

MÁS ALLÁ DE LA MÉTRICA. LAS NUBES DE PUNTOS COMO EXPRESIÓN GRÁFICA SEMÁNTICA

BEYOND METRICS. POINT CLOUDS AS SEMANTIC GRAPHIC EXPRESSION

*Josep M. Puche Fontanilles, Josep M. Macias Solé,
Josep M. Toldrà Domingo, Pau de Solà-Morales 1*

doi: 10.4995/ega.2017.6781

Las nubes de puntos son objetos con un incuestionable valor geométrico. Pero el desarrollo de determinadas metodologías de trabajo permiten extraer de ellas información que va más allá de la métrica, permitiendo análisis semánticos del objeto documentado. En este trabajo exponemos una de estas metodologías que consiente, únicamente modificando la visualización de las nubes de puntos, poner en evidencia elementos de valor semántico del objeto arquitectónico escaneado.

PALABRAS CLAVE: NUBE DE PUNTOS. CAPTURA MASIVA DE DATOS. VISUALIZACIÓN. LECTURA SEMÁNTICA. ARQUITECTURA OCULTA

Point clouds are objects with an unquestionable geometric value. However, the development of certain working methodologies allows the extraction of information that goes beyond the metric, allowing a semantic analysis of the documented object. In this work, we present one of these methodologies that allows, with the sole modification of the visualization of the point clouds, to highlighting the elements of semantic value in the scanned architectural object.

KEYWORDS: POINT CLOUD. MASSIVE DATA CAPTURE. VISUALIZATION. SEMANTIC READING. HIDDEN ARCHITECTURE

Planteamiento

Los Sistemas Masivos de Captura de Datos (SMCD), y más concretamente la generación de sus nubes de puntos, son sistemas pensados desde y para la ingeniería, donde el objetivo primordial es la definición geométrica del objeto de documentación. Sin menoscabar su utilidad, estas herramientas todavía se antojan insuficientes en el estudio del Patrimonio Arquitectónico Histórico (Mataix *et alii* 2013). En este ámbito de la investigación, la geometría del volumen vertebrata la identificación e interrelación de la estratigrafía compositiva de todo edificio histórico y, para ello, los ficheros generados con SMCD son “convertidos” a sistemas tradicionales de representación, básicamente el diédrico.

Esta es la praxis más funcional y eficaz, pero comporta un arduo trabajo de postproceso y no consigue aprovechar al máximo toda la potencialidad que ofrecen los SMCD (Fantini 2012). Esta conversión representa una simplificación de la información disponible, una circunstancia que, a la vez, todavía cuestiona la conveniencia o no de aplicar los SMCD en la documentación patrimonial (Puche 2016, 99-105). Esto no pone en duda el potencial cuantitativo y cualitativo de la información contenida en una nube de puntos. Los SMCD superan, con creces, la capacidad informativa del tradicional sistema de proyección diédrico, que no deja de ser un subterfugio para representar una realidad tridimensional en una superficie bidimensional 2.

Pero una nube de puntos contiene más información que la estrictamente geométrica, ya que recoge valores diversos, como son el color,

la reflectancia u otros. Y ahí radica el valor añadido de las nubes de puntos como contenedores de información cualitativa-topológica. En el uso de los escáneres láser, por ejemplo, es bien conocido el uso de la reflectancia para constatar diferencias en la superficie documentada: color, composición, textura, humedad (Solà-Morales *et alii* en prensa).

Se es consciente que se está inmerso en un entorno plenamente digital, que reclama una representación diversa de la tradicional. Si el medio de representar es diferente, la representación, la visión, de lo representado tiene que ser, a la fuerza, diferente (Muntañola *et alii* 2016). En este contexto es necesario desarrollar experiencias de documentación encaminadas a la obtención de metodologías que mejoren la expresión y comprensión del objeto arquitectónico intervenido. Pretendemos, más allá de su realidad geométrica y sus valores de reflectancia, extraer un ulterior contenido semántico a partir de la visualización y/o gestión de la nube de puntos.

La visualización de las nubes de puntos

Una nube de puntos es fundamentalmente una simple tabla de datos donde cada columna define unos parámetros específicos: coordenadas espaciales (X, Y, Z), color (RGB o CYAN), reflectancia, ángulo de incidencia, etc. La gestión informática de estos datos siempre ha sido compleja por su volumen. Sus tablas contienen centenares de miles o decenas de millones de puntos, generando archivos que se miden en gigabytes. Para su gestión se han desarrollado software específicos, algunos de ellos vinculados al

Approach

Massive Data Capture Systems (MDCS) and, more specifically, the generation of their point clouds, are systems designed from and for engineering, where the primary objective is the geometric definition of the object of documentation. Without underestimating its utility, these tools still seem insufficient in the study of Historical Architectural Heritage (Mataix *et al.* 2013). In this area of research, the geometry of the volume structures the identification and interrelation of the compositional stratigraphy of any historical building and, to achieve this, the MDCS files are “converted” to traditional systems of representation, basically the diedric.

This is the most functional and efficient praxis, but it involves an arduous post-processing, that does not manage to take full advantage of all the potential offered by the MDCS (Fantini 2012). This conversion represents a simplification of the available information, a circumstance that, at the same time, still questions the appropriateness or not of applying MDCS in the heritage documentation (Puche 2016, 99-105). This does not call into question the quantitative and qualitative potential of the information contained in a point cloud. MDCS by far surpasses the informational capacity of the traditional system of dihedral projection, which is still a “subterfuge” to represent a three-dimensional reality on a two-dimensional surface 2.

But a point cloud contains more information than the strictly geometric one, since the devices collect diverse values, such as color, reflectance or others. And therein lies the added value of point clouds as containers of qualitative-topological information. In the use of laser scanners, for example, it is well known the use of reflectance to discover differences in the documented surface: color, composition, texture, moisture (Solà-Morales *et al.* In press).

We are aware that we are immersed in a fully digital environment, which demands a different representation from the traditional one. If the representation medium is different, the representation—the visual appearance—of the represented object must be, forcefully, different (Muntañola *et al.*, 2016). In this context, it is necessary to develop documentation experiences aimed at obtaining methodologies that improve the expression and understanding of the architectural object involved. We intend, beyond its geometric reality and its reflectance



1



2

values, to extract a further semantic content from the visualization and/or management of the point cloud.

The display of point clouds

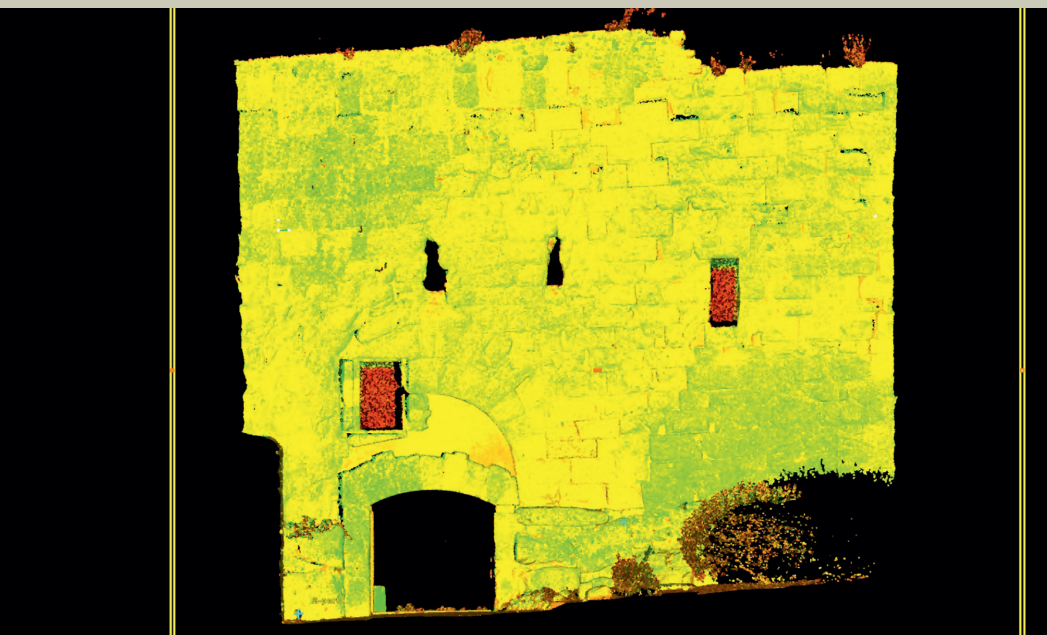
A point cloud is basically a simple data table where each column defines specific parameters: spatial coordinates (X, Y, Z), color (RGB or CMYK), reflectance, angle of incidence, etc. The digital management of these data has always been complex because of their volume. These tables contain hundreds of thousands, or tens of millions of rows, generating files that are measured in gigabytes. Specific software has been developed to manage them, some of them linked to MDCS instruments (Leica Cyclone 3, PointCab 4, Faro Scene 5, PointSense 6, 3Dreshaper 7, etc.); other programs have a more general approach and are access-free (3DVem 8, Cloud Compare 9, PCL 10, Autodesk Recap 11, etc.). This set of programs allows the operator to edit the points, register the different clouds and some enable the creation of meshes, comparatives and extraction of data and elements Geometric, etc. Most of these programs contain display filters in order to simplify and clarify their reading and understanding.

instrumental de los SMCD (Leica Cyclone 3, PointCab 4, Faro Scene 5, PointSense 6, 3Dreshaper 7, etc.); otros programas son más generalistas y de acceso libre (3DVem 8, Cloud Compare 9, PCL 10, Autodesk Recap 11, etc.) Este programario permite editar los puntos, registrar las diferentes nubes y algunos posibilitan la creación de mallas, comparativas y extracción de datos y de elementos geométricos, etc. La mayor parte de estos programas contienen filtros de visualización a fin de simplificar y clarificar su lectura y comprensión. Estas herramientas se centran en la visualización de datos a partir de criterios cromáticos (blanco y negro, color, reflectancia) o jugando con el valor de las normales. En la actualidad las visualizaciones más comunes son:

- Visualización por color natural (Fig. 1). La mayor parte de escáneres terrestres llevan, o pueden llevar, incorporada una cámara

fotográfica que proporciona color real al punto de lectura del escáner. Normalmente este valor se manifiesta en un formato RGB y va asociado a cada punto singular.

- Visualización por trama de grises (Fig. 2). Esta opción visualiza los puntos en Blanco o Negro. Como esto crearía una imagen plana sin que se pudiese observar ningún detalle interno del elemento escaneado se le aplica un valor de gris en función de una iluminación teórica.
- Visualización por reflectancia. (Fig. 3). La reflectancia es el valor porcentual de la energía con la que vuelve el impulso láser comparado con el de salida. En los programas de tratamiento de nubes de puntos, este valor se convierte a una escala cromática, normalmente situada entre el verde y el rojo; lo que permite visualizar con simplicidad las



3

1. Visualización de una nube de puntos por el color natural
2. Visualización de una nube de puntos en blanco y negro
3. Visualización de una nube de puntos por reflectancia

1. Visualization of a point cloud by natural color
2. Visualization of a cloud of black and white dots
3. Visualization of a cloud of points by reflectance

diferencias de reflectancia en las superficies escaneadas.

- Visualización “silueta” y “transparencia” (Fig. 4). Algunos programas profesionales de gestión de nubes de puntos permiten visualizar los puntos en función del cambio de la normal, lo que posibilita establecer que puntos forman parte de una misma superficie y cuáles de ellos se sitúan en las zonas de transición. Esto permite resaltarlos, creando un efecto silueta, u ocultar las zonas planas, creando un efecto transparencia.

Casos de estudio

Fruto de la estrecha colaboración entre el *Institut Català d'Arqueologia Clàssica* y la *Escola Superior d'Arquitectura* de la *Universitat Rovira i Virgili* (ETSA-URV) se ha efectuado el levantamiento parcial del circo romano de Tarragona durante los años 2014-16. Se trata de

un edificio de 4 hectáreas de superficie actualmente integrado en el centro histórico de la ciudad (Macias *et alii* 2007, Solà-Morales *et alii* 2014, Fernández *et alii* en prensa). Fueron utilizados escáneres láser Leica –C10 y P40– a una resolución de 1 punto por cm y a 10 m de distancia. Los estacionamientos se han situado a una distancia promedio máxima de 7 metros respecto los vestigios. Tras el solapamiento se ha generado una nube de puntos con una densidad media de un punto cada 7 mm. Los datos obtenidos han sido procesados con Cyclone 9.1, con el que se han realizado los registros de los diferentes estacionamientos y el procesamiento posterior. En dos zonas del circo se ha realizado la experimentación que se presenta en este trabajo:

- La *plaça dels Sedassos* (Fig. 5). Es una plaza donde se recuperó parte de la gradería del circo y sus galerías subterráneas de so-

These tools focus on the visualization of data using chromatic criteria (black and white, color, reflectance) or playing with the values of normals. Currently the most common visualizations are:

- Display by natural color (Fig. 1). Most terrestrial scanners carry, or can carry, a built-in camera that provides real color to the scanning points of the scanner. Normally this value is manifested in an RGB format and is associated with each single point.
- Gray pattern display (fig 2). This option displays the points in White or Black. Since this would create a flat image without any internal details of the scanned element being observed, a gray value is applied as a function of a theoretical illumination.
- Reflectance display. (Fig. 3). The reflectance is the percentage value of the energy with which the laser pulse returns, compared to the output. In point cloud treatment programs, this value is converted to a chromatic scale (usually in a green to red line) which allows the simple visualization of the differences of reflectance in the scanned surfaces.
- Display of “silhouette” and “transparency” (fig 4). Some professional point cloud management programs offer a visualization of the points according to the change of the normal, which makes it possible to



establish which points are part of the same surface and which of them are located in the transition zones. This allows you to highlight them, creating a silhouette effect, or hide the flat areas, creating a transparency effect.

Study cases

As a result of the close collaboration between the Institut Català d'Arqueologia Clàssica and the School of Architecture of the Universitat Rovira i Virgili (ETSA-URV), the Roman circus of Tarragona was partially surveyed during the years 2014-16. It is a 4-hectare building currently integrated in the historic center of the city (Macias et al. 2007, Solà-Morales et al. 2014, Fernández et al., in press). The laser scanners "Leica C10" and "P40" were used at a resolution of 1 point per cm and at 10 m distance. The station points have been located at a maximum average distance of 7 meters with respect to the remains. After the overlap, we generated a points cloud with an average density of one point every 7mm. The obtained data has been processed with Cyclone 9.1, with which the records of the different station locations and the subsequent processing have been carried out. In two areas of the circus the experimentation that is presented in this work has been carried out:

- Plaça dels Sedassos (Fig. 5). It is a square where part of the grandstand of the circus and its underground galleries of support were recovered. These remains act as support of the Ferrers street, located on a higher level. Part of the interest of its study lays in being able to correctly relate the underground parts, not visible, with the existing urban patterns; and to discover what is its relation with the Ferrers street and the buildings located there. Defining these aspects was important both to understand the historical evolution of the sector and to be able to plan in the future adequate strategies for conservation and urban integration. Not in vain part of the vault system runs under the contemporary built spaces and their sanitation network. Finally, the buildings on the north side of the street correspond to old manor houses integrated in the first medieval defensive wall of Tarragona, which increases the interest and historical-heritage value of this sector of the city.
- The Eastern end of the circus (Fig. 6). It is the best preserved and museumized



4

porte. Estos restos actúan de sustentación de la calle *dels Ferrers*, situada a un nivel superior. Parte del interés de su estudio reside en poder relacionar correctamente las partes subterráneas, no visibles, con la trama urbana y cuál es su relación con la calle *dels Ferrers* y los edificios ahí situa-

dos. Definir estos aspectos era importante tanto para entender la evolución histórica del sector, como para poder programar en un futuro adecuadas estrategias de conservación y de integración urbanística. No en vano parte del sistema de bóvedas discurre por debajo de espacio edifica-



- 4. Visualización de una nube de puntos en color (2a), en silueta (2b) y en transparencia (2c)
- 5. Vista de la *plaça dels Sedassos* y calles adyacentes (Goggle Earth).
- 6. Vista aérea del extremo oriental del Circo (Goggle Earth)

- 4. Visualization of a cloud of color dots (2a), in silhouette (2b) and in transparency (2c)
- 5. View of *Plaça dels Sedassos* and adjacent streets (Google Earth)
- 6. Aerial view of the eastern end of the Circus (Google Earth)

do contemporáneo y de su red de saneamiento. Finalmente, las edificaciones del lado norte de la calle corresponden a antiguas residencias señoriales integradas en el primer sistema defensivo medieval de Tarragona, lo que acrecienta el interés y valor histórico-patrimonial de ese sector de la ciudad.

- El extremo oriental del circo (Fig. 6). Es el área mejor conservada y musealizada desde los años 90 del siglo pasado. Por su ubicación este sector refleja la evolución urbana de Tarragona. En él hallamos parte de las murallas tardorepublicanas, restos de una puerta monumental augustea y el complejo sistema viario de comunicación entre el

configura un sector complejo, en el que se observan numerosas superposiciones estructurales con un óptimo estado de conservación. Y esa complejidad hace difícil poder entender y visualizar correctamente la imbricación de los diferentes elementos y el diálogo que establecen entre ellos.

Metodología de trabajo y conclusiones

A fin de visibilizar esta complejidad urbanística y patrimonial se exploraron las posibilidades expresivas de las imágenes obtenidas con nubes de puntos mediante el programa Cyclone. Este programa adolece de una interface poco intuitiva, pero muestra una gestión excelente de las nubes de puntos y sus algo-

area since the 1990's. Due to its location, this sector reflects the urban evolution of Tarragona. In it we find part of the tardorepublican walls, remains of a monumental Augustean door, and the complex road system of communication between the Circus and the Provincial Forum. In medieval times two defensive walls were erected, as well as several public constructions. Finally, this sector was intensively urbanized in the XIX century after the damages produced during the Napoleonic occupation. All this historical development forms a complex sector, in which there are numerous structural overlays with an optimal state of conservation. And this complexity makes it difficult to understand and correctly visualize the overlapping of the different elements and the dialogue they establish between them.

Methodology and conclusions

In order to make this urban and heritage complexity visible, we explored the expressive



5



6

Circo y el Foro Provincial. En época medieval se trazaron dos lienzos defensivos así como diversas construcciones públicas. Finalmente, este sector fue intensamente urbanizado en el siglo XIX tras los destrozos producidos durante la ocupación napoleónica. Todo este devenir histórico

ritmos de cálculo permiten trabajar con archivos de cientos de millones de puntos y, al mismo tiempo, obtener precisiones milimétricas en los registros de los diferentes estacionamientos.

Entre las diferentes opciones de visualización que ofrece escogimos la de Silueta. En esta opción, se vi-

possibilities of the images obtained with point clouds with the Cyclone program. This program has a difficult and counter-intuitive interface, but shows an excellent management of point clouds. Its calculation algorithms allow working with files of hundreds of millions of points and, at the same time, obtain a millimetre precision in the readings of the different stations. Among the different options of visualization that it offers, we chose the Silhouette. In this



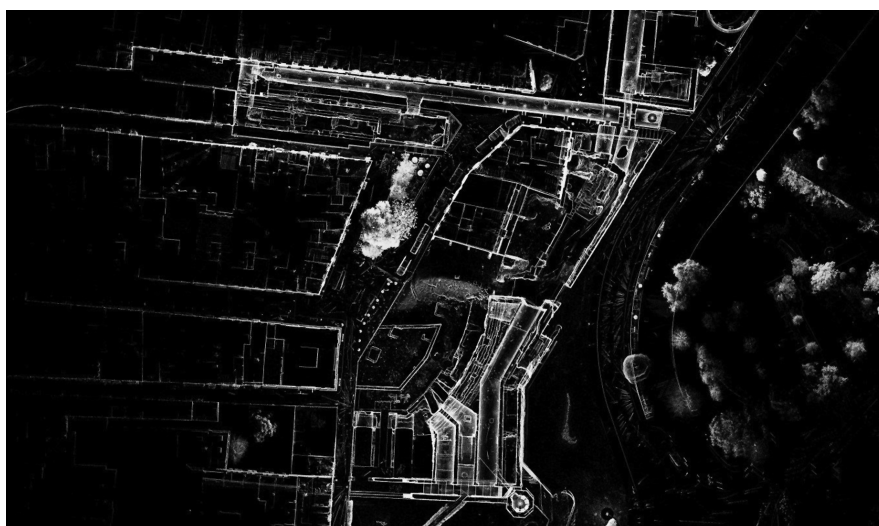
option, the points whose normals differ from those of the adjacent points are displayed, so that only the edge and plane change zones are highlighted (Figs. 7 and 8). The obtained image would be comparable to an x-ray, since it renders visible the elements behind the plane of vision. The obtained views seem to traverse and/or transparent the model, while simultaneously allowing to distinguish the outline of the spaces defined by the structures. With this mode of visualization were obtained the orthophotographs (Fig. 9 and 10) in JPG or TIFF format. These were treated with Photoshop, inverting the colors, to obtain a *positive* version of the *negative* 'radiography', and adjusting the histogram of the images, trying to highlight the points that show lines of structures and blurring those that were considered "noise".

This simple and fast process allows obtaining orthophotographs where the relationships between elements located in different planes can be visualized, allowing an in-depth analysis of the different diachronic architectural sites. The highlighting only of the edges and the hiding of the flat areas facilitates a semantic reading of the constructive elements, highlighting those elements that are significant. In the case studies that we have shown, this system reaches the definition of technical details such as, for example, the formwork of the vaults (Fig. 11). Even the footprints of the wooden planks are visible, as well as the relationships between the underground structures and those located on the surface (Fig. 8). All this facilitates the analysis and presentation of the different architectural components of an urban area. It also simplifies the work of drafting the contemporary façades, since they appear perfectly defined, with their unique elements (Fig. 9).

We consider that the methodology tested allows, in a fast and efficient way, to give a point cloud with semantic capabilities, by eliminating the redundant information in its visualization. That is, from the raw data of the survey (the coordinates of the cloud points) we obtain a semi-automatic, metric, graphical representation, where we can distinguish the modeled structures and their relative position. It can be an excellent basis to analyze architectural ensembles like the one we present, which are the result of a complex evolution woven over many centuries. It is an



7



8

sualizan los puntos cuyas normales difieren de las de los puntos adyacentes, de tal forma que se resaltan las zonas de aristas y de cambio de planos (Figs. 7 y 8). La imagen obtenida sería equiparable a una radiografía, ya que consiente la visualización de los elementos situados detrás del plano de visión, logrando vistas que atraviesan y/o transparentan el modelo pero permiten, simultáneamente, distinguir el contorno de los espacios definidos por las estructuras. A partir de este modo de visualización se obtuvieron ortofotografías en formato JPG o TIFF, que se trataron con el programa Photoshop, invirtiendo los colores (positivando la 'radiografía') y ajustando el histograma

de las imágenes, intentado resaltar los puntos que muestran directrices de estructuras y difuminando aquellos que eran ruido (Figs. 9 y 10).

Este proceso simple y rápido permite obtener ortofotografías donde visualizar las relaciones entre elementos situados en diversos planos, permitiendo un análisis en profundidad de los diferentes recintos arquitectónicos diacrónicos. El hecho de resaltar solamente las aristas y ocultar las zonas planas facilita una lectura semántica de los elementos constructivos, poniendo en relieve aquellos elementos que son significativos. En los casos de estudio que mostramos, este sistema alcanza la definición detalles técnicos como, por ejemplo, los en-



7. Ortofotografía vertical de la nube de puntos dels Sedassos

8. Ortofotografía cenital de la nube de puntos del extremo oriental del Circo

7. Vertical orthophotography of the point cloud of Sedassos square

8. Aerial orthophotography of the point cloud from the eastern end of the Circus

cofrados de las bóvedas (Fig. 11). Se visualizan incluso las huellas de las latas de madera, así como las relaciones existentes entre las estructuras subterráneas y las situadas en superficie (Fig. 8). Todo ello facilita el análisis y la presentación de los diferentes componentes arquitectónicos de un área urbana. También simplifica el trabajo de delineación de las fachadas contemporáneas, ya que estas aparecen perfectamente definidas, con sus elementos singulares (Fig. 9).

Consideramos que la metodología ensayada permite, de una manera rápida y eficaz, dotar a una nube de puntos de capacidades semánticas mediante la eliminación de la información redundante en su visualización. Es decir, a partir de los datos en bruto del levantamiento (las coordenadas de los puntos de la nube) obtenemos de forma semi-automática una representación gráfica métrica donde se pueden distinguir las estructuras modeladas y su posición relativa, pudiendo ser una excelente base para analizar conjuntos arquitectónicos como el que presentamos, resultado de una compleja evolución tejida a lo largo de muchos siglos. Se trata de una experiencia que insiste en la necesidad de diversificar los procesos de gestión de las nubes de puntos a partir de los levantamientos con láser escáner. ■

Notas

1/ Este documento es fruto de la actividad del *Research Group on Architectural Heritage and Archaeology* – ARCHCRA (ICAC –ETSA/URV) y de los proyectos de investigación HAR2012-36963-C05-02, HAR2015-64392-C4-2-P (MINECO/FEDER) y ARREL2015ACUP 00089. Agradecemos también la colaboración de Leica Geosystems. 2/ Eso sí, renunciando a gran parte de la información plausible de ser documentada y expresada. Con esto no queremos desmerecer el sistema diédrico. A pesar de los avances tecnológicos en la representación gráfica, continúa siendo un sistema más que válido por su capacidad de representa-

ción simple y eficaz de una realidad volumétrica. 3 / http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-Cyclone_6515.htm

4 / <http://www.pointcab-software.com/es/>

5 / <http://www.faro.com/es-es/productos/software-de-faro/scene/informaci%C3%B3n>

6 / <http://faro-3d-software.com/CAD/Products/PointSense/index.php>

7 / <http://www.3dreshaper.com>

8 / <http://gifle.webs.upv.es/Servicios.php>

9 / <http://www.danielgm.net/cc/>

10 / <http://pointclouds.org/downloads/>

11 / <http://www.autodesk.com/products/recap/overview>

Referencias

- FANTINI, F. 2013: “Modelos con nivel de detalle variable realizados mediante un levantamiento digital aplicados a la arqueología”. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, num. 19. 306-31
- FERNÁNDEZ, I., MACIAS, J. M., PUCHE, J. M., SOLÀ-MORALES, P., TOLDRÀ, J. M., en prensa: “Metodología de análisis del circo romano de Tarragona y nuevos resultados”, Roldán, L., Macias, J. M., Pizzo, A., Rodríguez, O., (eds.): *Modelos constructivos y urbanísticos de la arquitectura de Hispania: definición, evolución y difusión. Del período romano a la tardía antigüedad*. Sèrie Documenta 28. Tarragona.
- MACIAS, J. M., FIZ, I., PIÑOL, L., MIRÓ, M. T., GUITART, J. (eds.) 2007: *Planimetría Arqueológica de Tarraco*, Atlas d’Arqueologia Urbana de Catalunya 2, Treballs d’Arqueologia Urbana 1, Documenta 5, Tarragona. ISBN 978-84-934698-4-9.
- MUNTAÑOLA, J. SAURA, M., BELTRAN, J. MENDOZA y L. MÉNDEZ, S. 2016: “Representar y proyectar arquitecturas en la era digital”. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, num. 27. 42-53
- PUCHE, J. M. 2016: *Ars sine scientia nihil est. Nous fonaments per a una vella praxi. Dibuixar l’arquitectura en arqueologia*. Tesis Doctoral 2016, Universitat Autònoma de Barcelona.
- SOLÀ MORALES, P., TOLDRÀ, J. M., PUCHE, J. M., MACIAS, J. M. 2014: “Redrawing Tarraco”, *XII International Forum. Le Vie dei Mercanti. Best Practice in Heritage Conservation Manamengent. From the world to Pompeii*, Fabbrica de la Conoscenza 46, Nàpols. 841-850.
- SOLÀ-MORALES, P., PUCHE, J.M., MACIAS, J.M., TOLDRÀ, J.M., FERNÁNDEZ, I. en prensa: “Ensayos de nuevos análisis óptico-visuales para el análisis de estructuras arquitectónicas-patrimoniales. El uso de la reflectancia láser”, Roldán, L., Macias, J. M., Pizzo, A., Rodríguez, O., (eds.): *Modelos constructivos y urbanísticos de la arquitectura de Hispania: definición, evolución y difusión. Del período romano a la tardía antigüedad*. Sèrie Documenta 28. Tarragona.

experience that insists on the need to diversify the processes of point cloud management from laser scanner surveys. ■

Notes

1/ This document is the result of the activities of the Research Group on Architectural Heritage and Archeology - ARCHCRA (ICAC -ETSA / URV) and the research projects: HAR2012-36963-C05-02, HAR2015-64392-C4-2-P (MINECO / ERDF) and ARREL2015ACUP 00089. We also want to thank the collaboration of Leica Geosystems.

2/ That is, giving up much of the plausible information to be documented and expressed. With this we do not want to undermine the dihedral system. In spite of the technological advances in graphic representation, it continues to be a more than valid system due to its capacity for a simple and effective representation of a volumetric reality.

3 / http://hds.leica-geosystems.com/en/Leica-Cyclone_6515.htm

4 / <http://www.pointcab-software.com/es/>

5 / <http://www.faro.com/es-es/productos/software-de-faro/scene/informaci%C3%B3n>

6 / <http://faro-3d-software.com/CAD/Products/PointSense/index.php>

7 / <http://www.3dreshaper.com>

8 / <http://gifle.webs.upv.es/Servicios.php>

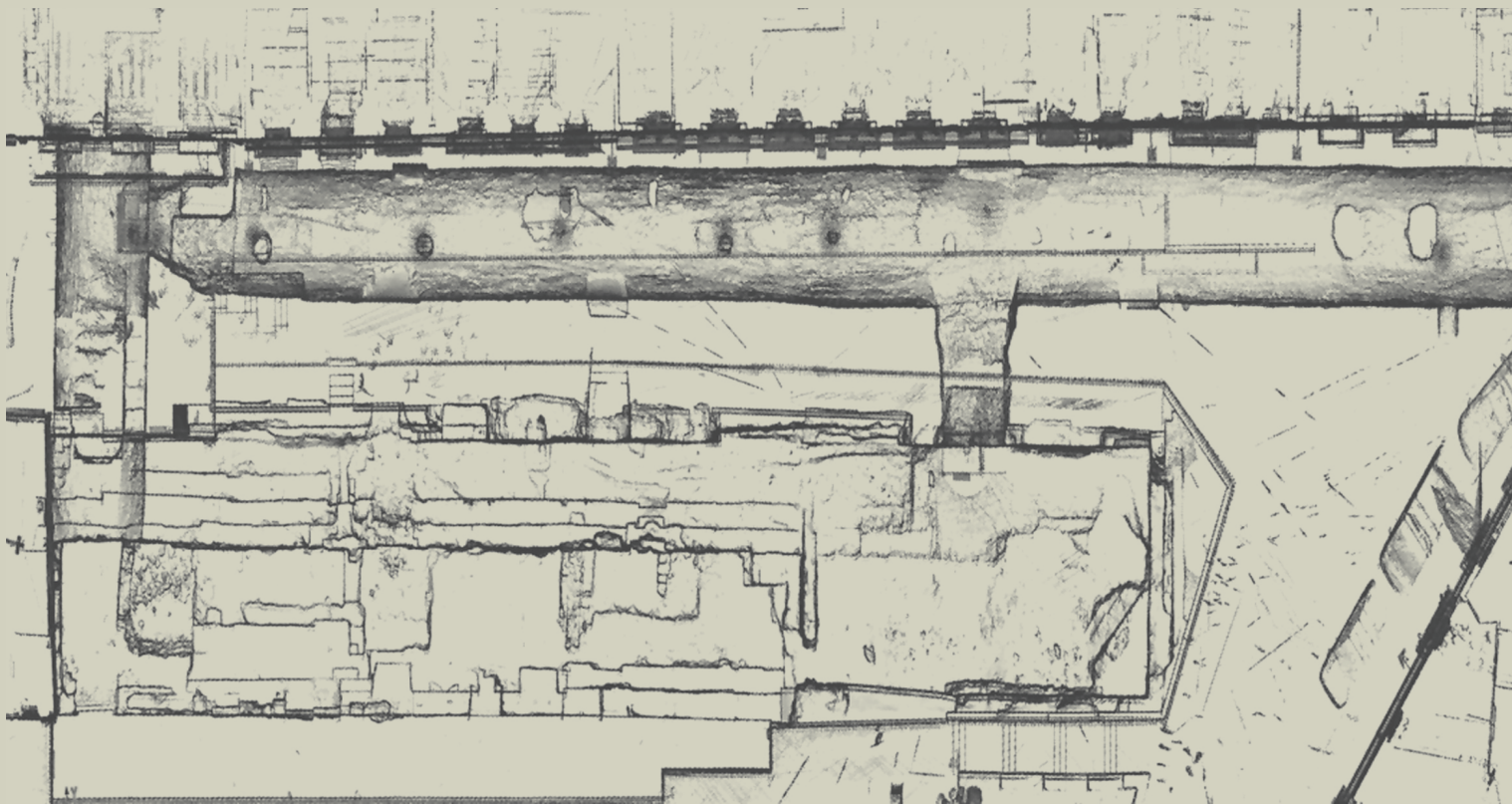
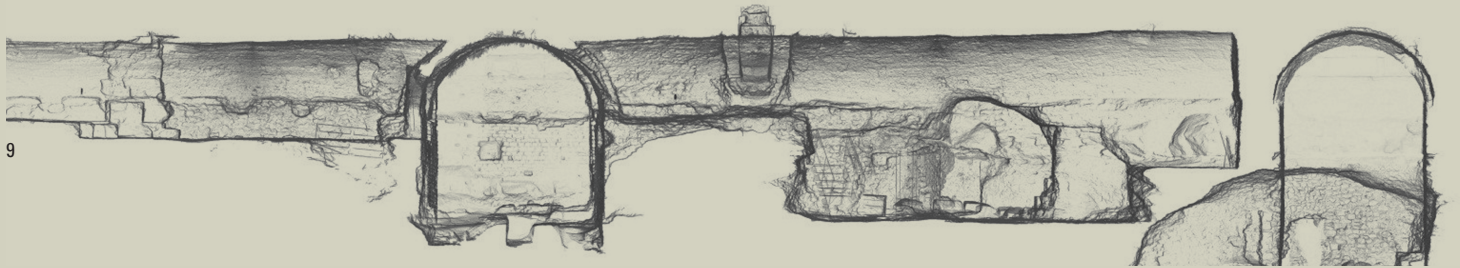
9 / <http://www.danielgm.net/cc/>

10 / <http://pointclouds.org/downloads/>

11 / <http://www.autodesk.com/products/recap/overview>

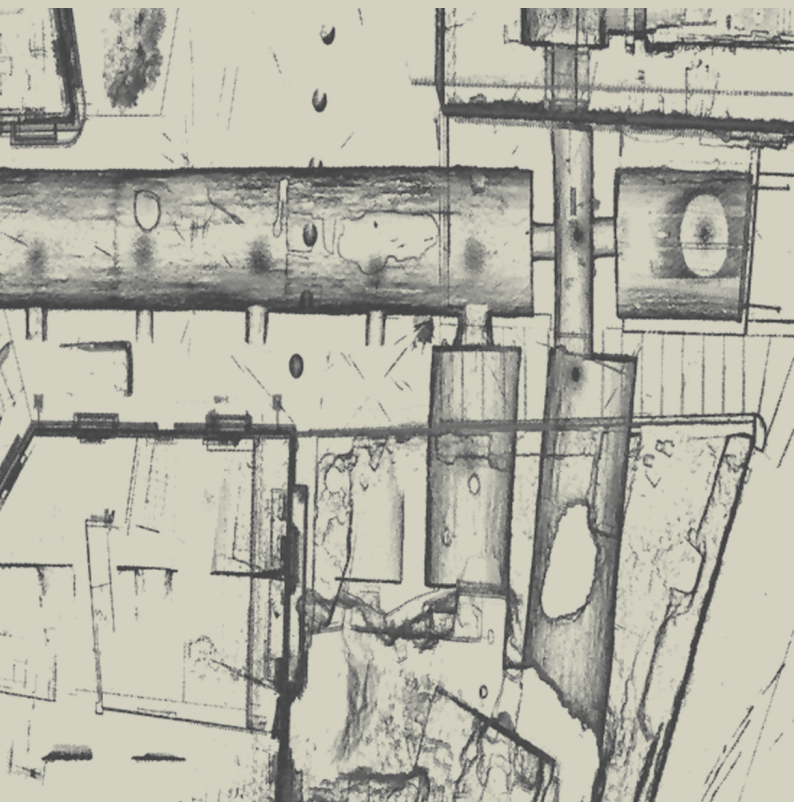
References

- FANTINI, F. 2013: “Modelos con nivel de detalle variable realizados mediante un levantamiento digital aplicados a la arqueología”. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, num. 19. 306-317.
- FERNÁNDEZ, I., MACIAS, J. M., PUCHE, J. M., SOLÀ-MORALES, P., TOLDRÀ, J. M., en prensa: “Metodología de análisis del circo romano de Tarragona y nuevos resultados”, Roldán, L., Macias, J. M., Pizzo, A., Rodríguez, O., (eds.): *Modelos constructivos y urbanísticos de la arquitectura de Hispania: definición, evolución y difusión. Del período romano a la tardía antigüedad*. Sèrie Documenta 28. Tarragona.
- MACIAS, J. M., FIZ, I., PIÑOL, L., MIRÓ, M. T., GUITART, J. (eds.) 2007: *Planimetría Arqueológica de Tarraco*, Atlas d’Arqueologia Urbana de Catalunya 2, Treballs d’Arqueologia Urbana 1, Documenta 5, Tarragona. ISBN 978-84-934698-4-9.
- MUNTAÑOLA, J. SAURA, M., BELTRAN, J. MENDOZA y L. MÉNDEZ, S. 2016: “Representar y proyectar arquitecturas en la era digital”. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, num. 27. 42-53.
- PUCHE, J. M. 2016: *Ars sine scientia nihil est. Nous fonaments per a una vella praxi. Dibuixar l’arquitectura en arqueologia*. Tesis Doctoral 2016, Universitat Autònoma de Barcelona.
- SOLÀ MORALES, P., TOLDRÀ, J. M., PUCHE, J.M., MACIAS, J. M. 2014: “Redrawing Tarraco”, *XII International Forum. Le Vie dei Mercanti. Best Practice in Heritage Conservation Manamengent. From the world to Pompeii*, Fabbrica de la Conoscenza 46, Nàpols. 841-850.
- SOLÀ-MORALES, P., PUCHE, J.M., MACIAS, J.M., TOLDRÀ, J.M., FERNÁNDEZ, I. en prensa: “Ensayos de nuevos análisis óptico-visuales para el análisis de estructuras arquitectónicas-patrimoniales. El uso de la reflectancia láser”, Roldán, L., Macias, J. M., Pizzo, A., Rodríguez, O., (eds.): *Modelos constructivos y urbanísticos de la arquitectura de Hispania: definición, evolución y difusión. Del período romano a la tardía antigüedad*. Sèrie Documenta 28. Tarragona.





10



9. Ortofotografía de *Sedassos* una vez procesada. Se observa claramente la relación entre la bóveda romana y la calle, así como la delineación automática de las fachadas de la calle (palacios del siglo XVIII i torre medieval)

10. Ortofotografía del extremo oriental del Circo. Se puede observar la relación entre las bóvedas romanas subterráneas y la trama urbana actual

11. Detalle de la bóveda de la "Volta Llarga" en donde se pueden observar los detalles constructivos, en este caso las improntas de las cajas de encofrado

9. Orthophotography of *Sedassos* once processed. The relationship between the Roman vault and the street can be clearly seen, as well as the automatic drafting of the facades of the street (18th century palaces and medieval tower)

10. Orthophotography of the eastern end of the Circus. The relationship between the underground Roman vaults and the current urban fabric can be observed

11. Detail of the vault of the "Volta Llarga" where the constructive details can be observed, in this case the imprints of the formwork boxes