

## GRAPHIC ANALYSIS OF THE CONSTRUCTIONAL EVOLUTION OF THE CARMONA ALCÁZAR WITH AN HBIM MODEL

Inmaculada León Fernández <sup>a1</sup>, Manuel Castellano Román <sup>a2\*</sup>

<sup>a</sup> Architectural Graphic Expression Department, University of Seville, Spain.  
<sup>a1</sup>inmaleonfernandez@gmail.com, <sup>a2</sup>manuelcr@us.es

### Abstract

The Alcázar de Arriba of Carmona is a 10th-century fortress of Islamic origin that underwent continuous alterations in subsequent periods, reaching its greatest splendour during the Late Medieval Christian period under the reign of Peter I. At present, it survives in a state of ruin as a result of its historical development; however, thanks to the analysis of archaeological interventions carried out at the site and to the geometric documentation produced by other researchers, it is possible to propose a hypothesis regarding its original configuration and its constructional evolution. The objective of this study is to provide a diachronic graphic interpretation of this evolution through the generation of an HBIM model capable of integrating the available knowledge about the building and graphically grading the level of uncertainty associated with the proposed hypotheses.

**Keywords:** Architectural Heritage; Defensive Architecture; Architectural Analysis; HBIM.

### Resumen

El Alcázar de Arriba de Carmona, también conocido como Alcázar del Rey Don Pedro, es una fortaleza con orígenes musulmanes del siglo X, que fue sometido a continuas reformas en las etapas posteriores, alcanzado su máximo esplendor en la época bajomedieval cristiana durante el reinado de Pedro I. Actualmente se encuentra en un estado de ruina fruto de su devenir histórico, pero gracias a los análisis de las intervenciones arqueológicas realizadas y a los trabajos de documentación geométrica desarrollados por otros investigadores, se puede plantear una hipótesis de su estado original y su evolución constructiva, lo que constituye el objetivo de la investigación. Para ello se lleva a cabo la elaboración de un modelo HBIM del conjunto, que ha permitido ofrecer una lectura gráfica de su evolución constructiva.

**Palabras clave:** Patrimonio arquitectónico; Arquitectura Defensiva; Análisis Arquitectónico; HBIM.

**How to cite this article:** León Fernández, I., & Castellano Román, M. (2026). Graphic analysis of the constructional evolution of the Carmona Alcázar with an HBIM model. *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, (24), e24854. <https://doi.org/10.4995/ege.2026.24854>

## 1. INTRODUCTION

The rich heritage of Carmona has made the municipality a recurrent focus of study for numerous researchers. This has resulted in the availability of an extensive body of information about the city and about the case study addressed in this work: the Alcázar de Arriba, whose analysis centres on the graphic interpretation of its constructional evolution through a Heritage Building Information Modelling (HBIM) model.

Sources relating to the Alcázar de Arriba have been identified dating back to the 16th century, specifically a document assessing repair works to the fortress prepared following an inspection carried out by alarifes (master builders) in 1592. The inventory of damage recorded in this document provides an insight into the organisation and development of the building's spaces. This text has been located thanks to its inclusion as an appendix in an article by A. Almagro and J. Maier Allende (2014, pp. 27–35), which will be discussed later.

In the 19th century, several events provided further information about the fortress. Firstly, in 1882 an archaeological intervention was carried out within the Alcázar enclosure by the Sociedad Arqueológica de Carmona (S.A.C.). This initiative led to the preparation of the first recorded planimetric survey of the building, produced in 1886 by Jorge Bonsor. In the same year, Manuel Fernández y López published the book *Historia de la ciudad de Carmona desde los tiempos más remotos hasta el reinado de Carlos I* (History of the city of Carmona from ancient times to the reign of Charles I), in which he devoted a chapter to the Alcázar de Arriba (Fernández y López, 1886, pp. 281–291).

Historical iconography also provides relevant information about the building. Such is the case of a watercolour of the Alcázar painted by David Roberts in 1833 (Fig. 1), which offers an interpretation of the monument that helps to understand the relationship and proportions of the elements that compose it.

More recent in time is the archaeological intervention carried out between 2008 and 2009 by the Ánfora group. The results of this intervention have been fundamental for the evolutionary study of the complex, both those recorded in the campaign report itself – particularly through the analysis of elevations

it includes (Guerrero, 2009, pp. 147–194) – and those synthesised in the Master Plan for the Alcázar. Of particular relevance in this document are the planimetric survey of the standing remains and the photographic documentation of the archaeological findings, which makes it possible to identify existing vestiges that remain hidden from view (PDA, pp. 44–68)<sup>1</sup>.

Based on a similar documentary foundation to this Master Plan, the study by O. Guerrero, *El Alcázar de Arriba de Carmona: metodología de estudios arqueológicos durante el proceso de obra de restauración/conservación*, has also been considered. In relation to the subject addressed in this research, it provides a historical and functional approach to the complex (Guerrero, 2017, pp. 11–22).

The contributions of the architect Antonio Almagro and the archaeologist Jorge Maier Allende should also be acknowledged. In 2014 they published the aforementioned article on the fortress entitled *El Alcázar de Carmona y su Sala de los Reyes*. Particularly noteworthy is their description of the building, in which they examine individually each of the areas that compose it: the outer enclosure, the inner enclosure, and the royal residence (Almagro & Maier Allende, 2014, pp. 2–15). Likewise, at the end of the article a series of plans of the complex are included, among which can be found a hypothetical ground plan of the original state, a west elevation of the complex based on the watercolour by David Roberts, and a section of the palace entrance block (Almagro & Maier Allende, 2014, pp. 45, 46, 51, 57, 59).

In addition to the archaeological and historical studies carried out on the Alcázar, the documentation can also incorporate the architectural intervention proposal drafted in 2010 by Ventura Galera Navarro. The planimetric material included in this project has also proved highly useful, as it identifies the standing remains in contrast with the hypothetical original layout.

The strategy adopted for the graphic analysis of the constructional evolution of the Alcázar is based on the development of an HBIM model. This concept encompasses a set of resources and processes that integrate the disciplinary tradition of architectural survey with advances in

<sup>1</sup> PDA: Plan Director del Alcázar del Rey don Pedro I, 2011. Its drafting team is composed by Pablo Diáñez Rubio, Olga Guerrero Chamero, Paula Alcalde Macua, Alejandra Echevarría Sánchez.



Fig. 1. Watercolour of the Alcázar, 1833 by David Roberts. Victoria and Albert Museum. Source: Almagro & Maier Allende (2014).

graphic information management technologies, enabling the creation of models that function as graphical databases containing both geometric and alphanumeric information. These capabilities make HBIM a particularly valuable tool for the management of architectural heritage, understood as the set of actions involving identification, research and knowledge production, protection, and dissemination aimed at the preservation of cultural assets. In recent years, scholarly publications on HBIM have experienced significant growth, both from the perspective of conceptual and methodological discussion and through the analysis of case studies (Banfi and Liu, 2026).

In this article, the HBIM model developed is intended to support the graphic analysis of the building's constructional evolution and is therefore primarily oriented toward the generation of knowledge about it. Nevertheless, the HBIM model operates as an open framework, allowing the reuse of its information for other heritage-related purposes. In this regard, it incorporates what are known as BIM Levels of Development (LOD), or Levels of Knowledge in their heritage-oriented HBIM application (Castellano and Pinto, 2019).

## 2. OBJECTIVES

This article aims, on the one hand, to carry out an interpretation of the spatial organisation and functioning of the fortification, proposing a hypothesis of the complete configuration of the complex. To this end, the precincts that compose it are analysed, their constituent elements are identified, and the materiality of the structures is determined.

On the other hand, the study seeks to achieve an understanding of the constructional evolution of the complex, recording the appearance, modification, and disappearance of each of its elements in order to propose the hypothetical state of the Alcázar in each of the identified historical phases. Following this approach, the research also aims to identify which elements have survived to the present day, detecting both their standing remains and those that remain buried.

Based on these premises – the spatial hypothesis and the evolutionary hypothesis – the principal objective is the generation of an HBIM model of the heritage building, capable of synthesising the constructional evolution of the complex and managing the information associated with it.

## 3. METHODOLOGY

The development of this study involves a series of interrelated processes ranging from the collection of documentary sources and fieldwork to the analysis of the documentation and the building itself, as well as the production of the HBIM model and the graphic material derived from it. More specifically, the following processes can be distinguished.

A first stage consists of the collection of information from written, oral and graphic sources:

- Documentary compilation, including bibliographic, planimetric and photographic material, drawing on sources from both the architectural and archaeological fields.

- Fieldwork, carried out through visits to the site under study. This task enabled the visual inspection of the complex, facilitating an understanding of its spatial organisation; the photographic recording of the standing structures, which supports some of the proposed hypotheses; and the collection of oral testimonies from the municipal archaeologist, which complement the information gathered on the Alcázar.

A second phase involves the management and analysis of the data obtained in the previous stages:

- The preparation of a historical analysis, including the selection and chronological organisation of the most significant events associated with the Alcázar de Arriba.
- The development of an architectural–archaeological analysis through the identification of the different structures that compose the Alcázar and the articulation between them.
- Following these preliminary analyses, a constructional and evolutionary analysis is undertaken. In addition to associating the materiality of the elements that make up the Alcázar, this analysis records their phases of construction and destruction.

A final stage consists of the synthesis of the analysis through graphic representation:

- Production of a base set of plans derived from the results obtained, using AutoCAD 2020.
- Generation of an HBIM model using Revit 2024. This model constitutes a synthesis of the research carried out, incorporating information such as formal analysis, material characterisation, evolutionary phases and the level of certainty associated with each element.

This sequence of actions was not strictly linear; rather, the different stages interacted continuously. As the model was progressively developed, aspects of the analysis became clearer and new research questions emerged that required further investigation. This process led to the reworking of the analytical framework and the adoption of new modelling decisions through an iterative process.

#### 4. ENCLOSURE DESCRIPTION

A schematic description of the Alcázar complex is presented below in order to clarify its overall spatial structure. In its most complete state, during the Early Modern period, the complex consisted of an outer walled enclosure with an artillery tower located at its north-western corner and accessed from the west through the Puerta del Cuerpo de Guardia (Gate of the Guardhouse). At present, the Parador Nacional occupies the south-eastern area of the complex. Beyond this first enclosure lies an inner precinct, entered from the south through the Puerta de la Piedad (Gate of the Piety). Finally, a palatial precinct is located near the north-eastern corner of the inner enclosure, together with a series of service rooms attached to the curtain walls, which define two courtyards. The planimetric survey of the complex is included below, indicating the designation of each of its constituent elements in order to facilitate their identification in the subsequent evolutionary analyses (Figs. 2 and 3).

#### 5. ARCHITECTURAL ANALYSIS AND HBIM MODEL GENERATION

On the basis of the previously described references, the constructional evolution of the complex is analysed while simultaneously explaining the modelling process, justifying the decisions adopted for its development. To this end, six phases have been established as a result of the analysis of the sources referenced in the text.

Firstly, a new planimetric survey was produced using the plans by Antonio Almagro and Ventura Galera as references, as these propose a hypothesis of the original configuration of the complex. This information was subsequently verified against the planimetry of the standing remains included in the Master Plan. For the vertical dimensions, reference was made to the elevation drawing by Antonio Almagro, based on a watercolour painted by David Roberts in 1833. The Alcázar forms part of the urban defensive wall and, as such, the obtained dimensions were checked against those of the city wall cited in the book by Alfonso Jiménez, *La Puerta de Sevilla en Carmona*: 7.50 m and 13.20 m in height and 2 m in thickness, with evidence that it originally included an *adarve* (wall-walk) and battlements

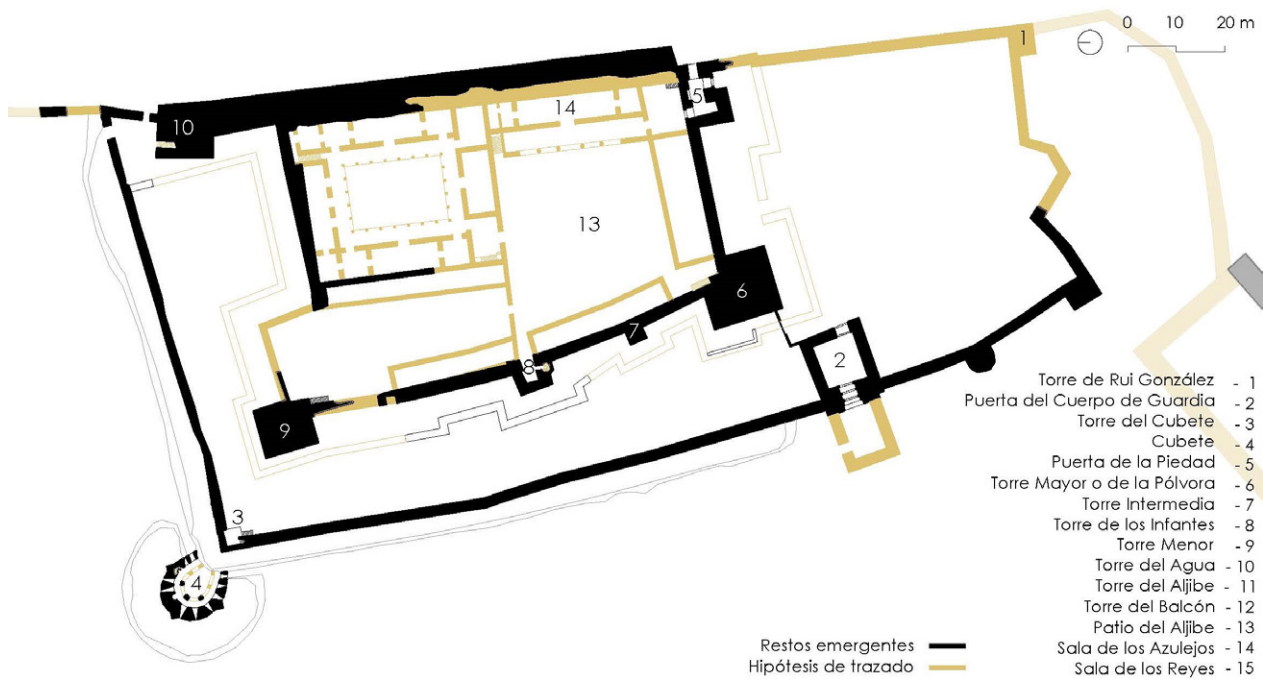


Fig. 2. Ground floor plan of the Alcázar. Source: the authors.

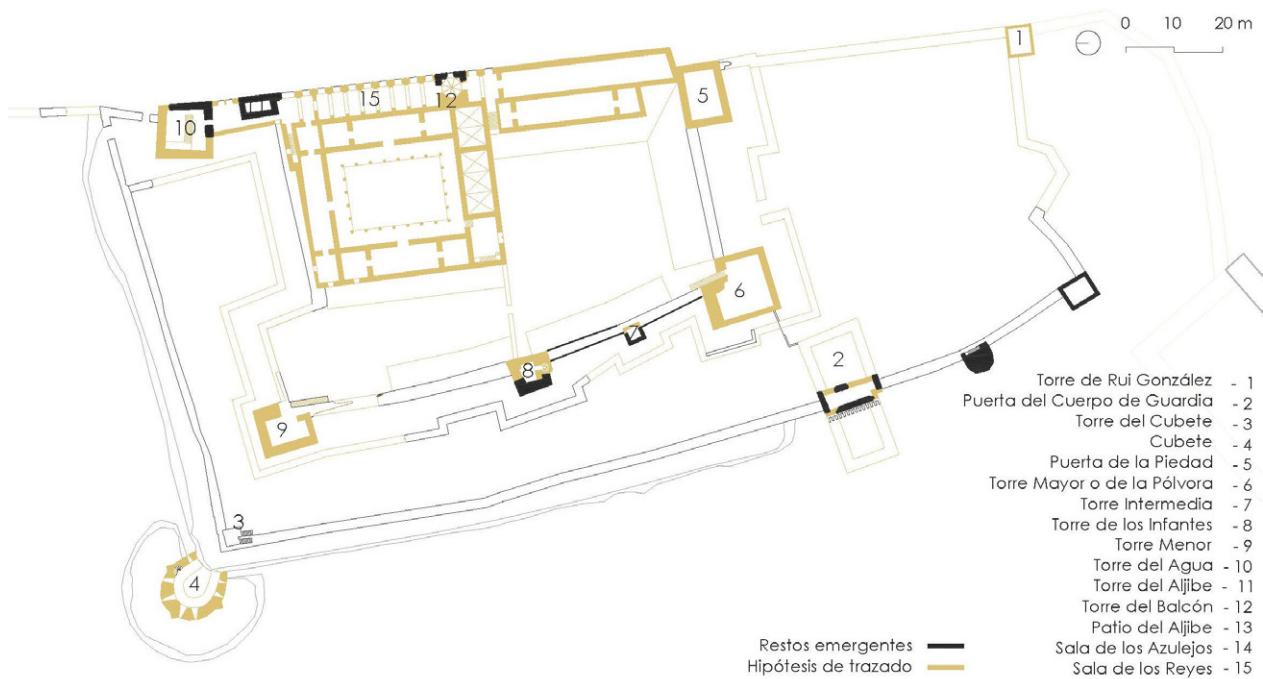


Fig. 3. Upper floor plan of the Alcázar. Source: the authors.

(Jiménez Martín, 1989, p. 27). Accordingly, wall heights of 8.50 m for the outer enclosure and 12 m for the inner enclosure have been adopted, including parapets and battlements, and wall thicknesses ranging between 1.5 m and 2 m depending on the section.

The placement of the battlements along the walls is also supported by the current presence of

several merlons in the southern section of the outer western curtain wall. Regarding their presence on the towers, reference is made to the comments of the master builders in the 1592 inspection report, which mention the need to repair the battlements on some of them (Almagro & Maier Allende, 2014, pp. 32–33).

For the generation of the model, the construction categories defined within the software were used, with particular emphasis on structural walls, either through the programme's basic parameters or through generic modelling in cases involving more irregular geometries.

The modelling of lost architectural elements required the management of the degree of certainty associated with the available information, including evidence of their existence, their position, their geometry and dimensions, and their material characterisation. To graphically represent the degree of uncertainty associated with the elements of the model, a transparency parameter has been introduced to enable their visual recognition.

Likewise, the model incorporates a colour-coding system to distinguish the basic material composition of the complex: rammed-earth construction, highlighted in brown, and stone masonry, highlighted in grey.

The following sections distinguish each of the historical phases and the specific conditions applied in their modelling.

### 5.1 PREVIOUS PHASE

Prior to the construction of the Alcázar, archaeological investigations have identified remains unrelated to the defensive complex itself, dating from the late prehistoric period to the Roman era, with evidence of human presence in the surrounding area since the Bronze Age.

These findings are not represented in the model. However, as a pre-existing state, the terrain

is modelled, for which a topographic solid is generated based on contour lines imported from CAD. Subsequently, the void corresponding to the moat is created. This is modelled as a void form and subtracted from the terrain, although it is not activated as visible until the Christian period, when it was constructed.

This representation is shown at a smaller scale than the rest of the views in order to facilitate an understanding of the general topography on which the building is situated. A simplified volume is used to indicate the area occupied by the Alcázar, allowing a comparative reading with the rest of the images presented at different scales (Fig. 4).

### 5.2 CALIPHAL MEDIEVAL PHASE (10<sup>TH</sup>-11<sup>TH</sup> CENTURIES)

The foundation of the Alcázar is dated to this period. At that time, the complex appears to have consisted only of the walled perimeter of the inner enclosure and a palatial precinct, about which very little information is available.

With regard to this palace, archaeological investigations have found very limited material evidence. However, historical documentation records that governors of the Cora of Carmona and later of the Taifa resided in this Alcázar, suggesting that a palatial complex already existed during this period (Guerrero, 2017, p. 16).

As for the walled enclosure, archaeological evidence clearly confirms its Caliphal origins. On the one hand, an initial construction phase can be identified in the lower levels of the Mayor (Major), Menor (Minor), Agua (Water) and Intermedia (Intermediate) towers, corresponding to this

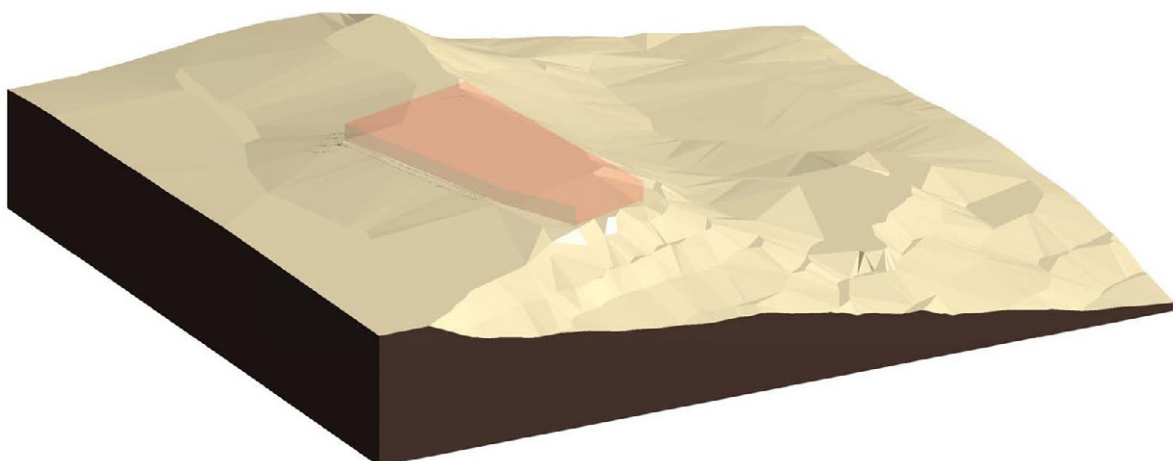


Fig. 4. HBIM model. Preliminary phase. Source: the authors.



Fig. 5. North wall and Torre Menor meeting, currently hidden. PDA (2011).

period. These structures are built of rectangular calcarenite ashlar blocks laid in isodomic courses, bonded with lime mortar. Using a similar masonry technique, several wall structures have been identified – particularly along the eastern, western and northern sides – which also appear to be structurally bonded with the towers at several points (Fig. 5).

The Gate of the Piety also presents a construction system of ashlar masonry laid in isodomic courses, which probably places its origin within this period, although it underwent later remodellings in subsequent phases (Guerrero, 2009, p. 157). Furthermore, ceramic fragments dating to these centuries have been identified within the rammed-earth fabric of some walls, as is also the case in the Patio de los Aljibes (Courtyard of the Cisterns) and in the wall-walk of the eastern curtain wall (PDA, p. 49).

The Torre de los Infantes (Infants' Tower) displays a structure that differs considerably from a typical Islamic-period tower, as it is hollow rather than solid, unlike the other towers associated with this phase. Nevertheless, archaeological investigations suggest the probable pre-existence of an earlier structure at this location.

The Torre del Balcón (Balcony Tower) presents a structural configuration corresponding to the

Christian medieval period (PDA, p. 56). However, it is likely that this represents a substantial remodelling of an original Islamic tower, aligned with its counterpart on the western curtain wall, the Torre de los Infantes (Guerrero, 2009, p. 155).

Taking all this into account, in this phase the inner walled enclosure is modelled, consisting at this stage of the curtain walls and seven towers, which – except for the tower associated with the Puerta de la Piedad – are solid cores. As there is currently no evidence confirming the presence of parapets or battlements during this period, these elements have been excluded from the representation in the model.

The transparency parameter is activated for the following elements: the Torre de los Infantes and the Torre del Balcón, whose existence is inferred but whose exact layout is unknown; the upper sections of the towers, for which there is no surviving material evidence from this period, although it is assumed that they could not have had such a reduced height. Consequently, a height similar to that of the rest of the wall built with the same material as their bases has been proposed. Transparency is also applied to the residential area, where only the foundation remains of a wall have been identified, running parallel to the current western enclosure wall of the palace. These remains have been dated to the Almohad period, yet it is reasonable to assume – and this is supported by historiography – that a palatial complex already existed during the 10th–11th centuries. Finally, transparency is assigned to a service wing in the courtyard. Although its existence is documented from the Christian period onwards, buried wall remains dating to the Caliphal and Almohad periods have been identified in this area (Fig. 6).

### 5.3 ALMOHAD MEDIEVAL PHASE (12<sup>TH</sup>–13<sup>TH</sup> CENTURIES)

During this period the fortification continued to consist solely of the inner walled enclosure, whose defensive capacity was reinforced through the incorporation of a barbican wall built in rammed earth with a masonry base. This structure is attributed to this phase on the basis of ceramic fragments discovered in archaeological test pits.

During this stage, alterations and heightenings were probably carried out on the Caliphal walled

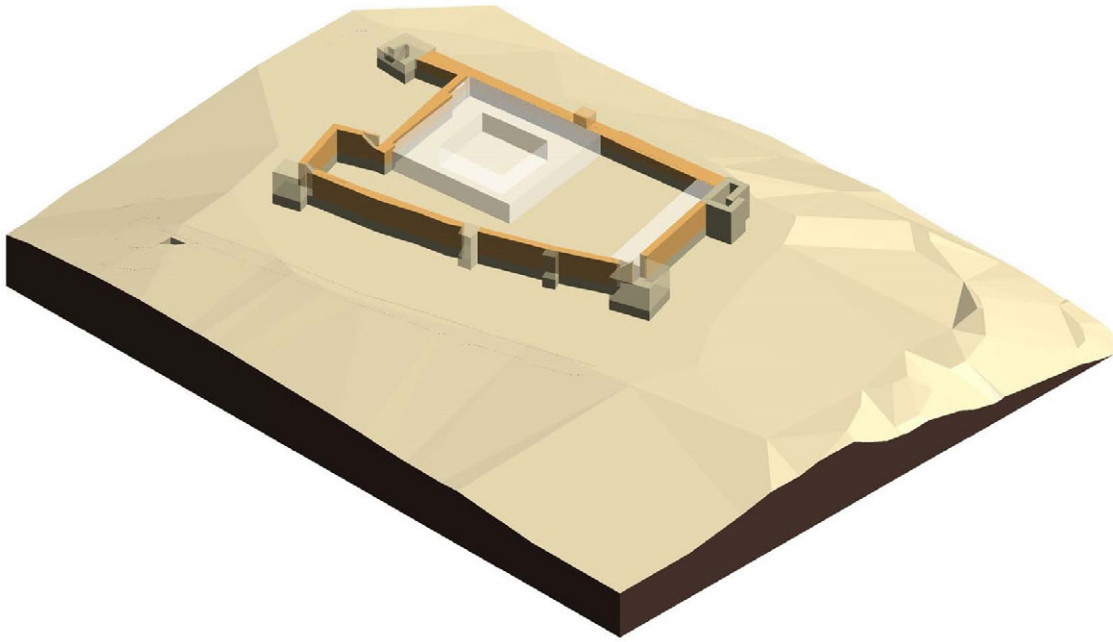


Fig. 6. HBIM model. Caliphal medieval phase. Source: the authors.

enclosure, as suggested by the discovery of stratigraphic layers dated to these centuries. One visible development is the addition of rammed-earth elevations to the Mayor, Menor, Agua and possibly Intermedia (Intermediate) towers.

For this period, the possible existence of an initial moat defending the Islamic fortress has been proposed, although this hypothesis remains uncertain. The proposal is based on the discovery of a cut in the terrain with a depth of 2.20 m at the north-eastern corner of the enclosure, which may be related to the northern access gate (PDA, p. 52; Guerrero, 2009, p. 149), possibly associated with the barbican walls.

With regard to the Muslim palatial complex, no additional visible remains have been identified beyond the wall fragments mentioned above (Fig. 7). The available evidence suggests that it would have been composed of walls similar to those of the walled enclosure, with an ashlar masonry base and a rammed-earth elevation.

In the model, the barbican wall is incorporated and, at its north-eastern corner, the Puerta Norte (Northern Gate) providing access to the enclosure is added. Two openings are represented in this structure, based on the currently visible remains and the archaeological evidence confirming its previous existence: a main opening in the northern wall and a secondary one in the eastern wall.



Fig. 7. Base of a wall from the possible Moorish palace. PDA (2011).

In addition to this incorporation, the tower elevations previously represented with transparency are rendered opaque and assigned a new material, reflecting the construction phase attributed to this period (Fig. 8).

#### 5.4 CHRISTIAN MEDIEVAL PHASE (13<sup>TH</sup>-15<sup>TH</sup> CENTURIES)

During the reign of Peter I, the Alcázar underwent a significant development, representing the peak of its historical evolution, which has also led to it being known as the Alcázar of King Peter.

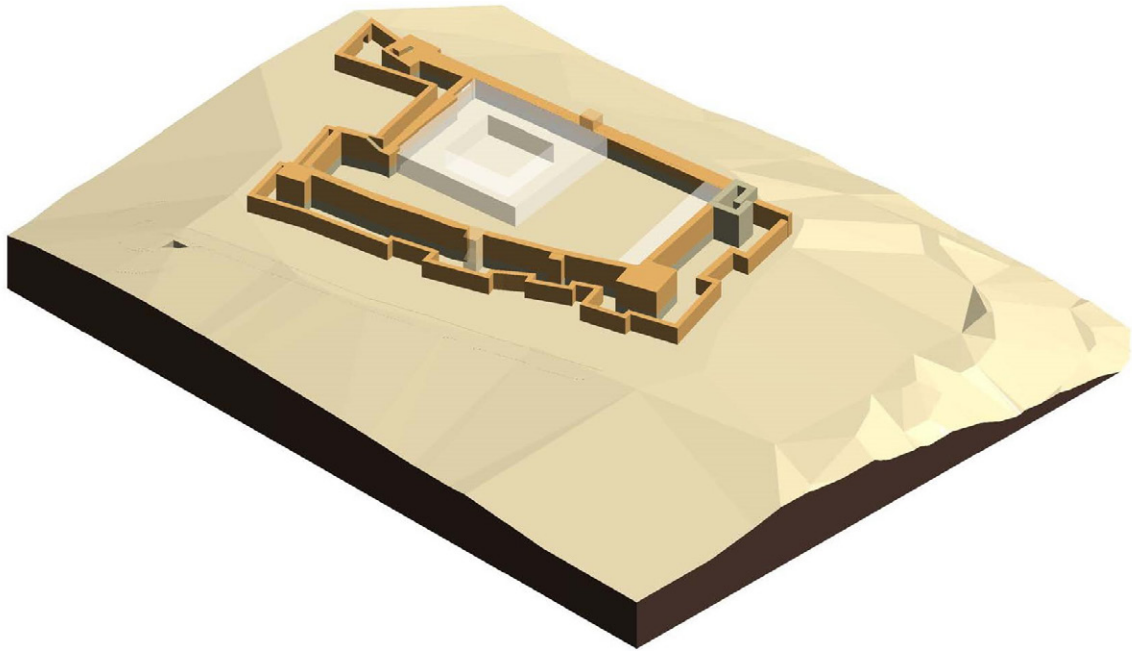


Fig. 8. HBIM model. Almohad medieval phase. Source: the authors.

From this historical period dates the Christian palatial residence, for which documentary and archaeological information is available and which is therefore represented in the HBIM model. Archaeological excavations have revealed the traces of several walls, making it possible to identify some of the rooms that formed part of the palace complex (Fig. 9).

Evidence for the existence of two storeys is also provided by the remains of the western wall of the palace, where traces of the beam sockets of the floor structure that once separated the storeys can be observed. Above these, remains of plaster rendering are also visible (Fig. 10). Remains of paving have also been identified in the central

courtyard, the ambulatory, and around the Patio de los Aljibes.

In addition to the construction of the palace complex, during this period the fortification was completed with the addition of the outer fortified enclosure, and its defensive system was strengthened through the excavation of a moat along the northern and western sides of the fortress. At the north-western corner of the



Fig. 9. Aerial view of the palace area. PDA (2011)



Fig. 10. Palace wall with wall ties and plaster. PDA (2011)

outer wall, the remains that survive today of a flush tower appear somewhat anomalous as the original solution. Furthermore, a lack of bonding between this structure and the adjacent wall has been detected, suggesting that it may originally have been a larger projecting element that was later modified.

At the same time, the existing defensive structures were also reinforced. On the one hand, a heightening in ashlar masonry was added to the eastern curtain wall, and it is likely that the Torre del Aljibe and the Torre del Balcón were constructed above it (PDA, p. 56). On the other hand, the Mayor and Menor towers were reinforced with a masonry envelope faced with ashlar blocks (Fig. 11). It is also probable that, at this time, an additional storey was added, containing an interior chamber.

The Torre del Agua underwent similar alterations, although these are dated to the subsequent period. However, the possibility of the addition of an extra storey during this phase is proposed, since with the incorporation of the upper section of the eastern curtain wall, as explained below, it is reasonable to assume that this tower would also have experienced an increase in height. Otherwise, it would have remained at a lower level than the rest of the wall section. Research also suggests that the Puerta de la Piedad underwent



Fig. 11. Overlapping rammed earth and ashlar blocks with plaster between them. Source: the authors.

a major remodelling during this period, possibly including the addition of a second storey.

On the eastern wall, in what was once the Sala de los Reyes (Hall of Kings), a parapet, the springings of the balconies characteristic of this gallery, and the remains of a possible antechamber have been identified. These elements have been dated between the 14<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> centuries, although it is unclear whether they correspond to the original construction or merely to its latest remodelling.

From this point onwards, the HBIM model acquires a much more complete configuration, for two reasons: the historical developments that took place during this period and the greater amount of information available for its reconstruction.

Accordingly, the inner enclosure is modified and the outer walled enclosure is introduced into the model. Although numerous remains survive that allow the general layout of this outer enclosure to be reconstructed, certain elements have required hypothetical interpretation, which is represented using transparency. These include the Torre del Cubete (Cubete Tower), modelled according to the hypothesis of a projecting tower, as discussed previously; the now-vanished tower known as the Torre de Rui González (Rui González Tower), represented following the same pattern as the tower at the south-western corner, due to the similarity in plan observed in the Bonsor drawing; and the barbican of the Guardhouse, together with the position of its gate, which has been placed on the northern side, following the defensive logic of a bent entrance. Attached to this outer enclosure, the moat also becomes visible in this phase.

Both the inner and outer walled enclosures are represented from this stage onwards with parapets and battlements, based on the evidence previously discussed.

With regard to the palatial area, the 1592 document together with the archaeological evidence suggests the existence of a two-storey structure, whose upper floor does not extend across the entire footprint of the building. In the southern wing, this level includes a terrace. For the remaining wings, and in the absence of more precise information, two storeys are assumed, with a pitched tiled roof covering the upper level. In accordance with these conclusions, a section of the entrance block drawn by A. Almagro has been used as a generic reference section for the development of the survey of the remainder

of the building, given its similarity to the volume described. Through this section, the vertical dimensions of the palace have been established.

Regarding the perimeter galleries of the courtyard, these have been modelled with semicircular arches supported by marble columns, following the descriptions provided by Fernández y López (1886, p. 284). For their roofing at the upper level, a pitched tiled roof has been adopted, consistent with the rest of the palace complex.

Continuing with the spaces located above the eastern curtain wall, the Sala de los Reyes has been modelled. The position of its balconies has been determined thanks to the visible springings that survive today. Its height has been established in relation to the height of the palace, allowing it to slightly surpass the tiled roof, reaching a total height of 8.30 m, which is plausible given the presence of a vault in its interior (Almagro & Maier Allende, 2014, p. 15).

Turning to the Patio de los Aljibes, the presence of rooms attached along its perimeter can be identified. Their material character, consisting of brick walling and tiled roofs, is deduced from the descriptions provided by the master builders. Although no specific information is available regarding their height, once the ceiling height of the lower storey of the palace has been fixed at 5.30 m, a reasonable proportion has been established on this basis, assigning a height of

5 m at the highest point and 3.50 m at the lowest. In the area of the Sala de los Azulejos (Tiled Room), a greater height has been proposed for two reasons: the presence of staircases leading to upper floors, and the existence of arches in the gallery bay, which require a greater vertical clearance for their geometry. As for this arcade, it has been modelled with five semicircular arches supported by stone columns, following the description provided by Fernández y López (1886, pp. 282–283) (Fig. 12).

## 5.5 EARLY MODERN PHASE (15<sup>TH</sup>–16<sup>TH</sup> CENTURIES)

A new stage can be identified in the last quarter of the fifteenth century, following the transfer of the fortress to the Catholic Monarchs in 1478 (PDA, p. 57). As a result of this event, the Alcázar underwent several transformations, most of which were aimed at improving its defensive and artillery capabilities and adapting the structure to the new pyrotechnical and ballistic advances of the period.

On the walls of the outer enclosure, loopholes have been identified displaying two different geometries: vertical slit loopholes and keyhole-shaped loopholes. Research suggests that the former correspond to the original openings associated with the Christian period whereas during this period several of them were modified

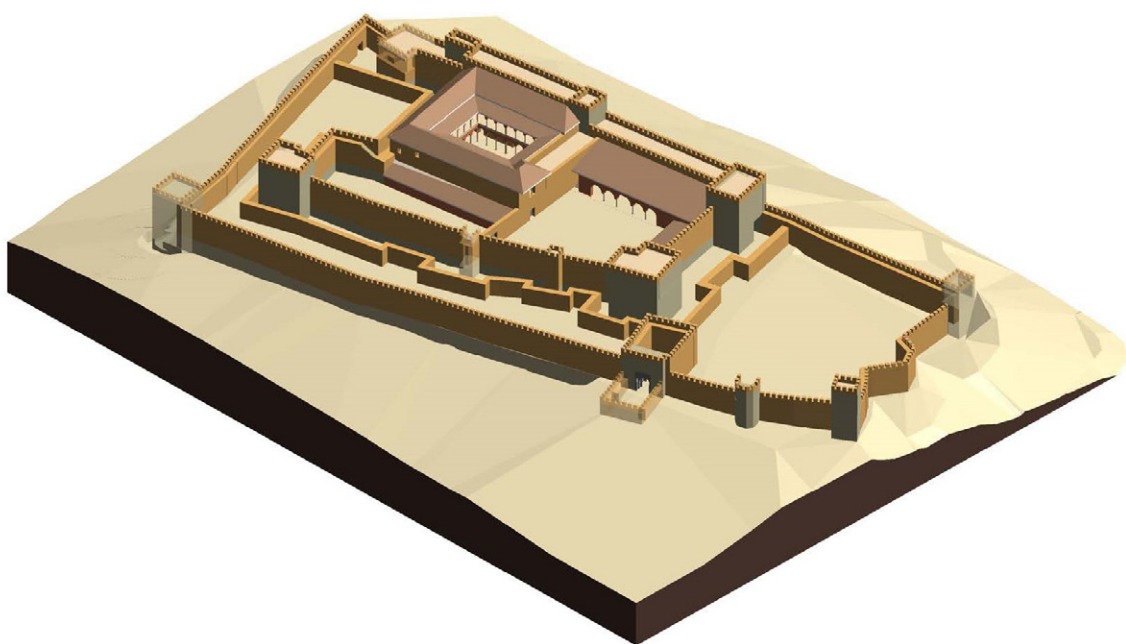


Fig. 12. HBIM model. Christian medieval phase. Source: the authors.



Fig. 13. Outer western wall with two types of embrasures: stick and orb-stick. Source: the authors.



Fig. 14. North gate and postern gate with a discontinuity in the east wall. Source: the authors.

to the second typology, allowing the use of small artillery pieces (Fig. 13).

However, the most significant contribution carried out by the new monarchs was undoubtedly the construction of the Cubete, considered a ‘joya de la arquitectura defensiva’ (jewel of defensive architecture) (PDA, p. 57). For its modelling, a clear internal height of 3 m has been adopted, based on the measurements identified during the field survey of the surviving remains of the lower level.

This artillery fortification, previously analysed, is attributed to Francisco Ramírez de Madrid, Captain General of Artillery and adviser to the Catholic Monarchs, and is considered a pioneering example in the Iberian Peninsula of a structure specifically designed for artillery. The construction of this artillery element probably conditioned the modification of the tower located at the previously mentioned north-western corner.

Transformations dated to this period can also be identified in the Torre del Agua. The tower was thickened with a masonry envelope faced with ashlar blocks, and it appears that an attempt was made to alter its orientation to improve its defensive capacity, as indicated by the lack of parallelism with respect to the original solid core. The rammed-earth walls of the two upper levels are also attributed to this period, possibly representing a remodelling of the second level proposed in the Christian period and the origin of the tower’s final storey.

Archaeological evidence also dates the new layout of the Torre de los Infantes to this period. As explained in the Caliphal phase, there appears to have been a tower in this position earlier; however, the configuration of which remains survive today only appears from this moment onwards (Guerrero, 2009, p. 163). Thus, three storeys were constructed, with windows facing west on the first two levels – the only ones for which evidence survives – and a spiral staircase on the southern side.

Modifications to the Puerta Norte are also identified during this period. As previously noted, its origin dates to the Islamic period, but the discontinuity observed in the eastern wall face, together with the superposition of layers visible in the postern gate (Fig. 14), indicate a later remodelling, at least in the eastern curtain wall. Archaeological investigations support the attribution of these alterations to this period (Guerrero, 2009, p. 150).

In addition to these defensive reforms, several interventions in the palatial enclosure can also be dated to this phase, including modifications to certain floors, the opening of new door and window openings, the plastering of walls, and, in the Patio de los Aljibes, the incorporation of a cistern of the impluvium type (Fig. 15).

In 1504, Carmona was struck by an earthquake that caused significant damage to the complex, evidence of which can still be identified today in the form of substantial collapse layers recorded in the archaeological stratigraphy. The damage was

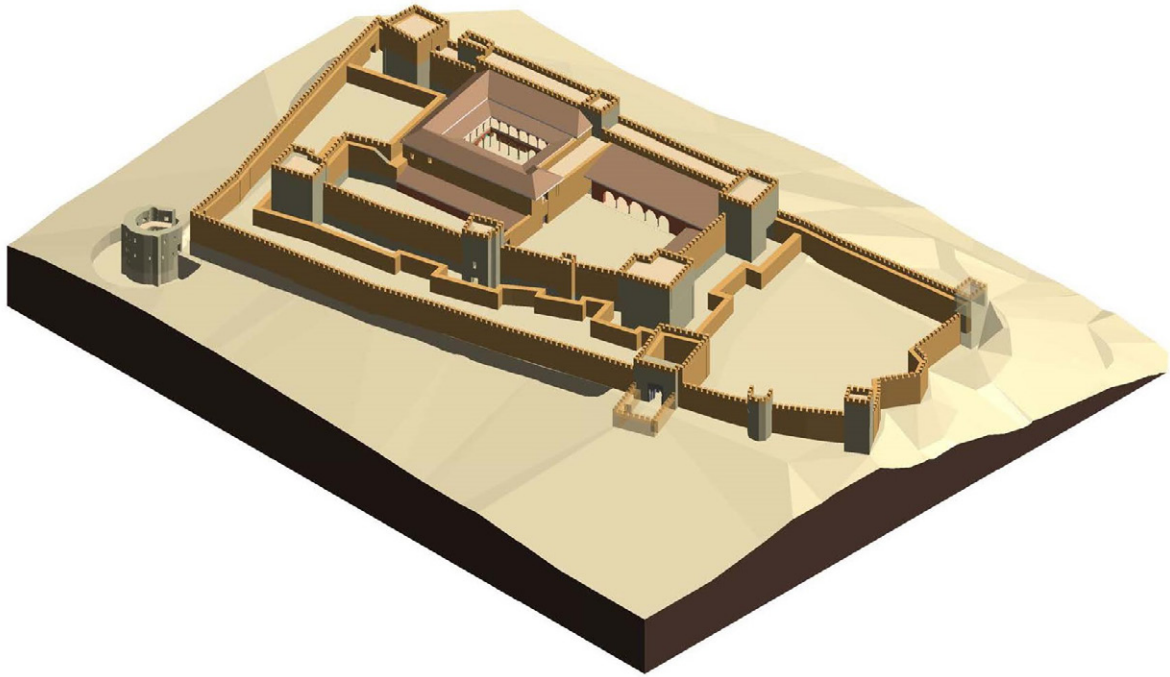


Fig. 15. HBIM model. Modern phase. Source: the authors.

repaired under the supervision of the governor Don Fadrique Enríquez de Rivera, and following this intervention the Alcázar remained in good condition until the 17<sup>th</sup> century, when a period of progressive deterioration and abandonment began.

## 5.6 FINAL PHASE (17<sup>TH</sup>–21<sup>ST</sup> CENTURIES)

### Decline (17<sup>th</sup>–20<sup>th</sup> Centuries)

For more than four centuries, the events associated with the Alcázar did not lead to significant developments; on the contrary, they clearly illustrate its progressive decline. Its role as a defensive fortress gradually lost relevance, while its function as a royal residence also diminished over time.

Throughout these centuries, a series of events contributed to the progressive deterioration of the complex. In the 17<sup>th</sup> century, it was used as a hospital and cemetery during outbreaks of plague; in 1755, the Lisbon earthquake caused severe damage to the structure; in 1868, it served as a gathering point for agricultural labourers during the revolution known as La Gloriosa; in 1873, troops were quartered in the fortress during the First Spanish Republic, in connection with the

Cantonalist uprisings; between 1871 and 1872, the complex hosted the construction of a bullring; during the first half of the 20<sup>th</sup> century, it was used as housing for families living in precarious conditions (Fig. 16); during the Spanish Civil War, it functioned as a base and radio station for German militia forces; at the beginning of the 20<sup>th</sup>



Fig. 16. Entrance to a cave excavated on the north side of the moat, used as a dwelling in the 20<sup>th</sup> century. Source: the authors.

century, the enclosure also contained agricultural gardens; and, on the occasion of the 1982 FIFA World Cup, a football pitch was installed within the complex.

#### Revival (20<sup>th</sup>–21<sup>st</sup> Centuries)

It was also during the 20<sup>th</sup> century that the Alcázar began to attract renewed heritage interest, and the historical, artistic and cultural value of the monument started to be more widely recognised. The first step occurred in 1931, when the complex was declared a Bien de Interés Cultural (BIC, Good Of Cultural Interest). Paradoxically, however, several of the events that took place after this designation had negative consequences for the monument, probably influenced by the historical circumstances of the time and by the limited public awareness of heritage values then prevailing.

In 1968, ownership of the Alcázar was transferred to the Spanish State, and the construction of the National Parador began. As a result of these works, the south-eastern sector of the outer walled enclosure disappeared. Parallel to these works, a series of localised reconstructions were undertaken on the southern and western sides under the direction of Rafael Manzano, aimed at the formal restitution of the original architectural configuration.

In the 21<sup>st</sup> century, contemporary heritage conservation principles have become increasingly evident, reflected both in the cessation of inappropriate uses and in the criteria guiding interventions on the monument. In 2007, ownership of the Alcázar was partially returned to the municipal authorities, which reinforced the interest in its valorisation, promoting research and rehabilitation initiatives. In 2010, an intervention was carried out within the complex by Ventura Galera, aimed at adapting the site for visitor access.

As a result of these successive transformations, the Alcázar currently survives in a state of ruin. Nevertheless, several parts of the complex can still be distinguished today, albeit in a deteriorated condition: the outer enclosure, except for its south-eastern sector; the inner enclosure, lacking its northern curtain wall; and the north-western boundary wall of the palace complex (Fig. 17).

As the final phase, the model represents the current state of the complex, incorporating certain



Fig. 17. Aereal view of the Alcázar currently. PDA (2011)

simplifications, which result in slight variations in the contours of some elements. In addition, the Parador building is incorporated as a simplified conceptual volume, in order to understand the volumetric relationship between the contemporary structure and the historic monument (Fig. 18).

At present, the ground level lies at a higher elevation than the original level, leaving some surviving remains concealed beneath the current surface. This discrepancy has not been taken into account in the model, which nevertheless includes the elements uncovered during archaeological interventions, even though they are currently buried.

## 6. CONCLUSIONS

At this stage of the research, conclusions can be drawn on the basis of three main aspects: the proposed constructional evolution of the Alcázar, the contributions derived from the generation of the HBIM model, and the potential applications of the model for the heritage management of the monument.

With regard to the proposed constructional evolution of the Alcázar, a synthesis of the available knowledge has been developed and formalised through a series of graphic representations capable of validating the proposed hypotheses and generating new ones (Fig. 19).

Concerning the HBIM-based methodology employed for the analysis of the case study, it is important to emphasise the value of these resources and processes. They have enabled the three-dimensional visualisation of the complex, facilitating a better understanding of its spatial organisation, while simultaneously

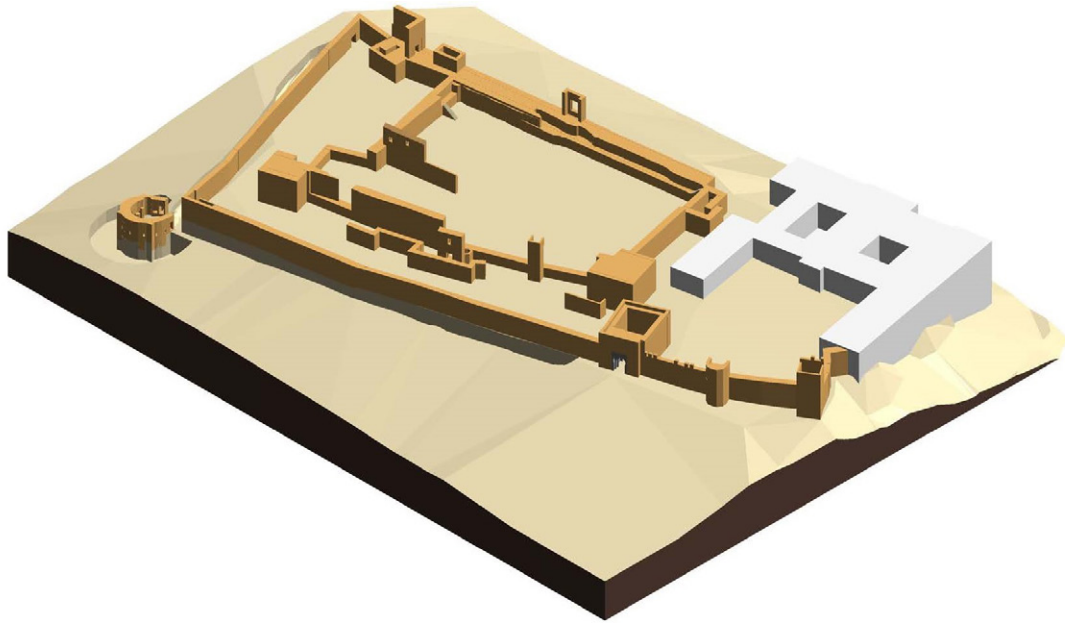


Fig. 18. HBIM model. Current condition. Source: the authors.

allowing the identification and characterisation of its elements through parameters such as their construction and demolition phases, material composition, and degree of certainty. The generation of the model constitutes a way of processing and assimilating the collected and analysed information, while also making it possible to formulate new questions and seek answers that might not have emerged without the attempt at virtual reconstruction.

Having opted to create an HBIM model, we now have a volumetric and data base, the result of the analysis carried out on the property. This allows us to manage the information on the heritage building, documenting its structure and architecture and facilitating the understanding

of its history and evolution, which were the objectives pursued in this work.

Finally, the model should be understood as an open framework, capable of future development through the progressive refinement of its information, both geometric and alphanumeric. The generated model allows the diachronic identification of the construction phases of the complex, synthesises the available knowledge, supports the generation of new insights, and serves as a graphic resource for dissemination, interpretation, and heritage valorisation initiatives. Further developments, in addition to deepening these applications, could also assist in the strategic planning of the site as well as in conservation strategies and material interventions on the monument.

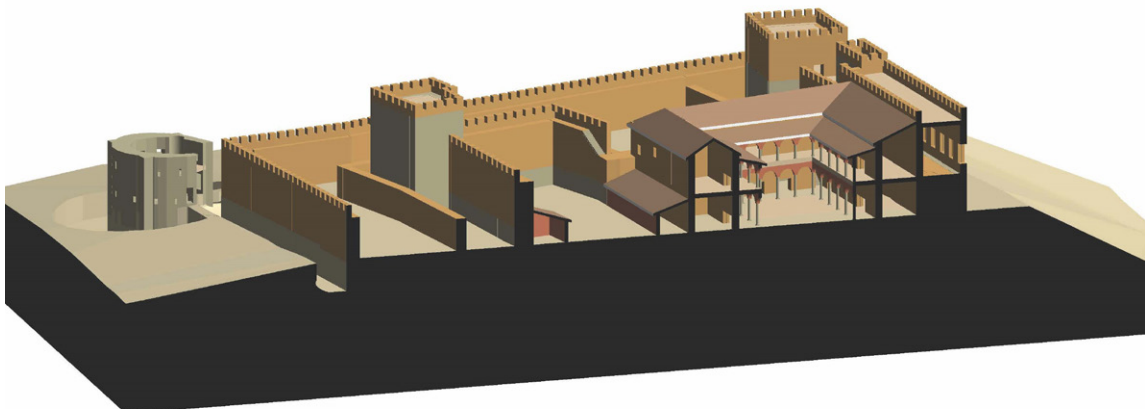


Fig. 19. HBIM model. Cross-section E-W in its complete state, modern phase. Source: the authors.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Juan Manuel Román (municipal archaeologist of Carmona) for facilitating access to the site and for his valuable explanations during the visit; Mario Ibáñez (archaeologist at the Carmona necropolis) for providing extensive documentation on the Alcázar; and Francisco Cortés (municipal architect of Carmona) for granting access to the files used in the preparation of the Master Plan.

## FUNDING

This research was supported by the Seventh Internal Research Plan of the Vice-Rectorate for Research of the University of Seville, through the Department of Architectural Graphic Expression of the Higher Technical School of Architecture of Seville.

## REFERENCES

- Almagro, A., & Maier Allende, J. (2014). *El Alcázar Real de Carmona y su Sala de los Reyes*. <https://core.ac.uk/download/pdf/36215098.pdf> [consulted: 03/02/2024]
- Banfi, F., & Liu, W. (2026). The State of HBIM in Digital Heritage: A Critical and Bibliometric Assessment of Six Emerging Frontiers (2015–2025). *Applied Sciences*, 16(2), 906. <https://doi.org/10.3390/app16020906>
- Castellano-Román, M., & Pinto-Puerto, F. (2019). Dimensions and Levels of knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The Model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 14, e00110. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00110>.
- Diáñez, P., Guerrero, O., Alcalde, P., & Echevarría, A. (2011). *Plan Director del Alcázar del Rey Don Pedro I, Carmona* (PDA).
- Fernández y López, M. (1886). *Historia de la ciudad de Carmona desde los tiempos más remotos hasta el reinado de Carlos I.*
- Galera Navarro, V. (2010). Memoria Proyecto de Ejecución Alcázar de Arriba\_sep10-oct15.
- Guerrero Chamero, O. (2009). Memoria final Intervención Arqueológica Preventiva.
- Guerrero Chamero, O. (2017). *El Alcázar de Arriba de Carmona: Metodología de estudios arqueológicos durante el proceso de obra de restauración/conservación*. Universidad de Sevilla
- Jiménez Martín, A. (1989). *La Puerta de Sevilla en Carmona*. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Secretaría General Técnica.
- León Fernández, I. (2024). *Análisis gráfico del Alcázar de Carmona. Estudio de su evolución constructiva mediante modelo HBIM*. TFG Universidad de Sevilla. Repositorio Institucional US. <https://idus.us.es/items/fd278b05-75a0-45fe-b632-8d159b97318c>

## 1. INTRODUCCIÓN

La riqueza patrimonial de Carmona convierte al municipio en un foco de estudio recurrente para muchos investigadores. Esto ha permitido disponer de un amplio repertorio de información sobre la ciudad y el caso de estudio de este trabajo: el Alcázar de Arriba, cuyo objeto es el análisis gráfico de su evolución constructiva mediante un modelo de información patrimonial HBIM (Heritage Building Information Modelling).

Se han localizado fuentes sobre el Alcázar de Arriba que se remontan hasta el siglo XVI, concretamente, un documento de tasación de las obras de reparación del Alcázar elaborado a partir de la visita de unos alarifes al recinto datado en 1592. El inventario de los daños del edificio ofrece una idea del desarrollo de sus espacios. Este escrito se ha localizado gracias a su anexión como apéndice en un artículo de A. Almagro y J. Maier Allende (2014, p. 27-35) sobre el que se reincidirá posteriormente.

Ya en el siglo XIX, se datan varios acontecimientos que permiten obtener mayor información de la fortaleza. Primeramente, en 1882 se lleva a cabo una intervención arqueológica por parte de la Sociedad Arqueológica de Carmona (S.A.C.) en el recinto del Alcázar. Este hecho dio pie a la elaboración de la primera planimetría que se registra del edificio en 1886 por parte de Jorge Bonsor. En el mismo año, Manuel Fernández y López, publica el libro “Historia de la ciudad de Carmona desde los tiempos más remotos hasta el reinado de Carlos I”, en el que dedica un capítulo al Alcázar de Arriba (Fernández y López, 1886, p. 281-291).

La iconografía histórica también ofrece información relevante sobre el edificio. Tal es el caso de una acuarela del Alcázar pintada por David Roberts en 1833 (Fig. 1), que ofrece una interpretación del monumento que ayuda a ver la relación y proporciones de los elementos que lo componen.

Más próxima en el tiempo es la intervención arqueológica desarrollada entre 2008 y 2009 por el grupo Ánfora. Los resultados de esta intervención han sido fundamentales para el estudio evolutivo del recinto, tanto lo recogido en la propia memoria de la campaña, especialmente a través del estudio de alzados que incorpora (Guerrero, 2009, p. 147-194), como lo sintetizado en el Plan Director del Alcázar, en el que es destacable la planimetría de restos emergentes y la documentación fotográfica de los hallazgos arqueológicos, que permite identificar vestigios existentes pero ocultos a la vista (PDA, p. 44-68).

Con una base similar a este Plan Director, se cuenta también con el trabajo de O. Guerrero: “El Alcázar de Arriba de Carmona: metodología de estudios

arqueológicos durante el proceso de obra de restauración/conservación”. En relación a la materia que nos ocupa, ha facilitado un acercamiento histórico y funcional del recinto, (Guerrero, 2017, p. 11-22).

Tampoco podemos olvidar las aportaciones del arquitecto Antonio Almagro y el arqueólogo Jorge Maier Allende, quienes publicaron en 2014 un artículo sobre la fortaleza antes mencionado, titulado: “El Alcázar de Carmona y su Sala de los Reyes”. Es interesante la descripción que realizan del inmueble, tratando individualizadamente cada uno de los ámbitos que lo compone: recinto exterior, recinto interior y residencia real (Almagro & Maier Allende, 2014, p. 2-15). Del mismo modo, al final del artículo, se adjuntan una serie de planos del recinto entre los que encontramos un trazado hipotético en planta del estado original, un alzado oeste del conjunto que se apoya en la acuarela de David Roberts y una sección del cuerpo de entrada del palacio (Almagro & Maier Allende, 2014, p. 45, 46, 51, 57, 59).

Además de los estudios arqueológicos e históricos realizados sobre el Alcázar, podemos sumar a la documentación la propuesta de intervención arquitectónica redactada en 2010 por Ventura Galera Navarro, de la cual también ha sido muy útil la planimetría aportada, en la que se identifica los restos emergentes en contraste con el trazado original hipotético.

La estrategia elegida para el análisis gráfico de la evolución constructiva del Alcázar se basa en la generación de un modelo HBIM. Bajo esta denominación se engloban un conjunto de recursos y procesos que integran el bagaje disciplinar del levantamiento arquitectónico con las innovaciones en las tecnologías gráficas de gestión de la información, permitiendo modelos que operan como bases de datos gráficas con información geométrica y alfanumérica. Estas capacidades lo convierten en un recurso destacado para la tutela del patrimonio arquitectónico, entendida ésta como el conjunto de acciones de identificación, investigación – generación de conocimiento, protección y difusión destinadas a la preservación de los bienes culturales. En los últimos años, las publicaciones sobre HBIM han experimentado un notable crecimiento tanto desde la perspectiva de la revisión conceptual y metodológica como desde el análisis de casos de estudio (Banfi y Liu, 2026).

En este artículo, el modelo HBIM desarrollado se orienta a su uso como soporte del análisis gráfico de la evolución constructiva del edificio, orientado por tanto a la generación de conocimiento sobre este. En todo caso, el modelo HBIM opera como una construcción abierta, es decir, que admite la reutilización de su información para otros usos patrimoniales, poniendo en

juego lo que se conoce como Niveles de Desarrollo BIM o Niveles de Conocimiento en su aplicación patrimonial HBIM (Castellano y Pinto 2019).

## 2. OBJETIVOS

Este artículo pretende, por un lado, llevar a cabo una interpretación de la espacialidad y funcionamiento de la fortificación, tratando de plantear una hipótesis de la construcción completa, estudiando los recintos que la componen, identificando sus elementos y determinando la materialidad que los integran.

Por otro lado, se persigue la comprensión de la evolución constructiva del recinto, registrando la aparición, modificación y destrucción de cada elemento que lo compone, para plantear el estado hipotético del Alcázar en cada una de las fases históricas establecidas. Siguiendo esta lógica, se busca también identificar qué elementos han llegado hasta nuestros días, detectando tanto sus restos emergentes como enterrados.

Con estas pretensiones como base (la hipótesis espacial y la hipótesis evolutiva), el objetivo principal es la generación de un modelo HBIM del inmueble patrimonial que permita sintetizar la evolución constructiva del recinto y gestionar la información asociada a la misma.

## 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo se llevan a cabo una serie de procesos interrelacionados que abarcan desde la recopilación de fuentes documentales, el trabajo de campo, el análisis de la documentación y del propio edificio y la elaboración del modelo HBIM y del material gráfico derivado del mismo. De una forma de pormenorizada podemos distinguir los siguientes procesos.

Un primer proceso de recopilación de información proveniente de fuentes escritas, orales y gráficas:

- Recopilación documental, de nivel bibliográfico, planimétrico y fotográfico, encontrando material procedente tanto de ámbito arquitectónico como arqueológico.
- Trabajo de campo, mediante la visita al lugar objeto de estudio. Esta tarea ha permitido tanto la inspección ocular del recinto, facilitando el entendimiento del espacio; la captura fotográfica de las estructuras emergentes, que justifican algunas de las hipótesis planteadas; y la captación de testimonios orales por parte del arqueólogo municipal, que completan la información recabada sobre el Alcázar.

Una segunda fase de gestión y análisis de los datos obtenidos en los procesos anteriores:

- Elaboración de un análisis histórico que incluye la selección y ordenación de acontecimientos

destacados que tiene como escenario el Alcázar de Arriba.

- Elaboración de un análisis arquitectónico-arqueológico a través de la identificación de las diferentes estructuras que componen el Alcázar y la articulación entre ellas.
- Tras ambos análisis previos, se procede a un análisis constructivo-evolutivo, con el cual, además de asociar la materialidad de los elementos que configuran el Alcázar, se registra su fase de construcción y destrucción.

Una fase final de síntesis del análisis a través de su representación gráfica:

- Producción de una planimetría base a partir de los resultados obtenidos, para lo cual se ha usado el programa AutoCAD 2020.
- Generación de un modelo HBIM con el programa Revit 2024. Este levantamiento es un compendio de la investigación realizada reflejando información como: análisis formal, materialidad, fases evolutivas o la certeza que se tiene de cada elemento.

Esta secuencia de acciones no ha sido lineal, sino que han ido interactuando unas con otras, de manera que a medida que se ha ido haciendo el modelo se han ido entendiendo mejor cuestiones del análisis, planteado incluso nuevos interrogantes a los que buscar respuesta. Esto conlleva a la reelaboración del análisis y la toma de nuevas decisiones en el modelo, construyendo un proceso iterativo.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL RECINTO

Se presenta una descripción esquemática del Alcázar para comprender su espacialidad. En su estado más completo (durante la Edad Moderna) consta de un recinto amurallado exterior que cuenta con un cubete artillero en su esquina noroeste y tiene su acceso por el lado oeste a través de la Puerta del Cuerpo de Guardia. Actualmente en el ámbito sureste se ubica el Parador. Posteriormente se define un recinto interior con la entrada en el sur a través de la Puerta de la Piedad. Finalmente se desarrolla un recinto palaciego junto a la esquina noreste del recinto interior y una serie de dependencias de servicio que se adosan a los lienzos de muralla y definen dos patios. A continuación, se adjunta la planimetría elaborada del recinto con la denominación de cada elemento que lo compone para facilitar su identificación en los siguientes análisis evolutivos (Figs. 2 y 3).

## 5. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO Y GENERACIÓN DEL MODELO HBIM

Con estas referencias como base, se procede a analizar la evolución y paralelamente explicar el proceso de

modelado, justificando las decisiones tomadas para su realización. Para ello se establecen seis fases, resultado del análisis de las fuentes referenciadas en el texto.

Primeramente, se elabora una planimetría propia tomando como referencia los planos de Antonio Almagro y los de Ventura Galera, ya que aventuran una hipótesis del estado original, y se verifica con la planimetría de restos emergentes del Plan Director. Para las alturas se recurre al alzado de Antonio Almagro basado en una acuarela de David Roberts de 1833. Como parte de la muralla urbana que se puede considerar dicho Alcázar, las dimensiones obtenidas son comprobadas con las dimensiones de dicha muralla citadas en el libro de Alfonso Jiménez, "La Puerta de Sevilla en Carmona": 7,50 y 13,20 metros de altura y 2 metros de espesor, teniendo constancia de que contaría con adarve y almenado (Jiménez Martín, 1989, p. 27). De esta manera, se ha adoptado una altura de muralla para el recinto exterior y el recinto interior de 8,50 m y 12 m respectivamente, incluyendo pretilos y almenados y un grosor de 1,5 m o 2 m para el espesor de las murallas según tramo.

La colocación del almenado en la muralla también viene justificada por la presencia actual de algunos merlones en el tramo sur del lienzo occidental exterior. Respecto a su presencia en las torres, se cuenta con los comentarios de los alarifes de 1592, en los cuales se expresa la necesidad de reparar el almenado en algunas de ellas (Almagro & Maier Allende, 2014, p. 32-33).

Para la generación del modelo se han utilizado las categorías constructivas definidas en el programa, con especial protagonismo de los muros estructurales, bien recurriendo a los parámetros básicos del programa o bien recurriendo a su modelado genérico en aquellos casos de geometría más irregular.

El trabajo con elementos arquitectónicos desaparecidos ha requerido de la gestión del grado de certeza de la información disponible sobre los mismos: la evidencia de su existencia, su posición, su geometría y dimensiones y su materialidad. Para reflejar gráficamente el grado de incertidumbre asociado a los elementos del modelo se ha introducido un parámetro de transparencia que permite su reconocimiento visual.

Así mismo, el modelo refleja con un código de color la distinción de materiales básica en el conjunto: la fábrica de tapial, resaltada en marrón, y la fábrica de piedra, resaltada en gris.

A continuación, se procede a distinguir cada una de las fases y las condiciones específicas de su modelado.

## 5. FASE PREVIA

Con anterioridad a la construcción del Alcázar, las investigaciones arqueológicas han detectado restos ajenos al propio recinto defensivo datados desde

finales de la era prehistórica, hasta la época romana, habiendo indicios de presencia humana en el entorno desde la Edad del Cobre.

Estos hallazgos no son representados en el modelo, pero como estado previo se procede al modelado del terreno, para el cual se genera un sólido topográfico en base a las curvas de nivel importadas en CAD. Tras ello se procede a crear el vacío correspondiente al foso, el cual creamos como forma vacía y la sustraemos al terreno, aunque no se activará como visible hasta la fase cristiana, momento de su creación.

Se muestra a una escala menor que el resto de las vistas para comprender mejor la topografía general sobre la que se asienta el edificio. Se marca con un volumen simplificado el área ocupada por el Alcázar, de forma que permita la lectura comparada con el resto de las imágenes a diferente escala (Fig. 4).

## 5.2 FASE MEDIEVAL CALIFAL (X-XI)

En esta época se sitúa la fundación del Alcázar, contando únicamente con el perímetro amurallado del recinto interior y con un recinto palaciego del que no tenemos muchos datos.

En relación a este palacio, los estudios arqueológicos apenas han encontrado evidencias materiales. Sin embargo, la documentación historiográfica recoge la residencia en este Alcázar de gobernadores de la Cora de Carmona y de la posterior Taifa, lo que hace suponer que en este período ya existía un recinto palaciego (Guerrero, 2017, p. 16).

En cuanto al recinto amurallado, sí tenemos pruebas arqueológicas que constatan sus orígenes califales. Por un lado, se aprecia una primera fase constructiva en el nivel inferior de las torres Mayor, Menor, del Agua e Intermedia, correspondiente a esta época, a base de sillares calcareníticos rectangulares con aparejo isódomo, tomados con mortero de cal. Con un aparejo semejante, encontramos varias estructuras murarias, especialmente en los lados Este, Oeste y Norte, que además parecen estar trabadas con las torres en varios puntos (Fig. 5).

La Puerta de la Piedad también cuenta con un sistema constructivo de sillares con aparejo isódomo que la ubica probablemente en este período, aunque con remodelaciones en épocas siguientes (Guerrero, 2009, p. 157). Por otro lado, también se han encontrado en el tapial de algunos de los muros, fragmentos cerámicos fechables en estos siglos, al igual que ocurre en el patio de los Aljibes y en el piso de la muralla este (PDA, p. 49).

La Torre de los Infantes, cuenta con una estructura que difiere mucho de un origen islámico (una torre hueca, no maciza como las del resto de este período), pero las investigaciones arqueológicas hacen probable la preexistencia de un cuerpo previo al actual en esa posición.

La Torre del Balcón, presenta una estructura que corresponde al período medieval cristiano (PDA, p. 56), sin embargo, es probable que se trate de una fuerte remodelación de una torre original de origen islámico, en alineación con su pareja en el lienzo oeste, la Torre de los Infantes (Guerrero, 2009, p. 155).

Con todo ello, en esta fase, se modela el recinto amurallado interior, que consta por ahora de los lienzos de muralla y siete torres, las cuales, a excepción de la Torre de la Puerta de la Piedad, son núcleos macizos. Los pretilos y almenados, en este momento no se sabe de su existencia por lo que los evitamos en su representación.

Se activa el parámetro de transparencia en los siguientes elementos: la Torre de los Infantes y la Torre del Balcón, que se intuye su existencia pero no su trazado exacto; el alzado de las torres, de los que no se tiene constancia material de esta época, pero entendiendo que no pudieron contar con una altura tan pequeña, se plantea una altura semejante al resto de la muralla del mismo material que su base; el área residencial, de la que solo se han hallado restos del arranque de un muro, paralelo al actual muro de cierre oeste del palacio, fechable en época almohade, pero es lógico pensar, y así lo confirma la historiografía, que ya existiera un palacio en los siglos X-XI; un ala de servicio en el patio, de la cual tenemos constancia a partir de época cristiana, sin embargo, se han hallado restos de muro enterrado de épocas califal y almohade (Fig. 6).

### 5.3 FASE MEDIEVAL ALMOHADE (XII-XIII)

En este período la fortificación continúa contando únicamente con el recinto amurallado interior, el cual aumenta su defensa mediante la incorporación de una muralla barbacana de tapial con una base de mampostería, que ubicamos en este período gracias a la cerámica hallada en las catas.

Durante esta etapa se debieron de hacer reformas y recrecidos sobre el recinto amurallado califal, dado los descubrimientos de estratos datados en estos siglos. Una evolución visible es la incorporación de alzados de tapial en las torres Mayor, Menor, del Agua y posiblemente Intermedia.

En esta época se plantea la posibilidad de un primer foso que defendería la fortaleza árabe, aunque no es una hipótesis muy consolidada. Se plantea dado el descubrimiento de un corte en el terreno con una profundidad de 2,20 m en la esquina noreste del recinto, pudiendo tener relación con la puerta de acceso norte (PDA, p. 52) (Guerrero, 2009, p. 149), la cual podría estar asociada a los lienzos de la barbacana.

En relación al recinto palaciego musulmán, no hay más restos visibles que los de los muros antes mencionados (Fig. 7). Los datos que se tiene apuntan que estaría constituido por muros similares a los del recinto amurallado, con un arranque de sillares y un alzado de tapial.

En el modelo se incrementa la muralla barbacana y en su esquina noreste la Puerta Norte de acceso al recinto, en la cual se abren dos huecos, en base a los restos actualmente visibles y las constataciones arqueológicas de su existencia previa: la principal en la muralla norte y una secundaria, en la este.

Además de esta incorporación, los alzados de las torres antes dotados con transparencia son vueltos opacos y asignados un nuevo material (Fig. 8).

### 5.4 FASE MEDIEVAL CRISTIANA (XIII-XV)

Bajo el reinado de Pedro I, el Alcázar alcanza un notable desarrollo, considerado como su momento álgido, que ha propiciado que también se conozca con el nombre de Alcázar del Rey Don Pedro.

De este período histórico data la residencia palaciega cristiana de la que sí se tiene información, siendo representada en el modelo HBIM. Las excavaciones han sacado a la luz trazas de varios de los muros, pudiendo identificar algunas de sus salas (Fig. 9).

Del mismo modo dejan constancia de la existencia de dos plantas gracias al remanente del muro oeste de palacio, en el cual se advierten huellas de los mechinales de las vigas del forjado que dividiría las plantas y sobre ellas se aprecian restos de enlucido (Fig. 10). También se han encontrado restos de pavimento en el patio central, el deambulatorio y en torno al Patio de los Aljibes.

Además de la construcción del palacio, en estos años la fortificación se completó con el recinto fortificado exterior y se reforzó su defensa con la excavación del foso en los lados Norte y Oeste de la fortaleza. En la esquina noroeste de la muralla exterior, los restos que nos llegan a día de hoy de una torre enrasada resultan un tanto anómalo para ser la solución original, además de detectar una falta de traba entre ésta y la muralla, siendo probable que en esta época fuera una pieza saliente de mayor tamaño y sufriera una modificación posterior.

Del mismo modo, se refuerzan también las estructuras defensivas ya existentes. Por un lado, en la muralla este se adosa un recrecido de sillares y probablemente se construyen sobre ella la Torre del Aljibe y del Balcón (PDA, p. 56). Por otro lado, las torres Mayor y Menor son reforzadas con una envolvente de mampostería forrada de sillares (Fig. 11) y, probablemente, en este momento se le incrementa una planta que alberga en su interior una sala.

La torre del Agua sufre reformas similares pero datadas en la siguiente época, sin embargo, se plantea la posibilidad del aumento de una planta en este período, pues al incorporar todo el cuerpo superior de la muralla este, como se explica a continuación, es lógico pensar que dicha torre también sufriera un aumento de altura, de lo contrario quedaría a un nivel inferior al resto

del lienzo. Las investigaciones también apuestan por una fuerte reforma de la Puerta de la Piedad en este período, pudiendo ser el momento en el que se le incorpora una segunda planta.

Sobre el muro este, en la que en su día fue la Sala de los Reyes, se detectan un pretil, los arranques de los balcones tan característicos de esta galería y los restos de una posible antesala, datados entre los siglos XIV y XV, aunque no se sabe si corresponde con su origen o simplemente con su última reforma.

A partir de este momento el modelo HBIM adquiere un aspecto mucho más completo, debido a dos motivos: los avances producidos en sí históricamente y la mayor cantidad de información que nos llega de este período.

Se llevan a cabo las modificaciones del recinto interior y se introduce el recinto amurallado exterior del cual nos llegan bastantes restos para modelar su trazado pero teniendo que hipotetizar algunos puntos, representados con transparencia: la Torre del Cubete que se ha modelado según la hipótesis del cuerpo saliente tal como se ha comentado anteriormente; la torre desaparecida, la de Rui González, que se ha representado siguiendo el mismo patrón que la torre de la esquina S-O, debido a la semejanza en planta que se observa en el plano de Bonsor; la barbacana del Cuerpo de Guardia y la posición de su puerta, que se ha ubicado en su lado norte, dada la lógica defensiva de una puerta en recodo. Adosado a este recinto exterior, en esta fase, se hace visible el foso.

Ambos recintos amurallados, interior y exterior, en esta fase pasan a contar con pretil y almenado, en base a la justificación antes expuesta.

Respecto al área palaciega, gracias al escrito de 1592 y los avances arqueológicos, se plantea: una pieza de dos plantas de altura, cuya planta superior no se desarrolla en todo el perímetro de la edificación, contando en el ala sur con una terraza en este nivel. En el resto de crujías, ante la falta de especificación, suponemos dos niveles, con una cubierta de tejas como cubrición del segundo nivel. De acuerdo con estas conclusiones, se toma como referencia una sección de A. Almagro del cuerpo de entrada como sección genérica para el desarrollo del levantamiento del resto del edificio, dada la semejanza con el volumen descrito. De esta manera, a través de ella se obtienen las dimensiones verticales del palacio.

En cuanto a las galerías perimetrales del patio, estas se han modelado con arcos semicirculares sostenidos por columnas de mármol, según las descripciones de Fernández y López (1886, p. 284) y para su cobertura en la planta superior se ha recurrido a la cubierta de tejas, en consonancia con el resto del palacio.

Continuando con las dependencias situadas sobre la muralla oriental, se construye la Sala de los Reyes, en la cual hemos podido posicionar sus balcones gracias a los arranques visibles a día de hoy. Su altura ha sido

determinada en base a la altura del palacio, de manera que sobrepase ligeramente sobre la cubierta de tejas, alcanzando una altura de 8,30 m, lo cual puede ser admisible dada la existencia de una bóveda en su interior (Almagro & Maier Allende, 2014, p. 15).

Pasando al ámbito del Patio de los Aljibes, se advierte la presencia de dependencias adosadas en su perímetro. Su materialidad a base de paramentos de ladrillo y cubiertas de tejas se deduce de las descripciones de los alarifes. En relación a su altura no se tiene información, pero, habiendo fijado la altura de techo de la planta inferior del palacio en 5,30 m, se establece una distancia razonable en base a ello, otorgando una altura de 5 m en su punto más alto y 3,50 m en el más bajo. En el área de la sala de los Azulejos se plantea una altura mayor por dos motivos: la presencia de escaleras que derivan hacia plantas superiores y la existencia de arcos en la crujía de la galería que requiere de una altura mayor para su trazado. En cuanto a esta arcada, se construye con cinco arcos semicirculares sobre columnas de piedra tal como describe Fernández y López (1886, p. 282-283) (Fig. 12).

### 5.5 FASE MODERNA (XV-XVI)

Podemos abrir una nueva etapa en el último cuarto del siglo XV, con la entrega de la fortaleza a los Reyes Católicos en 1478 (PDA, p. 57). A raíz de este hecho, el Alcázar experimenta algunas transformaciones enfocadas en su mayoría a mejorar su capacidad armamentística y adaptarse a los nuevos avances pirobalísticos.

En las murallas del recinto exterior se detectan aspilleras que atiende a dos tipos de geometría: unas de palo y otras de palo y orbe. Los estudios sobre ellas entienden que las primeras serían las originales, correspondientes a la fase cristiana, y en esta época se adaptaron varias de ellas a la otra tipología para permitir el disparo de cañones (Fig. 13).

Pero sin duda, la aportación más significativa llevada a cabo por los nuevos monarcas es la construcción del Cubete, considerado una “joya de la arquitectura defensiva” (PDA, p. 57). Para su modelado se ha tomado una altura libre de 3 m, en base a lo detectado en la visita de campo en los restos emergentes del nivel inferior. Esta fortificación artillera, ya analizada previamente, es atribuida a Francisco Ramírez de Madrid, capitán general de artillería y consejero de los Reyes Católicos, siendo considerada pionera en la península como construcción específicamente artillera. Es la edificación de esta pieza armamentística, la que probablemente condicionó la modificación de la torre ubicada en esta esquina noroeste antes mencionada.

En la Torre del Agua también se advierten transformaciones que se fechan en esta época. Se regruesa con una envolvente de mampostería con forro de sillares y parece que se pretendió cambiar

su orientación para mejorar su defensa, dado la falta de paralelismo con respecto al macizo original. A este período también se adscriben los muros de tapial de los dos niveles superiores, pudiendo ser una reforma del segundo nivel planteado en la fase cristiana y el origen de la última planta.

En esta etapa se data arqueológicamente el nuevo trazado de la Torre de los Infantes. Hasta este período, como se ha explicado en la fase califal, parece constatar la existencia de una torre en esta posición, pero la configuración de la que llegan restos a día de hoy no aparece hasta este momento (Guerrero, 2009, p. 163). De esta manera se levantan tres plantas, con ventanas al oeste en las dos primeras, que son las que tenemos constancia, y con una escalera de caracol en la cara sur.

En la Puerta Norte también se detectan modificaciones en este período. Como ya se ha comentado, su origen se trata de época islámica, pero la discontinuidad que se detecta en el paramento este, así como la superposición de capas que se observan en la poterna (Fig. 14), indican una reforma posterior al menos en el lienzo oriental, que, avalado por las investigaciones arqueológicas, son fechables en este período (Guerrero, 2009, p. 150).

Además de estas reformas defensivas, también son datables en esta época ciertas reformas en el recinto palaciego como intervenciones en algunos suelos, apertura de algunos vanos y enlucido de paredes; y en el Patio de los Aljibes como la incorporación de un aljibe tipo impluvium (Fig. 15).

En el 1504 Carmona sufrió un terremoto que causó estragos en el recinto, muestra del cual aparecen grandes niveles de derrumbe registrables hoy día. Se repararon los daños de la mano del alcaide Don Fadrique Enríquez de Rivera, y tras esta reforma el Alcázar continuó en buenas condiciones hasta el siglo XVII, cuando comienza su deterioro y abandono.

## 5.6 FASE FINAL (XVII-XXI)

### Decadencia (XVII-XX)

Durante más de cuatro siglos los acontecimientos relacionados con el Alcázar no suponen avances significativos, si no que, por el contrario, hacen patente su decadencia. Su misión como fortaleza defensiva comienza a perder sentido, funcionando principalmente como residencia real, también de forma cada vez más atenuada.

A lo largo de estos siglos se suceden una serie de hechos que van deteriorando el recinto: en el siglo XVII se utiliza como hospital y como cementerio con motivo de la peste; en 1755 el terremoto de Lisboa hizo estragos en la construcción; en 1868 se utiliza para el amotinamiento de jornaleros en la revolución La Gloriosa; en 1873 las tropas se acantonan durante

la Primera República Española con motivo de los movimientos cantonalistas; entre 1871 y 1872 el recinto acoge la construcción de una plaza de toros; durante la primera mitad del siglo XX, es usado por familias en situaciones precarias como vivienda (Fig. 16); durante la guerra civil se convierte en base y estación de radio de la milicia alemana; a principios del siglo XX también contó con huertos; con motivo del mundial de 1982 acoge la instalación de un campo de fútbol.

### Resurgimiento (XX-XXI)

Es también en el siglo XX cuando el Alcázar empieza a despertar un interés patrimonial, empezándose a vislumbrar el valor histórico, artístico y cultural que supone. El primer paso se da en el año 1931, cuando es declarado Bien de Interés Cultural (BIC), lo cual resulta paradójico dados los acontecimientos que tras su nombramiento se producen, probablemente influidos por las circunstancias históricas y la falta de concienciación de la población en aquella época.

En 1968 se cede la titularidad del Alcázar al Estado y se inician las obras del Parador Nacional, debido al cual probablemente desapareció el sector sureste del recinto exterior amurallado. Paralelamente a estas obras se realizan una serie de reconstrucciones localizadas en los lados sur y oeste de la mano de Rafael Manzano, enfocadas a simular la construcción original.

En el siglo XXI, se hacen más presentes principios patrimoniales contemporáneos, constatables tanto por el cese de usos imprudentes como por los criterios seguidos en las intervenciones sobre el monumento. En el 2007 se devuelve la propiedad del Alcázar parcialmente al Ayuntamiento y se acentúa el interés por su puesta en valor, fomentando tareas de investigación y rehabilitación. En 2010 se lleva a cabo una intervención en el recinto por Ventura Galera, que trata de adecuar el espacio para el acceso a visitantes.

Tras todos estos devenires, el Alcázar se encuentra en un estado de ruina del que, a pesar de ello, se pueden distinguir a día de hoy, aunque deteriorados y con refuerzos actuales: el recinto exterior, excepto su parte sureste; el recinto interior, a falta del lienzo norte; y el cierre noroeste del palacio (Fig. 17).

Como fase final el modelo muestra el estado actual, teniendo en cuenta que se ha hecho de modo simplificado, de manera que hay variaciones en el contorno de los elementos. Además, se incorpora la pieza del parador a modo de volumen conceptual simplificado, para entender la relación volumétrica del nuevo edificio con el bien patrimonial (Fig. 18).

Actualmente la cota del suelo se localiza a una altura superior a la original, dejando ocultos restos aún existentes. Este desfase no ha sido tenido en cuenta en el modelo, incluyendo en el mismo aquellos elementos descubiertos en las intervenciones arqueológicas, pero actualmente enterrados.

## 6. CONCLUSIONES

Llegados a este punto de la investigación, se pueden plantear conclusiones en base a tres aspectos: la propuesta de evolución constructiva, las aportaciones de la generación del modelo HBIM y las perspectivas de uso del modelo para la tutela del bien.

En relación con la propuesta de la evolución constructiva del Alcázar se ha elaborado una síntesis del conocimiento disponible que se ha formalizado en imágenes capaces de validar las hipótesis planteadas y de generar otras nuevas (Fig. 19).

En cuanto a la metodología HBIM utilizada para el análisis del objeto de estudio, es importante entender el valor de estos recursos y procesos, que han permitido la visualización tridimensional del conjunto, ayudando a la comprensión del espacio, y al mismo tiempo permitiendo la identificación y caracterización de sus elementos mediante parámetros tales como su fase de creación y derribo, su materialidad o su grado de certeza. La generación del modelo es una forma de procesar y asumir la información recopilada y analizada, y permite al mismo tiempo hacerse más preguntas y buscar respuestas que, de no haber sido por su intento de reconstrucción virtual, probablemente no se hubieran planteado.

Al haber optado por la realización de un modelo HBIM, ahora se cuenta con una base volumétrica y de datos, fruto del análisis que se ha hecho sobre el inmueble. Esto permite gestionar la información del edificio patrimonial, documentando su estructura y arquitectura y facilitando la comprensión de su historia y evolución que eran los objetivos que se perseguían con este trabajo.

Finalmente, el modelo constituye una construcción abierta, es decir, susceptible de su desarrollo futuro mediante el refinamiento progresivo de su información, tanto geométrica como alfanumérica. El modelo generado permite hasta este punto identificar diacrónicamente las fases constructivas del conjunto, sintetizar el conocimiento disponible y servir de asistente para la generación de nuevo conocimiento y servir como soporte gráfico para acciones de difusión, dinamización y puesta en valor. Pero ulteriores desarrollos, además de profundizar en esos usos, permitirían asistir en la planificación estratégica del conjunto o en las acciones de conservación e intervención material sobre éste.

## AGRADECIMIENTOS

A Juan Manuel Román, arqueólogo municipal de Carmona por haberme facilitado el acceso al recinto y ofrecerme explicaciones durante la visita; Mario Ibáñez, arqueólogo en la necrópolis de Carmona, por aportarme numerosa documentación del Alcázar; Francisco Cortés, arquitecto municipal de Carmona,

por haberme facilitado todos los archivos utilizados en la redacción del Plan Director.

## FINANCIACIÓN

Este artículo ha contado con la financiación del VII Plan Propio de Investigación del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Sevilla, a través del departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la ETSA de Sevilla.”