

## EL PROYECTO DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA COMO ESTRATEGIA DE PUESTA EN VALOR DEL CONJUNTO DE ESPACIOS SUBTERRÁNEOS PATRIMONIALES DE CARMONA.

### GRAPHIC REPRESENTATION PROJECT AS A STRATEGY TO ENHANCE THE VALUE OF CARMONA'S UNDERGROUND HERITAGE SPACES.

Andrés Galera-Rodríguez; orcid 0000-0002-6791-4005

Francisco Pinto-Puerto; orcid 0000-0003-4608-6818

Mario Algarín-Comino; orcid 0000-0002-3230-9956

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

doi: 10.4995/ega.2024.21779

Una de las peculiaridades de los espacios e infraestructuras subterráneas es el quedar ocultos dentro de grandes masas pétreas, sin un correlato masivo exterior. El límite entre espacio y masa es la propia superficie excavada donde percibimos la textura pétrea o terrenal. En cuanto a su consideración patrimonial, son espacios creados en el terreno para cumplir un fin específico que complementa a las estructuras emergentes. Su construcción en muchos casos es sustractiva, una singularidad tipológica, que los sitúa a medio camino entre su calificación como edificios patrimoniales, como elementos infraestructurales o como yacimientos arqueológicos. Estas singularidades hacen que su representación, documentación y análisis gráfico sean complejos, y muchas veces infructuosos. Por ello esta investigación ofrece estrategias y metodologías que contribuyan, a través de recursos

gráficos digitales e impresiones 3d, a la correcta documentación, visualización de espacios con geometría irregular y compleja, con el objetivo de favorecer su análisis, conservación, difusión y puesta en valor.

**PALABRAS CLAVE: UBH; GRAPHIC HERITAGE; MODELOS INTERPRETATIVOS; CUEVA; CANTERA; ABASTECIMIENTO DE AGUA; CIUDAD HISTÓRICA; FABRICACIÓN DIGITAL.**

*One of the distinctive characteristics of underground spaces and infrastructures is that they are hidden within large masses of stone, without a massive external correlate. The boundary between space and mass is the excavated surface itself, where we perceive the stony or earthy texture. In terms of their heritage value, these excavated spaces are dugged or carved*

*in the ground to fulfil a specific purpose that complements the emerging structures. Their construction in many cases is subtractive, resulting in a typological singularity that places them halfway between their classification as heritage buildings, infrastructural elements or archaeological sites. This singularity makes their representation, documentation and graphic analysis complex and often fruitless. For this reason, this research presents strategies and methodologies that contribute, through digital graphic resources and 3D printing, to the correct documentation and visualisation of spaces with irregular and complex geometry, with the aim of favouring their analysis, conservation, dissemination and enhancement.*

**KEYWORDS: UBH; GRAPHIC HERITAGE; INTERPRETATION MODELS; CAVE; QUARRY; WATER SUPPLY; HISTORIC CITY; DIGITAL FABRICATION.**



## Espacios subterráneos patrimoniales, la ciudad excavada de Carmona

La ciudad de Carmona ocupa históricamente un lugar estratégico en la zona del valle del Guadalquivir gracias a su emplazamiento en uno de los puntos más altos de la meseta elevada que forma el borde de los Alcores. Esta situación supuso un mayor desarrollo de la ciudad a lo largo de sus distintas épocas, especialmente la romana, que dejó en la ciudad grandes equipamientos. La ciudad tuvo una de las necrópolis más importantes en número y tamaño de tumbas subterráneas, pero también creó una compleja red de abastecimiento que lograba, a través de un sistema de galerías, llevar el agua captada en distintas cavidades subterráneas hasta las puertas de la ciudad a pesar de

1. Plano del conjunto de estructuras subterráneas de Carmona halladas hasta el momento, diferenciadas gráficamente según tipología subterránea: Sistemas de abastecimiento de agua, minas de agua en azul, cisternas en morado; Funeraria en verde; Extracción de materiales en magenta. En negro los dos casos de estudio del trabajo. 1. El conjunto de minas de aguas del entorno de la alameda de Alfonso XIII, tipología subterránea abastecimiento de agua. 2. Canteras de la Batida, tipología extracción de material.

encontrarse en una meseta elevada. A su vez los edificios de la ciudad intramuros disponían de cisternas, tanto para consumo doméstico como otras de mayor tamaño que abastecían a edificios públicos como las termas (Conlin Hayes, 2001).

A esta proliferación de espacios subterráneos en la ciudad contribuyó la composición geológica del terreno, compuesto por un primer estrato de calcarenita, roca blanda que permite la fácil excavación, lo que dio lugar siglos más tarde a la extracción de material mediante canteras a cielo abierto y bajo rasante, como es el caso de la cantera de la Batida, datadas de época renacentista (Herrero Fernández *et al.*, 2008).

El conjunto de espacios subterráneos patrimoniales de Carmona (Fig. 1) cuenta con una gran extensión y número de elementos documentados

1. Map of the group of underground structures found so far in Carmona, graphically differentiated according to subterranean typology: Water supply systems, water mines (blue) and cisterns (purple); Funerary (green); Extraction of materials (magenta). The two case studies of the work are highlighted in black. 1. The group of water mines in the area around the Alameda de Alfonso XIII, underground water supply typology. 2. La Batida quarries, typology of material extraction.

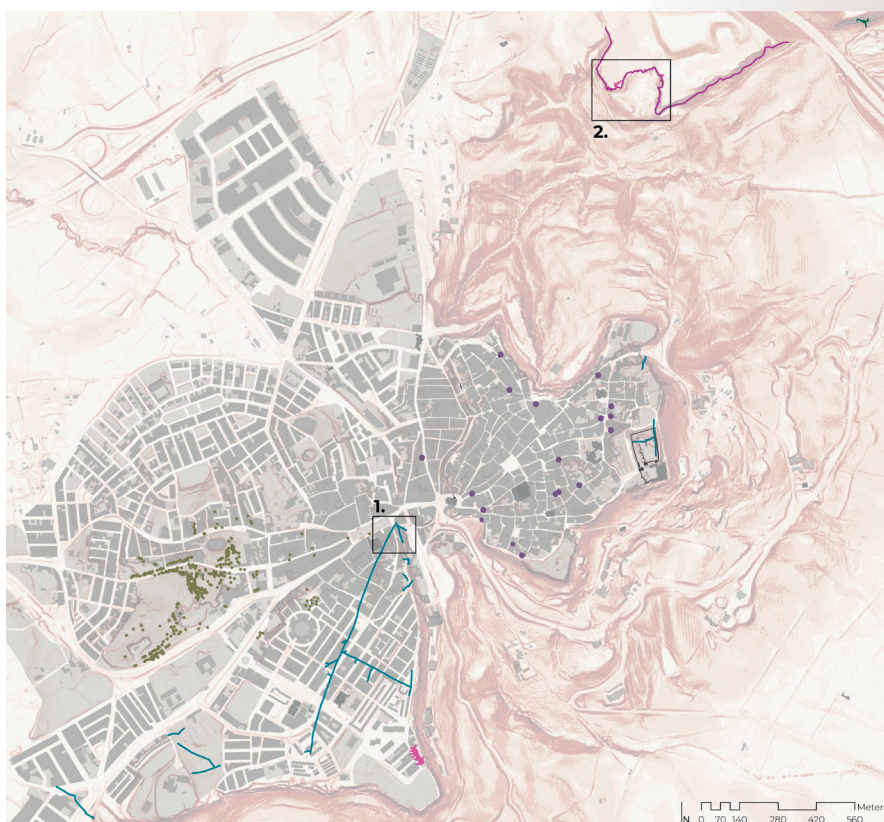
## Underground heritage sites, the excavated city of Carmona

Historically, the city of Carmona has occupied a strategic position in the Guadalquivir valley area due to its location on one of the highest points of the plateau that forms the edge of the Alcores. This situation led to the city's development throughout its different periods, especially the Roman period, which left the city with great facilities. The city had one of the most important necropolises in terms of the number and size of its underground tombs, but it also had a complex water supply system that, despite its location on a high plateau, managed to bring the water collected in various underground cavities to the gates of the city through a system of galleries. At the same time, the buildings within the city walls had cisterns, both for domestic use and other larger cisterns that supplied public buildings such as the baths (Conlin Hayes, 2001). This proliferation of underground spaces in the city was facilitated by the geological composition of the terrain, which consisted of a first layer of calcarenite, a medium-hard rock that allowed easy excavation, which led centuries later to the extraction of material through open-air quarries and underground, as in the case of the La Batida quarry, dating from the Renaissance period (Herrero Fernández *et al.*, 2008).

The group of underground heritage spaces in Carmona (Fig. 1) has a great extension and number of documented elements and typological diversity. Despite this, they lack adequate heritage protection and a direct link to the city at above-ground level.

## Graphical interpretation of underground spaces

The underground issue has been addressed by various authors: Édouard Utudjian approaches it from an urban point of view, understanding it as a "non-place" and raising a series of questions about its invisible, non-existent, non-city condition, all based on the difficulty of inhabiting it (Utudjian, 1966). Dominique Perrault also proposes different strategies and inferences regarding the problem of inhabiting underground spaces in integrated cities, which he refers to as *Groundscapes* (Perrault, 2017). On the other hand, Eduardo Chillida



works on the resulting space as a large-scale sculptural element in the Tindaya mountain (Samudio Marino, 2000) or on a smaller scale, in the house of Juan Sebastian Bach, among many other examples.

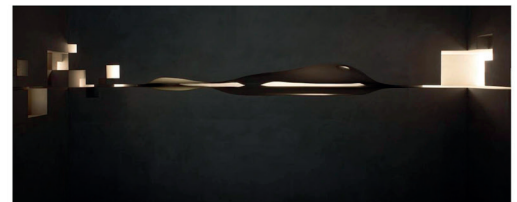
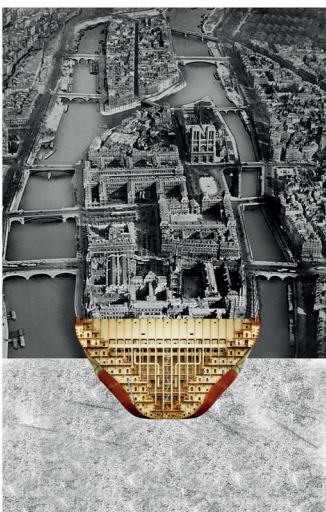
In order to explain their theories on the underground, these authors used different creative approaches based on graphic representations and interpretative models. Édouard Utudjian illustrates his manifesto on the subterranean urbanism of Paris with a series of plans and sectional drawings, but above all with a series of models which, in combination with light, highlight the subterranean structures of the model, attempting to reproduce the graphic effect of the bones of the human body in an X-ray (fig. 2b). In the case of Dominique Perrault, in addition to a catalogue of images illustrating concepts of subterranean habitation, the “other topographies” are represented by means of collages that combine fragments of the real city with other utopian fragments that capture the subterranean reality (fig. 2a). In the case of Eduardo Chillida, a large part of his artistic work based on the emptying of solids is a consequence of the deliberate use of the figure-ground relationship and physical models in different materials (fig. 2e). The design exercise of *La cattedrale di Solomon* in Lampedusa by Renato Rizzi is a creative approach to a graphic narrative that combines different processes based on physical models and planimetric descriptions (Rizzi, 2019).

y diversidad tipológica. A pesar de ello, carecen de una protección patrimonial adecuada y una vinculación directa con la ciudad sobre rasante.

### Interpretaciones gráfica de los espacios subterráneos

La problemática de lo subterráneo ha sido tratada por distintos autores. Édouard Utudjian lo aborda desde un punto de vista urbano, entendiéndolo como un “no lugar” y planteando una serie de cuestiones sobre su condición de invisible, de inexistente, de no-ciudad, todo ello a partir de la dificultad de habitarlo. (Utudjian, 1966). También Dominique Perrault plantea diversas estrategias y razonamientos sobre la problemática de habitar los espacios subterráneos en las ciudades consolidadas, que denomina *Groundscapes* (Perrault, 2017). Por otra parte Eduardo Chillida trabaja sobre el espacio resultante como elemento escultórico de gran escala en la montaña Tindaya (Samudio Marino, 2000), o de menor escala la casa de Juan Sebastian Bach entre otros muchos ejemplos.

Para explicar sus teorías sobre lo subterráneo, estos autores se ayudaron de distintas aproximaciones creativas basadas en representaciones gráficas y modelos interpretativos. Édouard Utudjian, ilustra su manifiesto sobre el urbanismo subterráneo de París con una serie de planimetrías en planta y sección, pero sobre todo con una serie de maquetas que, combinando con la luz destacan del modelo las estructuras subterráneas, intentando simular el efecto gráfico de los huesos del cuerpo humano en una radiografía (Fig. 2b). Dominique Perrault además del catálogo de imágenes que ilustra conceptos del habitar subterráneo, las “otras topografías”, son representadas mediante collages que combinan fragmentos de la ciudad real con otros utópicos pero que plasman la realidad subterránea (Fig. 2a). En el caso de Eduardo Chillida una gran parte de su obra artística basada en el vaciado de sólidos es consecuencia del uso intencionado de la relación figura-fondo y modelos físicos en diversos materiales (Fig. 2e). El ejer-





2. Collage de referencias. De izquierda a derecha. (a) Dominique Perrault *Mission Île de la Cité, le cœur du cœur*, París, 2016. (b) Edouard Utudjian, *Effet radiographique de la nouvelle grille souterraine*, 1937. (c) Renato Rizzi. *Lampedusa. La cattedrale di Solomon*, 2019. (d) Aires Mateus, *Fenda*, Biennale Venezia 2016. (e) Eduardo Chillida, *Mendi Huts I*. Alabastro, 1984.

2. Collage of references. From left to right. (a) Dominique Perrault *Mission Île de la Cité, le cœur du cœur*, Paris, 2016. (b) Edouard Utudjian, *Effet radiographique de la nouvelle grille souterraine*, 1937. (c) Renato Rizzi. *Lampedusa. La cattedrale di Solomon*, 2019. (d) Aires Mateus, *Fenda*, Biennale Venezia 2016. (e) Eduardo Chillida, *Mendi Huts I*. Alabastro, 1984.

cicio proyectual de *La cattedrale di Solomon* en Lampedusa por Renato Rizzi es una aproximación creativa a un relato gráfico que combina distintos procesos basados en modelos físicos y descripciones planimétricas (Rizzi, 2019). Aires Mateus concibe la muestra *Fenda* (Mateus, 2022) en la Biennale di Venezia 2016 como una experiencia sensorial e inmersiva, creando un modelo interpretativo físico basado en la concatenación de las secciones de distintos proyectos de arquitectura, donde el espacio exterior se representa como sólido y como espacio hueco el interior de la arquitectura (Fig. 2d), siendo una casuística gráfica similar al efecto producido entre las masas pétreas y los espacios subterráneos.

La consideración patrimonial de estos espacios subterráneos ha generado una tipología denominada *Underground Built Heritage* (UBH) Esta definición fue avanzada por Varriale (Varriale, 2021) y ha sido investigada desde distintos ámbitos en el proyecto de investigación *Underground4value* (Pace, 2021) que busca promover el patrimonio subterráneo como un recurso valioso a preservar y reutilizar, considerando que tienen un gran potencial para el desarrollo de las comunidades locales.

Los espacios excavados, carentes de vinculación con las estructuras espaciales exteriores y usualmente de complejas geometrías formales, escapan a las técnicas gráficas tradicionales. Por ello se considera oportuno recoger las principales aportaciones que se centran en estrategias específicamente gráficas para la representación y análisis de este tipo de espacios. Se han desarrollado diversas experiencias investigadoras desarrolladas en este ámbito, especialmente en Italia. Es el caso del *Proyecto CHRIMA*,

que ha estudiado espacios excavados en varios países de Europa desde una perspectiva especialmente gráfica, pero incorporando estrategias de análisis interdisciplinarios (Llopis Verdú *et al.*, 2011). También destacan las estrategias gráficas planteadas para la interpretación urbana de la ciudad excavada de Matera, en Italia (Conte, Panza y Spataro, 2016). Igualmente es de interés el proyecto desarrollado en Francia *Grottes Ornées* centrándose en la clasificación, descripción y difusión de recursos digitales 3D, no focalizándose solo en las cavidades como unidad volumétrica, sino que también analiza el valor patrimonial del arte rupestre que se encuentra en los paramentos de las cuevas (Abergel *et al.*, 2019).

Para conseguir una representación gráfica espacial fidedigna a la geometría de estos espacios es necesario recurrir a la documentación tridimensional a partir de nubes de puntos (D'Agostino *et al.*, 2022), a la visualización tridimensional interior (Trizio *et al.*, 2019) o a la generación de modelos físicos realizados con fabricación digital (Mileto *et al.*, 2021). También se ha abordado la complejidad de la documentación tridimensional de espacios subterráneos semi sumergidos (Nocerino *et al.*, 2019). Además de estas investigaciones centradas en la documentación, también se han realizado otras centradas en el reuso de estos espacios ocultos o abandonados, con estrategias que consideran el turismo (Buonincontri *et al.*, 2021) y la utilización con usos distintos a los originarios (Fuentes *et al.*, 2010).

## Objetivos

Se pretende mejorar la legibilidad y comprensión de los espacios subterrá-

Aires Mateus conceived the exhibition *Fenda* (Mateus, 2022) at the Biennale di Venezia 2016 as a sensory and immersive experience, creating a physical interpretive model based on the concatenation of sections of different architectural projects, where the exterior space is represented as solid and the interior of the architecture as hollow space (fig. 2d), a graphic casuistry similar to the effect produced between the stone masses and the underground spaces.

The consideration of these underground spaces as heritage sites has given rise to a typology known as *Underground Built Heritage* (UBH). This definition was advanced by Varriale (Varriale, 2021) and has been investigated from different fields in the *Underground4value* research project (Pace, 2021), which seeks to promote underground heritage as a valuable resource to be preserved and reused, considering that it has great potential for the development of local communities.

The excavated spaces, with no connection to external spatial structures and usually with complex formal geometries, are beyond the scope of traditional graphic techniques. For this reason, it is considered appropriate to bring together the main contributions that focus on specific graphic strategies for the representation and analysis of this type of space. Several research experiences have been developed in this field, especially in Italy. This is the case of the *CHRIMA project*, which has studied excavated spaces in several European countries from a specifically graphic perspective, but incorporating interdisciplinary analysis strategies (Llopis Verdú *et al.*, 2011). Also noteworthy are the graphic strategies proposed for the urban interpretation of the excavated city of Matera, in Italy (Conte, Panza and Spataro, 2016). Equally interesting is the *Grottes Ornées* project developed in France, which focuses on the classification, description and dissemination of 3D digital resources, not only focusing on the caves as a volumetric unit, but also analysing the heritage value of the rock art found on cave walls (Abergel *et al.*, 2019). In order to achieve a spatial graphic representation faithful to the geometry of these spaces, it is necessary to rely on three-dimensional documentation from point clouds (D'Agostino *et al.*, 2022), three-dimensional visualisation –of the interior spaces– (Trizio *et al.*, 2019) or the generation of physical

models made with digital fabrication (Mileto et al., 2021). The complexity of the three-dimensional documentation of semi-submerged underground spaces has also been addressed (Nocerino et al., 2019). In addition to this research focused on documentation, there has also been other research focused on the reuse of these hidden or abandoned spaces, with strategies that take into account tourism (Buonincontri et al., 2021) and uses other than the original ones (Fuentes et al., 2010).

### Objectives

The aim is to improve the legibility and understanding of the underground heritage spaces through the creation of a “graphic account”. On the other hand, it aims to standardise the descriptive graphic documentation of this unique heritage typology with a view to future discoveries, which will facilitate the exchange of information between the various actors involved in the documentation, protection and conservation of the UBH typology. This “graphic narrative” will describe the sequence of underground heritage spaces, with a high level of graphic precision being essential.

### Experimental methodology

An experimental methodology is proposed that will combine the graphic and the plastic, allowing for a detailed description and improved perception of the different cases of study, based on both digital and physical interpretative models (architectural mock-ups). The set of interpretative models of different types will generate a graphic representation of each of the underground heritage spaces.

This research goes beyond an exhaustive three-dimensional documentation of a high level of definition, making the process more complex and trying to optimise the digital and graphic resources to achieve a full understanding of the heritage accessible to a general public not used to the level of abstraction required by the graphic medium, as already experienced in other underground heritage cities such as Matera (Galera-Rodríguez, Ficarelli and Conte, 2023). The case studies presented in this article are part of a larger set of assets that will be developed through an ongoing research,

neous patrimoniales a partir del planteamiento de un “relato gráfico”. Por otra parte, se trata de estandarizar la documentación gráfica descriptiva de esta tipología patrimonial singular de cara a futuros hallazgos, lo que favorecerá el intercambio de información entre los distintos agentes intervinientes en la documentación, protección y conservación de la tipología UBH. Este “relato gráfico” irá describiendo la secuencia de espacios subterráneos patrimoniales, siendo esencial una alta precisión gráfica.

### Metodología experimental

Se propone una metodología experimental que hibride lo gráfico y plástico, que permita realizar una descripción pormenorizada y permita mejorar la percepción de los distintos casos de estudio a partir de modelos interpretativos tanto digitales como físicos (maquetas). El conjunto de modelos interpretativos de distinta naturaleza generará un relato gráfico de cada uno de los espacios subterráneos patrimoniales.

Esta investigación va más allá de una documentación tridimensional exhaustiva de alto nivel de definición, complejizando el proceso y tratando de optimizar los recursos digitales y gráficos para conseguir un entendimiento pleno del bien patrimonial que sea accesible a un público en general, no acostumbrado al nivel de abstracción que requiere el medio gráfico, ya experimentado en otras tras ciudades subterráneas patrimoniales como la de Matera (Galera-Rodríguez, Ficarelli y Conte, 2023).

Los casos de estudio que se presentan en esta aportación, forman parte de un conjunto mayor de elementos desarrollados a través de un trabajo de investigación en curso y han sido

elegidos para que la investigación abarque una casuística representativa de las tipologías existentes en la ciudad de Carmona: el sistema de minas de agua y conductos de abastecimiento de agua que aparece bajo el entorno de la Alameda de Alfonso XIII, debido a la complejidad geométrica de su trazado, y a las mínimas dimensiones de sus secciones; el conjunto de Cuevas de la Batida, seleccionado por ser el elemento patrimonial subterráneo de mayor entidad y dimensiones localizado fuera del núcleo urbano que formaba una cantera de extracción de material pétreo.

### La infraestructura de abastecimiento de agua de carmona en el entorno de la alameda de alfonso xiii

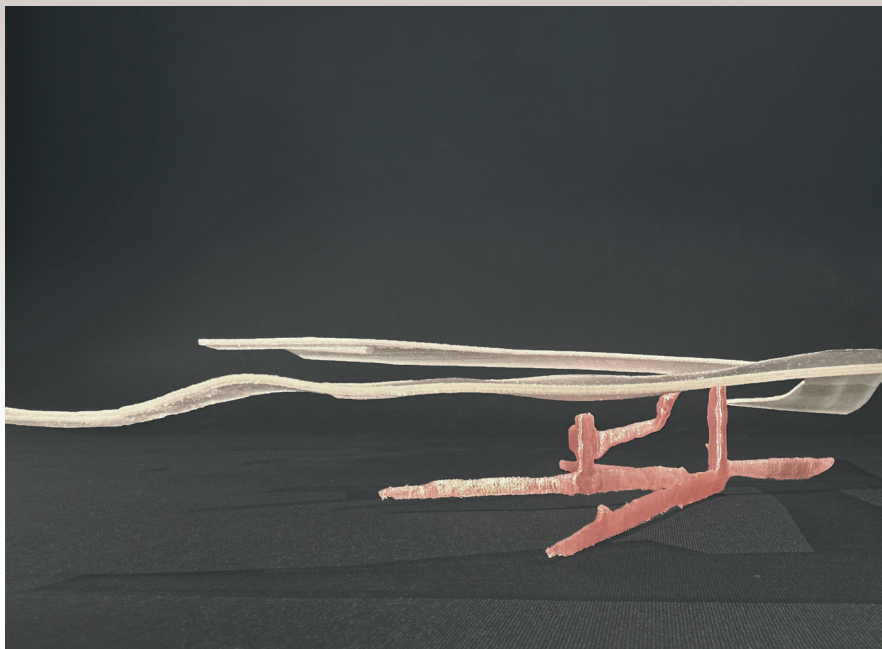
#### Cartografías superpuestas

El conjunto de minas de agua estudiado tenía un uso agrícola que se remonta a la época romana, a partir del siglo XVI abasteció la primera y única fuente de la ciudad durante mucho tiempo, y continúa en uso dando servicio al abrevadero de la Alameda de Alfonso XIII. Por ello, para tratar de comprender estas infraestructuras subterráneas a lo largo de distintas épocas se realiza un ejercicio comparativo entre el nuevo levantamiento tridimensional del trazado de las minas de agua con cartografías históricas sucesivas, donde se aprecia la influencia que han tenido estas galerías subterráneas en la morfología urbana de la ciudad sobre rasante. Pero a su vez podemos percibir cómo se han visto alteradas las galerías subterráneas con las modificaciones urbanas del entorno próximo de la ciudad en la superficie (Fig. 4).



3. Modelo físico conceptual del conjunto de minas de agua con la topografía urbana.  
4. Superposición del Plano Militar de la ciudad de Carmona de 1868 con el trazado del conjunto de minas de aguas realizado a partir de nube de puntos.

3. Conceptual physical model of the set of water mines with the urban topography.  
4. Overlapping of the Military Plan of the city of Carmona of 1868 with the layout of the water mines, drawn on the basis of a point cloud.



3

### El modelo físico como *collage*

Pese a la dificultad de relacionar y geolocalizar la ciudad subterránea con la superficial mediante vínculos directos, debido a la escasez de accesos a las minas de agua, este modelo físico tiene un alto nivel de precisión tanto en la superposición y vinculación de ambas capas de la ciudad como en la definición de la topografía y volumetría de los edificios gracias al levantamiento tridimensional con nube de puntos realizado mediante escáner láser. A partir de este se crea el despiece de cada objeto

sólido, fabricándose cada uno en un material distinto dependiendo de su naturaleza tipológica.

Este modelo físico está concebido para mostrar distinta información en función del punto de vista desde el que se observe y de cómo se manipule al poder manejarlo con las manos (Fig. 6). Si se observa en perspectiva frontal, el modelo muestra la trama urbana y la volumetría con la altura de la edificación, así como su relación con la topografía. En cambio, conforme se va rotando el modelo aparecen bajo los volúmenes las distintas estructu-

and have been included so that the research covers a representative selection of the typologies that exist in the city of Carmona: The system of aqueducts and water supply conduits that can be found under the surroundings of the Alameda de Alfonso XIII, due to the geometric complexity of its layout and the minimal dimensions of its sections. The Cuevas de la Batida complex, selected because it is a large underground heritage element located outside Carmona city centre that used to be an extraction quarry for stone material.

### The water supply infrastructure of carmona in the surroundings of alameda de alfonso XIII

#### Overlapping cartographies

The set of water mines under study has been used for agricultural purposes since Roman times, from the 16th century onwards it supplied the first and- for a long time the only-fountain in the city, and it is still in use, supplying the watering trough in the Alameda de Alfonso XIII. Therefore, in order to try to understand these underground infrastructures in different periods, a comparative exercise is being carried out between the new three-dimensional survey of the layout of the water mines and successive historical maps, where the influence of these underground galleries on the urban morphology of the city above ground can be seen. At the same time, however, we can also see how the underground galleries have been modified by the urban changes that have taken place in the city's immediate surroundings above ground (Fig. 4).



4

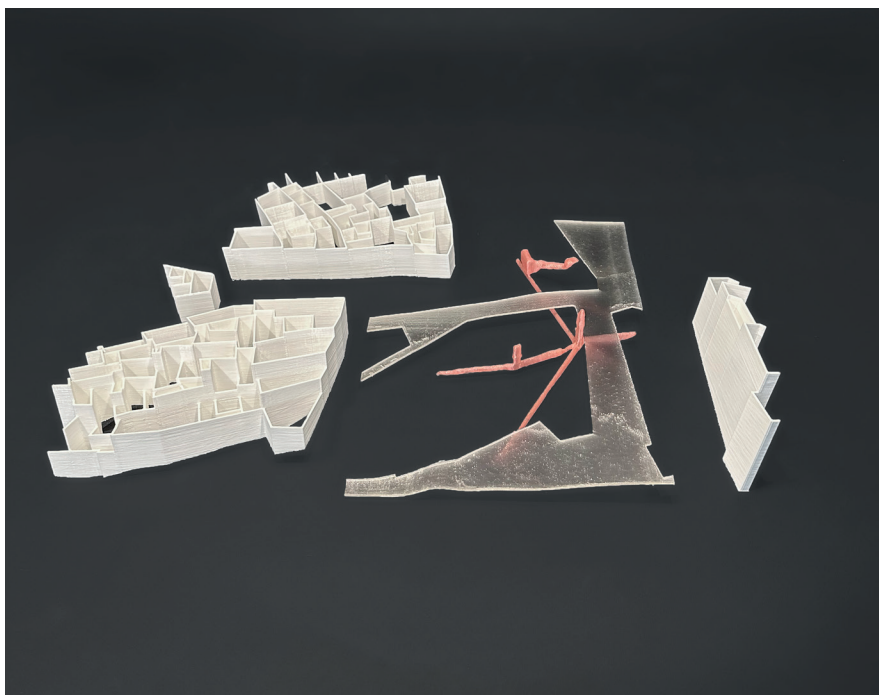


### The physical model as a collage

The approach to this physical model is based on thinking of it as a collage, as defined by Santiago de Molina: "The collage is really nothing more than a sum of pieces" (Molina, 2002). The different layers of information about the city, each represented by different pieces and materials, make a connection with the *Forma Urbis Romae*, where each piece of marble is an unconnected fragment of the city of Rome. With the concept of summation, this physical model is a composition of autonomous pieces of different entity and constructive characteristics, made in an exhaustive and detailed way, with the possibility of being assembled with the rest of the elements, thus forming a whole (fig. 5). Despite the difficulty of relating and geolocating the underground city to the superficial city by means of direct links, due to the lack of access to the water mines, this physical model has a high level of precision, both in overlapping and linking the two layers of the city and in defining the topography and volumetry of the buildings, thanks to the three-dimensional survey drawn with a point cloud using a laser scanner. This is the basis for creating the exploded view of each solid object, each of which is made of a different material according to its typological nature. This physical model is designed to display different information depending on the perspective from which it is viewed and how it is manipulated by hand (Fig. 6). When viewed from a frontal perspective, the model shows the urban grid and volumetry with the height of the building and its relationship to the topography. On the other hand, when the model is rotated, the various underground water supply structures appear below the volumes. For this purpose, the horizontal levels of the existing building volumes have been eliminated, leaving only a series of vertical layers of different heights that adapt to the height of the building and the topography. The surface of the road that connects and joins the different parts of the building is made of a translucent material that allows the crossing of the different water mines and galleries under the streets to be seen. Looking at the model from the side, as the underground is represented as a hollow space, it is also possible to see the crossings of the different galleries at different heights and how the topography influences the difference in height

5. Conjunto de piezas sin ensamblar del modelo interpretativo.  
6. Secuencia de visualización del modelo físico. En la columna central, esquema en sección de la posición de visualización e inclinación de la maqueta respecto al eje de rotación del modelo en cada vista. A la izquierda, manipulación táctil del modelo.

5. Set of unassembled pieces of the interpretative model.  
6. Sequence of views of the physical architectural model. In the middle column, a sectional view of the display position and tilt of the model with respect to the axis of rotation of the model in each view. On the left, tactile manipulation of the model.



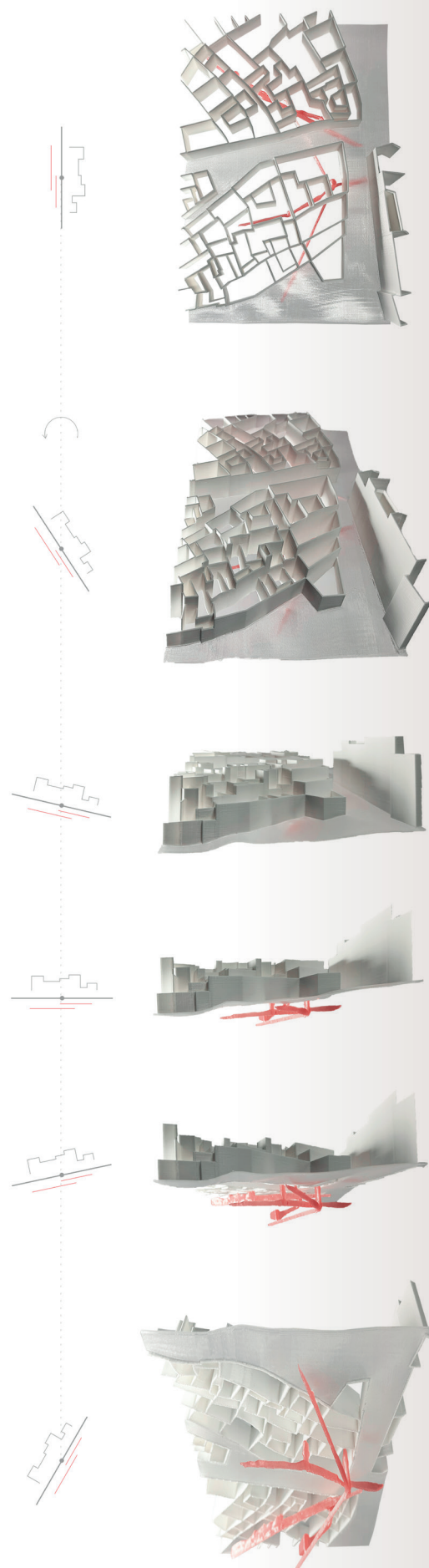
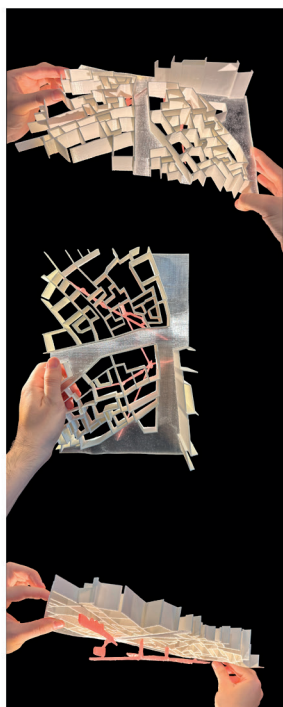
5

ras subterráneas de abastecimiento de agua. Para ello se han eliminado los planos horizontales de los volúmenes de la edificación existente, generándose exclusivamente una serie de planos verticales de distinta altura que se van adaptando a la altura de la edificación y a la topografía. La superficie del viario que va enlazando y uniendo las piezas de la edificación, se ha fabricado de un material translúcido, lo que permite percibir bajo las calles el cruce de las distintas minas de agua y galerías. Al observar el modelo desde un lateral, al estar representado como espacio hueco el subsuelo, también permite visualizar los cruces de las distintas galerías a diferente altura y cómo influye la topografía en la diferencia de cota de estas. Con solo un modelo se percibe la relación entre lo subterráneo con la ciudad sobre rasante y su topografía, permitiendo crear una experiencia personal e inmersiva a partir de la manipulación libre del

modelo, generándose infinitos puntos de vistas y enfoques, lo que favorecerá la comprensión del conjunto de estructuras subterráneas de la zona, ocultas en la realidad urbana actual.

### El conjunto de Cuevas de la Batida. Aproximación a una escala de paisaje y territorio

En este segundo relato gráfico centrado en el caso de estudio de las Cuevas de la Batida, al igual que en caso anterior, para poder realizar un levantamiento preciso de superficies de geometría compleja fruto de vaciados del terreno, se ha realizado un proceso de captura métrica mediante escáner láser para conseguir un modelo de alta definición y mediante fotogrametría para obtener las texturas y los tonos cromáticos correctos de los paramentos.



of the galleries. With only one model, the relationship between the underground and the city above ground and its topography can be perceived, allowing the creation of a personal and immersive experience through the free manipulation of the model, generating infinite points of view and approaches that will facilitate the understanding of the series of underground structures in the area, hidden in the current urban reality.

### La Batida cave complex. A landscape and territorial approach.

In this second graphic presentation, which focuses on the case study of Cuevas de la Batida, as in the previous case, in order to carry out a precise survey of surfaces of complex geometry resulting from the emptying of the terrain, a process of metric capture was carried out using a laser scanner to obtain a high-resolution model and photogrammetry to provide the correct textures and chromatic tones of the walls.

### Interpreting the complex geometry as a planar simplification of the whole structure

It is not easy to understand the volumetry of the complex, of the cave group, despite the high-precision three-dimensional survey mentioned above (Fig. 7). An interpretative model was needed to simplify the information and allow the spatial understanding of the caves from detail to whole. From a series of equidistant horizontal cuts of the point cloud, the resulting contour line in the underground spaces can be drawn and visualised. In this interpretation of the different horizontal cuts, the height is variable at each point of the drawing, but thanks to this variation, the spatiality of the different vessels can be represented in a bidirectional and static drawing, similar to the real (human) vision that one has when is inside the cave (Fig. 8). This would be the most standard form of representation, allowing an overall view.

### The inverse topographic model of the roof as a trace of the extraction process.

The representation of the cave as a whole is not sufficient to analyse the process of

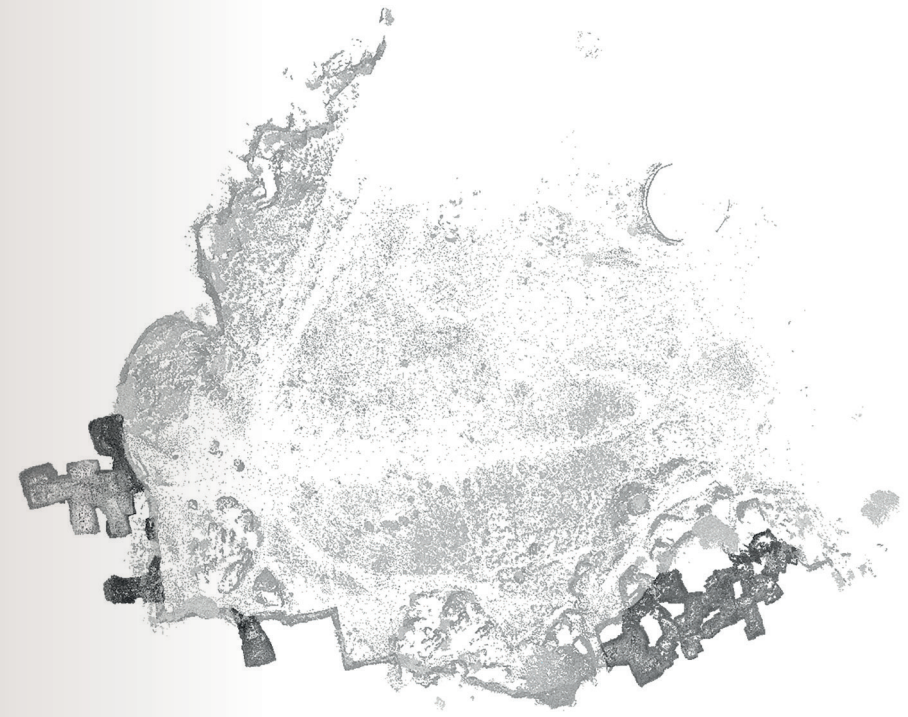




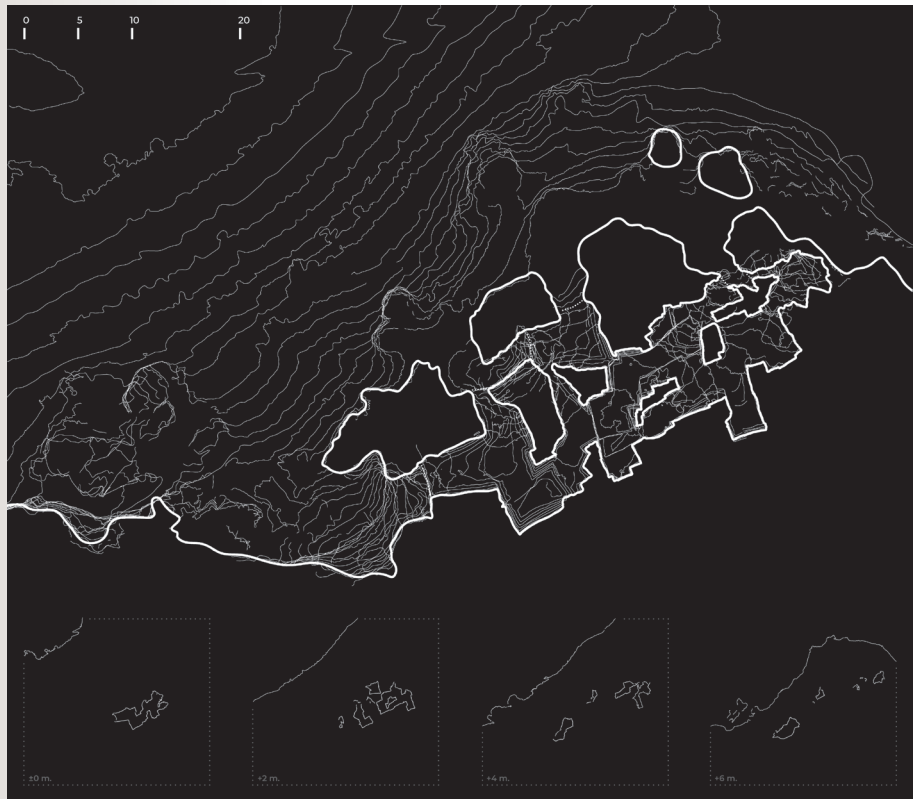
extraction and construction of the quarry. On the floor of the quarry, there is a layer of fillings that impedes us from studying this part of the heritage space. For this reason, in order to facilitate the reading of the different paraments, where data and indications are preserved, such as the traces of extraction and work of the stonemason, the changes in the density of the stone or the changes in the level of the ceiling, it was considered necessary to create an interpretative model without using the floor level. This model makes it possible to analyse the quarrying process and its relationship with the final volume of the room. For this purpose, a physical model was created by digital fabrication processes (Fig. 9a) and a mirror plan of the roof, with the real textures captured by the photogrammetric process of generating point clouds (Fig. 9b), complemented by a 2D planimetric representation (Fig. 9c).

**The physical samples as a means of reading traces on the paraments**

Once the caves have been described as a whole, a series of partial models are constructed; this work will help to describe and analyse specific details about the composition and density of the stone or the process of extracting the material, revealing small-scale details such as cracks, chisel marks made by the stonemasons, or the cutting of the ashlars. This analysis helps to make a stratigraphic reading of the site (Galera-Rodríguez, Anglada-Curado and Pinto-Puerto, 2024). As an example of the possibilities of this resource, a physical model was made of



7



8



9



### La interpretación de la geometría compleja como simplificación plana del conjunto

No es fácil entender la volumetría del conjunto a pesar de disponer de un levantamiento tridimensional de alta precisión antes mencionado (Fig. 7). Era necesario un modelo interpretativo que simplifique la información y permita la comprensión espacial de las cuevas desde el detalle al conjunto. A partir de una serie de cortes horizontales equidistantes de la nube de puntos se puede dibujar y mostrar la línea de contorno resultante en los espacios subterráneos. En esta interpretación de los distintos cortes horizontales la cota es variable en cada punto del dibujo, pero gracias a esta variación se puede representar en un dibujo bidireccional y estático la espacialidad de las distintas naves, asemejándose a la visión real que se tiene cuando se está en el interior de la cueva (Fig. 8). Esta sería la forma de representación más estándar, que permite una visión de conjunto.

### El modelo topográfico inverso del techo como huella del proceso de extracción

La representación del conjunto de la cueva no es suficiente si se quiere analizar el proceso de extracción y construcción de la cantera. Sobre el suelo de la excavación de la cantera existe una capa de rellenos que impide inspeccionar esta parte del espacio patrimonial. Es por ello que, para facilitar la lectura en los distintos paramentos, donde se conservan datos e indicios como las marcas de extracción y trabajo del cantero, los cambios de densidad de la piedra o de nivel en el techo, se decide realizar un modelo interpretativo obviando el suelo. Mediante este modelo se puede analizar el proceso extractivo de la cantera y

su relación con el volumen espacial final. Para ello, se ha generado por una parte un modelo físico elaborado mediante fabricación digital (Fig 9a) y por otra una planta especular del techo donde se muestran las texturas reales captadas mediante el proceso fotogramétrico de generación de nubes de puntos (Fig 9b), complementado con una representación planimétrica 2d (Fig 9c).

### Las muestras físicas como medio de lectura de huellas en los paramentos

Una vez descritas las cuevas en su conjunto se elaboran una serie de modelos parciales que ayudan a describir y analizar detalles específicos sobre la composición y densidad de la piedra o el proceso de extracción del material, evidenciándose detalles a pequeña escala como fisuras, marcas de cinceles de los canteros, o el despiece de los sillares. Esto ayuda a realizar una lectura estratigráfica del yacimiento (Galera-Rodríguez, Anglada-Curado y Pinto-Puerto, 2024).

Como ejemplo de las posibilidades de este recurso se fabricó un modelo físico de dos paramentos consecutivos (Fig. 10) que presentan una serie de marcas de extracción y cantería a la par que distintas densidades de la piedra, fisuras... El modelo es monocolor buscando que su neutralidad resalte la textura de los paramentos.

### Resultados y conclusiones

Como resultado se han obtenido una serie de modelos interpretativos del patrimonio subterráneo que pueden ser útiles a un colectivo muy amplio de investigadores, así como un público en general, incluyendo a los invidentes, pues la textura obtenida permite su percepción táctil.

Los modelos gráficos descritos abordan conceptos complejos de vi-

7. Nube de puntos del conjunto de Cuevas de la Batida. En gris oscuro se resaltan los distintos espacios subterráneos.

8. Comparación de la planta en máxima magnitud de cota variable (arriba) con distintas plantas generadas mediante cortes horizontales (cota fija), realizadas cada 2 metros desde la cota inferior ( $\pm 0$  m.) de la cueva (de izquierda a derecha) (abajo).

9. Planta especular del techo de la cueva.

Comparación de la legibilidad visual del modelo físico realizado con técnicas de fabricación digital, de la ortofoto visualizando las texturas obtenidas mediante nube de puntos y de la representación planimétrica vectorial.

7. Point cloud of the Cuevas de la Batida complex. The different underground spaces are highlighted in dark grey.

8. Comparison of the maximum variable elevation plan (above) with different plans generated by horizontal sections (fixed elevation) made every 2 metres from the lower elevation ( $\pm 0$  m.) of the cave (from left to right) (below).

9. Specular plan of the cave ceiling. Comparison of the visual legibility of the physical model made with digital fabrication techniques, of the orthophoto visualising the textures obtained by means of a point cloud and of the vector planimetric representation.

two consecutive faces (Fig. 10) that show a series of extraction and quarrying marks as well as different densities of the stone, fissures.... The model is monochromatic so that its neutrality will enhance the texture of the walls.

### Research results and conclusions

As a result, a series of interpretative models of the underground heritage have been obtained, models that can be useful to a very broad group of researchers, as well as to the general public, including the blind, as the texture obtained permits their tactile perception.

The graphic models described cover concepts that are complex to visualise, but which are at the same time essential for the enhancement of the UBH typology. On the one hand, it deals with the relationship of the underground spaces with the city above it, from the interaction with the history of the pre-existence, that is, how the existence of these underground structures has influenced the morphology of the city, but also how these structures have been altered with the city growth and evolution, for which the concept of collage has been used as a sum of pieces or layers.

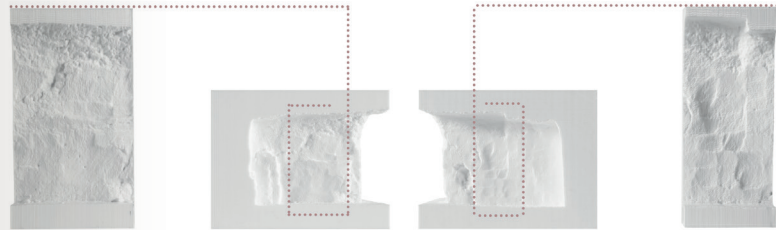
The concept of simplification has also been addressed in order to understand the overall spatiality of the complex geometry of the surfaces that conform the cave. In this process of geometric simplification, models have also been created that allow a reading

of the extractive process involved in shaping the subterranean space, avoiding the parts of the model that do not provide information, such as the floor level, until reaching a scale where textures and the marks of the stonemason's work can be appreciated. For the elaboration of these interpretative models, different graphic techniques have been combined to generate both physical and virtual models, with special importance placed on digital fabrication, which has made possible the generation of high-precision tactile models.

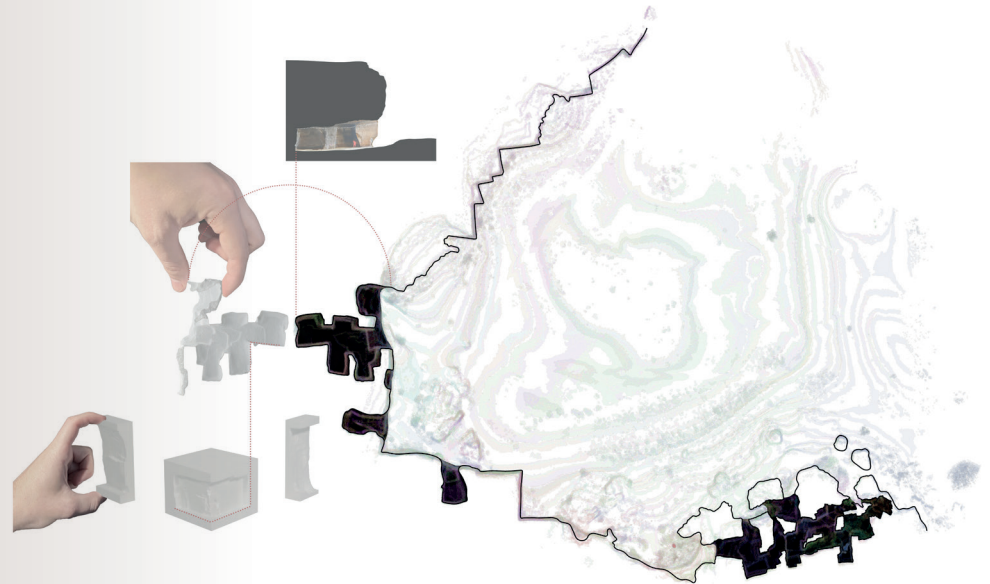
The interpretative models described in this work are the beginning of a live catalogue of interpretative graphic solutions for the set of underground structures of Carmona, which will be completed with future research, discoveries and new case studies, complementing the strategies already proposed, in which different stakeholders such as archaeologists, geologists and cultural disseminators have been involved. ■

### Bibliography

- Abergel, V. *et al.* (2019) 'Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées', *In Situ. Revue des patrimoines*, (39). doi:10.4000/INSITU.21550.
- Buonincontri, P. *et al.* (2021) 'Where does sustainability stand in underground tourism? A literature review', *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su132212745.
- Conlin Hayes, E. (2001) 'El abastecimiento agua en la Carmona romana', in Carmona, A. de, Cultura, D. de, and Sevilla, U. de (eds) *Carmona Romana*. Carmona: – Editorial Universidad de Sevilla, pp. 203–217.
- Conte, A., Panza, M.O. and Spataro, V. (2016) 'La città scavata. Matera come grande laboratorio urbana di ricerca e creatività', *Paesaggio Urbano*, ISSN 1120-3544, N°. 1, 2016, págs. 54-71, (1), pp. 54–71.
- D'Agostino, G. *et al.* (2022) 'Integrated 3d survey for the documentation and visualization of a rock-cut underground built heritage', *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-2/W1-, pp. 167–174. doi:10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLVI-2-W1-2022-167-2022.
- Fuentes, J.M. *et al.* (2010) 'New uses for old traditional farm buildings: The case of the underground wine cellars in Spain', *Land Use Policy*, 27(3), pp. 738–748. doi:10.1016/j.landusepol.2009.10.002.
- Galera-Rodríguez, A., Anglada-Curado, R. and Pinto-Puerto, F. (2024) 'Cavidades y espacios



10



11

sualizar, pero que a la vez son esenciales para la puesta en valor de la tipología UBH. Por una parte, se trata la relación de lo subterráneo con la ciudad situada encima, desde la interacción con la historia de la preexistencia, es decir, cómo ha influido la existencia de estas estructuras subterráneas en la morfología de la ciudad, pero a su vez también cómo se han visto alteradas estas estructuras con su crecimiento y evolución; para ello se ha utilizado el concepto de *collage* como sumatorio de piezas o capas.

También se ha tratado el concepto

de simplificación que permita entender la espacialidad global del conjunto ante la complejidad geométrica de las superficies que conforman la cueva. En este proceso de simplificación geométrica también se han creado modelos que permiten realizar una lectura del proceso extractivo que ha conformado el espacio subterráneo, obviando las partes del modelo que no aportan información como es el caso del suelo hasta llegar a una escala donde se pueden apreciar texturas y las marcas del trabajo de los canteros.



10. Muestras de paramentos de la cueva con distinto nivel de detalle y manipulación táctil de las distintas piezas.

11. Resumen del relato gráfico de los espacios subterráneos de las Cuevas de la Batida.

Para la elaboración de estos modelos interpretativos se han combinado distintas técnicas gráficas generándose tanto modelos físicos como virtuales, teniendo una especial importancia la fabricación digital, lo que ha permitido generar modelos táctiles de alta precisión.

Los modelos interpretativos descritos en este trabajo son el inicio de un catálogo vivo de soluciones gráficas interpretativas del conjunto de estructuras subterráneas de Carmona que se irá completando con futuras investigaciones, hallazgos y nuevos casos de estudios que complementen las estrategias ya planteadas, en la que se ha implicado a diversos colectivos como arqueólogos, geólogos y difusores culturales. ■

#### Bibliografía:

- Abergel, V. *et al.* (2019) «Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées», *In Situ. Revue des patrimoines* (39). doi:10.4000/INSITU.21550.
- Buonincontri, P. *et al.* (2021) «Where does sustainability stand in underground tourism? A literature review», *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su132212745.
- Conlin Hayes, E. (2001) «El abastecimiento agua en la Carmona romana», en Carmona, A. de, Cultura, D. de, y Sevilla, U. de (eds.) *Carmona Romana*. Carmona: Editorial Universidad de Sevilla, pp. 203-217.
- Conte, A., Panza, M.O. y Spataro, V. (2016) «La città scavata. Matera come grande laboratorio urbana di ricerca e creatività», *Paesaggio Urbano, ISSN 1120-3544, N° 1, 2016, págs. 54-71*, (1), pp. 54-71.
- D'Agostino, G. *et al.* (2022) «Integrated 3d survey for the documentation and visualization of a rock-cut underground built heritage», *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVI-2/W1-*, pp. 167-174. doi:10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLVI-2-W1-2022-167-2022.
- Fuentes, J.M. *et al.* (2010) «New uses for old traditional farm buildings: The case of the underground wine cellars in Spain», *Land Use Policy*, 27(3), pp. 738-748. doi:10.1016/j.landusepol.2009.10.002.
- Galera-Rodríguez, A., Anglada-Curado, R. y Pinto-Puerto, F. (2024) «Cavidades y

10. Samples of cave walls with a varying level of detail and tactile manipulation of the different pieces.

11. Summary of the graphic account of the underground spaces of Cuevas de la Batida.

espacios subterráneos como negativo del proceso extractivo. Propuesta metodológica para la lectura estratigráfica de las Cuevas de la Batida en Carmona (Sevilla)», *Arqueología de la Arquitectura*, 21. doi:10.3989/arq.arqt.2024.417.

- Galera-Rodríguez, A., Ficarelli, L. y Conte, A. (2023) «Experimental interpretative model of excavated hydric architecture of Matera city (Italy)», *DISEGNARECON*, 16(31), pp. 17-1-17.11. doi:10.20365/DISEGNARECON.31.2023.
- Herrero Fernández, H. *et al.* (2008) «La Calcarenita de Carmona. Cueva de la Batida: estratigrafía, mineralogía y sistema poral», *Cardel: Carmona. Revista de estudios locales*, 6. doi:https://digital.csic.es/handle/10261/17144.
- Llopis Verdú, J. *et al.* (2011) «La arquitectura excavada en el mediterráneo. El proyecto CHRIMA», *Arché*, (6), pp. 75-86. http://hdl.handle.net/10251/33050.
- Mateus, A. (2022) *Architectural terrains : five investigations*. Berlin: Architangle.
- Mileto, C. *et al.* (2021) «Burial architecture. 3D dissemination study for a selection of Byzantine graves», *Virtual Archaeology Review*, 12(24), p. 90. doi:10.4995/var.2021.13187.
- Molina, S. de (2002) «ESTRATEGIAS DE COLLAGE. O el arte de reciclar la arquitectura ajena.», *Arquitectos, Revista del consejo de arquitectos de España*, 161, pp. 46-56.
- Nocerino, E. *et al.* (2019) «3d virtualization of an underground semi-submerged cave system», *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2/W15), pp. 857-864. doi:10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLII-2-W15-857-2019.
- Pace, G. (2021) «An Introduction to Underground4value», en. CNR edizioni, pp. 1-18. doi:10.48217/MNGSPC01.
- Perrault, D. (2017) *Groundscapes : other topographies*. Orleans: HYX.
- Rizzi, R. (2019) *Lampedusa. La cattedrale di Solomon*. CLEAN.
- Samudio Marino, P. (2000) «Intervención en el paisaje de Tindaya, la escultura de Eduardo Chillida», *DC. Revista de crítica arquitectónica*, 4, pp. 78-87.
- Trizio, I. *et al.* (2019) «Experiencing the inaccessible. A framework for virtual interpretation and visualization of remote, risky or restricted access heritage places». doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-1171-2019.
- Utudjian, E. (1966) *Architecture et urbanisme souterrains*. Robert Laffont. Paris.
- Varriale, R. (2021) «“Underground Built Heritage”: A Theoretical Approach for the Definition of an International Class», *Heritage*, 4(3), pp. 1092-1118. doi:10.3390/HERITAGE4030061.

subterráneos como negativo del proceso extractivo. Propuesta metodológica para la lectura estratigráfica de las Cuevas de la Batida en Carmona (Sevilla)», *Arqueología de la Arquitectura*, 21. doi:10.3989/arq.arqt.2024.417.

- Galera-Rodríguez, A., Ficarelli, L. and Conte, A. (2023) «Experimental interpretative model of excavated hydric architecture of Matera city (Italy)», *DISEGNARECON*, 16(31), pp. 17-1-17.11. doi:10.20365/DISEGNARECON.31.2023.
- Herrero Fernández, H. *et al.* (2008) «La Calcarenita de Carmona. Cueva de la Batida: estratigrafía, mineralogía y sistema poral», *Cardel: Carmona. Revista de estudios locales*, 6. doi:https://digital.csic.es/handle/10261/17144.
- Llopis Verdú, J. *et al.* (2011) «La arquitectura excavada en el mediterráneo. El proyecto CHRIMA», *Arché*, (6), pp. 75-86. http://hdl.handle.net/10251/33050.
- Mateus, A. (2022) *Architectural terrains : five investigations*. Berlin: Architangle.
- Mileto, C. *et al.* (2021) «Burial architecture. 3D dissemination study for a selection of Byzantine graves», *Virtual Archaeology Review*, 12(24), p. 90. doi:10.4995/var.2021.13187.
- Molina, S. de (2002) «ESTRATEGIAS DE COLLAGE. O el arte de reciclar la arquitectura ajena.», *Arquitectos, Revista del consejo de arquitectos de España*, 161, pp. 46-56.
- Nocerino, E. *et al.* (2019) «3d virtualization of an underground semi-submerged cave system», *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2/W15), pp. 857-864. doi:10.5194/ISPRS-ARCHIVES-XLII-2-W15-857-2019.
- Pace, G. (2021) «An Introduction to Underground4value», in. CNR edizioni, pp. 1-18. doi:10.48217/MNGSPC01.
- Perrault, D. (2017) *Groundscapes : other topographies*. Orleans: HYX.
- Rizzi, R. (2019) *Lampedusa. La cattedrale di Solomon*. CLEAN.
- Samudio Marino, P. (2000) «Intervención en el paisaje de Tindaya, la escultura de Eduardo Chillida», *DC. Revista de crítica arquitectónica*, 4, pp. 78-87.
- Trizio, I. *et al.* (2019) «Experiencing the inaccessible. A framework for virtual interpretation and visualization of remote, risky or restricted access heritage places». doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-1171-2019.
- Utudjian, E. (1966) *Architecture et urbanisme souterrains*. Robert Laffont. Paris.
- Varriale, R. (2021) «“Underground Built Heritage”: A Theoretical Approach for the Definition of an International Class», *Heritage*, 4(3), pp. 1092-1118. doi:10.3390/HERITAGE4030061.