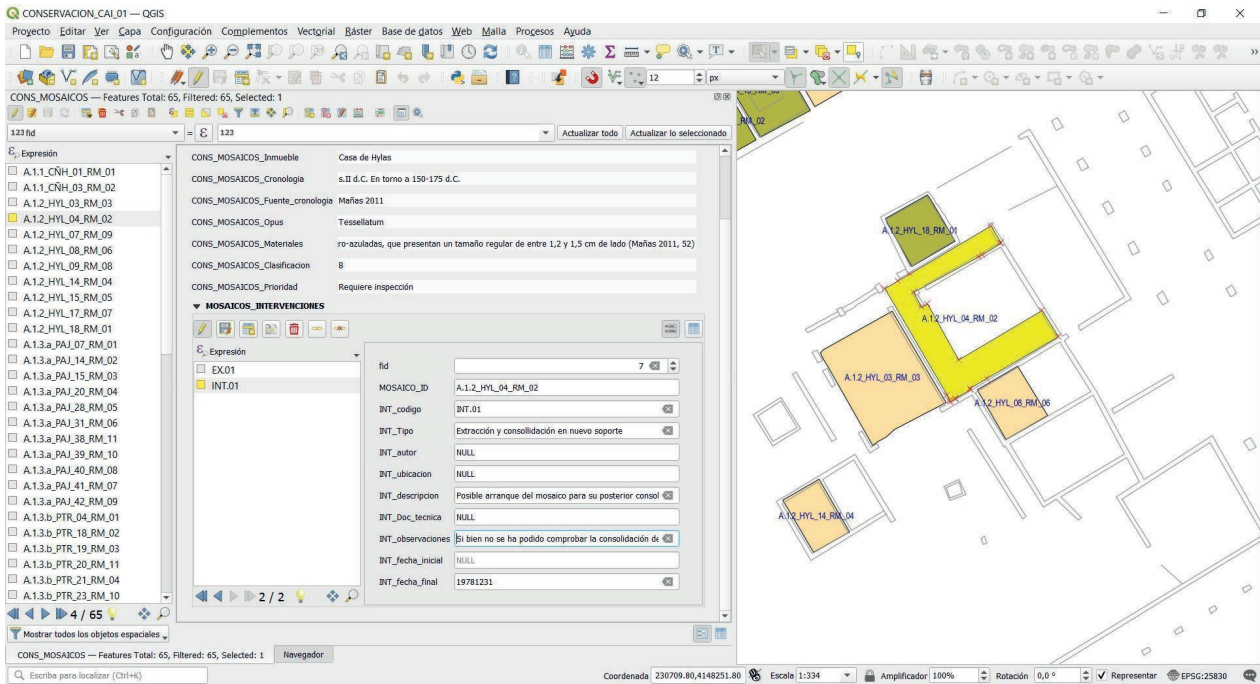


Fig.17. GIS screenshot showing the location and quantification of areas occupied by mosaics, 2021 (Source: The authors).

their association with the preventive conservation interventions conducted (Figs. 16 and 17).

The vegetation clearance process affects lighter works carried out on a large archaeological reserve, i.e. land not yet excavated, and areas on the edge of the site that require daily maintenance. In this case we used the GIS model for analysis purposes according to the gradient of the land and the proximity to the exhumed archaeological remains, differentiating in the model between areas where machinery can be used and those where clearance tasks have to be carried out manually (Figs. 18 and 19).

5. CONCLUSIONS

The incorporation of new elements or data to the digital information model requires the adjustment of the aforementioned levels of complexity. This means that the different strata or layers will not contain all the information but only the data necessary for the stated objectives. At the most basic level, it is necessary to synthesise the information generated that needs to be transferred for updating. The ability to connect BIM architectural models with GIS territorial models is an asset in this respect because at Itálica the boundary between these two scales



Fig.18. House of the Planetarium in the foreground with the archaeological reserve area in the background. (Source: The authors).



Fig.19. GIS analysis of vegetation clearance in the archaeological reserve areas: gradient of over 15% (blue), proximity to remains (red) and areas where the use of machinery is restricted (purple). (Source: The authors).

is relatively blurred and sometimes overlaps. While the lower layers are useful for managing information concerning the daily maintenance of the site, the upper levels are ideal for specific tasks requiring greater detail or analysis, like those described in section 4.4.

Not all the information obtained from an archaeological prospection, a mosaic restoration or the consolidation of a building element is added to the lower level since this level requires more general and condensed data to manage cleaning and recurring tasks.

The construction of the different models will be determined by the needs and objectives pursued in each case, and the process simultaneously offers the opportunity for dialogue and agreement between the agents and disciplines involved in the management and knowledge of the archaeological site. Consequently, the importance does not only reside in the end result, which is invariably subject to improvement and constant variations in the process. The models need to be adapted to the possibilities of access and use by the agents involved. For example, a graphical base in a CAD environment—nowadays widely employed in the fields of architecture and archaeology—would have positive repercussions for the transfer of the research conducted, while GIS systems afford the

possibility of working in larger areas. Lastly, HBIM models permit highly detailed analyses, records of interventions and the possible anastylosis of remains for museum purposes.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financed through European Regional Development Funds and Government of Andalusia funds through the research project CEI-10-HUM799, within the framework of singular knowledge transfer projects at the Excellence Campuses in the fields included in the Research and Innovation Strategy (RIS3) as part of the global project of the University of Seville entitled Innovative Ecosystem with Artificial Intelligence for Andalusia 2025. We are also grateful for the cooperation received from the management team of the Archaeological Site of Itálica.

REFERENCIAS

- Angulo Fornos, R. 2012. "Construcción de la base gráfica para un sistema de información y gestión del patrimonio arquitectónico: Casa de Hylas". *Arqueología de la Arquitectura*, no. 9, pp. 11–25. ISSN 1695-2731. <https://doi.org/10.3989/arqarqt.2012.10005>
- Becerra, J.M., Ladrón de Guevara, C. 2005. "MOSAICO, un Sistema de Información para la gestión de los Bienes Culturales". *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, no. 52, pp. 24-25. ISSN 1136-1867. <https://doi.org/10.33349/2005.52.1894>
- Ceballos, Fernando de. 1886. *La Itálica*. Sevilla: Sociedad de Bibliófilos Andaluces.
- García Gutiérrez, A. (dir.) 1998. *Tesaurus de Patrimonio Histórico Andaluz*. Sevilla: Consejería de Cultura. ISBN 84-8266-030-6.
- González-Pérez, C. 2018. *Information Modelling for Archaeology and Anthropology: Software Engineering Principles for Cultural Heritage*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-72651-9.
- Grande León, A. 2010. "La Génesis de un Museo del Guadalquivir del siglo XXI. Anastylosis virtual del valle del Guadalquivir en el siglo II d. C: La Baetica de Adriano". *Virtual Archaeology Review*, vol. 1, no. 1, pp. 27-37. ISSN 1989-9947. <https://doi.org/10.4995/var.2010.4753>.
- IAPH Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. 2021. *Diagnóstico general de mosaicos y revestimientos pictóricos del CAI*.
- Kagan, Richard L. 1986. *Ciudades del Siglo de Oro: las vistas españolas de Anton Van den Wyngaerde*. Madrid: El Viso. ISBN 978-84-86022-24-2.
- Martín Pradas, A. 2007. "El Tesaurus de Patrimonio Histórico Andaluz como lenguaje integrador" In *El Sistema de Información del Patrimonio Histórico de Andalucía (SIPHA)*. Sevilla: Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. pp. 50-61. ISBN 84-8266-637-1.
- Mesa Gisbert, A., Regot, J. Núñez, M.A., Buil, F. 2009. "Métodos y procesos para el Levantamiento de reconstrucción tridimensional gráfica de elementos del patrimonio cultural. La iglesia de Sant Sever de Barcelona". *Revista EGA*, no. 14, pp. 82-89. ISSN 1133-6137. <https://doi.org/10.4995/ega.2009.10240>
- Morales, Ambrosio de. 1577. *Las Antigüedades de las ciudades de España que se nombran en esta Coronica...* Alcalá de Henares: Imprenta de Juan Íñiguez de Lequerica.
- Navarro, P., Cabanes, J.L. 2009. "Edición avanzada de fotomodelos de edificios". *Revista EGA*, no. 14, pp. 68-73. ISSN 1133-6137. <https://doi.org/10.4995/ega.2009.10238>
- Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R., Castellano Román, M., Guerrero Vega, J.M., Pastor Gil, F. 2010. "Aplicación de los sistemas BIM a la gestión de conjuntos arqueológicos: Itálica". *Libro de Actas I Congreso Nacional de Investigación Aplicada a la Gestión de Edificación*. Alicante: Universidad de Alicante, p. 116-133. ISBN 978-84-693-3404-1. <https://doi.org/10.33349/2011.77.3115>
- Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R., Castellano Román, M., Guerrero Vega, J. M., Pastor Gil, F. 2011a. "Construcción de una base cartográfica activa para el Conjunto Arqueológico de Itálica". *Revista PH*, no. 77, pp. 116–119. <https://doi.org/10.33349/2011.77.3115>

Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R., Guerrero Vega, J. 2011b. "Metodología y recursos empleados en la propuesta de anastilosis de la scaenae frons del teatro romano de Itálica". *Itálica Revista de Arqueología Clásica de Andalucía*, no.1, p. 77-83. ISSN: 2174-8667.

Pinto Puerto, F., Guerrero Vega, J.M. 2012. "The Scaenae Frons of the Roman Theatre of Itálica: Notes on the Construction Process". In *Nuts and Bolts of Culture, Technology and Society. Construction History*. Paris: Picard. vol. 3, p. 21-29. ISBN 978-2-7084-0929.

Rodríguez de Guzmán Sánchez, S. (dir.) 2011. *Plan Director del Conjunto Arqueológico de Itálica: documento de avance*. Sevilla: Junta de Andalucía. ISBN 978-84-9959-074-5.

Rodríguez Gutiérrez, O., Rodríguez Medina, J., Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R. 2016. "Refuerzo de fustes de columna en la arquitectura monumental de Itálica (prov. Baetica). Aplicación de nuevas tecnologías para la reconstrucción de una práctica singular". *Arqueología de la Arquitectura*, no. 13, e048. ISSN 1695-2731. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2016.166>

Tejedor Cabrera, A., Linares Gómez del Pulgar, M., López Sánchez M. y Merino del Río, R. (coord.) 2020. *Innovación para la gestión integral del patrimonio. El Paisaje y el turismo*. Sevilla: Universidad de Sevilla y Universidad Valladolid. ISBN 978-84-472-2970-3.

Torres Luque, E., Morón Orta, M. E. Domínguez Ruiz, V., Martín Pastor, A., González Jiménez, J. M., Aguilar de los Santos, R. 2004. "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) al estudio de los edificios patrimoniales..., Sevilla". *Primeras jornadas sobre investigación en arquitectura y urbanismo*. Sevilla: IUCC. p. 150-151. ISBN: 84-88988-21-4.

How to cite this article: Pinto Puerto, Francisco; Guerrero Vega, José María; Angulo Fornos, Roque; Castellano Román, Manuel. 2021. "Strategies for a digital model to facilitate the knowledge and management of the Archaeological Site of Itálica: log book.", *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, No. 15, Valencia: Universitat Politècnica de València. pp. 61-83. <https://doi.org/10.4995/ege.2021.16796>

ESTRATEGIAS PARA UN MODELO DIGITAL DIRIGIDO AL CONOCIMIENTO Y GESTIÓN DEL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE ITÁLICA. CUADERNO DE BITÁCORA

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad romana de Itálica se funda en torno al año 206 a.C., como primer asentamiento estable romano en la Península Ibérica. Se ubicó en el Cerro de la Cabeza —cercano a la actual ciudad de Sevilla— donde ya existía una población turdetana que fue romanizándose progresivamente hasta adquirir el estatuto municipal en el año 45 a.C. El núcleo primigenio, la *Vetus Urbs* —actualmente bajo la población de Santiponce— adquiere en época adrianea la condición de colonia y es ampliado mediante una enorme urbanización de traza hipodámica amurallada, la *Nova Urbs*. Ambas partes sufrieron numerosas reformas urbanas y arquitectónicas que la dotaron de imponentes edificios públicos como foros, teatro, termas, anfiteatro, circo, además de una compleja estructura hidráulica de abastecimiento de aguas y un puerto fluvial en el río Ribera de Huelva, que han llegado hasta nosotros en un estado de conservación muy variado.

La presencia de las ruinas de Itálica en el imaginario colectivo hispalense se remonta al siglo XVI, asociada a la recuperación literaria de la antigüedad por eruditos como Ambrosio de Morales (1577) “(…) en aquel sitio de Sevilla la vieja ay grandes muestras de edificios antiguos, y pedaços de un theatro o amphiteatro, obra de insigne grandeza con que parece quisieron ennoblecer a su tierra los Emperadores naturales della (…)”. Sin embargo, el interés arqueológico por la antigüedad de estos restos y su reconocimiento como partes de un conjunto urbano, deberá esperar al siglo XVIII, cuando escribe sobre ellos el Padre Ceballos (1886), prior del Monasterio de San Isidoro del Campo —en cuyo dominio territorial estaba el yacimiento— en su obra *La Itálica*, publicada a finales del s. XIX.

Las primeras excavaciones se llevaron a cabo casi en paralelo a la aparición de esta publicación, con hallazgos escultóricos imponentes que despertaron el interés de numerosos eruditos y viajeros de la época (Fig. 1). Este interés se tradujo en excavaciones, unas veces aplicando criterios científicos del momento, y otras practicando auténticos expolios. Tras la creación a principios del siglo XX de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades, se produjo un avance importante en las excavaciones que impulsaron su declaración como monumento nacional en 1912.

La máxima extensión excavada se alcanzó en la década siguiente, dejando a la vista la mayor parte de las casas de la *Nova Urbs* que hoy conocemos. Tras estas intervenciones, los estragos de la Guerra Civil y la postguerra produjeron una importante degradación del yacimiento. Entre los años sesenta y setenta del siglo XX se sucedieron varias campañas arqueológicas que

por lo general no tuvieron una planificación unitaria, centrándose en las piezas más valoradas y llamativas: los mosaicos, en muchos casos descontextualizados de su relación lógica con la arquitectura que los contenía. En los años ochenta, tras un análisis de la situación, se optó por paralizar las excavaciones para centrar los esfuerzos en la consolidación, ordenación y restauración de todo lo ya exhumado.

Desde entonces y hasta la actualidad, bajo la figura de *Conjunto Arqueológico de Itálica* (CAI) (*Decreto 127/1989 de 6 de junio*) se emprendió una labor continuada para devolver la unidad a un conjunto que ocupa aproximadamente 116 hectáreas (Fig. 2), mediante un tratamiento más homogéneo a todos sus restos, su delimitación y protección jurídica y física, así como la puesta en marcha de mecanismos de conservación y difusión contemporáneos (*Decreto 7/2001, de 9 de enero*). Una de las acciones pioneras respecto a esto último, que comprendía a todos los yacimientos andaluces, fue la creación de MOSAICO, un sistema integrado de información que aglutinara en una única herramienta las funcionalidades necesarias para la gestión de los bienes culturales y su documentación, de manera que permitiera conocer, proteger, difundir y conservar estos bienes (Becerra y Ladrón de Guevara 2005).

Dentro de la figura de gestión autonómica de la Red de Espacios Culturales de Andalucía, los gestores del CAI se anticiparon explorando formas y recursos en el ámbito digital que facilitarían la definición de su futuro Plan Director (Rodríguez de Guzmán Sánchez 2011). Esta planificación necesitaba herramientas que desbordaran las posibilidades del sistema MOSAICO, de escala regional. Será en esta última etapa del yacimiento, en la que se desarrollen los trabajos que se van a exponer en esta aportación, ordenados cronológicamente desde el año 2006 hasta la actualidad.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta aportación es mostrar las experiencias llevadas a cabo por un equipo de investigadores de la Universidad de Sevilla en relación con el registro, conocimiento, y procesos de conservación preventiva de los restos materiales del CAI, aplicando modelos digitales de información. Quedan fuera otros aspectos —también esenciales para su gestión— como la aplicación de modelos digitales para el análisis territorial y paisajístico del conjunto (Tejedor et al. 2020), o su uso en procesos de participación y percepción social (Grande León

2010), indagaciones que llevan a cabo otros equipos y especialistas.

Todos los trabajos presentados aquí, atienden a requerimientos muy concretos de las instituciones, técnicos y profesionales responsables de la conservación del conjunto, por lo que se traducen en resultados parciales que debían ser útiles a corto y medio plazo: ayudar a los procesos de registro documental, geolocalización, acompañar a procesos de excavación, servir a la elaboración y presentación de los resultados de proyectos, o generar y estructurar datos resultados de diversos análisis para el diseño y aplicación del Plan Director.

3. METODOLOGÍA GENERAL

En nuestra experiencia de aplicación de modelos digitales orientados al conocimiento y gestión del Conjunto Arqueológico de Itálica se ha partido de las siguientes premisas:

1. Existe una realidad material actual objeto de las acciones de tutela, que es necesario describir, documentar, medir, investigar, diagnosticar, conservar, intervenir y difundir.
2. Existe una realidad inmaterial adherida a estos restos materiales que componen el legado documental, que debe estar vinculado y relacionado con la misma, es decir, formando parte del mismo sistema.
3. Como realidad material estos restos tienen unas cualidades dimensionales que nos permiten reconocerlos como casa, teatro, calzada, cloaca, etc., siendo imprescindibles establecer un sistema de referencia espacial que permita no sólo georreferenciarlos, también darles significado dentro del edificio y el conjunto urbano al que pertenecen.

La ordenación, estructuración, jerarquización y relación adecuada de todo este material es el soporte para que estos datos se conviertan en elementos útiles para su gestión, pues tratamos —a pesar de su antigüedad y carácter forense— con un organismo vivo, que muestran cambios materiales constantes por la incidencia de los agentes naturales o consecuencia de decisiones y acciones de los seres humanos.

Para responder a los objetivos marcados utilizamos modelos, entendidos en su sentido más amplio (González-Pérez 2018): tablas y bases de datos, sistemas de información geográfica (SIG), modelos 3D obtenidos de softwares de diseño vectorial (CAD) o paramétrico, de captura masiva de datos mediante escáner láser, fotogrametría o topografía convencional, modelos de información de edificios (BIM) y su correlato en el ámbito patrimonial (HBIM) así como elementos

de intermediación como los destinados a la gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO).

En todos los casos hemos partido de herramientas digitales que ya existían, bien bajo marcas comerciales o de acceso libre, adaptadas en algunos casos a los requerimientos específicos mediante programación muy básica. En cualquier caso, estas herramientas han estado supeditadas en todo momento al análisis, reflexión y debate sobre los requerimientos planteados.

4. DESARROLLO DE EXPERIENCIAS

4.1 CASA DEL MOSAICO DE NEPTUNO

En el año 2006 el CAI planteó la necesidad de contar con un sistema de gestión de la información que facilitara las actividades de documentación, investigación, diagnóstico y mantenimiento de los restos arqueológicos del yacimiento¹. El conjunto ya formaba parte del sistema Mosaico, que como hemos mencionado, quedaba superado por los requerimientos de una gestión cotidiana. Por esta razón se exploró un sistema complementario. Siendo la *Nova Urbs* la zona de mayor extensión del yacimiento, se eligió como elemento de ensayo una unidad mínima de significado, la manzana, en este caso la casa del mosaico de Neptuno, nombre que provenía del descubrimiento en 1970 de un mosaico que representa a este dios mitológico. En este caso es una sola edificación a la que se asignaba un uso semipúblico, pues cuenta con un conjunto termal y una importante estructura hidráulica, además de las estancias propias de una vivienda (Fig. 3). Ofrecía una problemática muy representativa de los problemas del conjunto: se encuentra sobre una superficie en pendiente, está parcialmente excavada, contiene un conjunto de mosaicos conservados y expuestos al público, presenta serios problemas de exposición a los agentes climáticos, así como una conexión no resuelta entre los elementos exhumados.

Cada pieza fue tratada como fragmentos de una unidad arquitectónica con cualidades y valores propios que, al interactuar con los restantes, establecen nuevos valores en el conjunto. Esta consideración era esencial para asumir el escaso conocimiento existente sobre el mismo pues, aunque las excavaciones de los años setenta habían exhumado toda la superficie que ocupaba, no quedó concluida. Así, la valoración de sus lagunas dependía del conocimiento que pudiéramos obtener del resto de la *Nova Urbs* y su materialización a través de unas tipologías arquitectónicas determinadas. Por ello el sistema debía ser abierto, revisable, para

¹ El trabajo se desarrolló a través del contrato LOU 68/83 *Propuesta de planificación de actuaciones de conservación de edificios públicos y semipúblicos en el Conjunto Arqueológico de Itálica* (código 1189/2006). Equipo: V. Domínguez y F. Pinto, E. Morón y J. M. Guerrero, y R. Aguilar.

poder adaptarse a nuevas informaciones y las futuras visiones de esta misma “realidad”.

La estrategia de trabajo consistió en: identificar los elementos de esta realidad (inventario), establecer una valoración de esta (análisis) y proyectar estrategias para su conservación, mantenimiento, investigación y difusión (base de datos). Para ello se aplicó sobre esta “realidad” un sistema de relaciones basado en la topología —rama del conocimiento habitual en la arqueología—, la historiografía, el levantamiento gráfico, y el análisis arquitectónico.

En una primera etapa se elaboró un levantamiento topográfico en el que, en relación con la red existente de bases topográficas del conjunto, se identificaron puntos singulares de los elementos arquitectónicos conservados y otros del terreno para obtener su morfología, completándose con medios más tradicionales como cinta métrica y distanciómetro láser en la medición de los restos arqueológicos.

Una segunda etapa consistió en la elaboración de un inventario de los elementos pertenecientes al inmueble, tanto los conservados *in situ*, como aquellos documentados y alojados en museos, archivos y otras instituciones. Dicho inventario respondía a una caracterización o definición semántica de cada uno de los elementos, a través de categorías y tipos que hacían referencia a cuestiones formales, constructivas, patologías y grados de afección, que se cotejó con un tesoro patrimonial ya existente (García Gutiérrez 1998, Martín Pradas 2007). Todos estos elementos y términos identificados se trasladaron a cada entidad gráfica (punto, línea y área) localizados en capas en el levantamiento gráfico vectorial en CAD y a una hoja de cálculo que permitiera su posterior traslado a la base de datos (Fig. 4).

La etapa siguiente consistió en la determinación de las relaciones entre cada uno de los elementos antes mencionados. En este momento se elaboró la base de datos que debía permitir el acceso de información, la relación entre datos, así como la emisión de informes, listas de elementos y su estado y evolución, las relaciones establecidas entre ellos, etc. Se pretendió que este instrumento fuera a priori suficientemente autónomo, planteando como horizonte su convergencia con otros sistemas existentes o en desarrollo, que abordan ámbitos más amplios y complejos como los niveles territoriales, urbanos, cartas arqueológicas, el uso de herramientas SIG, o los por entonces emergentes BIM, experimentados previamente por miembros del equipo (Torres Luque et al. 2004).

La última etapa consistió en el diseño de una apariencia atractiva y accesible para el soporte informático de esta base de datos, de fácil uso y manejo. El sistema pretendía resolver las exigencias desde ámbitos

técnico, investigador, público, corporativo, etc., derivando en una diversificación del perfil de usuario según categorías (consulta básica, investigadores, conservadores-gestores) (Fig. 5)

El software elegido fue *Microsoft Access*, y se elaboraron protocolos para la documentación, introducción de datos, dispositivos de seguridad, de almacenamiento, etc. La experiencia concluyó con la creación de dos modelos digitales: un levantamiento gráfico vectorial georreferenciado y una base de datos. Ambos tenían como misión poner en práctica un registro sistemático, una estructura de elementos y categorías, así como facilitar la futura implementación en modelos digitales más avanzados. Con este primer paso se pudo evaluar el nivel de implicación de los usuarios y su aplicabilidad, contribuyendo a la digitalización de los procesos de gestión más básicos, que aún hoy en día sigue siendo una asignatura pendiente en los órganos de gestión del patrimonio en las administraciones públicas.

4.2 EL PLAN DIRECTOR

Como ya hemos mencionado, en el año 2008 se inició la elaboración del Plan Director del CAI, para lo que fue preciso disponer de una ingente cantidad de información, entre ella el diagnóstico del estado de conservación de todos los elementos del conjunto, para valorar y programar posibles acciones de conservación. Nuestro equipo recibió el encargo de realizar este diagnóstico y propuesta de acciones de conservación de los bienes inmuebles de toda la *Nova Urbs*². Contábamos con una información muy variada, dispersa y desorganizada del conjunto, con notables lagunas que impedían, por ejemplo, tener planimetría fiable de un número importante de estas edificaciones (Fig. 6).

Ante este reto, contábamos con la experiencia previa en la casa del mosaico de Neptuno. Para llegar al objetivo marcado de diagnóstico, era preciso contar antes con un soporte adecuado sobre el que poder registrar y cuantificar el estado de conservación. Era preciso disponer de herramientas que permitieran actualizar y mantener viva la ingente información que se iba a producir. Se diseñó para ello una estrategia consistente en: a) construir una base gráfica actualizable del conjunto, b) implementar un sistema con el que poder registrar y cuantificar elementos, problemas, grado de afección y nivel de urgencia, c) diseñar y volcar sobre ese mismo soporte una serie de acciones tipo que pudieran generalizarse al conjunto, siendo conscientes de que la actuación futura sobre cualquier elemento

² El trabajo se desarrolló a través del contrato LOU 68/83 *Elaboración de diagnóstico de bienes inmuebles del Conjunto Arqueológico de Itálica* (código OG-102/06). Equipo: F. Pinto, R. Angulo, M. Castellano, J. M. Guerrero y F. Pastor.

del conjunto llevaría consigo un proyecto arqueológico y de conservación específico.

En primer lugar, propusimos un sistema de referencia espacial que respondiera a la realidad del yacimiento, en este caso a la cuadrícula hipodámica, de tal forma que la localización de cualquier elemento tuviera, por sí, un significado, superando la consolidada denominación de cada manzana o vivienda en base a los más representativos mosaicos descubiertos en estas. De este modo, la lectura del conjunto urbano partía de su estructura organizada en *cardos* y *decumanos*, donde los denominados máximos se cruzaban en el *Traianeum*, dividiendo la ampliación adrianea en cuatro cuarteles (Pinto Puerto et al. 2011a) (Fig. 7).

A continuación, se recopiló y unificó en un modelo vectorial en CAD toda la documentación gráfica existente, que denominamos Base Gráfica (BG) (Pinto Puerto et al. 2010). Cada manzana estaba contenida en un archivo CAD, en el que se organizaba la información en un sistema de capas común, en base a las características constructivas de los elementos representados, lo cual permitía la edición en 2D de la información a distintos niveles de detalle, contenido y escalas. Los archivos estaban georreferenciados en base a un sistema general de coordenadas y se incluía como referencias externas en el archivo del conjunto completo. Este era el medio más demandado por el colectivo de profesionales que habitualmente interviene en el yacimiento, por lo que respondíamos a una demanda a corto plazo.

Cuando algunas de las manzanas carecían de levantamientos, se realizaron mediante captura fotogramétrica para así contar, al menos, con un modelo vectorial 3D que tuviera utilidad para futuros modelados paramétricos. Este levantamiento procuraba una mayor atención a lo arquitectónico, que en los topográficos anteriores adquirirían la condición de mero accidente del terreno. Para ello nos basamos en experiencias previas y coetáneas a nuestro trabajo (Navarro y Cabanes 2009, Mesa et al. 2009) (Fig. 8).

La siguiente etapa consistió en el registro gráfico y en tablas de varios factores determinantes para la conservación del conjunto: los problemas de conservación, su grado de afección y posibles acciones paliativas y de conservación, que denominamos DG. Esto requirió de un ejercicio de registro *in situ* y análisis a partir de la experiencia expuesta en el apartado anterior. Dada la complejidad espacial y volumétrica de los elementos estudiados, algunos contenedores de espacios cerrados o situados en el subsuelo, recurrimos a modelos digitales de información de edificios, los conocidos como BIM, por entonces incipientes en nuestro país y aplicados al ámbito de la arquitectura de nueva planta. En este momento recurrimos al software *Allplan* al que podíamos importar la información en CAD,

categorizar y cuantificar los factores anteriores y crear tablas de datos actualizables de forma automatizada (Pinto puerto et al. 2010).

Aunque la intención era abordar la tridimensionalidad de los elementos arquitectónicos, dado el plazo disponible se recurrió a una definición bidimensional de los factores registrados (Fig. 9).

Los recursos expuestos quedaron almacenados en el servidor institucional, para que fueran usados, siguiendo unos protocolos de uso para poder extraer la información existente y volcar otra nueva. La base gráfica (BG) bajo entornos CAD de acceso libre, y el diagnóstico y propuesta de intervención fue trasladado a la base gráfica mediante capas que recogían una foto fija del yacimiento en ese momento, pues el entorno BIM era inaccesible para la mayoría de los agentes implicados.

4.3 EL PASO A LA TRIDIMENSIONALIDAD. LA CASA DE HYLAS

Dada la magnitud del problema abordado, y la necesidad de respuesta a muy corto plazo, quedó pendiente explorar las posibilidades de modelos digitales tridimensionales. Uno de los miembros del equipo desarrolló como parte de su trabajo fin de doctorado entre 2009 y 2011, un ensayo sobre una de estas unidades arqueológicas, la denominada casa de Hylas.

El objetivo fue “*la evaluación del uso de un modelo de entidades masivas frente a otros tipos de entidades gráficas como base para un sistema de información y gestión, e indagar sobre las posibles técnicas de modelado capaces de generarla*” (Angulo Fornos 2012). La generación de objetos masivos requiere la identificación como tal de cada elemento constructivo (muro, columna, bóveda, una simple pieza de umbral, o una capa superficial con espesor conocido como es el caso de un mosaico), así como el propio terreno. Cada uno de estos elementos masivos es capaz de contener y proporcionar características dimensionales y propiedades físicas y materiales, actualizables y editables con facilidad (Fig. 10).

En este caso se trabajó con las opciones que permitía el software *Autocad Architecture*, basado en una plataforma de uso muy extendido, concebida bajo un entorno BIM, lo que permitía generar elementos paramétricos a partir de un levantamiento vectorial tridimensional del que ya disponíamos como resultado del apartado anterior.

Este software permitía además configurar una base de datos externa utilizando los programas *Open Database Connectivity* y *Ole DB* de Microsoft, pudiendo

utilizar datos procedentes de otras aplicaciones como aquellas que generan tablas o bases de datos como *Microsoft Acces*, *dBASE*, *Microsoft Excel*, *Oracle*, *Padox*, *Microsoft Virtual FoxPro* y Servidor SQL. De este modo, los dos elementos resultantes del trabajo descrito en la experiencia sobre Neptuno se encuentran aquí para generar un modelo BIM. Por otro lado, este modelo masivo permitía generar planimetría 2D en los sistemas tradicionales de representación, lo que facilitaría la gestión de las actuaciones arqueológicas, el registro de procesos de conservación, o la creación de proyectos arquitectónicos de consolidación, restauración y anástilosis.

4.4 MODELOS PARA EL APOYO AL ANÁLISIS E INTERVENCIÓN SOBRE ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS

Entre los años 2011 y 2018 se desarrollaron una serie de experiencias basadas en el uso de modelos digitales para el apoyo a los procesos de análisis de los restos y seguimiento de intervenciones arqueológicas: una propuesta de anástilosis de los restos del *frons scaenae* que se conservar esparcidos y desordenados en el pórtico *postscaenae* del teatro de Itálica (Pinto Puerto et al. 2011b, Pinto Puerto y Guerrero Vega 2012) (Fig. 11); el análisis constructivo de los fragmentos de fustes del *Traianeum* (Rodríguez Gutiérrez et al. 2016) (Fig. 12); el apoyo a las excavaciones del *hiposcaenium*, el *parascaenia* sur y las gradas del teatro de Itálica (Fig. 13).

Dado que muchos de estos trabajos han sido difundidos en publicaciones parciales, resumimos aquí lo que tienen en común en cuanto al uso de modelos digitales.

En todos se expresa una necesidad de control métrico y formal, ya que se trata de fragmentos o restos arqueológicos que deben ser interpretados dentro del conjunto al que pertenece. Esta necesidad de exactitud no estuvo tan presente en lo tratado hasta ahora —excepto en el caso del modelo de la casa de Hylas que se sitúa en un lugar intermedio— pues requerían de una escala de atención mucho mayor. En esta nueva escala de acercamiento se ha recurrido al uso de técnicas fotogramétricas. En concreto, se ha empleado un software de fotogrametría digital basado en motor de procesamiento SFM (*Structure From Motion*). El procesamiento de cada pieza ha producido nubes densas, y modelos de mallas trianguladas. Las texturas se han producido en compresión JPG con diversos niveles de resolución en función del tamaño del problema estudiado. Estos modelos se han procesado mediante software de visualización de modelos 3D que han permitido analizar la geometría de elementos como fustes, capiteles, cornisas, piezas de mármol, o elementos constructivos pétreos.

En alguno de estos casos se aplicó un software de ingeniería inversa, *Geomagic*, que permitió un conocimiento exhaustivo de las propiedades geométricas de cada pieza (diámetros, éntasis de columnas, proporciones, etc.), así como detalles constructivos que mostraban procesos históricos de reparaciones o reutilizaciones. Una vez obtenido los resultados de estas interpretaciones, se obtuvieron proyecciones cilíndricas ortogonales en forma de ortofotos con referencia de escala métrica, e incluso ensayos de impresión 3D de algunas de las piezas (Rodríguez Gutiérrez et al. 2016).

4.5 UN MODELO DIGITAL DE INFORMACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

A raíz de la revisión del Plan director en 2020, transcurridos diez años desde su presentación, se nos solicitó revisar la información entonces elaborada³. Pudimos comprobar la operatividad y aplicabilidad de los recursos digitales experimentados anteriormente, aprovechando la ocasión para proponer la revisión de los modelos, esto último a través de un proyecto de transferencia de conocimiento⁴. Los problemas a los que nos tuvimos que enfrentar en primer lugar surgieron en el propio ámbito de los modelos digitales usados: fue necesario realizar un trasvase de información desde el formato usado inicialmente (*Allplan*) a otro de uso más extendido en la actualidad (*Autodesk Revit*) y además durante los años transcurridos se había modificado a nivel nacional el sistema de coordenadas a utilizar⁵. Una vez solucionados estos problemas, la estrategia puesta en práctica se apoyó en la llevada a cabo en 2010, matizada y adaptada gracias a las experiencias desarrolladas entre ambas fechas. Una de estas adaptaciones ha sido la de estructurar en base a diversos niveles de complejidad, los objetivos particulares previstos en cada momento, y su capacidad de transferencia a los agentes implicados. A partir del trabajo de actualización del diagnóstico se ha propuesto una estructura de modelos digitales de información (Fig. 14).

³ Contrato menor de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, titulado “Actualización de la información sobre el estado de conservación de los inmuebles del Conjunto Arqueológico de Itálica” con expediente CCUL-123-2020 CONTR 2020/547397.

⁴ Proyecto titulado “Desarrollo de modelos BIM HBIM SIG aplicados al conocimiento, conservación, difusión y gestión del patrimonio cultural arquitectónico”, dentro del marco de Proyecto Singulares de actuación de transferencia de conocimiento y cooperación entre empresas y centros de investigación. RIS3 Andalucía. Andalucía Tech (Código CEI-10-HUM799).

⁵ El R.D. 1071/2007, de 27 de julio, adoptó el Sistema de Referencia Geodésico ETRS89, como sistema de referencia geodésico oficial en España y establecía la obligatoriedad de su uso a partir de 2012.

En un primer nivel estaría el modelo vectorial en CAD elaborado en 2010, que seguía activo y vigente, verificándose su uso frecuente en las campañas de excavación realizadas en estos últimos años. En el nivel superior, se encontraría el modelo BIM ensayado ya en la Casa de Hylas con anterioridad (Fig. 15). El modelo se ha trasladado a *Autodesk Revit* con información vinculada a los diferentes elementos arqueológicos conservados, permitiendo registrar información relacionada con una escala reducida.

Además, se ha diseñado la conexión de este modelo HBIM con una aplicación de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO). Esta aplicación permitiría determinar qué elementos de todos los contenidos en el yacimiento requieren de esta gestión desde diferentes perfiles de usuarios, documentación, incidencias, así como las actuaciones periódicas a llevar a cabo relacionadas con la conservación preventiva.

En un nivel intermedio incluimos los modelos digitales de información SIG y BIM, relacionados a su vez con los dos anteriores. Los modelos SIG permiten gestionar información bidimensional que facilitan la elaboración de análisis e informes, empleándose en nuestro caso la herramienta QGIS. Mientras que los modelos HBIM ofrecen la posibilidad de profundizar en la comprensión espacial del conjunto, la topografía, la volumetría de los restos arquitectónicos existentes, o restituciones gráficas. Entendemos estos modelos como un lugar de relación geométrica y análisis predictivos, en los que, al igual que en el anterior vectorial, la estructura física de la realidad se categoriza en base a la distinta naturaleza de los componentes, desarrollando una organización semántica en distintas capas de información o familias.

Ambos modelos SIG y HBIM, han sido usados para la actualización del diagnóstico del estado de conservación de los bienes inmuebles en el marco de la revisión del Plan director del CAI, intentando aprovechar las posibilidades que cada uno ofrece y contrastar sus capacidades. La interoperabilidad completa entre estos dos tipos de plataformas no está garantizada hoy día, pues aún implican procesos complejos. Por ello, sólo una parte muy concreta de la información, geométrica y semántica, ha sido exportada de un sistema a otro. La pertinencia de la combinación de ambos modelos se ha verificado en dos ensayos de gestión de complejidad muy distinta: los mosaicos y las tareas de desbroce de vegetación:

Los primeros requieren un trabajo detallado y minucioso de conservación preventiva constante y costoso, dada la exposición de estas piezas a la intemperie. Se han modelado añadiendo una serie de campos de información relacionados con su descripción material a partir del trabajo de diagnóstico general de estos elementos desarrollado por el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico en el marco de la redacción del

plan director (IAPH 2021), permitiendo asociarlos a las intervenciones de conservación preventiva desarrolladas (Fig. 16 y 17).

Los segundos afectan a trabajos más ligeros sobre una extensa superficie de reserva arqueológica, es decir, terreno aún sin excavar y zonas de borde del yacimiento que es preciso mantener de forma cotidiana. En este caso se ha empleado el modelo SIG para realizar análisis en base a la pendiente de terreno y la proximidad a restos arqueológicos exhumados distinguiendo en el modelo las zonas donde sería posible el uso de maquinaria y aquellas donde habría que realizar estas tareas de forma manual (Fig. 18 y 19).

5. CONCLUSIONES

En cada uno de estos niveles de complejidad, la incorporación de nuevos elementos o datos al modelo digital de información debería pasar por un proceso de ajuste a cada uno de estos niveles antes expuestos. Así, no toda información estaría en todos los estratos o capas, sólo aquella que fuera necesaria para los objetivos marcados. En el nivel más básico es necesario realizar una síntesis de la información generada que debe ser trasvasada para su actualización. Para ello son interesantes también las posibilidades de conexión entre modelos BIM, de escala arquitectónica y modelos SIG de escala territorial, teniendo presente que en Itálica la frontera entre estos ámbitos es difusa y pueden solaparse. Mientras los niveles inferiores son útiles para gestionar información relativa al mantenimiento cotidiano del conjunto, los superiores son óptimas para trabajos puntuales de profundización como los expuestos en el apartado 4.4.

No toda la información que surge de una prospección arqueológica, una intervención de restauración de un mosaico o la consolidación de un elemento constructivo pasa al nivel inferior, donde se requieren datos más generales y sintéticos que permitan trabajos recurrentes.

El proceso de construcción de los diferentes modelos vendría determinado por las diferentes necesidades y los objetivos perseguidos en cada caso, constituyendo además un medio para el diálogo y acuerdo entre los diferentes agentes y disciplinas implicadas en la gestión y conocimiento del conjunto arqueológico. La importancia, por tanto, no reside únicamente en el resultado final, siempre susceptible de mejoras y abierto a constantes variaciones en el propio proceso. Los modelos deberían adaptarse a las posibilidades de acceso y uso de los usuarios implicados. Por ejemplo, la base gráfica en un entorno CAD, muy extendido hoy día en el ámbito de la arquitectura y la arqueología, repercutiría en la capacidad de transferencia de la investigación, mientras los sistemas SIG permiten

trabajar con una mayor extensión. Por otro lado, los modelos HBIM permiten análisis pormenorizados, registros de intervenciones o posibles anastilosis que permitan la musealización de los restos.

AGRADECIMIENTOS

Esta aportación ha sido financiada por Fondos Europeos de Desarrollo Regional y la Junta de Andalucía, a través del proyecto CEI-10-HUM799, en el marco de proyectos singulares de actuaciones de transferencia en los Campus de Excelencia en las áreas de la Estrategia de Investigación e Innovación (RIS3), dentro del proyecto global de la Universidad de Sevilla Ecosistema Innovador con Inteligencia Artificial para Andalucía 2025. Agradecemos la colaboración a la dirección del Conjunto Arqueológico de Itálica.