

RECONSTRUCCION VIRTUAL DE SARAQUSTÄ VIRTUAL RECONSTRUCTION OF SARAQUSTÄ

Angelica Fernández-Morales, Luis Agustín Hernández

doi: 10.4995/ega.2019.10910

El texto describe la recreación virtual 3D de la ciudad islámica de Saraqustä (actual Zaragoza), para cuya realización se han tomado como referencia los vestigios existentes, las hipótesis de diversos autores especializados y los modelos contemporáneos de otras ciudades. Las fases de trabajo incluyen un delineado completo en planta, un modelado 3D con la ayuda de herramientas paramétricas y un trabajo final de ambientación y renderizado. Entre los elementos a destacar se encuentran el trazado de la muralla islámica, el palacio de la Aljafería, la mezquita aljama, otras mezquitas menores y alminares y algunos edificios civiles. El trabajo establece una posible metodología para abordar la reconstrucción de ciudades históricas cuando existe una escasa documentación gráfica, y debe recurrirse a modelos comparativos e hipótesis científicamente fundamentadas.

PALABRAS CLAVE: RECREACIÓN. 3D. PATRIMONIO VIRTUAL. ARQUITECTURA ISLÁMICA. EXPOSICIÓN

This text describes the virtual 3D recreation of the Islamic city of Saraqustä (modern-day Zaragoza) which was created using the references of existing remains, hypotheses of various subject experts, as well as contemporary models of other cities. The different stages include a complete draft of the layout, 3D modelling with the help of parametric tools, and a final stage of ambience and rendering. Some of the elements that must be highlighted are the path and geometry of the Islamic wall, the Aljafería palace, the Aljama mosque, other smaller mosques and minarets, and some civil buildings. The project establishes a possible methodology for tackling the reconstruction of historical cities in the absence of ample graphical documentation, with the necessary use of comparative models and scientifically-based hypotheses.

KEYWORDS: RECREATION. 3D. VIRTUAL HERITAGE. ISLAMIC ARCHITECTURE. EXHIBITION



1. Exhibición de la reconstrucción 3D en un mural de 5 x 2,5 metros. Exposición “Pasión por Zaragoza”, Patio de la Infanta, Zaragoza

1. Display of the 3D reconstruction on a wall of 5 x 2,5 meters. “Passion for Zaragoza” exhibition, Patio de la Infanta, Zaragoza

En el año 1018, durante la Fitna de al-Ándalus (1009-1031), se proclamó independiente del Califato de Córdoba la Taifa de Saraqustä o Tzagr, cuyo territorio se extendía por el Valle medio del Ebro. La Taifa mantuvo su independencia hasta 1110, en que es entregada a los almorávides, y es definitivamente conquistada por las tropas de Alfonso I de Aragón, llamado el Batallador, en 1118.

En sus 100 años de existencia, la Taifa y, en especial, la ciudad de Saraqustä, vivieron una etapa de gran desarrollo económico y cultural, un “Siglo de Oro de Zaragoza” como lo ha denominado Peña (2011) ¹, destacando, en arquitectura, el palacio de la Aljafería y la Mezquita-aljama y, en filosofía, la escuela de Avenpace.

En 2018 se cumplen los 1000 años de creación de la Taifa y los 900 años de la conquista, motivo por el cual se ha realizado una ex-

posición conmemorativa bajo el nombre “Pasión por Zaragoza”, organizada por la Academia de Nobles y Bellas Artes de San Luis con la colaboración de las administraciones públicas y diversas entidades públicas y privadas. En ese contexto se nos solicitó la recreación virtual de Saraqustä en el año 1118, con el fin de ser mostrada en un mural de gran formato en el que se pudieran apreciar los elementos más destacados de la ciudad (Fig. 1).

Contexto científico

Existe abundante bibliografía de experiencias de recreación virtual de ciudades históricas, pero quizá por proximidad la primera referencia es el artículo de Gutiérrez et al. (2003) en el que se describe la reconstrucción digital en 3D de Sinhaya, un suburbio musulmán del siglo X-XII en la ciudad de Zaragoza. El texto se centra más en los aspectos téc-

In 1018, during the Fitna of al-Andalus (1009-1031), the Taifa of Saraqustä or Tzagr, whose territory extended through the central Ebro valley, declared itself independent from the Caliphate of Cordoba. The Taifa retained its independence until 1110 when it surrendered to the Almoravides and in 1118 it was finally conquered by the army of Alfonso I of Aragon, called the Battler.

During its 100 years of existence, the Taifa and, in particular, the city of Saraqustä, experienced a period of great economic and cultural growth, known as the “Golden Century of Zaragoza”, as described by Peña (2011) ¹. In terms of architecture, the Aljafería palace and the Aljama mosque are notable structures, and in terms of philosophy, the School of Avenpace holds particular significance.

2018 saw the millennial anniversary of the creation of the Taifa as well as the 900-year anniversary of the *Conquista*, which has led to the commemorative exhibition being held under the name “Passion for Zaragoza”, organised by the San Luis Academy of Fine Arts and in collaboration with public administration bodies and various private and public entities. Given this context, we were requested to make a virtual recreation of Saraqustä from 1118, with the aim of being displayed on a large wall





where the most prominent features of the city could be appreciated (Fig. 1).

Scientific context

There is an abundance of literature detailing the experiences of recreating virtual historical cities and, perhaps given its proximity, the first reference is an article by Gutiérrez et al. (2003) which describes the digital reconstruction in 3D of Sinhaya, a 10th–12th Century Muslim suburb in the city of Zaragoza. The text focuses more on the technical aspects of creating the model than on representing singular buildings – which are not depicted. Another recreation of a Muslim city is that of the *Cordoba Califal* (Fernández-Palacios, 2013), which contains a great amount of detail in its representation, but in two-dimensional display. Due to its relevance, the work entitled “Rome Reborn” (Dylla, 2010) must be highlighted; an ambitious virtual reconstruction of the entire city of ancient Rome at the height of its urban development in 320 AD. From more recent works, it is worth mentioning, firstly, the hypothetical reconstruction of *Plaza Mayor* in Mexico in the 16th Century (Pastrana y Janireth, 2017), which shows a possible geometry and appearance of lost buildings derived from existing remains. Secondly, the virtual reconstruction of the lost Puente de Tablas oil press at Priego de Córdoba (López et al., 2018), which is an interesting example of a combination of survey information, archaeological studies, and a comparison with similar constructions of neighbouring regions – even though the work focusses more on the virtualisation of the working machinery of the oil press than on the architecture itself – and, lastly, the recreation of the Iberian city of Ullastret (Codina et al., 2017), an example of a model adapted to its presentation in virtual reality.

Process

Objectives

The main aim was to build a three-dimensional, virtual recreation of the urban landscape of Saraqustā in the year 1018. As a secondary objective, we have tried to recreate buildings with an appearance that is representative of that period. In order to

2. Trazado de Saraqustā según Corral
3. Trazado de Saraqustā según Peña
4. Trazado de Saraqustā según Betrán

nicos de la generación del modelo que en la representación de edificios singulares, de los que carece. Otra recreación de ciudad musulmana es la de la Córdoba Califal (Fernández-Palacios, 2013), con gran detalle en la representación, pero en soporte bidimensional. Por su relevancia debe mencionarse *Rome Reborn* (Dylla, 2010), una ambiciosa reconstrucción virtual de toda la ciudad de la antigua Roma en el apogeo de su desarrollo urbano en 320 AD. Y como trabajos más recientes merece mencionarse, en primer lugar, la reconstrucción hipotética de la Plaza Mayor de México en el siglo XVI (Pastrana y Janireth, 2017), en la que se muestra una posible geometría y apariencia de los edificios desaparecidos a partir de vestigios existentes. En segundo lugar, la reconstrucción virtual de la desaparecida Almazara Puente de Tablas de Priego de Córdoba (López et al., 2018), un interesante ejemplo de combinación de información de levantamientos, estudios arqueológicos y comparación con construcciones similares de comarcas cercanas–si bien el resultado del trabajo se centra más en la virtualización de las maquinas funcionales de la propia almazara, que en la arquitectura– y, por último, el trabajo de recreación de la ciudad ibérica de Ullastret (Codina et al., 2017), un ejemplo de modelo adaptado a su presentación en realidad virtual.

PROCESO

Objetivos

El objetivo principal ha sido realizar una recreación virtual, tridimensional, del paisaje urbano de Saraqustā en el año 1018. Como objetivo secundario, se ha pretendido recrear edificios representati-

2. Layout of Saraqustā according to Corral
3. Layout of Saraqustā according to Peña
4. Layout of Saraqustā according to Betrán

vos de la época con el aspecto que tenían en dicho momento, para lo que ha sido necesario una investigación profunda sobre los vestigios existentes y la comparación con modelos contemporáneos que han sobrevivido al paso del tiempo. También se buscaba poder mostrar la ciudad desde diferentes puntos de vista–norte, sur, vista de pájaro, etc– y crear recorridos virtuales.

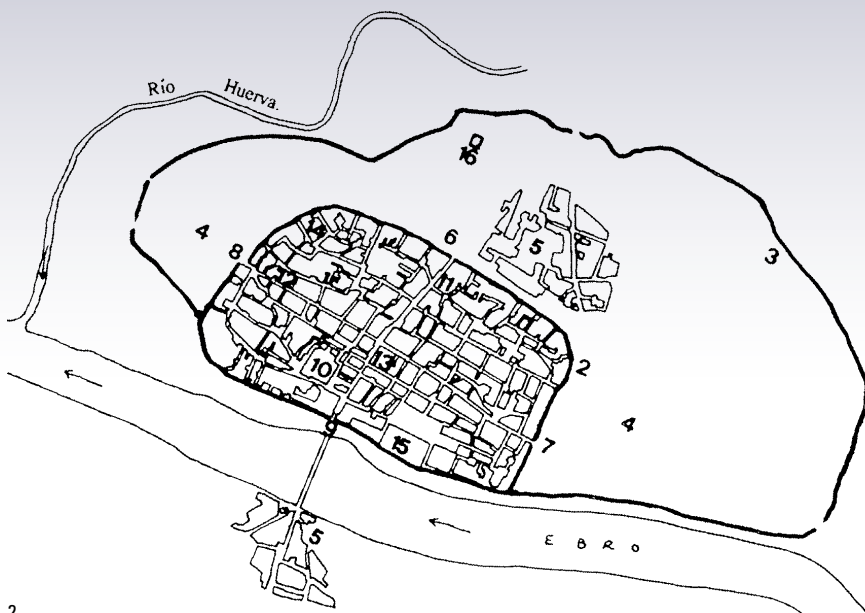
Documentación

Para definir el trazado geométrico de la ciudad islámica se han tomado varios caminos. Por un lado, se ha observado que los límites de la propiedad del suelo suelen permanecer a lo largo del tiempo y, a pesar de las sucesivas intervenciones en la ciudad, bajo ellas queda el sustrato geométrico de antiguos trazados. Por ello se ha recurrido a la planimetría de la ciudad de Zaragoza en diversas épocas, como el plano actual de la ciudad de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, 2018a), el plano general y el plano del casco histórico de Dionisio Casañal de 1879/1911 (Ayuntamiento de Zaragoza, 2018b), el de Camilo Vacani de 1823 (Gobierno de Aragón, 2018) o el plano general de Carlos Casanova de 1734 (Ayuntamiento de Zaragoza, 2018c).

También se ha recurrido a las evidencias obtenidas de las excavaciones arqueológicas, como la realizada en el Paseo de la Independencia y publicada por el arqueólogo Francisco Javier Gutiérrez (2006).

En tercer lugar, se han tomado como referencia las diversas recreaciones de la Zaragoza islámica, especialmente las realizadas por:

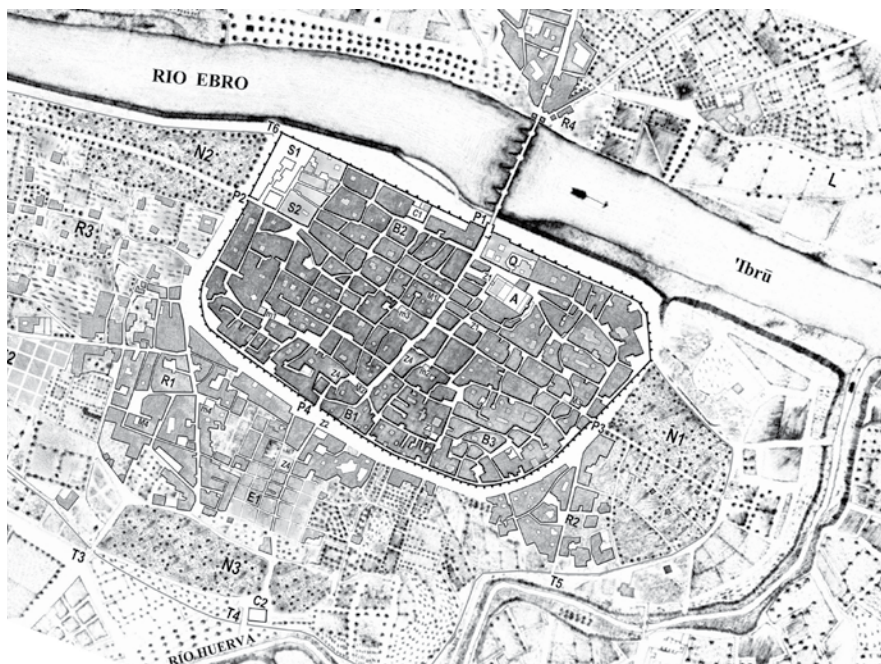
1. El Profesor Jose Luis Corral (Fig. 2), según quien Saraqustā «mantendrá el trazado romano de



2



3



4

achieve this, it was necessary to perform in-depth research on the existing remains and to compare contemporary models that have survived the passage of time. We have also tried to show the city from different points of view – north, south, bird’s eye view, etc. – as well as create virtual tours.

Documentation

In order to define the geometric layout of the Islamic city we used various approaches. On the one hand, we saw that the boundaries of land ownership tend to remain the same throughout history and, despite successive alterations to the city, the geometric sublayer of ancient layouts can be found below. As such, we have made use of the planimetry of the city of Zaragoza from different periods, as well as the current layout of the city of Zaragoza (City Council of Zaragoza, 2018a), the general plan and the plan of the old town of Dionisio Casañal of 1879/1911 (City Council of Zaragoza, 2018b), the plan of Camilo Vacani of 1823 (Government of Aragon, 2018) and the general plan of Carlos Casanova of 1734 (City Council of Zaragoza 2018c).

We have also relied on evidence from archaeological excavations, such those done in the *Paseo de la Independencia* and published by archaeologist Francisco Javier Gutiérrez (2006). Thirdly, we have used as a reference point the various recreations of Islamic Zaragoza, especially those done by:

1. Professor Jose Luis Corral (Fig. 2), according to whom Saraqstā “will almost completely keep the Roman layout, with regard to the town centre, the medina (...) To these centres will be added neighbourhoods – vast ones, in the case of Zaragoza – and other essential urban elements of Muslim cities, such as mosques, baths, and cemeteries.” (Corral, 1987: 41)
2. The architect Javier Peña (Fig. 3), based on his findings, explains in detail not only the city, but also its neighbourhoods, its geography and the most important buildings in the mediaeval Muslim period. (Peña, 2018)
3. The architect Ramón Betrán (Fig. 4), who suggests that Saraqstā had some 25,000 inhabitants, emphasises the formation of neighbourhoods outside of the city walls (Betrán, 2005: 5).

In order to complete the image of the city, its layout and recreation of non-singular or non-catalogued buildings, nearby or contemporary



examples have been assessed against the recreation, such as the town of Gelsa or the leather tanning neighbourhood of Fez.

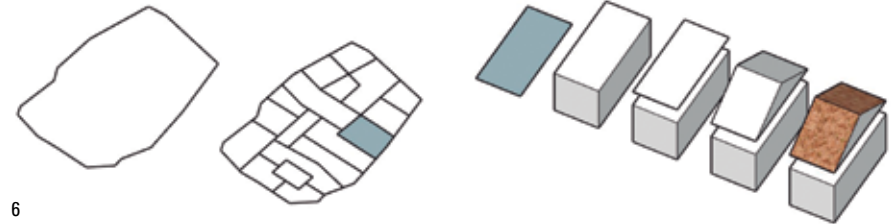
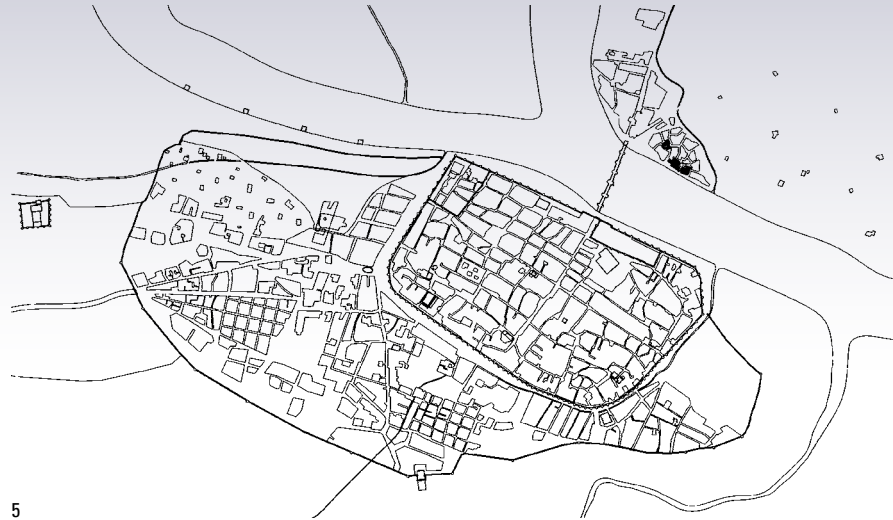
Challenges

The reconstruction encountered two main challenges or difficulties. The first challenge was to align the representation of two types of buildings: those that were singular and whose volume was known, or for which there existed detailed hypotheses about their structure (such as mosques or the Aljafería palace), and other buildings that were unknown or lost, such as dwellings, workshops, etc., and whose structures were only known in a generic form. The second challenge was to create a large number of buildings in a very short time (some 4,000 dwellings, grouped into 290 blocks).

Work process

The first phase involved the drawing of the city plan on 2D CAD, overlaying the different available documentation with the current city plan. The lack of uniformity of dimensions and distances between historical plans was solved through georectification with QGIS 2. Working on the assumption that the CAD plan of the current city contains the correct values, and taking as a point of reference certain streets, wall fragments and other indicators, we located and measured historical elements in the most exact and real way possible. Once this was done, the layout of the city was completed, carefully tracing blocks, walls, rivers, bridges, canals, roads, etc. (Fig. 5) After this phase, we moved to 3D modelling using Sketchup, starting from the topographic base upon which the sketch of urban rivers and canals was submerged. The next phase – the bulk of the 3D work – consisted of modelling all the residential blocks. With the aim of automating this process, we used CityEngine; a programme for virtual city construction through parametric modelling. Personalised rules were used here (Fig. 6) so that every plot that was drawn in 2D could be converted into a random size and height, from four to nine meters, with a gabled roof and Arabic roof tiles, as well as a random colour scheme.

Next, these models were integrated with the joint model of the city, which included the singular buildings and other urban elements that were manually modelled. (Fig. 7)



una forma casi total, por lo que respecta al núcleo central de la ciudad, la medina (...) A estos núcleos se les añadirán los arrabales, muy extensos en el caso de Zaragoza, y con ellos otros elementos urbanos imprescindibles en las ciudades musulmanas como las mezquitas, los baños y los cementerios.» (Corral, 1987: 41)

2. El arquitecto Javier Peña (Fig. 3), que detalla, según su criterio, no solo la ciudad sino también sus arrabales, su geografía y los edificios más relevantes en la época medieval musulmana. (Peña, 2018)

3. El arquitecto Ramón Betrán (Fig. 4), quien propone una Saraqustá de unos 25000 habitantes y pone el énfasis en la formación de los barrios extramuros (Betrán, 2005: 5).

Para completar la imagen de la ciudad, su trazado y la recreación de sus edificios no singulares o catalogados, se han valorado ejemplos próximos o contemporáneos a la recreación, como la población de Gelsa o el barrio de curtidores de Fez.

Dificultades

La reconstrucción afrontó dos retos o dificultades principales. La primera, uniformizar la representación de dos tipos de edificios: unos singulares, de volumetría conocida o con hipótesis detalladas sobre cómo eran (como mezquitas o el propio palacio de la Aljafería), y otros anónimos, desaparecidos, como viviendas, talleres, etc., de los que solo se conoce su morfología de manera genérica. El segundo reto fue la necesidad de realizar un gran número de edificios en poco tiempo (unos 4000 edificios de viviendas, agrupados en 290 manzanas).

Proceso de trabajo

Una primera fase consistió en trabajar el plano de la ciudad en CAD 2D, superponiendo la diferente documentación disponible con el plano actual de la ciudad. La falta de correspondencia de dimensiones y distancias entre planos históricos, se solventó mediante georretrificaciones con QGIS 2. Asumiendo como



5. Delineado 2D de la ciudad

6. Esquema gráfico del proceso de obtención automática de edificios a partir de contornos de parcelas, por medio de reglas paramétricas

7. Modelo 3D completo de la ciudad. Vista desde el este

5. 2D draft of the city

6. Graphical representation of the automation process for converting plot drawings to buildings, using parametric rules

7. Complete 3D model of the city. View from the east

valor correcto el plano CAD de la ciudad actual, y tomando como referencia algunas calles, fragmentos de murallas y otros indicadores, se ubicaron y dimensionaron los elementos históricos de la forma más exacta y real posible. Hecho esto, se completó la planta de la ciudad, redibujando cuidadosamente manzanas, murallas, ríos, puentes, acequias, caminos, etc. (Fig. 5)

Tras esta fase se pasó al modelado 3D con la herramienta Sketchup, comenzando por la base topográfica, sobre la cual se hundió el trazado de ríos y acequias urbanas. La siguiente fase, el grueso del trabajo 3D, consistía en el modelado de todas las manzanas residenciales. Con el fin de automatizar este proceso, se recurrió a CityEngine, un programa de construcción de ciudades virtuales mediante modelado paramétrico. Aquí se aplicaron reglas personalizadas (Fig. 6) para que cada parcela dibujada en 2D se convirtiera en un volumen de altura aleato-

ria, entre 4 y 9 metros, y cubierta a dos aguas con teja árabe, mapeada en tonalidad también aleatoria.

A continuación, estos modelos se integraron en el modelo conjunto de la ciudad, completado con los edificios singulares y otros elementos urbanos modelados manualmente. (Fig. 7)

El siguiente paso fue la inserción de vegetación y la aplicación de texturas a las superficies. Para las texturas se crearon expresamente nuevas imágenes de mapeado a partir de fotografías. Finalmente, se generó la vista aérea de conjunto con la herramienta V-Ray, una imagen de 10000 x 20000 píxeles utilizada como imagen final, sin postproducción, para su impresión en formato cartel (Fig. 8).

Resultados

El modelo creado recoge tanto evidencias históricas como hipótesis basadas en otros ejemplos, con el

The next step was to add vegetation and apply texture to the surface. For the textures, new mapped images were specially created using photographs. Finally, the aerial view was generated using the programme V-Ray; an image of 10,000 x 20,000 pixels that was used as the final image, without postproduction, and printed in poster format (Fig. 8).

Findings

The created model gathers historical evidence and hypotheses based on other examples, under the guidance of architect Javier Peña. According to this information, the city of Saraqustā extended along the southern bank of the Ebro, considerably exceeding the boundaries of the ancient Roman walls, surrounded by a second perimeter, rammed-earth wall with various access gates.

The surrounding landscape consisted of agricultural fields, with olive trees being the predominant crop.

Another settlement was founded on the northern side of the river, likely characterised by its artisanal activity of leather tanning, which is why the suburbs of Fez were taken as a reference point. As can be seen from plans from the 18th Century, the path of the river was different from what it is today, with



8. Render final de la ciudad islámica de Saraqustä en el año 1018. Vista desde el norte
9. Zuda o alcazaba



8

an additional distributary flowing to the north. Both riverbanks were connected by a bridge, which was probably already made of stone and looked similar to the way it looks today. On the south bank, a series of hydraulic mills for water catchment have been included. Apart from the river Ebro, the Huerva tributary and various other urban canals also passed by the city and their approximate paths have been included.

In terms of architecture, we should mention, firstly, the Zuda or *suddä*, a fortified royal palace situated on the riverbank; a grand precinct that contained various buildings and whose perimeter included the fragment of the Roman wall which, today, is preserved in the Cesar Augusto avenue. Two towers situated inside the perimeter, and which still exist today, are considered by Peña to be of Islamic origin, even though they have undergone large transformations: the fortified tower of the Zuda and the tower of the current Baroque church of San Juan de los Panetes. Both towers have been included in the 3D

asesoramiento del arquitecto Javier Peña. Según estas informaciones, la ciudad de Saraqustä se extendía por la ribera sur del Ebro, sobrepasando ampliamente los límites de las antiguas murallas romanas, rodeada por un segundo muro perimetral de tapial, con varias puertas de acceso. El paisaje exterior lo conformaban campos de cultivo con predominancia de olivares.

Al norte del río se formó otro asentamiento, caracterizado por su probable actividad artesanal del curtido de pieles, y para el cual se han tomado como referencia los curtidores de Fez. Tal y como recogen planos del siglo XVIII, el trazado del río era diferente al actual, con un brazo adicional orientado a norte. Ambas riberas se comunica-

ban por un puente, probablemente ya de piedra con la misma apariencia que tiene en la actualidad. En la ribera sur se ha incluido asimismo una serie de ingenios hidráulicos para la recogida del agua. Aparte del río Ebro, por la ciudad también discurrían en superficie el afluente Huerva y diversas acequias urbanas, de las que se ha esbozado su trazado aproximado.

En cuanto a la arquitectura debemos hablar, en primer lugar, de la Zuda o *suddä*, palacio real fortificado ubicado junto a la ribera del río, un gran recinto que contenía varios edificios y en cuyo perímetro se incluía el fragmento de muralla romana hoy conservada en la Avenida César Augusto. Dos torres localizadas dentro de sus límites,



8. Final representation of the Islamic city of Saraqstā in the year 1018. View from the north
9. Zuda or citadel

actualmente existentes, pueden considerarse de origen islámico, aunque con grandes transformaciones: el torreón de la Zuda y la torre de la actual iglesia barroca de San Juan de los Panetes. Ambas se han incluido en el modelo 3D con una volumetría aproximada, tomando como referencia su planta y su altura actuales. (Fig. 9)

También se recrea el Palacio de la Aljaferia, documentado del siglo XI, siguiendo las investigaciones de Ewert (1978) (Fig. 10).

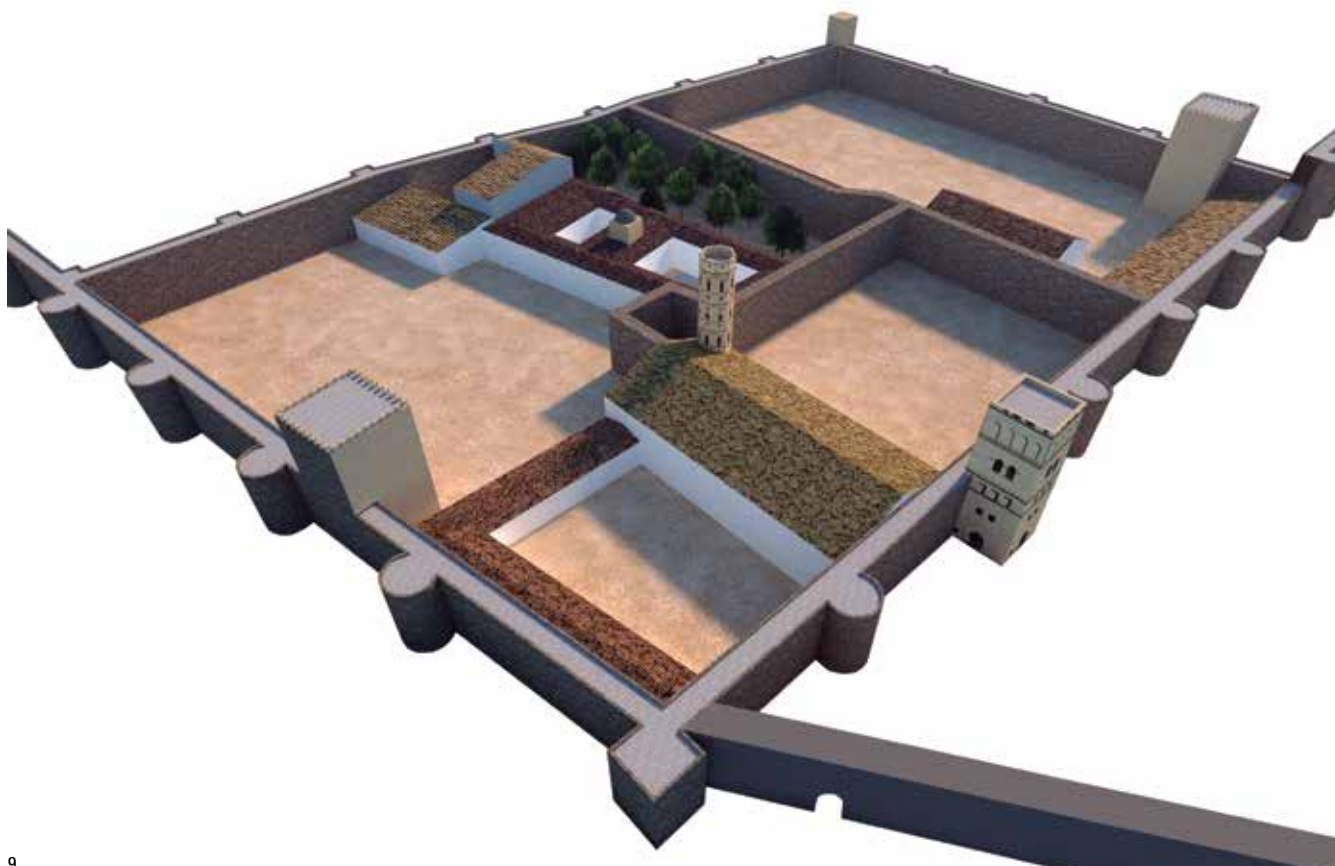
Se recogen, asimismo, en el modelado de edificios singulares, tres tipologías de mezquitas, unas de pequeño tamaño cerca de las puertas de la ciudad, de planta central, unas de tamaño medio de planta basilical, que podrían denominar-

se “mezquitas de barrio” y otras de mayor tamaño específicas, para las que se ha utilizado documentación existente, como las ubicadas en la actual iglesia de la Madalena o san Gil. También se han reproducido sus torres o alminares, al igual que otros exentos, como el de la Torre Nueva (Fig. 11), donde presumiblemente hubo uno de estos minaretes, o el del actual San Pablo (Fig. 12). Para finalmente concluir con la Mezquita mayor de Saraqstā, ubicada próxima al antiguo foro romano y sobre lo que debió de ser la iglesia visigoda de San Vicente.

Otras edificaciones a mencionar son los *funduqs*, recintos de gran importancia como puntos de encuentro, intercambio comercial y

model with an approximate size, using their current height and layout as a guide. (Fig. 9) The Aljaferia palace has also been recreated, documented from the 11th Century, following the research of Ewert (1978) (Fig. 10)

The modelling of singular buildings also reflects three types of mosques: some smaller ones located close to the gates of the city, with a centralised plan; some medium-sized ones with a basilica plan, which could be called “neighbourhood mosques”; and other specific larger mosques for which existing documentation was used; such as those situated on the contemporary sites of the churches of Magdalena or San Gil. Their towers or minarets have also been recreated, as well those that no longer exist, such as Torre Nueva (Fig. 11), which, presumably, had a minaret in the past, or such as the current San Pablo tower (Fig. 12). And finally, the Great Mosque of Saraqstā, located next to the old Roman forum and which could have been built on top of the Visigothic church of San Vicente.





Other buildings worth mentioning are the *funduqs*, important precincts that acted as meeting points, commercial activity hubs, and lodging. They have been located near the entrance gates of the city as well as some in the medina quarter. They are large, spacious buildings with rectangular plans and a big central patio.

Lastly, we should also mention the city's three cemeteries, located in the south, east and west, respectively. We used images of contemporary Arab cemeteries and presented them as open spaces with ample vegetation, dotted with small gravestones facing Mecca.

Conclusion

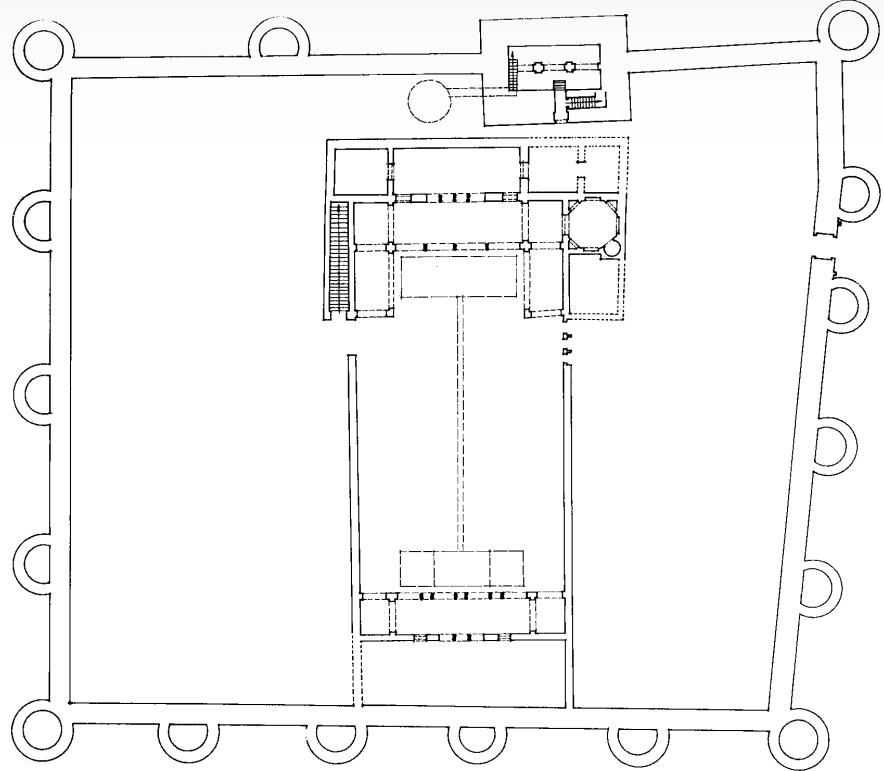
The principal conclusion is that this project establishes a possible methodological approach for reconstructing historical cities for which there exists little graphical documentation and archaeological remnants. Some important methodological points must be highlighted:

It is important to correctly define the two-dimensional cartographic base, on which the 3D model shall be built. The combination of various historical sources inevitably leads to a lack of uniformity in terms of dimensions and distances, but can be solved using georectification of images. In our case, the distortion in the location of some peripheral elements was quite considerable. Better results were therefore obtained when we limited the settings to the historic quarter. As a geometric reference it is advisable to use the most recent available cartography. At the same time, when reconstructing the buildings in 3D, a clear hierarchy must be established between the buildings that are known and precisely located, and the rest of the buildings. The former must be defined as precisely as possible, based on available evidence and prior research by other authors. In our case, the first group mainly consists of the Aljaferia palace, the Aljama mosque, the Zuda and its towers, the church of San Pablo, the minarets of Torre Nueva, and various other mosques.

The second group, made up of generic buildings – which are not preserved or listed – can be presented whether in a schematic form or in a detailed, hypothetical way, based on consistent parameters. The models of other buildings support the benefits of this

10. Planta del palacio de la Aljafería según Christian Ewert
11. Alminar ubicado en la Torre Nueva de Zaragoza

10. Floor plan of the Aljaferia palace, according to Christian Ewert
11. Minaret located on Torre Nueva of Zaragoza



10

hospedaje. Se han ubicado próximos a las puertas de acceso a la ciudad, aunque también alguno en la medina, y consisten en generosos volúmenes de planta rectangular y un gran patio central.

Por último, debemos hablar de los tres cementerios de la ciudad, ubicados al sur, este y oeste respectivamente. Se han tomado como referencia imágenes de cementerios árabes actuales y se han representado como terrenos abiertos con vegetación, salpicados de pequeñas lápidas orientadas hacia la Meca.

Conclusiones

Como conclusión principal, el trabajo realizado define una posible metodología para abordar la reconstrucción de ciudades históricas, de las que existe poca documentación gráfica y abundantes

vestigios arqueológicos. Se destacan algunas cuestiones metodológicas importantes:

Por una parte, debe definirse correctamente la base cartográfica bidimensional sobre la que se construirá el modelo 3D. La combinación de diversas fuentes históricas conlleva la inevitable falta de correspondencia de dimensiones y distancias, algo que puede solventarse mediante la georrección de las imágenes. En nuestro caso, las distorsiones en la ubicación de algunos elementos periféricos eran considerables, por lo que se obtuvieron mejores resultados limitando el ajuste al núcleo histórico. Como referente geométrico convalidará tomar la cartografía más actual disponible.

Por otra parte, a la hora de reconstruir los edificios en 3D, debe establecerse una clara jerar-



quía entre los edificios conocidos y localizados con exactitud, y el resto de la masa edificatoria. Los primeros deberán definirse con el mayor rigor posible, a partir de las evidencias disponibles y de investigaciones previas de otros autores. En nuestro caso, este primer grupo lo conforman fundamentalmente el palacio de la Aljafería, la mezquita aljama, la Zuda con sus torres, la iglesia de san Pablo, el minarete de la Torre Nueva, y varias mezquitas.

El segundo grupo, formado por edificios genéricos—no conservados ni localizados— puede representarse, bien de forma esquemática, bien de forma detallada “hipotética” basada en parámetros coherentes. Las referencias de otras reconstrucciones avalan la conveniencia de esta segunda opción, que otorga realismo al modelo, posibilitando su presentación fotorrealística. La definición de los elementos constructivos deberá adaptarse al formato de presentación previsto: por ejemplo, para una vista aérea será importante la definición de las cubiertas, mientras si se prevén recorridos virtuales, será fundamental detallar los paramentos verticales.

Asimismo, el empleo combinado de diferentes herramientas de software para la construcción tridimensional puede ofrecer importantes ventajas en términos de eficiencia, como en nuestro caso lo fue el empleo de herramientas paramétricas en combinación con las de modelado 3D, si bien en algún caso pueda requerir resolver algunos problemas de interoperabilidad entre diferentes programas y formatos.

Para concluir, la reconstrucción virtual—y visual— de la ciudad histó-

rica, a pesar de sus posibles limitaciones y errores, es un ejercicio que pone en valor el paisaje urbano de la ciudad, y facilita, desde supuestos “reales” o virtuales, el debate histórico-arquitectónico acerca de cuestiones como dimensiones, materiales, estilos o sistemas constructivos, poniendo énfasis en la morfología y la esencia arquitectónica de los edificios históricos. ■

second option, which lends an air of realism to the model, enabling its photorealistic appearance. The definition of structural elements must be adapted to the format of the presentation: for example, for an aerial view the definition of roofs will be important, whereas for virtual tours the details of wall coverings will be paramount.

In addition, the use of different software applications for the three-dimensional construction can offer important advantages in terms of efficiency – in our case, we used





parametric tools in combination with 3D modelling – even though, in some cases, there may be compatibility issues between different programmes and formats. In conclusion, the virtual and visual reconstruction of the historical city – despite its potential limitations and errors – is an exercise which adds value to the urban landscape of the city and facilitates, from “real” or virtual assumptions, the historic-architectural debate on issues such as dimensions, materials, styles or structural systems, while focussing on the architectural morphology and the essence of historical buildings. ■

Notes

- 1 / Javier Peña Architect, restorer and author of numerous articles about Zagri architecture.
 2 / Free and Open-source Geographic Information System <https://www.qgis.org/es/site/>

References

- ANON., 2014. Map of Arab Zaragoza in the year 1115 [online]. Accessible at: <https://esaragoza.blogspot.com/2014/04/plano-de-zaragoza-arabe-en-el-ano-1115.html> [last accessed 30/10/2018]
- BETRÁN, R., 2005. Continuidad, proyecto y evolución urbana en Saraqstā (714-1118). *Zaragoza, espacio histórico*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza, pp.35-73.
- CITY COUNCIL OF ZARAGOZA, 2018. General Plan for Urban Planning of Zaragoza [online]. Accessible at: <https://www.zaragoza.es/ciudad/urbanismo/planeamiento/pgouz/planos.htm> [last accessed 30/10/2018]
- CITY COUNCIL OF ZARAGOZA, 2018. Historical plans of the city of Zaragoza [online]. Accessible at: https://www.zaragoza.es/ciudad/usic/cartografia/carto_planos.htm [last accessed 30/10/2018]
- CITY COUNCIL OF ZARAGOZA, 2018. Municipal Archive of the Zaragoza City Council - Documentary Funds [online]. Accessible at: http://www.zaragoza.es/nuba/app/attachment/?a0=Ficha&c0=Imagen+Vista&a=04/04-02/AMZ_4-2_0458/_index.djvu&I0=djvu [last accessed 30/10/2018]
- CODINA, F., DE PRADO, G., RUIZ, I., SIERRA, A. 2017. El proyecto de reconstrucción virtual de la ciudad ibérica de Ullastret. *La Ciencia y el Arte VI. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp.246-255. Accessible at: https://sede.educacion.gob.es/publivera/descarga.action?f_codigo_agc=15958C [last accessed 30/10/2018]
- CORRAL LAFUENTE, J.L., 1987. El sistema urbano en la marca superior de Al-Andalus. *Turiaso*, VII, pp.23-64. Accessible at: <http://www.ceturiasonenses.org/content/files/>

12. Alminar ubicado en la iglesia de San Pablo de Zaragoza

12. Minaret located on the church of San Pablo of Zaragoza





Notas

- 1 / Javier Peña Arquitecto, restaurador y autor de numerosos artículos sobre arquitectura Zagri.
2 / Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. <https://www.ogis.org/es/site/>

Referencias

- ANON., 2014. Plano de Zaragoza árabe en el año 1115 [online]. Disponible en: <https://eszaragoza.blogspot.com/2014/04/plano-de-zaragoza-arabe-en-el-ano-1115.html> [visitado el 30/10/2018]
- AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA, 2018. Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza [online]. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/ciudad/urbanismo/planeamiento/pgouz/planos.htm> [visitado el 30/10/2018]
- AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA, 2018. Planos históricos de la ciudad de Zaragoza [online]. Disponible en: https://www.zaragoza.es/ciudad/usic/cartografia/carto_planos.htm [visitado el 30/10/2018]
- AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA, 2018. Archivo Municipal del Ayuntamiento de Zaragoza - Fondos Documentales [online]. Disponible en: http://www.zaragoza.es/nuba/app/attachment?a0=Ficha&c0=Imagen+Vista&a=04/04-02/AMZ_4-2_0458/index.djvu&l0=djvu [visitado el 30/10/2018]
- BETRÁN, R., 2005. Continuidad, proyecto y evolución urbana en Saraqustā (714-1118). En: *Zaragoza, espacio histórico*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza, pp.35-73.
- CODINA, F., DE PRADO, G., RUIZ, I., SIERRA, A., 2017. El proyecto de reconstrucción virtual de la ciudad ibérica de Ullastret. En: *La Ciencia y el Arte VI. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pp.246-255. Disponible en: https://sede.educacion.gob.es/publivena/descarga.action?f_codigo_agc=15958C [visitado el 30/10/2018]
- CORRAL LAFUENTE, J.L., 1987. El sistema urbano en la marca superior de Al-Andalus. *Turiaso*, VII, pp.23-64. Disponible en: http://www.ceturiasonenses.org/content/files/articulof_9_01_TVRIASO-VII-Parte-1.pdf [visitado el 30/10/2018]
- DYLLA, K., FRISCHER, B., MUELLER, P., ULMER, A., HAEGLER, S., 2010. Rome Reborn 2.0: A Case Study of Virtual City Reconstruction Using Procedural Modeling Techniques. *Computer applications and quantitative methods in archaeology*. Oxford: Archaeopress, pp.62-66. Disponible en: https://proceedings.caaconference.org/paper/09_dylla_et_al_caa2009/ [visitado el 30/10/2018]
- EWERT, C., 1978 y 1980. *Spanisch-Islamische Systeme sich Kreuzender Bögen. III-Die Aljafería in Zaragoza*. Berlín: Walter de Gruyter.
- EXPÓSITO SEBASTIÁN, M., PANO GRACIA, J.L., 1993. El palacio musulmán de la Aljafería. *Artigrama*, 10, pp. 55-78.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS CARMONA, J.M., 2013. *Córdoba Califal: Año 1000*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Disponible en: www.juntadeandalucia.es/medioambiente/cordobacalifal1000 [visitado el 30/10/2018]
- GOBIERNO DE ARAGÓN, 2018. Portal General de Documentos y Archivos de Aragón, <http://dara.aragon.es/> [visitado el 30/10/2018]
- GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, F.J., 2006. *La excavación arqueológica del paseo de la Independencia de Zaragoza. Febrero-mayo de 2002*. Madrid: Entorno.
- GUTIÉRREZ, D., SERÓN, F.J., MAGALLÓN, J.A., SOBREVIELA, E.J., LATORRE, P., 2003. Archaeological and cultural heritage: bringing life to an unearthened Muslim suburb in an immersive environment. *Journal of Cultural Heritage*, 5 (1), pp.63-74. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.10.001>
- LÓPEZ QUINTERO, J.L., GARCÍA MOLINA, D.F., MONTES TUBIO, F., 2018. Reconstrucción virtual de la desaparecida almazara Puente de Tablas de Priego de Córdoba. *EGA*, 32, pp.220-231. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9812>
- PASTRANA SALCEDO, T., JANIRETH BOHÓRQUEZ, A., 2017. Anastilosis digital: un ejercicio de reconstrucción de la Plaza Mayor de México s. XVI. *EGA*, 29, pp.58-67. <https://doi.org/10.4995/ega.2017.7357>
- PEÑA, J., 2011. Tzagr alAndalus. Aragón andalusí [online]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/zagralandalus/> [visitado el 30/10/2018]
- PEÑA, J., 2018. El siglo de oro de Saraqustā [online]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/zagralandalus/siglooroSaraqustā> [visitado el 30/10/2018]
- PENA, J., 2011. Tzagr alAndalus. Aragón andalusí [online]. Accessible at: <https://sites.google.com/site/zagralandalus/> [last accessed 30/10/2018]
- PENA, J., 2018. El siglo de oro de Saraqustā [online]. Accessible at: <https://sites.google.com/site/zagralandalus/siglooroSaraqustā> [last accessed 30/10/2018]
- GOVERNMENT OF ARAGON, 2018. General Portal of Documents and Archives of Aragón, <http://dara.aragon.es/> [last accessed 30/10/2018]
- GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, F.J., 2006. *La excavación arqueológica del paseo de la Independencia de Zaragoza. Febrero-mayo de 2002*. Madrid: Entorno.
- GUTIÉRREZ, D., SERÓN, F.J., MAGALLÓN, J.A., SOBREVIELA, E.J., LATORRE, P., 2003. Archaeological and cultural heritage: bringing life to an unearthened Muslim suburb in an immersive environment. *Journal of Cultural Heritage*, 5 (1), pp.63-74. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.10.001>
- LÓPEZ QUINTERO, J.L., GARCÍA MOLINA, D.F., MONTES TUBIO, F., 2018. Reconstrucción virtual de la desaparecida almazara Puente de Tablas de Priego de Córdoba. *EGA*, 32, pp.220-231. <https://doi.org/10.4995/ega.2018.9812>
- PASTRANA SALCEDO, T., JANIRETH BOHÓRQUEZ, A., 2017. Anastilosis digital: un ejercicio de reconstrucción de la Plaza Mayor de México s. XVI. *EGA*, 29, pp.58-67. <https://doi.org/10.4995/ega.2017.7357>
- PEÑA, J., 2011. Tzagr alAndalus. Aragón andalusí [online]. Accessible at: <https://sites.google.com/site/zagralandalus/> [last accessed 30/10/2018]
- PENA, J., 2018. El siglo de oro de Saraqustā [online]. Accessible at: <https://sites.google.com/site/zagralandalus/siglooroSaraqustā> [last accessed 30/10/2018]

Acknowledgements

We would like to thank Javier Peña Gonzalvo, Miguel Sancho Mir, Marta Quintilla Castán and Ana Alfaro Rodríguez for their collaboration during the virtual reconstruction of Saraqustā. This work was funded by the Government of Aragón (Reference Group T37_17R, GIA) and co-funded by Feder 2014-2020 "Building Europe from Aragón".

Sources of the images

Figure 1: photograph by the authors
Figure 2: Corral, 1987: 55
Figure 3: Peña, 2018
Figure 4: Betrán, 2005: 73
Figures 5-9, 11-12: own elaboration
Figure 10: Expósito y Pano, 1993: 65

Agradecimientos

Agradecemos su colaboración en el trabajo de reconstrucción virtual de Saraqustā a Javier Peña Gonzalvo, Miguel Sancho Mir, Marta Quintilla Castán, Ana Alfaro Rodríguez y el grupo GIA.

Fuentes de las imágenes

Figura 1: fotografía de los autores
Figura 2: Corral, 1987: 55
Figura 3: Peña, 2018
Figura 4: Betrán, 2005: 73
Figuras 5-9, 11-12: elaboración propia
Figura 10: Expósito y Pano, 1993: 65