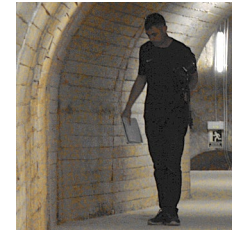


Incorporation of anti-aircraft shelters into city cartography through Geographic Information Systems (GIS)

During the civil war, a large number of anti-aircraft shelters were built in Castellón de la Plana. At present, the outer part of most of them has disappeared due to the abandonment suffered after the end of the war and the inexorable urban growth, so its underground galleries have remained hidden below the city.

The objective of our research work has been to recover these constructions from oblivion as well as make easier the conservation and enhancement of this architectural heritage of the city. To achieve this, to collect the existing information about the shelters has been essential, which was obtained mostly from the Municipal Historical Archive of Castellón. This documentation has been digitized and processed to be used for the development of a new editable graphic documentation of each of the shelters which, together with the surveys of those that are still preserved and accessible, is part of the information to be added to

the cadastral cartography of the city by the use of Geographic Information Systems. In this way, together with the geolocation of the site of the different shelters, you can consult all the information of each of them, from the original project to its current state, in those which are accessible. Therefore, the results achieved, that are by themselves an unpublished documentation of this part of the heritage of Castellón, are presented in an easy-to-consult format that allows improving access to them for future research, as well as to be used as a useful tool in city planning.



Manuel Cabeza González
PhD Architect. Professor at the Department of Industrial Systems Engineering and Design at Universitat Jaume I, teaching in the area of Architectural Graphic Expression. His research activities focus on Architectural Heritage: survey, representation, construction history, virtual models and geometry.



Beatriz Sáez Riquelme
PhD Architect. Professor at the Department of Industrial Systems Engineering and Design at Universitat Jaume I, teaching in the area of Architectural Graphic Expression. Her research activities focus on Architectural Heritage: survey, representation, construction history, virtual models and geometry.



Alba Soler Estrela
PhD Architect. Professor at the Department of Industrial Systems Engineering and Design at Universitat Jaume I, teaching in the area of Architectural Graphic Expression. Her research activities focus on Architectural Heritage: survey, representation, construction history, virtual models and geometry.

Keywords:
Architectural heritage, anti-aircraft shelter, civil war, architectural survey, Geographic Information System (SIG)

INTRODUCTION

The architectural heritage holds numerous values that are recognized as part of a society's memory. This necessitates its understanding and preservation as material representations of different historical moments. When it comes to types of buildings, there are often grand constructions corresponding to historical periods of splendor, dating back several centuries. However, there is also interest in more modest structures from more recent times. Among these, we can consider war architecture as a representative type of a period with unique needs. In the case of the Spanish Civil War (1936-1939), there is a preserved built heritage that responds to urgent needs with realistic solutions, affordable construction systems that were available and efficient.

Regarding the anti-aircraft shelters of a city, their significance is heightened by their collective consideration, as they are numerous and distributed throughout urban areas. Understanding them helps us interpret the history of a city, with the intention of comprehending the present with its multiple layers and transmitting this knowledge to future generations.

From this perspective, various recovery actions have been undertaken in other European countries (Griffin & Tate, 2012), representing progress in the recognition of military heritage. The architectural heritage of the Civil War has also been undergoing a process of recovery in recent years (Broseta, 2017) (Moreno & Sapena, 2017), which has fostered research on these topics. Moreover, different administrations explicitly acknowledge their value, increasing their level of protection through cataloging and sometimes proposing interventions. This aligns with the existence of social movements and the emergence of associations dedicated to the preservation of historical memory.

Due to its characteristics, this heritage is generally little-known, often underground and difficult to observe, and has been altered or destroyed. Hence, the importance of research, which entails a complex process encompassing archival docu-

mentation and fieldwork. The results should enable analysis and dissemination, contributing to the understanding of the city and facilitating proposals for cultural integration or as a tourism resource (González, Abulí & Besolí, 2022). In recent years, geographic information systems (GIS) have become a crucial tool in databases for the understanding and preservation of architectural heritage (Nishanbaev, Champion & McMeekin, 2021). In the case of Castellón de la Plana, forty-three

shelters were constructed, although the initial plan envisioned nearly three hundred, aiming to create a comprehensive underground network beneath the city capable of accommodating all its residents and facilitating movement within it. However, due to neglect following the end of the war and the inevitable urban growth, in most cases, their external portions have been altered, with their entrances sealed. At present, very few are accessible. This does not imply their disap-

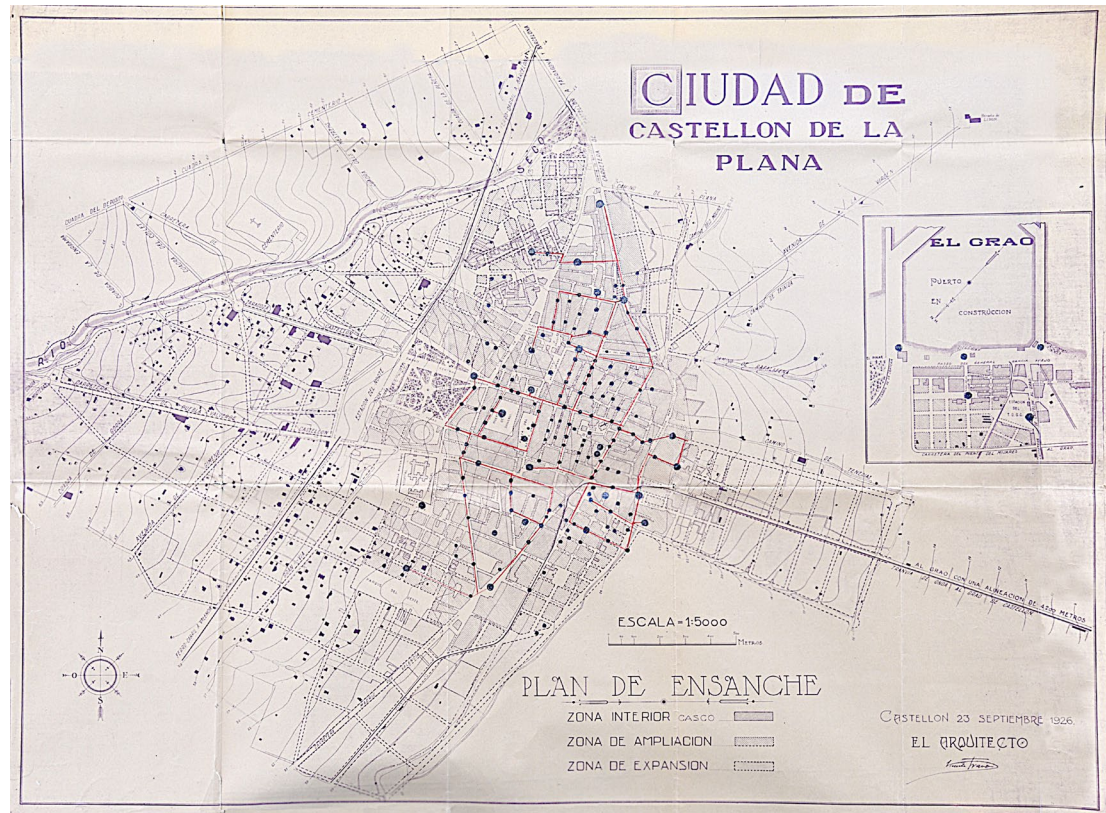


Fig. 1 - City plan of Castellón de la Plana indicating the planned shelters, AHMC (Note 1) 1926/1938, Vicente Traver, Plan, 1/5000, width x 27.5 cm, paper, black and salmon ink.

pearance but rather that, given the depth at which they were built—between 12 and 15 meters—their excavated galleries have remained hidden underground, condemned to oblivion.

CONTEXT

The study of war architecture requires starting with historical research, which provides data about the context and helps understand the situation of the conflict, the evolution of the battles, and their geographical development. This allows us to identify areas of greater interest and concentration of elements, both at the urban and territorial levels. The consideration of these sources is crucial since many of these elements had specific uses for a very defined period and have subsequently been heavily altered or disappeared.

For this type of 20th-century war heritage, it is common to have some form of documentary evidence for specific cases. In urban environments, the existence of urban plans, which locate defensive structures that were built or planned, should be considered as a starting point, with a particular focus on shelters for the protection of the civilian population. In addition to their location, in many cases, some form of documentation defining the construction method can be found. This documentation may include lists, budgets, and sometimes detailed architectural designs.

In the case of the city of Castellón de la Plana, the Municipal Historical Archive (AHMC) (Note 1) houses abundant original documentation in folders and boxes related to the construction projects of the shelters. Most of this documentation corresponds to the two hundred and sixty-five shelters planned by the City Council, with forty-three being public and two hundred and twenty-two privately owned, for which original plans and copies (contemporary originals) are available. The original plans can be distinguished from the copies by the type of paper, which is satin for the originals, and because unlike the copies, they are signed by the architect from the City Council.

Two standard shelter projects have also been found, one with a capacity for 100 people and another for 200 people. Each of these projects

consists of three graphic documentation plans: standard floor plans, elevations, and construction sections, all drawn to a scale of 1/50.

Among all the documentation, the project plans from 1937 and 1938 (Soler, Cabeza & Saez, 2020) stand out. Some are mere sketches, while others are complete architectural projects that include graphic documentation of floor plans, elevations, sections, and details, as well as reports and budgets. This allows for the identification of different types of shelters (semi-buried, surface-level, excavated galleries) and understanding their geometry and construction materials, with reinforced concrete and brick being notable.

In addition to this documentation on specific shelters, the existence of a city plan in the archive is highly relevant for cartography purposes. This plan indicates the locations of the planned shelters and the communication network envisioned between them, represented by red lines connecting different locations. The plan is signed by architect Vicente Traver Tomás and dates back to 1926. It can be assumed that the shelters were marked on the plan at a later date.

Due to a lack of preservation and maintenance, as well as urban growth, all surface-level and semi-buried shelters have been lost. The underground shelters have not fared any better. Al-

though field research has allowed for the location of a few entrances, visiting them has been challenging due to their unstable conditions. Little is known about the shelter located on Avenida del Mar, other than the access being situated in the courtyard of the former residence of the Hermanitas de los Ancianos Desamparados, which is now closed. Above it, in the upper layers, there is a parking lot, APK2, excavated in that area. The shelter beneath Plaza de la Independencia (La Farola) seems to have been partially filled with concrete to mitigate the continuous sinking of the square, but it still retains access from Calle Cataluña. The shelter beneath IES F. Ribalta has some structural reinforcements, but its condition makes it impassable. Only the one connecting Plaza Tetuán and Avenida Rey Don Jaime is open to the public, although some of its galleries have been filled

GENERAL METHODOLOGY

Given the complexity of values and characteristics of architectural heritage, the study methodology must consider various aspects, from historical context and documentary sources to the preserved materiality.

In the case of shelters, their underground nature, which keeps them hidden, requires starting with the analysis and updating of the documentation collected in the Municipal Historical Archive (AHMC) (Note 1) to determine their location within the city's current urban layout. To do this, shelter plans are represented in vector image format, adapting their dimensions according to the construction reports, particularly in terms of their section. Due to the large number of original plans, this work is divided into phases based on the nature of the shelters, whether public or private, and their existence, starting with the public ones that have been confirmed to have been constructed.

Just as locating and analyzing existing graphic documentation is necessary, taking metric data is essential for generating new plans that allow for establishing their current morphology and comparing it with the representations found in the ar-

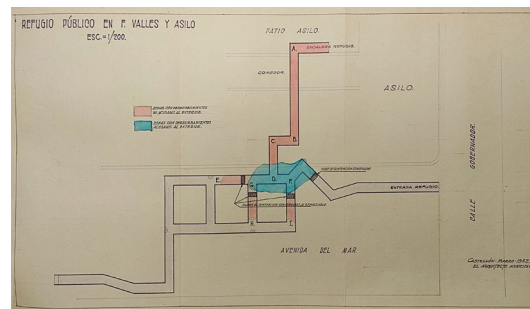


Fig. 2 - F. Valles-Asilo Shelter. Floor plan, AHMC (Note 1) 1952, Municipal architect,

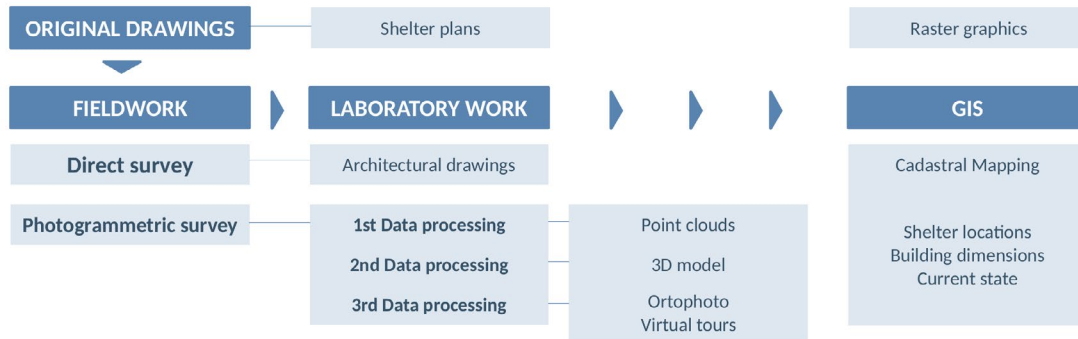


Fig. 3 - Workflow diagram

chival documentation. Surveying plans is considered the only way to fully understand a building (López et al., 2007: 201) and is also indispensable for any type of cataloging or intervention (Almagro, 2004: 21).

However, within this line of research, it should be noted that there is a limited number of preserved and accessible shelters, especially compared to the total planned (Cabeza, Sáez & Soler, 2019a). The disappearance of many entrances has led to the denial of the shelters themselves, leaving them abandoned in the city's underground. Furthermore, the transformations undergone by some shelters and the unfinished state of others make the current surveying resulting from metric data collection relevant, as it is vital for the architectural description and understanding of the constructions.

Data collection can be done through various means, considering the type of historical building and its state of preservation. In any case, it is always recommended to use a combination of different systems rather than relying solely on one, as it reduces the error rate (Almagro, 2004: 31-32). Factors such as data precision and reliability, massive data capture, speed, and time-saving recommend, whenever possible, conducting surveys using indirect systems such as laser scanning or photogrammetry. However, in some cases, the use of such instruments may be unfeasible or

less efficient due to difficulties in placing them in the work environment, access conditions, or the morphology of the location.

The subsequent processing of the collected data has allowed for the creation of new graphic documentation. On one hand, this includes the incorporation of the data into the current city plans, and on the other hand, for shelters that are still accessible, the generation of floor plans, sections, and 3D models of their current state (Cabeza, Sáez & Soler, 2020).

Furthermore, all this information can be incorporated into architectural heritage databases, particularly in the cadastral mapping of the city, through the use of Geographic Information Systems (GIS). This way, along with the geolocation of the different shelter sites, complete information about each shelter can be accessed, ranging from the original project to its current state.

WORKFLOW

According to the applied methodology, the work has been structured into three sequential phases: documentation and location of the shelters, data collection and surveying of accessible shelters, and obtaining results.

Documentation and location of the shelters

As seen in previous sections, the collection and analysis of existing information about the shelters have provided an overview to advance the research. In this regard, the analyzed documentation has been digitized and processed to serve as a basis for creating new editable graphic documentation in vector format for each shelter.

To locate the shelters within the urban fabric, the cadastral mapping of the city from 2017 has been used. This was made possible by the urban data included in the shelter plans and the indications on the city plan by architect Vicente Traver Tomás. As a partial result, nearly half of the public shelters have been located, while the rest remain pending due to the challenges posed by the city's changes, both in terms of urban structure and street names.

Data collection and surveying of accessible shelters

Data collection using direct systems. Shelter at IES Francesc Ribalta

This shelter is located beneath the now-called IES Francesc Ribalta in the center of Castellón de la Plana [GPS coordinates UTM 752777, 4430667, 30S]. It is a building with a historically influenced façade, constructed between 1912 and 1917, with a total area of 7,125 m². Originally, it had three courtyards, one for each educational center (Women's Normal School and the School of Arts and Crafts, and in the central area, the Baccalearate Institute), and at the rear, a botanical garden that was later converted into a sports courtyard after the Civil War (San Juan Monzonís, 1992).

From the available historical documentation, Maristany (1937), the following data is extracted: The report states that the construction of the shelter should be similar to others being built in the city, with descending staircases to a depth of 8 or 9 meters. The staircases, floors, and benches would be made of concrete, the vertical surfaces covered with half-brick and Portland mortar, and the top closed with vaults. It would have two en-

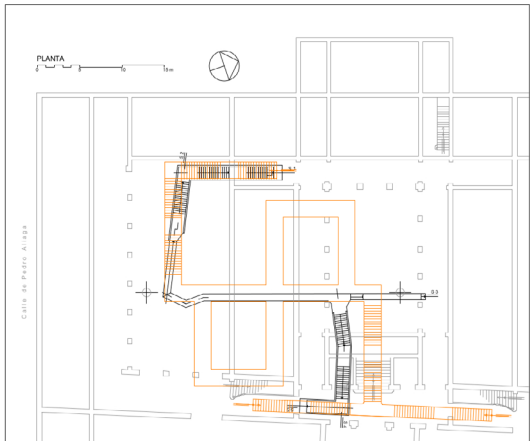
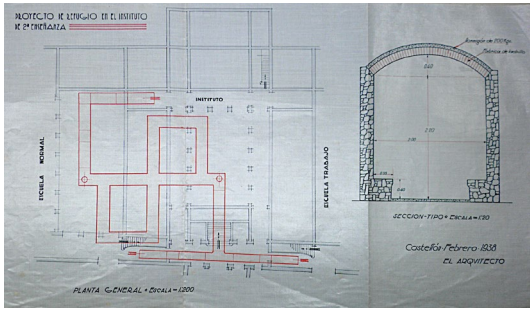
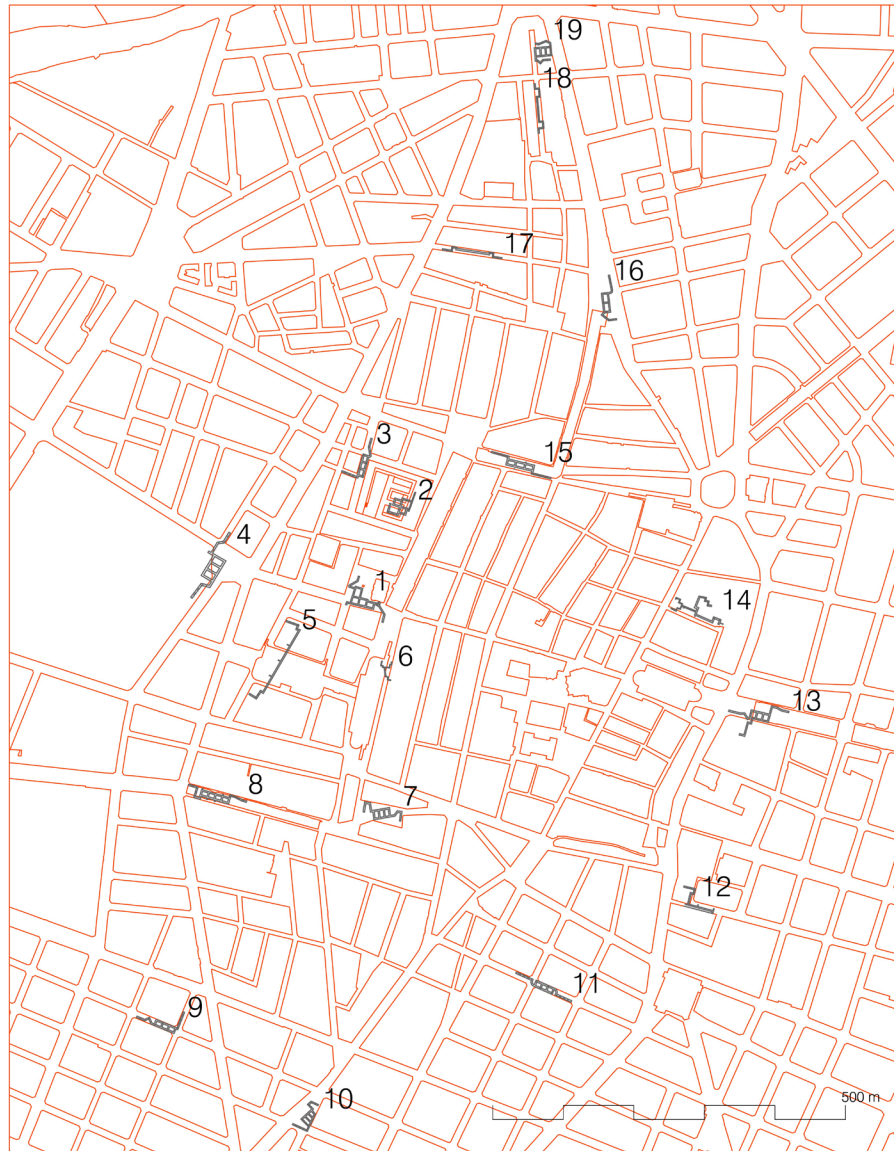


Fig. 5 - IES Ribalta Shelter, Floor Plan and Section, AHMC (Note 1) 1938, Maristany, Plan, 1/200, 1/20 47.5 x 27.5 cm, paper, black ink, and salmon
Fig. 6 - Overlay of Projected 1938 Floor Plan and Current State in 2018 (Author's own)

<http://disegnarecon.univaq.it>



SHELTERS

1. Plaza Tetuán,
2. IES Francisco Ribalta,
3. Calle Villarrog,
4. Plaza de la Independencia,
5. Plaza Huerto Sogueros,
6. Avda. Rey Don Jaime,
7. Calle Sixto Cámara,
8. Calle Salmerón,
9. Calle Félix Brea,
10. Plaza San Francisco,
11. Calle Fola,
12. Plaza Juez Borrul,
13. Calle Fausto Vallés,
14. Gobierno Civil,
15. Plaza Clavé,
16. Calle San Roque,
17. Calle 9 de marzo,
18. Calle pintor Montoliu,
19. Plaza Teodoro Izquierdo.

Fig. 4 - Location of public shelters in Castellón de la Plana on the 2017 Cadastre map (Author's own)

DOI: <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.30.2023.21>

trances located near the courtyards and the garden, and consist of galleries measuring 2 x 2.50 m with a total length of 69 m, accommodating 557 people. However, the plans show three entrances, two flanking the grand staircase, and a third one between one of the courtyards and the garden. The layout of the shelter consists of galleries with a constant section intersecting perpendicularly, without widening for rooms, guardrooms, toilets, or ventilation.

The preliminary inspection reveals that this shelter was not completed and remains in an initial state of construction. It has only one accessible entrance, located between the courtyard and the garden (currently a sports area). The galleries are semi-excavated in clayey and conglomerate soil, narrow, with low height, continuous protrusions from the walls, and irregularities on the floor. Only one of the arms appears to be nearly completed, leading to a wall, probably another entrance, while the other is blocked by a pile of stones. It should be noted that introducing natural or electric light into these galleries is impossible.

Considering the conditions of the shelter, using indirect methods for graphic data collection, such as laser scanning or photogrammetry, is not feasible. Therefore, traditional manual methods and photography (Nikon D-810 camera) were employed as support.

Firstly, the directions and lengths were obtained.

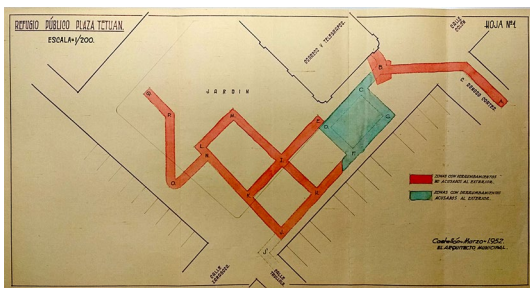


Fig. 7 - Shelter beneath Plaza Tetuán. Floor plan and sections, AHMC (Note 1) 1952, Municipal architect, Plan, 1/200, 54.9 x 29.2 cm, paper, black ink, cyan, and red

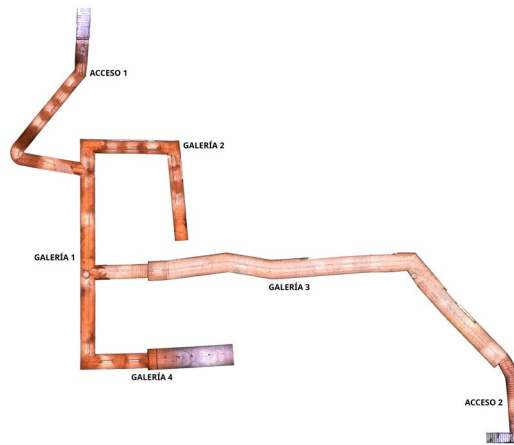


Fig. 8 - Top view of the 3D model of the shelter at Plaza Tetuán (Author's own)

Since it is an underground construction with no possibility of establishing external connections and with discontinuous walls, manual methods were used. Placing the plumb line at the center-line of each section, the sighting compass (C500 Geonaute) allowed obtaining the real orientation relative to magnetic north, and the distance meter (Leica 837031) measured the length. Next, the depth of the galleries was determined by dividing each section into horizontal strips using a laser level (Tacklife SC-L07), so that the sum of each horizontal strip (measured with a tape measure) in each section provided the total depth reached. Finally, data regarding the construction was collected, creating sketches for the more finished parts, while sections under excavation were documented through photography.

The collected data was translated into vector graphic information (Cabeza, Sáez & Soler, 2019b), resulting in new floor plans and sections that can be compared with historical graphic documentation. Firstly, it becomes evident that only 30 m of the total projected length have been excavated. Secondly, the superposition of the floor plans highlights the deviation that occurred during the

excavation process: the connections do not occur at right angles, and the exits, located at the sides of the grand staircase, are slightly displaced. Additionally, it is possible to observe a change in the initial design, as one of the exits disappears, and the central gallery is extended. Likewise, there is no evidence of starting points for galleries that were planned to join this central gallery.

Data collection with photogrammetry. Shelter at Plaza Tetuán

This shelter is located beneath Plaza Tetuán (GPS coordinates UTM 752686, 4430551), near the shelter under IES Ribalta. In the 1950s, as reflected in the project drafted by the municipal architect at that time (Romaní, 1951-1952), several areas had to be intervened due to continuous water leakage, which caused the collapse of the galleries and consequent damage and sinking of the surface above the plaza. The galleries were directly excavated into the ground, and many sections practically disappeared, while others were elevated and connected to unaffected sections through stairs. To prevent future sinking, the galleries were reconstructed using concrete for all surfaces, including the barrel vaults, which had to be lowered, while maintaining a height of 2.5 meters in the central part.

In 2017, the shelter underwent a new municipal intervention to rehabilitate and adapt it into a city museum (Beltrán, 2017), which is its current state. To accomplish this, in addition to the necessary works for its adaptation, a new route was

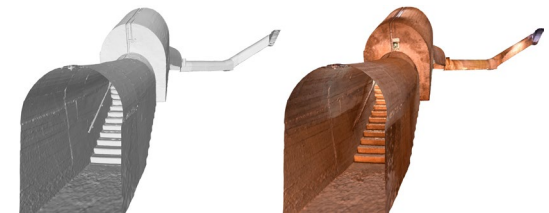


Fig. 9 - Sectioned view of the 3D representation of the shelter at Plaza Tetuán. Mesh surface and textured mesh surface views (Author's own)

created for the exit onto Avenida Rey Don Jaime, aligning it with the current road network.

As a result, the shelter currently maintains the four galleries consolidated in the previous 1952 intervention, with entrances from Plaza Tetuán and Avenida Rey Don Jaime, each resolved with descending sections: four for Plaza Tetuán and two for Avenida Rey Don Jaime.

The dimensions of the sections vary, especially in width, ranging from 180 to 255 cm, while the height remains almost constant in the central part throughout the entire route, with occasional variations at the intersections between galleries. The dimensions used for the descending sections are also different, maintaining the overall height but with a narrower width of 160 cm, reducing to 130 cm in some sections.

Data collection was conducted using photogrammetry to ensure the highest precision in data acquisition and to enable the creation of a high-resolution virtual model.

For data capture, a Nikon D-810 digital camera was used, equipped with an FX CMOS sensor measuring 35.9 x 24 mm and 36.3 million pixels, with a lens ranging from 24 to 120 mm and a focal aperture of f/4.

Since the construction is underground, all shots were taken with artificial light, except for the first section of the two entrances, which were photographed in the early morning before direct sunlight was available. This facilitated the planning of the work, as it did not depend on factors crucial to outdoor environments, such as the time of day and season of the year.

Due to the narrow dimensions of the gallery sec-

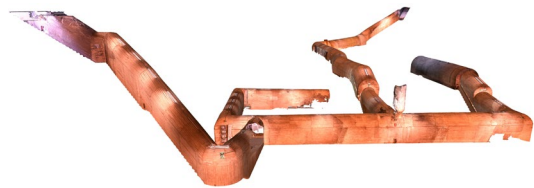


Fig. 10 - View of the 3D model of the shelter at Plaza Tetuán (Author's own)

Fig. 11 - View of the shelter at Plaza Tetuán. Section along Gallery 1 (Author's own)

Fig. 12 - Floor plan of the shelter at Plaza Tetuán (Author's own)

Fig. 13 - View of the 3D model of the shelter beneath Plaza Tetuán (Author's own)

tions, to ensure optimal data capture, photographs were taken in three parallel sweeps following the longitudinal direction of each gallery: one on each side and a third one along the central axis. The distance between shots ranged from 0.75 to 1 meter, and at each position, two captures were taken with a height difference of 1.2 meters.

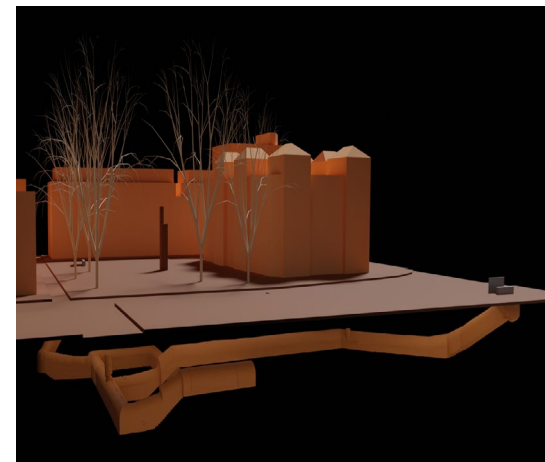
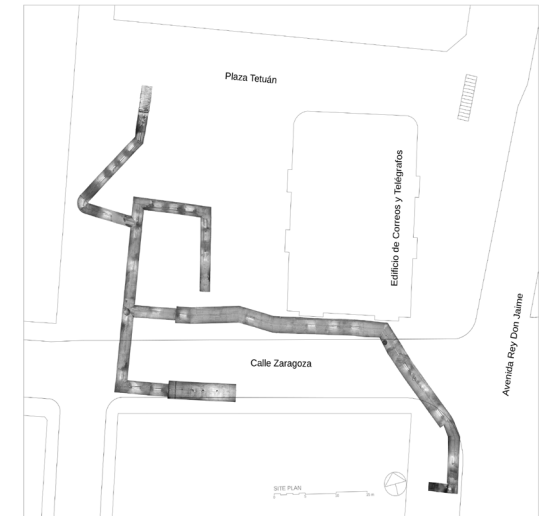
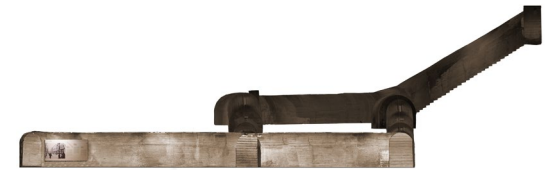
To ensure proper alignment of the different galleries during the processing phase, the intersections between them were captured twice, once for each gallery.

The processing work was carried out using three different tools, one for each phase of the process: COLMAT v3.6, Meshlab v2022.02, and Blender v3.5.

The image processing was performed in accordance with the data collection, respecting the unique shape of the shelter. As a result, six independent point clouds were obtained in this initial processing phase, one for each gallery and the two entrances. Each point cloud was processed separately to generate the corresponding mesh surfaces with initial texturing. This approach facilitated the process by dividing the total number of images into groups, allowing for work with a smaller number of images at a time.

In a second processing phase, the six models were exported in .PLY format, which incorporates the geometric information of each point's position along with RGB values for each surface. They were then subjected to review and filtering of undesired points to achieve high-definition results and generate the corresponding models with final textured surfaces.

The complete shelter model was achieved by properly joining and aligning the six models while resizing them to match the real-world scale. Due to the high definition obtained for each of the six models, the overall size became excessively large for optimal work. Therefore, each of the prelimi-



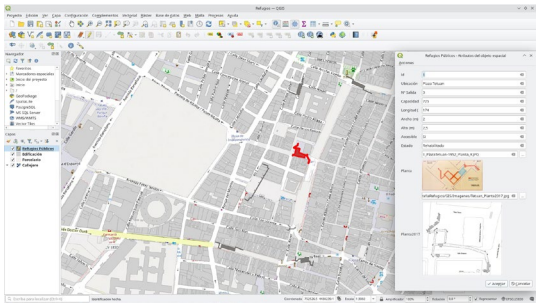


Fig. 14 - Geographic Information System (Author's own)

ID	Observació	Nº total	Capacitat	Longitud (m)	Ancho (m)	Altimetria	Accesible	Estatu	Planta	Planeta2017
1	8. Plaza Sordo C.	887	203	2	2,2	No	Desconocido	10. PlazaSordo...	(NCL)	
2	6. Calle Salmón	872	157	2	2,2	No	Desconocido	9. CalleSalmo...	(NCL)	
3	5. Plaza San Jac.	871	175	2	2,2	No	Desconocido	13. PlazaSan...	(NCL)	
4	4. Plaza Ciudad	854	145	2	2,2	No	Desconocido	14. PlazaCiu...	(NCL)	
5	3. Calle Vitoria	672	126	2	2,2	No	Desconocido	15. CalleVito...	(NCL)	
6	2. Plaza Huerta	1140	176	2	2,2	No	Desconocido	11. CalleHue...	(NCL)	
7	1. Plaza Tisamen	723	178	2	2,3	SI	Rehabilitado	1. PlazaTisa...	Tisamen_Plan...	

Fig. 15 - Attribute table with shelter information (Author's own)

nary models had to be simplified by reducing the number of points and faces. The result is a highly accurate and high-resolution 3D model of the shelter that can be further processed to achieve desired results, which can be classified into two types depending on the mode of representation. On one hand, the model allows for the extraction of planimetric information of the shelter by generating appropriate orthophotos to define its geometry in floor plans, elevations, and sections. This documentation can be used, among other applications, to determine the exact location of the shelter within the urban layout. On the other hand, a simplified version of the original model, where the number of points and faces has been reduced, can be used to create virtual animations of the shelter for dissemination purposes within a suitable digital platform. Additionally, based on this model, a virtual reconstruction of its original state can be developed, which, in addition to its significance as historical documentation, would help locate the buried parts of the shelter after the 1951 reconstruction.

RESULTS

As a result of this work, new and diverse documentation has been obtained to contribute to the preservation of this architectural heritage of the city. On the one hand, there are digitized images of the original plans, which have not only ensured the preservation of this material but also allowed its processing with new digital tools to obtain, as a second result, editable vectorial plans. In this same format, the accessible shelters have been surveyed, expanding the existing documentation with new current state floor plans. On the other hand, the virtual models of the shelters that were surveyed using photogrammetry have allowed for the extraction of not only geometric but also surface information. This information enriches the elevations with orthographic images and enables the generation of virtual reconstructions and walkthroughs of the shelters' interiors. To facilitate the localization and dissemination of these documentary sources, the information has been transferred to a graphical and accessible medium that allows for the management of georeferenced data. This has been achieved with the support of Geographic Information Systems (GIS). Thus, along with the geolocation of the different shelters, the complete information of each shelter

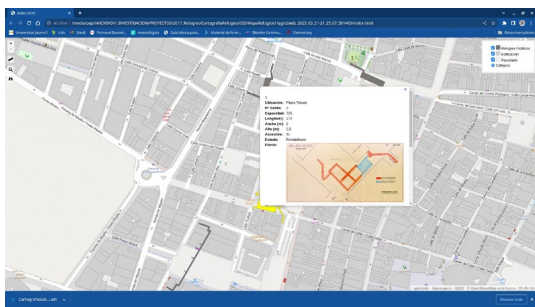


Fig. 16 - Interactive cartographic map (Author's own)

can be accessed, from the original project to its current state. The QGIS v3.28 software was used as a working tool, allowing the incorporation of different types of information independently and combining them to obtain comprehensive documentation divided into two blocks. First, there is the literal information of the shelter's data, followed by the corresponding graphic information, including the digitized original project plan and, where accessible, the plan of the current state. To create the GIS, the cadastral information of Castellón de la Plana served as the base cartography, which was directly imported using the Spanish Inspire Cadastral Downloader plugin. With this information, the first two layers of the project were created: one with building data and another with cadastral data. The shelters were located on this base using the vectorial plan obtained from the 2017 cadastral cartography, creating a new layer with the vector data of each shelter. The information about the shelters is systematically entered through the attribute table, where the corresponding fields for geographic and descriptive data are generated, followed by existing images, including the original plan and the current state if applicable. Finally, to facilitate the consultation and location of the different sites on the interactive map of the resulting cartographic viewer, an additional base cartography was incorporated with the updated street map of the city, using the OpenStreetMaps cartography. All this information can be exported to be incorporated into more extensive Geographic Information Systems, such as the one available at the regional level through the Institut Cartogràfic Valencià of the Generalitat Valenciana.

CONCLUSIONS

The presented work is the result of a research project (NOTE 2) that incorporates a complex methodology suitable for a specific type of architectural heritage. The research results have applications at different levels, providing specif-

ic contributions to the history of architecture and the city, promoting the interpretation of transformations and overlays within an urban context.

Although applied to the city of Castellón de la Plana, the methodology can be representative and serve as an example for other cases in similar urban contexts. The inclusion in a GIS represents an advancement in information management. The obtained results are presented in a format that is easy to consult and make accessible for future research and as a useful tool for urban planning. It is also a contribution to the creation of a spatial database on the specific theme of the Spanish Civil War, allowing for the visualization and analysis of the geographical distribution of air-raid shelters in different locations, helping to better understand how they were structured and planned.

NOTES

NOTE 1: List of planned shelters for the city of Castellón de la Plana, 1937, Municipal Historical Archive of Castellón, archive registration number 12,558.

NOTE 2: The completion of this article has been funded by the Jaume I University of Castellón through project UJI-A2017-13. Formal and constructive analysis of the defensive architectures of the Civil War in the regions of Castellón.

REFERENCIAS

Almagro Gorbea, Antonio (2004). Levantamiento arquitectónico. Granada: Universidad de Granada

Beltrán Roig, Ángel (2017) Rehabilitació i condicionament del refugi de la Plaça Tetuán de Castelló de la Plana. Ajuntament de Castelló de la Plana, No publicado

Broseta Palanca, M^a Teresa (2017). Defence heritage of the Spanish Civil War: Preservation of air-raid shelters in Valencia. *International Journal of Architecture: Studies Repairs and Maintenance*, 1 (4), pp. 624-639, DOI: 10.2495/HA-V1-N4-624-639

Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Be-

atriz; Soler Estrela, Alba (2019a). Arquitecturas subterráneas en Castellón de la Plana, El refugio antiaéreo bajo el Instituto Francisco Ribalta, In Llorens, S. Rincón, M.D.; Martín, A. (Ed.) *Avances en expresión gráfica aplicada a la edificación*, pp. 807-818, Valencia: Tirant Humanidades

Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Beatriz; Soler Estrela, Alba (2019b). Graphic and constructive analysis of the anti-aircraft shelters under both the Ribalta Institute and the Tetuan Square in Castellón de la Plana, In XVII International Forum 'Le Vie dei Mercanti' World heritage and legacy, pp. 867-876, Roma: Editore Gangemi

Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Beatriz; Soler Estrela, Alba (2020). Morphometry of Anti-Aircraft Shelters Under Ribalta Institute and Tetuán Square in Castellón de la Plana. *Modern Environmental Science and Engineering*, 1 (6), pp. 114-121

González Vázquez, David; Abulí Vergés, Oriol; Besolí Martín, Andrés (2022). Análisis estratégico de un recurso patrimonial territorial: Los refugios antiaéreos de la Guerra Civil

española en la provincia de Girona (Cataluña). *Investigaciones Turísticas*, 23, pp. 379-401. <https://doi.org/10.14198/INTU-RI2022.23.17>

Griffin, Isobel; Tate, Jim, (2012). Conserving our Wartime Heritage, *Journal of Architectural Conservation*, 18(1), pp. 81-100. DOI:

López González, Concepción; García Valldecabres, Jorge; Navarro García, M^a Luisa (2007) La iglesia de San Miguel de Foces. UPV, Valencia

Maristany Casajuana, Francisco (1937). Proyecto para la construcción de un refugio subterráneo para el servicio del Instituto de 2a Enseñanza y la Escuela Normal. Archivo Histórico Municipal de Castellón, n^o de registro de archivo 12.558, No publicado

Moreno Martín, Andrea; Sapena Escrivà, Tatiana (2017). Refugios antiaéreos: patrimonio de la Guerra Civil en la ciudad de Valencia, *Debats. Revista de cultura, poder i societat*, Vol. 131(2), pp. 123-141. DOI: 10.28939/iam.debats

Nishanbaev Ikrom; Champion Erik; McMeekin David A (2021). A Web GIS-Based Integration of 3D Digital

Models with Linked Open Data for Cultural Heritage Exploration, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 10(10), p. 684. <https://doi.org/10.3390/ijgi10100684>

Romaní, Manuel (1951-1952). Consolidación y reconstrucción de 3 refugios públicos antiaéreos: Refugio público Pl. Tetuan, Refugio público Pl. Independencia, Refugio público Avda. del Mar", Ayuntamiento de Castellón: Archivo Histórico Municipal de Castellón, n^o de registro de archivo 12.558. No publicado

San Juan Monzonís, Ismael (1992). 75 Aniversario de la construcción del Instituto "Francisco Ribalta" y finalización de las importantes obras de remodelación. *Revista Ribalta*, 5(01), pp. 9-21

Soler Estrela, Alba; Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Beatriz (2020). Análisis gráfico de los proyectos de refugios antiaéreos de la Guerra Civil en la ciudad de Castelló de la Plana. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 25(39), pp. 170-181, DOI: 10.4995/ega.2020.12900

INCORPORACIÓN DE LOS REFUGIOS ANTI-AÉREOS A LA CARTOGRAFÍA DE LA CIUDAD POR MEDIO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

INTRODUCCIÓN

Son muy numerosos los valores del patrimonio arquitectónico, reconocidos como parte de la memoria de una sociedad. Esto hace que sea necesario su conocimiento y conservación, como representación material de distintos momentos históricos. En cuanto a los tipos de edificios, se trata a veces grandes construcciones correspondientes a momentos históricos de esplendor, con varios siglos de antigüedad. Pero pueden tener interés otros más modestos y de época más reciente. Dentro de estos, podemos considerar que la arquitectura bélica es un tipo representativo de momentos con necesidades singulares. En el caso de la guerra civil española (1936-1939), se conserva un patrimonio construido que da respuesta a necesidades urgentes, con soluciones realistas, sistemas constructivos baratos, disponibles y eficientes.

En el caso de los refugios antiaéreos de una ciudad, el interés se ve aumentado por su consideración de conjunto, siendo muy numerosos y dis-

tribuidos en las tramas urbanas. Su conocimiento nos ayuda a interpretar la historia de una ciudad, con la voluntad de entender el presente con sus múltiples superposiciones y transmitir a las generaciones futuras.

Desde este punto de vista, distintas acciones de recuperación se están llevando a cabo en otros países de Europa (Griffin & Tate, 2012), suponen un avance en el reconocimiento del patrimonio bélico. También el patrimonio arquitectónico de la Guerra Civil está viviendo un proceso de recuperación en los últimos años (Broseta, 2017) (Moreno & Sapena, 2017) que está propiciando la investigación sobre estos temas. Por otra parte, distintas administraciones reconocen su valor de manera explícita, aumentando su grado de protección mediante la catalogación y a veces con propuestas de intervención. Esto viene en consonancia con la existencia de movimientos a nivel social, y con la aparición de asociaciones para la defensa de la memoria histórica.

Por sus características, es un patrimonio por lo general poco conocido, muchas veces subterrá-

neo y difícil de observar, que ha sido alterado o destruido. De ahí la importancia de su investigación, en un proceso complejo que debe incluir desde la documentación de archivo, hasta el trabajo de campo. Los resultados deben permitir su análisis y difusión, para el conocimiento de la ciudad y para favorecer propuestas para la incorporación a la oferta cultural, o como recurso turístico (González, Abulí & Besolí, 2022).

En los últimos años, los sistemas de información geográfica (SIG) se están convirtiendo en una herramienta fundamental en las bases de datos para el conocimiento y conservación del patrimonio arquitectónico. (Nishanbaev, Champion & McMeekin, 2021).

En el caso de Castellón de la Plana fueron construidos cuarenta y tres refugios, aunque en realidad se había proyectado ejecutar cerca de trescientos con el objetivo de generar una completa red subterránea bajo la ciudad que pudiera albergar a la totalidad de sus habitantes y permitiera su desplazamiento bajo la misma.

Sin embargo, debido al abandono sufrido tras el

final de la guerra y al inexorable crecimiento urbano, en la mayoría de casos la parte exterior se ha alterado, cerrando sus entradas. En la actualidad, son muy pocos a los que se puede acceder. Esto no quiere decir que hayan desaparecido, sino que, dada la profundidad a la que eran construidos, entre 12 y 15 metros, sus galerías excavadas han quedado ocultas en el subsuelo de la ciudad, condenadas al olvido.

CONTEXTO

Para el estudio de la arquitectura bélica es necesario comenzar por los estudios históricos, que aportan datos sobre el contexto, y permiten entender la situación del conflicto, la evolución de las contiendas y su desarrollo geográfico. Esto permite conocer las zonas de mayor interés y concentración de elementos, tanto a nivel urbano como territorial. La consideración de estas fuentes adquiere gran importancia puesto que muchos de estos elementos tuvieron una utilización durante un periodo muy concreto, y posteriormente se han visto muy alterados o han desaparecido.

Para este tipo de patrimonio de guerra del siglo XX, es frecuente que se conserve algún tipo de fuente documental de casos concretos. En entornos urbanos, debe considerarse como punto de partida la existencia de planos de la trama urbana, en la que se sitúan las construcciones defensivas que se construyeron o proyectaron, destacando generalmente los refugios para el resguardo de la población civil. Además de su situación, en muchos casos puede localizarse algún tipo de documentación que defina la forma de construcción. Pueden ser tan solo listados, presupuestos, pero a veces llegan a ser proyectos detallados.

Para el caso de la ciudad de Castellón de la Plana, en el Archivo Histórico Municipal (AHMC) (Nota 1) se conserva, en carpetas y cajas, abundante documentación original sobre los proyectos de construcción de los refugios. Corresponde mayormente a los doscientos sesenta y cinco refugios proyectados por el Ayuntamiento, cuarenta y tres de carácter público y doscientos veintidós de titulares privados de los que se encuentran planos

originales y copias (originales de la época). Los primeros se distinguen de las copias por el tipo de papel, satinado en los originales y porque a diferencia de las copias, estas están firmadas por el arquitecto del Ayuntamiento.

También se han localizado dos proyectos-tipo para refugios, uno con capacidad para 100 personas y otro con capacidad para 200 personas. Cada uno de estos proyectos cuenta con tres planos de documentación gráfica: planos tipo de planta, alzado y sección constructiva, todos a escala 1/50. Entre toda la documentación, destacan los planos de los proyectos, de los años 1937 y 1938 (Soler, Cabeza & Saez, 2020). En algunos casos son solo croquis, pero en otros son proyectos de arquitectura completos que incluyen documentación gráfica de plantas, alzados, secciones y detalles, y también memorias y presupuestos. Esto permite definir distintos tipos (semienterrados, superficiales, galerías excavadas) y conocer su geometría y los materiales constructivos, destacando el uso del hormigón armado y el ladrillo.

Además de esta documentación sobre refugios concretos, para la cartografía de la ciudad es muy relevante la existencia en el archivo, de un plano de la ciudad en el que se localizan los refugios proyectados así como la red de comunicación prevista entre ellos, grafiada con líneas de color rojo que unen las distintas localizaciones. El plano está firmado por el arquitecto Vicente Traver Tomás y con fecha de 1926. Se puede suponer que los refugios se marcaron con posterioridad.

La falta de conservación y mantenimiento, y el crecimiento urbanístico de la ciudad, han conducido a la extinción de todos los refugios superficiales y semienterrados. Los subterráneos tampoco han tenido mejor fortuna. Si bien la investigación de campo ha hecho posible la localización de unos pocos accesos, la visita a los mismos, a causa de las condiciones de inestabilidad que presentan, ha sido complicada. Del situado en la Avenida del Mar no se ha podido averiguar más que el acceso se localiza en el patio de la antigua residencia de las Hermanitas de los ancianos desamparados, hoy cerrado. Sobre él, con suerte en los estratos superiores, se encuentra el parking, APK2, ex-

cavado en dicha zona. Del refugio situado bajo la Plaza de la Independencia (La farola) parece ser que fue rellenado parcialmente con hormigón para mitigar el continuo hundimiento que sufría la plaza, no obstante conserva el acceso desde la calle Cataluña. El situado bajo el IES F. Ribalta, presenta refuerzos puntuales, aunque su estado lo hace impracticable. Solo el que conecta la Plaza Tetuán y la Avda. Rey Don Jaime, está abierto al público, sin embargo, el recorrido que presenta no es el primigenio, pues algunas de sus galerías se rellenaron.

METODOLOGÍA GENERAL

Dada la complejidad de valores y características del patrimonio arquitectónico, la metodología de estudio debe considerar distintos aspectos, desde el contexto histórico y las fuentes documentales, hasta la materialidad conservada.

En el caso concreto de los refugios, su naturaleza subterránea, que los hace permanecer ocultos, obliga a comenzar con el análisis y actualización de la documentación recogida en el AHMC (Nota 1) con el objetivo de determinar su situación bajo la actual trama urbana de la ciudad. Para ello, los planos de los refugios se representan en formato de imagen vectorial adaptando sus dimensiones a lo indicado en las memorias de construcción, en lo que a su sección se refiere. Debido a la gran cantidad de planos originales, este trabajo se ha dividido en fases en función de la naturaleza de los refugios, públicos o privados, así como de su posible existencia, comenzando por los de carácter público de los que se tiene certeza de haber sido construidos.

Del mismo modo que es necesaria la localización y el análisis de la documentación gráfica preexistente, resulta imprescindible la toma de datos métricos que conduzcan a la generación de una nueva planimetría que permita establecer su morfología actual y compararla con la que se representa en la documentación de archivo encontrada. El levantamiento de planos se plantea como la única vía que permite el conocimiento total de un edificio, (López y otros 2007: 201), siendo además

indispensable ante cualquier tipo de catalogación o intervención (Almagro 2004: 21).

Sin embargo, dentro de esta línea de investigación, hay que poner de manifiesto el escaso número de refugios conservados y accesibles, sobre todo respecto del total previsto (Cabeza, Sáez & Soler, 2019a). La desaparición de muchos de sus accesos ha supuesto la negación de los propios refugios y su abandono en el subsuelo de la ciudad. Por otro lado, la transformación a la que se han visto sometidos algunos, y el estado inacabado que presentan otros, hace que resulte relevante la planimetría actual resultante de la toma de datos métricos, siendo ésta de vital importancia para la descripción arquitectónica de las construcciones y su conocimiento.

La toma de datos puede realizarse por distintos medios, para su elección debe tenerse en cuenta el tipo de edificio histórico del que se trata y el estado de conservación en que se encuentra. En cualquier caso, siempre es recomendable el uso combinado de diferentes sistemas, frente al uso exclusivo de uno solo, ya que disminuye el índice de error (Almagro 2004: 31-32). Factores como la precisión y la fiabilidad de los datos, la captura masiva de estos, la rapidez y el ahorro de tiempo hacen recomendar, siempre que sea posible, llevar a cabo un levantamiento mediante sistemas indirectos como el escáner-láser o la fotogrametría. Sin embargo, en algunas ocasiones la utilización del instrumental necesario resulta inabordable o menos eficiente, bien por la dificultad que supone ubicar dichos aparatos en el entorno de trabajo, bien por las condiciones de acceso al mismo, o por su morfología del lugar.

El posterior procesado de los datos obtenidos ha permitido la creación de nueva documentación gráfica. Por un lado, aquella que sirve para situar en la planimetría actual de la ciudad, por otro, en aquellos refugios todavía accesibles, la generación de plantas, secciones y modelos 3D de su estado actual. (Cabeza, Saez & Soler, 2020).

Además, toda esta información es susceptible de ser incorporada en las bases de datos del patrimonio arquitectónico y en concreto en la cartografía catastral de la ciudad mediante el empleo

de los SIG. De esta manera, junto a la geolocalización del emplazamiento de los diferentes refugios, se puede consultar la información completa de cada uno de ellos, desde el proyecto original a su estado actual.

FLUJO DE TRABAJO

De acuerdo con la metodología aplicada, el desarrollo del trabajo se ha estructurado en tres fases secuenciales: documentación y localización de los refugios; toma de datos y levantamiento de los refugios accesibles; obtención de resultados.

Documentación y situación de los refugios
Tal y como se ha visto en apartados anteriores, el trabajo de recogida y análisis de la información existente sobre los refugios ha servido para establecer un estado de la cuestión a partir del cual avanzar en la investigación. En este sentido, la documentación analizada ha sido digitalizada y procesada para poder utilizarla como base de la elaboración de una nueva documentación gráfica editable en formato vectorial de cada uno de los refugios.

Para situar los refugios dentro de la trama urbana, se ha utilizado la cartografía catastral de la ciudad del año 2017. Esto se ha podido realizar gracias a los datos urbanos incluidos en los planos de los refugios, así como la situación indicada en el plano de la ciudad del arquitecto Vicente Traver Tomás. Como resultado parcial se han ubicado casi la mitad de los refugios públicos, quedando pendiente el resto debido a las dificultades que suponen los cambios producidos en la ciudad, tanto en lo que respecta a la estructura urbana como a los nombres de los viarios.

Toma de datos y levantamiento de los refugios accesibles

Toma de datos con sistemas directos. Refugio en el IES Fco. Ribalta

Este refugio se ubica bajo el hoy denominado IES Francesc Ribalta, situado en el centro de Castellón de la Plana (coordenadas GPS UTM 752777,

4430667, 30S). Se trata de un edificio, con fachada de rasgos historicistas, constuido entre 1912 y 1917, con una superficie total de 7.125 m². Originalmente, en el interior había tres patios, uno para cada centro docente (Escuela Normal de Mujeres y la Escuela de Artes y Oficios, y en la zona central el Instituto de Bachillerato) y en la parte posterior un jardín botánico que fue convertido en patio de deportes con posterioridad a la Guerra Civil. (San Juan Monzonís, 1992)

De la documentación histórica a la que se ha tenido acceso, Maristany (1937), se extraen los siguientes datos. La Memoria enuncia que la construcción del refugio debía ser como los otros que se estaban construyendo en la ciudad, es decir, con escalinatas descendentes hasta 8 o 9 metros de profundidad. Las escalinatas, pavimentos y bancos serían de hormigón, los paramentos verticales revestidos con medio ladrillo y mortero de portland y cerrados superiormente por bóvedas. Tendría dos accesos situados en las inmediaciones de los patios y el jardín, y estaría formado por galerías de 2 x 2,50 m y 69 m de recorrido, debía dar cabida a 557 personas. Sin embargo, en los planos se observan 3 accesos, dos flanqueando la escalera imperial y el tercero entre uno de los patios y el jardín. El trazado del refugio corresponde a galerías de sección constante entroncadas perpendicularmente, sin ensanchamientos para salas, garitas, aseos o ventilación.

La inspección previa llevada a cabo evidencia que se trata de un refugio que no fue finalizado, quedando en un estado inicial de construcción. Dispone de un único acceso practicable, el situado entre el patio y el jardín (actualmente zona de deportes). Está formado por galerías semi excavadas en terreno arcilloso y conglomerado, estrechas, de poca altura, con continuos resaltes sobresaliendo de las paredes e irregularidades en el suelo. Solo uno de los brazos tiene apariencia de estar casi construido, el que acaba en un muro tabicado, probablemente otro de los accesos, mientras que el otro es cegado por un cúmulo de piedras. Por otro lado, señalar la imposibilidad de introducir luz, natural o eléctrica, en dichas galerías.

Las condiciones que presenta el refugio conducen

a descartar cualquier sistema indirecto para la toma de datos gráficos, por lo tanto, se descartan la utilización del escáner-láser y de la fotogrametría y se recurre a métodos manuales tradicionales y a la fotografía como elemento de apoyo (cámara Nikon D-810).

En primer lugar se procedió a la obtención de las direcciones y las longitudes. Al tratarse de una construcción subterránea, sin posibilidad de establecer conexiones externas, y con paramentos faltos de continuidad, se tuvo que recurrir a métodos manuales. Situada la lienza a eje de cada tramo, la brújula de visor (C500 Geonaute) permitía la obtención de su orientación real respecto al Norte magnético, el distanciómetro (Leica 837031) medir su longitud. Seguidamente, se determina la profundidad de las galerías, para ello se recurrió a dividir en franjas horizontales cada tramo mediante un nivel láser (Tacklife SC-L07), de modo que la suma de cada una de las franjas horizontales (medidas con una cinta métrica) en que se dividían los tramos, permitía obtener la profundidad total alcanzada. En último lugar se llevó a cabo la toma de datos relativa a su construcción, para ello se han realizado croquis para las partes más acabadas, mientras que los tramos en proceso de excavación han sido documentados fotográficamente.

Los datos obtenidos tras la toma de datos, se traducen en información gráfica vectorial (Cabeza, Sáez & Soler, 2019b), dando como resultado nuevos planos de planta y de secciones, susceptibles de ser comparados con la documentación gráfica histórica. En primer lugar, se pone en evidencia que tan solo han sido excavados 30 m del total proyectado. En segundo lugar, la superposición de las plantas pone de manifiesto la desviación acaecida durante el proceso de excavación: los encuentros no se producen en ángulo recto y las salidas, laterales a la escalera imperial, estarían ligeramente desplazadas. Por otro lado, también es posible hablar de un cambio en el diseño inicial, siendo que una de dichas salidas desaparece, y se alarga la galería central. Del mismo modo, tampoco se aprecian evidencias de puntos de arranque de las galerías que en proyec-

to se anexionan a ésta.

Toma de datos con fotogrametría. Refugio en la Plaza Tetuán

Este refugio se encuentra bajo la Plaza Tetuán (coordenadas GPS UTM 752686, 4430551), próximo al situado bajo el IES Ribalta. En la década de los 50, tal y como refleja el proyecto que en 1952 redactó el, por entonces, arquitecto municipal (Romani, 1951-1952), hubo que intervenir en varias zonas en las que la filtración de agua continuada había provocado el derrumbamiento de las galerías, con los consecuentes daños, por hundimiento, de la superficie en la plaza bajo la que se localiza. Se trataba de galerías directamente excavadas en el terreno, por lo que muchos tramos prácticamente desaparecieron y otros se elevaron comunicándose con los no afectados por medio de escaleras. Para evitar futuros hundimientos, las galerías fueron reconstruidas con hormigón en todos sus paramentos incluídas las bóvedas de cañón que las cubrían que tuvieron que ejecutarse rebajadas aunque se mantuvo la altura de 2,5 metros en la parte central.

En 2017, el refugio sufre una nueva intervención municipal en esta ocasión para rehabilitarlo y acondicionarlo como museo de la ciudad (Beltrán, 2017) que es tal y como se encuentra en la actualidad. Para llevarlo a cabo, junto a los trabajos propios de acondicionamiento a su nueva función, fue necesario realizar un nuevo trazado de la salida por la avenida Rey Don Jaime para adaptarlo al actual viario.

Como resultado, hoy en día el refugio mantiene las cuatro galerías consolidadas en la anterior intervención de 1952 con accesos por la plaza Tetuán y por la avenida Rey Don Jaime, cada una de los cuales se resuelve con tramos descendentes, cuatro y dos respectivamente.

Las dimensiones de las secciones son variables, sobre todo en anchura con tramos de entre 180 y 255 cm, permaneciendo la altura prácticamente constante en la parte central de todo el recorrido, con excepciones puntuales en los encuentros entre galerías. También son diferentes las dimen-

siones utilizadas para los tramos descendentes que, aunque mantienen la altura del conjunto, utilizan un ancho menor, 160 cm que se reduce hasta 130 cm en alguno de los tramos.

El levantamiento se ha llevado a cabo por fotogrametría para asegurar no solo la máxima precisión en la toma de datos sino también motivado por la posibilidad de obtener un modelo virtual de alta resolución.

Para el registro de datos se ha utilizado una cámara fotográfica digital Nikon modelo D-810 con sensor FX CMOS 35,9 x 24 mm de 36,3 millones de píxeles, con un objetivo comprendido entre los 24 - 120 mm y una apertura focal de f/4.

Al encontrarse la construcción bajo tierra, todas las tomas fueron realizadas con luz artificial, a excepción del primer tramo de los dos accesos cuyas tomas se realizaron a primera hora de la mañana antes de disponer de iluminación directa del sol. Esto facilitó la planificación de los trabajos al no depender de factores de gran importancia en ambientes exteriores como la hora y la época del año. Debido a las reducidas dimensiones de la sección de las galerías, para conseguir una óptima toma de datos, las fotografías se realizaron en tres barridos paralelos siguiendo la dirección longitudinal de cada galería, uno a cada lado y un tercero por el eje. La distancia utilizada entre tomas fue de entre 0,75 y 1 metro y en cada posición se realizaron dos capturas con una diferencia de altura de 1,2 metros.

Para asegurar un óptimo alineamiento de las distintas galerías en la fase de procesado, los encuentros entre ellas se levantaron por duplicado, un levantamiento por cada galería.

El trabajo de procesamiento se ha llevado a cabo con tres herramientas diferentes, una para cada fase del proceso: COLMAT v3.6, Meshlab v2022.02 y Blender v3.5.

Acorde con la toma de datos, el procesamiento de las imágenes se ha llevado a cabo respetando la singular forma del refugio. De esta manera, en este primer procesado se han obtenido 6 nubes de puntos independientes, una por cada galería más los dos accesos. Cada una de las nubes de

puntos se ha trabajado por separado para obtener las correspondientes superficies malladas con un primer texturizado. Esto ha permitido agilizar esta parte del proceso al poder dividir el número total de imágenes en grupos lo que suponía trabajar con un menor número de imágenes.

En un segundo procesado, los 6 modelos se exportaron en formato .PLY que incorpora la información geométrica correspondiente a la situación de cada uno de los puntos junto a los valores RGB de cada superficie y fueron sometidos a revisión y filtrado de puntos no deseados para conseguir unos resultados de alta definición con los que generar los correspondientes modelos con las superficies texturizadas definitivas.

El refugio completo se consiguió al unir y alinear adecuadamente los 6 modelos, así como redimensionar su tamaño para ajustarlo a la escala real. Debido a la alta definición obtenida de cada uno de los 6 modelos, el tamaño en su conjunto era excesivamente grande para poder trabajar de manera óptima, por lo que fue necesario simplificar cada uno de los modelos previos, reduciendo el número de puntos y caras.

Como resultado, se obtiene un modelo tridimensional de alta precisión y resolución del refugio sobre el que es posible continuar trabajando para conseguir los resultados deseados que se pueden clasificar en dos tipos dependiendo del modo de representación.

Por una parte, a partir del modelo es posible extraer información planimétrica del refugio mediante la generación de las adecuadas ortofotos con las que definir su geometría tanto en planta como en alzados y secciones. Esta documentación puede ser utilizada, entre otras aplicaciones, para determinar la situación exacta del refugio dentro del trazado urbano.

Por otra parte, una versión simplificada del modelo original en la que el número de puntos y caras se han reducido para poder crear animaciones virtuales del refugio que sirvan como difusión de esta parte del patrimonio de la ciudad dentro de una adecuada plataforma digital. Además, a partir de este modelo es posible desarrollar una reconstrucción virtual de su estado original que, junto

a su importancia como documentación histórica, ayudaría a localizar con exactitud las partes enterradas del refugio tras la reconstrucción de 1951.

RESULTADOS

Como resultado de todo este trabajo se ha obtenido una nueva y variada documentación con la que contribuir a la conservación de este patrimonio arquitectónico de la ciudad.

Por una parte, se encuentran las imágenes digitalizadas de los planos originales, que ha permitido no solo garantizar la preservación de este material, sino también su tratamiento con nuevos medios digitales para obtener, como segundo resultado, los planos en formato vectorial editables. En este mismo formato se encuentran los levantamientos realizados de aquellos refugios a los que se ha podido acceder y que amplían la documentación existente con nuevas planimetrías del estado actual.

Por otra parte, los modelos virtuales de aquellos refugios cuyo levantamiento ha podido llevarse a cabo mediante fotogrametría, han permitido extraer no solo la información geométrica sino también superficial a partir de la cual es posible enriquecer los alzados con imágenes ortográficas así como generar reconstrucciones y recorridos virtuales por su interior.

Para facilitar la localización y difusión de estas fuentes documentales se ha trasladado la información a un soporte gráfico y accesible que permite gestionar la información con datos georeferenciados, lo cual se ha conseguido con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica. De esta manera, junto a la geolocalización del emplazamiento de los diferentes refugios, se puede consultar la información completa de cada uno de ellos, desde el proyecto original a su estado actual. Como herramienta de trabajo se ha utilizado QGIS v3.28 que permite incorporar los distintos tipos de información de manera independiente y combinarlos para obtener una documentación completa que se divide en dos bloques. En primer término la información literal de los datos del refugio

a la que le sigue la correspondiente información gráfica que incluye el plano del proyecto original digitalizado y, en el caso de los que se ha podido acceder, el plano de su estado actual.

Para generar el SIG se ha utilizado como base cartográfica la información catastral de Castellón de la Plana que se ha podido importar directamente gracias al complemento Spanish Inspire Cadastral Downloader. Con esta información se han creado las dos primeras capas del proyecto, una con los datos de la edificación y otra con los del parcelario. Sobre esta base, se han ubicado los refugios con el apoyo del plano en formato vectorial obtenido a partir de la cartografía catastral de la ciudad del año 2017 con el que se ha creado una nueva capa con los datos vectoriales de cada refugio.

La información de los refugios se introduce de manera ordenada por medio de la tabla de atributos donde se han generado los campos correspondientes a los datos geográficos y descriptivos seguidos de las imágenes existentes, plano original y estado actual en el caso que proceda.

Por último, con el objetivo de facilitar la consulta y localización de los distintos emplazamientos en el mapa interactivo del visor cartográfico resultante, se ha incorporado una base cartográfica adicional con el callejero actualizado de la ciudad para la que se ha utilizado la cartografía de OpenStreet-Maps.

Toda esta información es susceptible de ser exportada para ser incorporada en otros Sistemas de Información Geográfica de mayor alcance como el que a nivel autonómico dispone la Generalitat Valenciana desde su Institut Cartogràfic Valencià.

CONCLUSIONES

El trabajo presentado es el resultado de un proyecto de investigación (NOTA 2) que incorpora una metodología compleja adecuada a un tipo específico de patrimonio arquitectónico. Los resultados obtenidos en la investigación tienen aplicación a distintos niveles, con aportaciones específicas a la historia de la arquitectura y también de la ciudad, favoreciendo la interpretación de las transforma-

ciones y superposiciones de un contexto urbano. Se ha aplicado a la ciudad de Castellón de la Plana, pudiendo ser representativa y servir de ejemplo para otros casos de un contexto urbano similar. La inclusión en un SIG supone un avance en la gestión de la información. Los resultados obtenidos se presentan en un formato de fácil consulta que permite hacerlo accesible para próximas investigaciones, así como para ser utilizados como herramienta útil en la planificación de la ciudad. Es también una contribución a la creación de una base de datos espacial, sobre la temática específica de la Guerra Civil, que permite visualizar y analizar la distribución geográfica de los refugios antiaéreos en diferentes lugares, ayudando a comprender mejor cómo se estructuraron y planificaron.

NOTAS

NOTA 1: Relación de refugios proyectados para

<http://disegnarecon.univaq.it>

la ciudad de Castellón de la Plana, 1937, Archivo Histórico Municipal de Castellón, nº de registro de archivo 12.558

NOTA 2: La realización de este artículo ha contado con la financiación de la Universidad Jaume I de Castellón a través del proyecto UJI-A2017-13. Análisis formal y constructivo de las arquitecturas defensivas de la guerra civil en las comarcas de Castellón

REFERENCIAS

Almagro Gorbea, Antonio (2004). Levantamiento arquitectónico. Granada: Universidad de Granada
Beltrán Roig, Ángel (2017) Rehabilitació i condicionament del refugi de la Plaça Tetuán de Castelló de la Plana. Ajuntament de Castelló de la Plana, No publicado

Broseta Palanca, M^a Teresa (2017). Defence heritage of the Spanish Civil War: Preservation of air-raid shelters in Valencia. *International Journal of Architecture: Studies Repairs and Maintenance*, 1 (4), pp. 624-639, DOI: 10.2495/HA-V1-N4-624-639

Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Beatriz; Soler Estrela, Alba (2019a). Arquitecturas subterráneas en Castellón de la Plana, El refugio antiaéreo bajo el Instituto Francisco Ribalta, In Llorens, S. Rincón, M.D.; Martín, A. (Ed.) *Avances en expresión gráfica aplicada a la edificación*, pp. 807-818, Valencia: Tirant Humanidades

Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Beatriz; Soler Estrela, Alba (2019b). Graphic and constructive analysis of the anti-aircraft shelters under both the Ribalta Institute and the Tetuan Square in Castellón de la Plana, In XVII International Forum 'Le Vie dei Mercanti' World heritage and legacy, pp. 867-876, Roma: Editore Gangemi

Cabeza González, Manuel; Sáez Riquelme, Beatriz; Soler Estrela, Alba (2020). Morphometry of Anti-Aircraft Shelters Under Ribalta Institute and Tetuan Square in Castellón de la Plana. *Modern*

Environmental Science and Engineering, 1 (6), pp. 114-121

González Vázquez, David; Abulí Vergés, Oriol; Besolí Martín, Andrés (2022). Análisis estratégico de un recurso patrimonial territorial: Los refugios antiaéreos de la Guerra Civil española en la provincia de Girona (Cataluña). *Investigaciones Turísticas*, 23, pp. 379-401. <https://doi.org/10.14198/INTURI2022.23.17>

Griffin, Isobel; Tate, Jim, (2012). Conserving our Wartime Heritage, *Journal of Architectural Conservation*, 18(1), pp. 81-100. DOI: 10.1080/13556207.2012.10785105

López González, Concepción; García Valldecabres, Jorge; Navarro García, M^a Luisa (2007) La iglesia de San Miguel de Foces. UPV, Valencia

Maristany Casajuana, Francisco (1937). Proyecto para la construcción de un refugio subterráneo para el servicio del Instituto de 2a Enseñanza y la Escuela Normal. Archivo Histórico Municipal de Castellón, nº de registro de archivo 12.558, No publicado

Moreno Martín, Andrea; Sapena Escrivà, Tatiana (2017), Refugios antiaéreos: patrimonio de la Guerra Civil en la ciudad de Valencia, *Debats. Revista de cultura, poder i societat*, Vol. 131(2), pp. 123-141. DOI: 10.28939/iam.debats

Nishanbaev Ikrom; Champion Erik; McMeekin David A (2021). A Web GIS-Based Integration of 3D Digital Models with Linked Open Data for Cultural Heritage Exploration, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 10(10), p. 684. <https://doi.org/10.3390/ijgi10100684>

Romaní, Manuel (1951-1952). Consolidación y reconstrucción de 3 refugios públicos antiaéreos: Refugio público Pl. Tetuan, Refugio público Pl. Independencia, Refugio público Avda. del Mar", Ayuntamiento de Castellón: Archivo Histórico Municipal de Castellón, nº de registro de archivo 12.558. No publicado