

IMPLEMENTACIÓN DE ESCÁNER 3D Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL PARA LA DOCUMENTACIÓN DE LA IGLESIA DE LA MERCED DE PANAMÁ

IMPLEMENTATION OF 3D SCANNER AND DIGITAL PHOTOGRAMMETRY IN THE DOCUMENTATION PROCESS OF LA MERCED CHURCH, PANAMA

José Martínez Rubio, Juan José Fernández Martín, Jesús Ignacio San José Alonso

doi: 10.4995/ega.2018.9811





1. Esquema de situación de los escaneos realizados

1. Location outline of the scanings

En el proceso de estudio e intervención en el patrimonio edificado, la captura de datos y la documentación gráfica a redactar constituye un aspecto decisivo no solo por la necesidad de describir la forma arquitectónica, sino por cuantificar con precisión su geometría, dimensión y, de manera especial, las alteraciones formales que afectan al edificio. En este sentido las tecnologías láser y de fotogrametría digital usada en el registro de datos:

- Constituye una especial fuente de información a la hora de valorar las deformaciones estructurales y todas aquellas patologías formales que afectan las estructuras del edificio, dadas las precisiones y posibilidades de procesado digital de los datos capturados.
- El procesado digital de la información obtenida hace posible la construcción de modelos digitales sólidos, a partir de los que elaborar propuestas de intervención e hipótesis de funcionamiento. El trabajo realizado sobre la iglesia de la Merced en Panamá, complementa y da soporte gráfico y geométrico a los ensayos de caracterización y resistencia de

El trabajo del Laboratorio de Fotogrametría Arquitectónica sobre la iglesia de la Merced en Panamá tenía por objeto redactar la documentación gráfica del templo, colaborando con el Instituto Tecnológico de la Construcción AIDICO, dentro del programa de estudios y ensayos a realizar como fase previa a la intervención en el edificio.

La iglesia es un templo de tres naves, separadas por esbeltos pi-

materiales realizados por los expertos de AIDICO sobre el estado estructural del edificio. El texto expone el proceso metodológico desarrollado, la satisfacción de las dificultades surgidas en el proceso, así como el desarrollo de construcciones virtuales del sistema estructural del templo y de su fachada histórica, como documentos de referencia en la elaboración del proyecto de intervención arquitectónica.

PALABRAS CLAVE: PATRIMONIO EDIFICADO. TECNOLOGÍA LÁSER. DOCUMENTACIÓN GRÁFICA. PROCESADO DIGITAL. MODELO DIGITAL

The process of writing a report about the captured data and the graphic documentation is an essential part of the study and intervention in built heritage. This is not only due to the need for describing the architectural form, but also to accurately measure the geometry, size and, especially, the formal alterations which may affect the building. In this regard, the laser and digital photogrammetric technology used in the data capture process has the following benefits:

lares de madera, de más de trece metros de longitud, que sustentan una cubierta común de dos aguas formada por pares de madera, atirantados en la crujía de la nave central. Formalmente el templo consta de cabecera de planta cuadrada y cinco tramos en sus tres naves, que se cierran a los pies con un coro entre dos torres simétricas con las que se enmarca la fachada barroca del templo.

- *It is an essential source of information when it comes to assessing structural deformation and all the pathologies that affect the building structures, thanks to the accuracy and endless possibilities of digitally processing the captured data.*
- *By digitally processing the information we can build solid digital models, which allow us to elaborate intervention proposals and operating theories. The project carried out in La Merced Church, Panama, complemented and provided graphic and geometric support to the study on characterization and strength of materials performed by the experts from AIDICO (Construction Technology Institute, Valencia, Spain) about the structural condition of the building. The work also describes the methodology used on the geometric data capture, the resolution of the difficulties encountered during the process, as well as the development of virtual models of the temple's structure and historical façade, which are reference documents for planning the construction project.*

KEYWORDS: BUILT HERITAGE. LASER TECHNOLOGY. GRAPHIC DOCUMENTATION. DIGITAL PROCESSING. DIGITAL MODEL.

The work carried out by the Photogrammetry Laboratory of the University of Valladolid in collaboration with the Construction Technology Institute AIDICO on La Merced Church in Panama was aimed at compiling the graphic data of the temple. This was part of the study and trial programme, which was the previous step to undertaking the building works.

The church consists of three naves separated by slender wooden pillars more than thirteen meters high, which support a regular gable roof made of wooden rafters guyed in the centerline of the central nave. Regarding the layout, the temple is



composed of a square plan presbytery and five sections within the three naves, which end in a chancel located between two symmetric towers that frame the baroque façade of the temple. The current location of the church in the Old City is not the original one. In 1680 the temple was moved, stone by stone, from the so-called Old Panama. In the building process they used the remaining materials from the former church after the destruction of the city by the attack of the pirate Henry Morgan. Despite suffering a fire in the 20th century, the temple preserves the roof and the original structure composed of wooden beams and pillars, which granted its status as National Monument in 1956. The temple is considered to be a clear example of the baroque style in Panama.

Documentation process

Besides the data capture works, a main focus was the full survey of the building to detect the structural deformations of the wooden frame. In this regard, one of the priorities in the writing process of the documentation obtained was to define the structure of the roof and the wooden pillars which supported it. For this, the data capture with the Faro Focus 3D scanner was organized in three sections defined by the axes of the central nave and the aisles. Then, along each of the axes, the team established five control points—one extra in the presbytery and three in the chancel **1** (Figs. 1 and 2). In order to document the façade, we carried out three scans from the street and a fourth one from the balcony of a building opposite the temple's façade.

Situada en el Casco Antiguo de la ciudad, su actual ubicación es consecuencia del traslado hacia 1680 (1), piedra a piedra, desde su inicial emplazamiento en el llamado Panamá Viejo, utilizando en su construcción los materiales rescatados en la primitiva iglesia tras la destrucción de la ciudad por el ataque del pirata Henry Morgan.

Pese a haber sufrido un incendio en el siglo xx el templo conserva el techo y estructura original de vigas y pilares de madera, lo que le confiere un valor arquitectónico especial que justifica su condición de Monumento Nacional desde 1956; considerado como un claro ejemplo del estilo barroco en Panamá.

Proceso documental

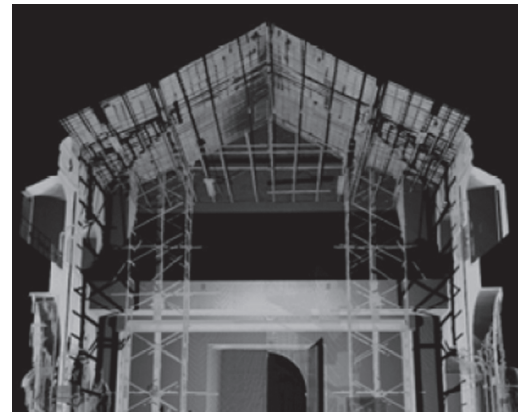
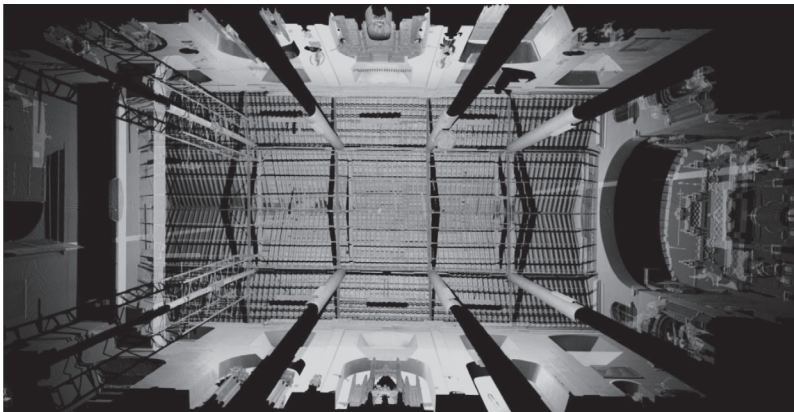
Junto a las labores de toma de datos, se pretendía la inspección general del edificio con el fin de detectar los problemas de deformaciones estructurales que presentaban sus armaduras de madera. En este sentido uno de los objetivos prioritarios de la documentación a redactar era la definición formal de la estructura de la cubierta y los pilares de madera que la sustentaban.

Para ello en la organización de captura de datos con el escáner

Faro Focus 3D, se establecieron tres alineaciones a lo largo de los sectores definidos por los ejes de la nave central y las naves laterales (2), realizando cinco estacionamientos en cada una, a los que se añadió uno más en el presbiterio y tres en el coro **1** (Figs. 1 y 2).

En la fachada se realizaron tres barridos y un cuarto en altura, desde una edificación situada frente a la fachada del templo, de manera que la elevación en altura permitiera la captura de datos sobre la cara exterior de la cubierta.

El primer escaneo de la fachada (Fig. 3) tuvo por objeto la evaluación inicial del comportamiento del escáner frente a los materiales que componían el frontispicio y la selección de parámetros adecuados para su documentación. La inspección de los datos mostró ciertos problemas debidos a la larga exposición al sol del escáner que afectaron a la calidad radiométrica **2**. Además se evidenció que la resolución alcanzada (13mm entre puntos o inferior para la fachada) resultaba insuficiente **3**. Por ello se estableció un parámetro de resolución que dobló la conseguida, a la vez que se protegió el escáner de la incidencia solar directa durante las capturas posteriores de escaneado.

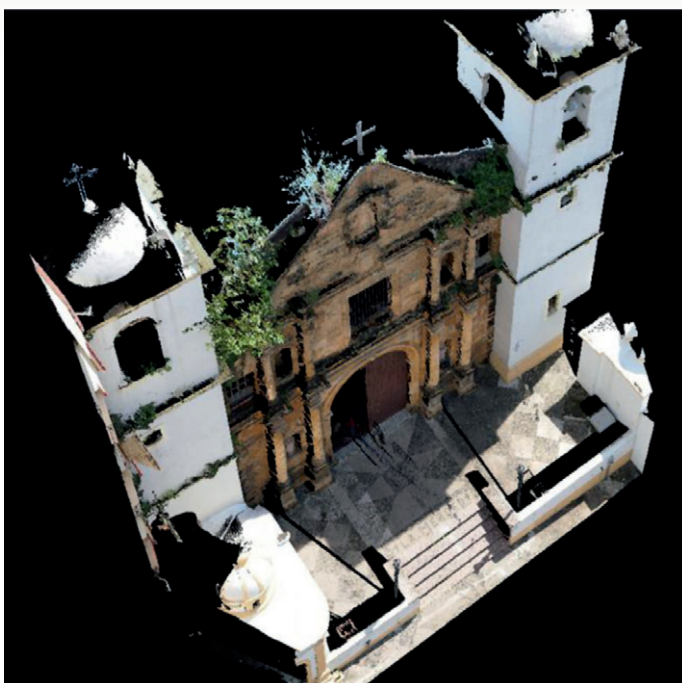




3

- 2. Vistas de los escaneos interiores con el registro de datos de la cubierta
- 3. Vista en proyección cilíndrica y perspectiva del escaneo de prueba
- 4. Nube de puntos “coloreada” y ortoimagen de la fachada

- 2. View of the interior scanings with the roof data record
- 3. Cylindrical projection view and perspective of the test scan
- 4. “Coloured” point cloud and orthophoto of the façade



4

Duplicando la resolución y protegiendo el escáner de la insolación, se realizaron cuatro escaneos de la fachada desde la posición elevada señalada (Fig. 4).

Para conseguir una calidad superior de color a la ofrecida por la cámara interna del escáner se realizó un fotomosaico (Fig. 5) de alta resolución (aprox 150 mpix) 4. La

imagen obtenida se “proyectó” más tarde sobre la nube de puntos, obteniéndose así una documentación más rica en información y de la que fue posible derivar una ortoimagen de gran calidad 5.

Por otra parte, al no disponer de una plataforma elevada, se realizó un ensayo con fotos tomadas desde el suelo para la aplicación de

The first scanning of the façade (Fig. 3) was aimed at evaluating the scanner’s performance with regard to the materials that composed the frontispiece and also at selecting the right parameters to document it. The resulting data revealed some problems due to the overexposure of the scanner to the sun, which affected radiometric quality 2. Besides, we found that the resolution of the image (13 mm or less between points for the façade) was insufficient 3. Therefore,



we concluded that the resolution parameter should at least double the one obtained and that the scanner had to be protected against sunlight during the scanning process.

Based on the preliminary results and once the scan was protected from the sun, we carried out four further scans of the façade from the balcony (Fig. 4). On this occasion we doubled the resolution to obtain a more detailed image.

In order to give the scan a higher quality of color from that provided by the scanner internal camera, we created a high resolution photomosaic (150 mpix approx.) 4 (Fig. 5).

The resulting image was then projected on the point cloud, thus obtaining a richer documentation and more information with which to create a high-quality orthophoto 5. Due to the lack of an elevated work platform, we had to perform a test with some pictures taken from the ground to apply the dense stereo matching technique. Figure 6 illustrates how a 3D model of the pediment was obtained from the photos. However, due to the oblique image orientation there were shaded areas caused by the protrusions on the façade. Although the results were of very acceptable quality, it was agreed that they were not as accurate and complete as they could be by taking several frontal photos in a mesh-shape facing the façade. We then used the above-mentioned photomosaic created with the pictures taken from the scanner point for the coloring of the point cloud.

Parallel to these works, part of the team conducted the topographic tasks 6 to align the models with the local network and also took care of the general picture taking (Figs. 7 and 8) and the sketching. The photographs 7 were not only aimed at documenting the general aspects and details of the structure, but also at generating 360° visualizations to create virtual tours of the inside and, at the same time, even "color" the point cloud model of the building 8. One of the many techniques used was sketching, which is not only a metric data capture technique, but also a process for understanding the building (3). The inspection and survey of the general and detailed aspects of the building are an analytical process of understanding the shape and the state of conservation of the constructive and structural solutions (Fig. 9). In the graphical

5. Fotomosaico de la fachada con ampliación para apreciar detalle
6. Modelo obtenido por fotogrametría del frontón de la fachada

5. Photomosaic of the façade with detailed view
6. Model resulting from the photogrammetry of the façade's pediment

dense stereo matching. La imagen de la figura 6 ilustra cómo a partir de estas fotos se obtuvo un modelo 3D del frontón donde, debido a la orientación oblicua de las tomas, aparecían grandes zonas en sombra, ocultas por los salientes de la fachada. Si bien los resultados eran muy aceptables, se estimó que no tenían la precisión y compleción que

podrían alcanzarse con múltiples tomas frontales distribuidas en forma de parrilla frente a la fachada, recurriendo para el tratamiento de color del modelo en nube de puntos al fotomosaico señalado, elaborado con las fotografías capturadas desde la posición del escáner.

En paralelo a estos trabajos se realizaron las labores topográficas



5

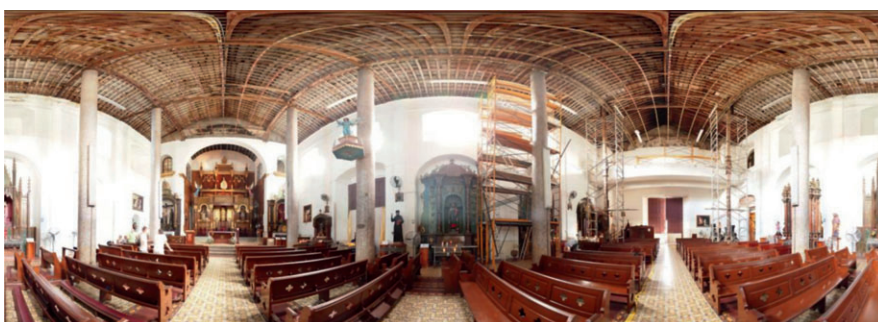


6



7

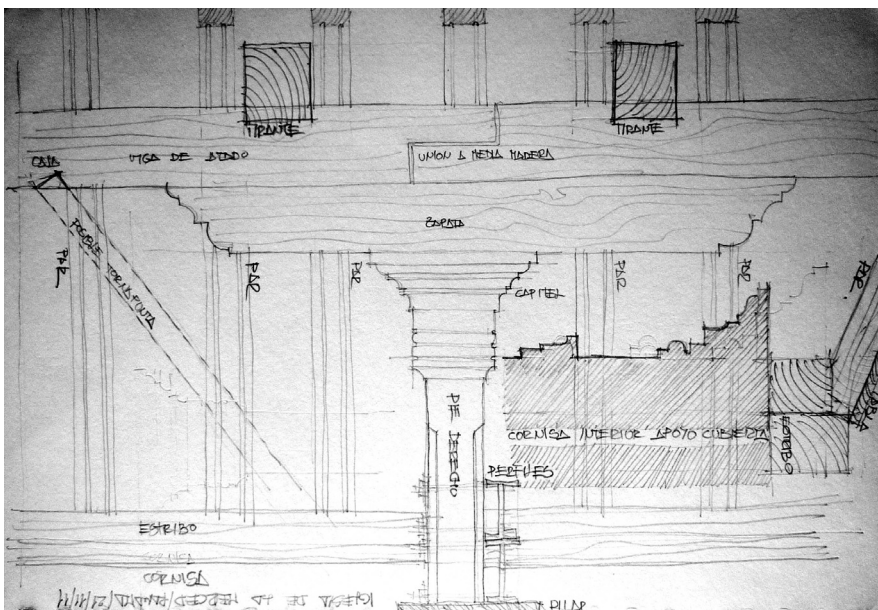
7. Vista general y detalle de la estructura de cubierta



8

8. Panorama de 360° desde el centro de la iglesia
9. Detalles de los elementos estructurales de la cubierta

7. General view and detail of the roof structure
8. 360° view from the church's central point
9. Details of the structural elements of the roof



9

6 para orientación de los modelos con la red local, a la vez de realizar la toma de fotos generales (Figs. 7 y 8), y de croquización. Las tomas fotográficas 7 no solo tenían por objeto documentar los aspectos generales y los detalles de la estructura a representar, sino también permitir

generar visualizaciones de 360° con los que poder realizar visitas virtuales al interior del templo, e incluso permitir el “teñido” del modelo en nube de puntos del edificio 8.

Dentro de las labores de toma de datos, se recurrió también a la croquización, lo que lejos de ser una

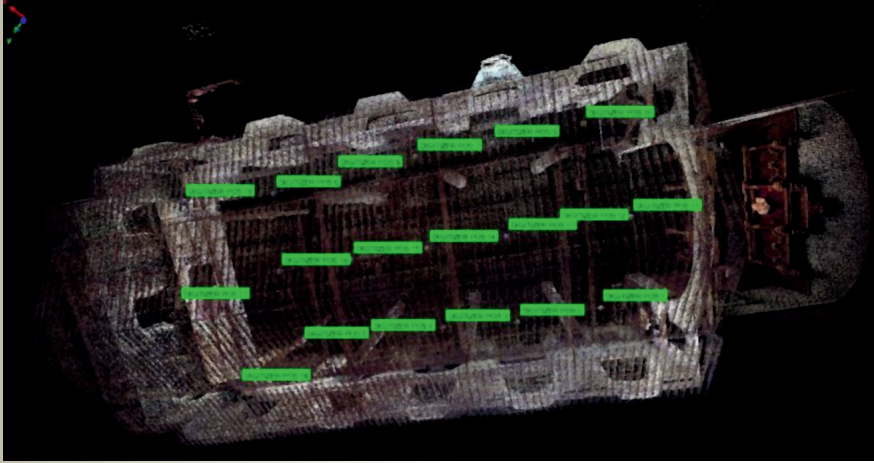
analysis process, the manual measurement enabled us to define the exact size and geometry of some small details of the structure which were inaccessible to the scanner device.

Results

The first step was to correctly georeference the building. For this, we converted all the data and models so that the coordinates would match those in the official referencing system of Panama. Then, the municipal surveyor who had been in charge of the Panama City historic center surveys helped us establish the “coupling” to the network. He provided the coordinates and location of three intervisible points in the adjacent streets to the temple. The data was then localized and presented in planar coordinates, which is the standard procedure for any project limited to an architectural object.

The physical distance to the laboratory made us proceed in a certain way, as missing or wrong data in the data processing phase would be a problem once the team was back in Spain. Therefore, every day after the data collection, the data was checked and validated on-site by dumping the data into the computer equipment and pre-processing 9 it. The resulting point cloud model (Fig. 10) was the base for creating solid models obtained through point cloud meshing. This served to visualize the structure and to consult the formal and metric data with which to generate the virtual model with CAD 10 programs (Fig. 11).

Thus, the 3D model of the roof was generated using the data from the scanner measurements, after simplifying the excess of geometric data in those cases where the fidelity to the temple was not compromised (4). Likewise, the process of aligning the scans of the façade followed the same steps to produce its elevation: creating a preliminary



10

3D model as a base for a CAD 3D model, and, at the same time, generating a 2D vector drawing (Fig. 12).

The integration of the models –pillars-roof structure and façade, produced a unique model (Fig.14), from which to elaborate resources for disseminating and understanding the architectural elements portrayed. Another use of the model was to analyze the structural condition and test intervention hypothesis in the building. With regard to the graphic processing when drawing the CAD elevations, the intent was to create a strictly descriptive model –neither idealized nor rebuilt, which represented the

mera técnica de captura de datos métricos, *constituye un proceso de entendimiento del objeto arquitectónico* (3). La observación e inspección de los aspectos generales y de detalle de la arquitectura visitada constituyen un proceso analítico de comprensión de la forma y del estado de conservación de las soluciones constructivas y estructurales (Fig. 9). En este proceso de análisis gráfico la medición solo afectaba a pormenores de la estructura de inaccesible captura para el escáner;

lo que hizo posible el conocimiento exacto de la forma y geometría de los elementos arquitectónicos integrantes de la estructura.

Resultados

El primer aspecto a tener en cuenta fue el establecimiento de una correcta geo-referencia, de manera que las coordenadas del modelo final correspondieran con el sistema de referencia oficial en Panamá. Para garantizar el “enganche” en la red, se contó con la colaboración del agrimensor municipal que había estado encargado de los levantamientos en el casco antiguo de Panamá; él nos facilitó las coordenadas y localizaciones de tres bases intervisibles en las calles próximas al templo. El trabajo fue trasladado a cifras propias de su localización y resuelto en coordenadas planas como es lógico en un trabajo limitado a un objeto arquitectónico.

Dado el problema que supondría la falta de datos completos o erróneos dada la distancia física de la arquitectura estudiada al Laboratorio, se optó por la verificación y validación de los datos in situ, de manera que, a diario, tras las labores de captura de datos, estos se revisaban para asegurar su completitud e integridad, descargando los datos en los equipos informáticos desplazados, y realizado el preprocesamiento 9 de los mismos.

Desde el modelo en nube de puntos (Fig. 10) se hizo posible la generación de modelos de superficies de malla triangular y también de modelos sólidos simplificados de los elementos estructurales, construidos con primitivas adaptadas a la malla real que servirían mejor al estudio de propiedades estructurales realizados por AIDICO 10. Así, el modelo 3D de

10. Vista de los escaneos del interior orientados
11. Vistas de los modelos 3D obtenidos por mallado y por modelado

10. Perspective view of the interior scans
11. View of the 3D models obtained through meshing and modelling

la cubierta se elaboró a partir de los datos reales obtenidos en la medición del escáner, pero aplicando la lógica simplificación de la geometría donde esta no afectaba a la fidelidad como modelo constructivo (4) (Fig. 11).

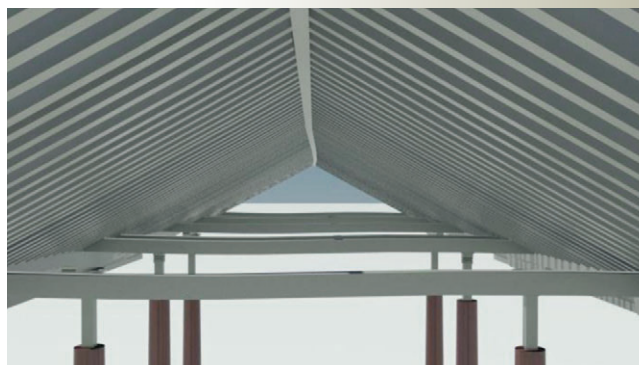
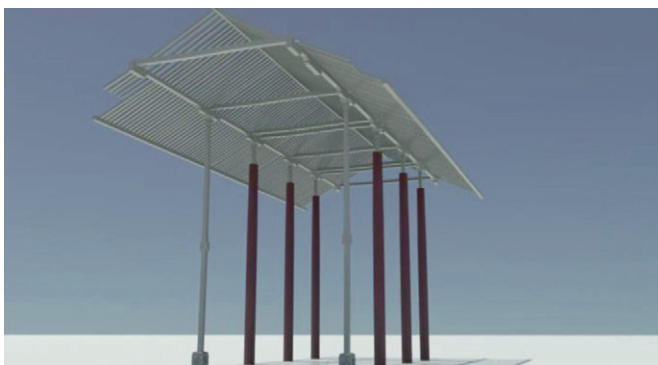
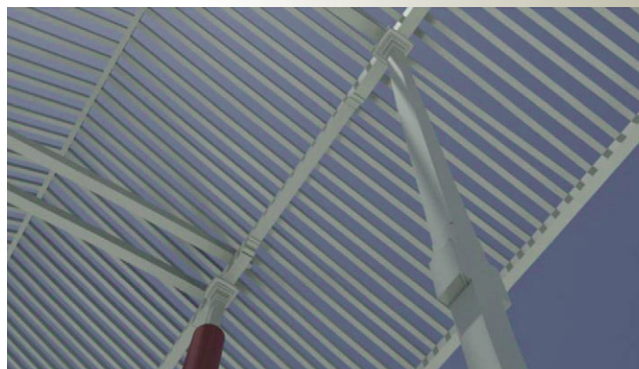
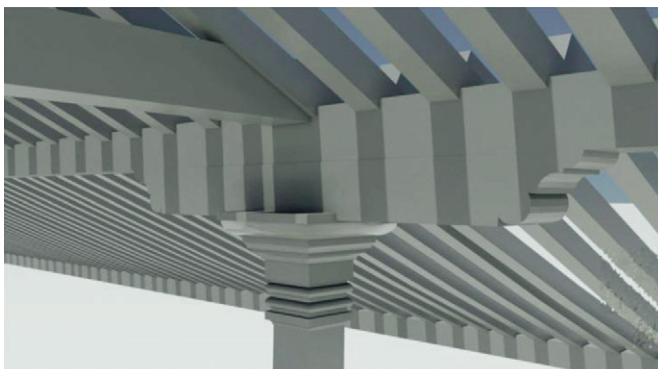
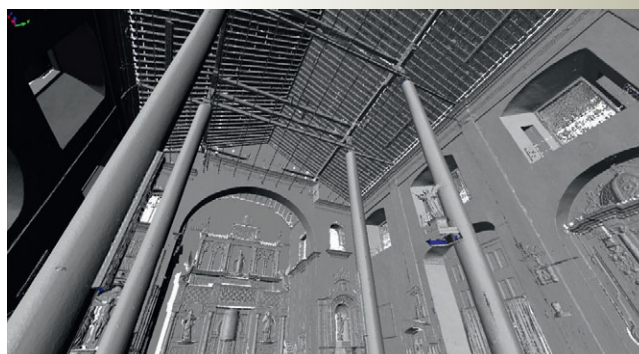
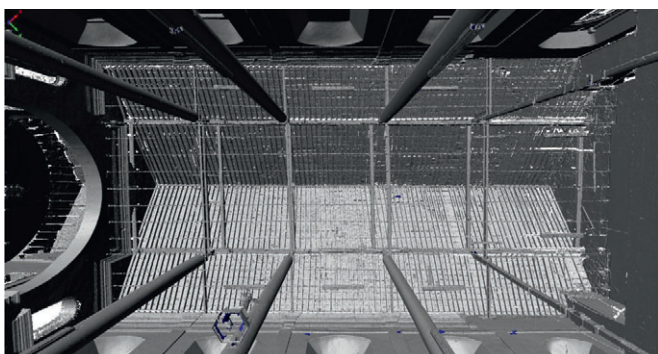
El alineamiento de los escaneos de la fachada desarrolló la generación de un primer modelo tridimensional como base para un modelado 3D en CAD (Fig. 12), a la vez que la realización de un dibujo vectorial 2D (Fig. 13).

La integración de ambos modelos, estructura de pilares-cubierta y fachada, proporcionó la visualización de un modelo único (Fig. 14.), sobre el que elaborar recursos para la divulgación y conocimiento de los elementos arquitectónicos representados, pero también la posibilidad de analizar el estado estructural y ensayar hipótesis de intervención en el edificio.

Por lo que respecta al tratamiento gráfico, en la realización

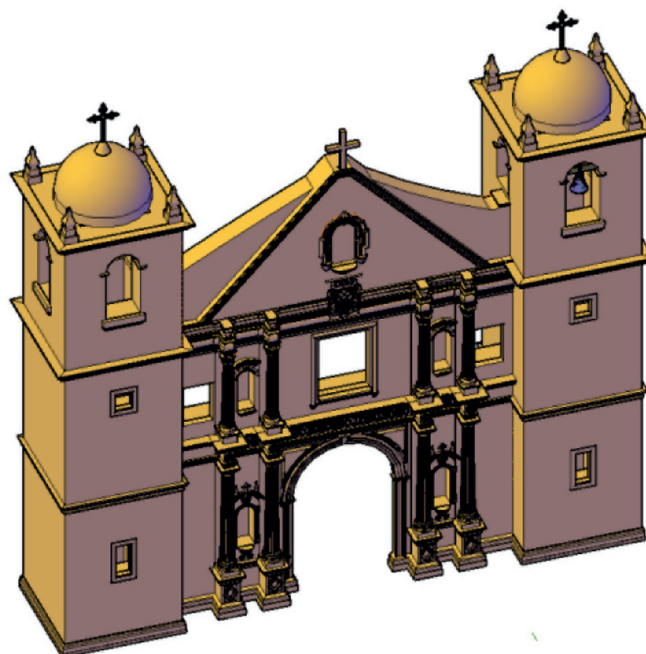
architectural shapes as they currently look, considering the degradation and deformations (Fig. 15).

The accuracy of the models enabled the morphometric study **11** of the façade (Fig. 16), which gave us the keys of the composition and identified the design rules of its geometry (5). The study was aimed at finding the key to understanding the evolution of architecture in the historical context and, especially, to diagnosing the elements that defer from the original design or were altered during the relocation of the temple from the original location in Old Panama.

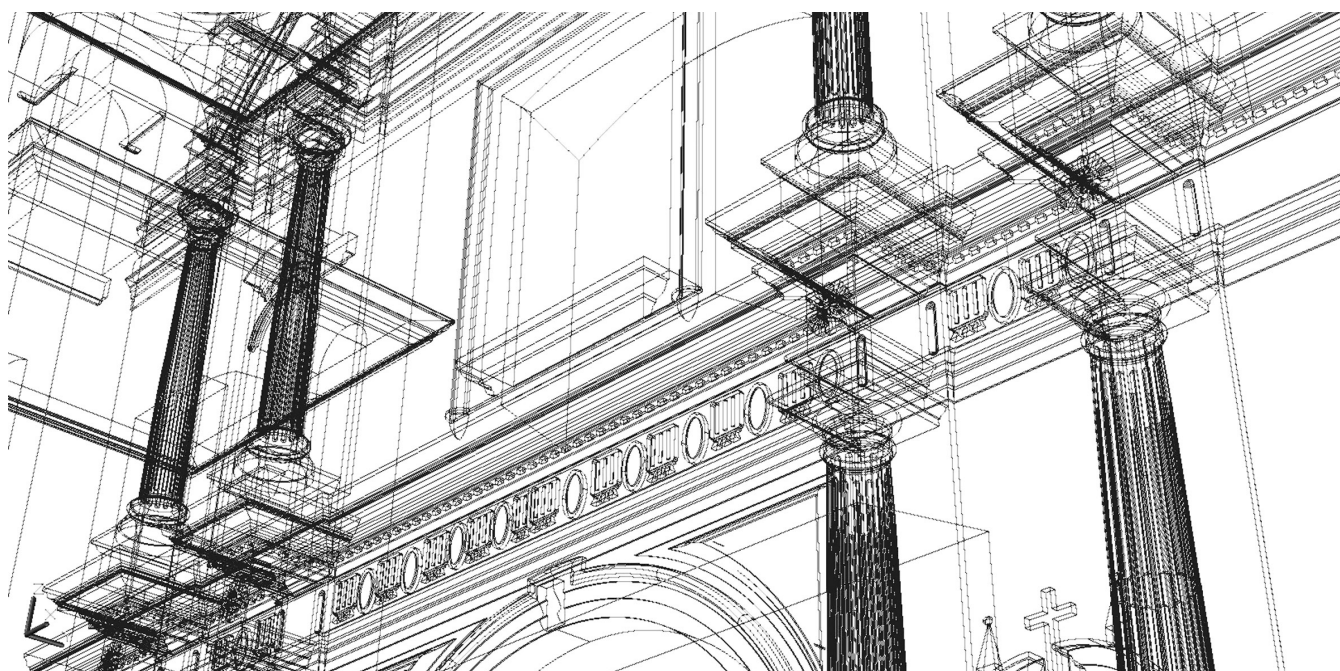




12a



12b



12c

In order to generate the orthoimage of the façade (Fig. 4), the technicians tested a new procedure which consists on integrating the radiometric values from the high-resolution photomosaic and the response intensity values of the materials to the laser of the scanner. The next step was to add a shading layer obtained from normal vectors of the 3D model triangles. In this way, our work resulted in a document that contained the metric features characteristic of a plan (accurate orthogonal projection) with the wealth of information of the photo and, thanks to

de los alzados CAD, se buscó una representación estrictamente descriptiva, sin idealización ni reconstrucción. representando las formas arquitectónicas en su estado actual considerando su degradación y deformaciones (Fig. 15).

Gracias a las precisiones obtenidas se pudo estudiar morfométricamente **11** las proporciones de la fachada (Fig. 16), lo que aportó la estructura compositiva, e identificó las reglas

de diseño de su geometría (5), facilitando las claves para comprender la evolución de la arquitectura en el contexto histórico y, especialmente, poder propiciar el diagnóstico de elementos extraños al diseño original o que pudieran haber sufrido modificaciones en el traslado de la fachada desde su primer emplazamiento en el Panamá Viejo.

En la generación de la ortoimagen de la fachada (Fig. 4) se ensayó



12. a) modelo de malla derivado de los puntos láser. b) modelo de la fachada construido mediante primitivas de CAD apoyado y ajustado al modelo láser generalizado. C) detalle del modelo de CAD 3D (visualización en modo “malla de alambre”)

13. Planimetrías de la estructura de cubierta

12. a) Mesh model obtained from the laser points; b) Façade model obtained from CAD primitives adjusted to the general laser model; c) 3D CAD model detail (“wire mesh” view)

13. Planimetries of the roof structure

un procedimiento que permitiera integrar los valores radiométricos procedentes del fotomosaico de alta resolución, junto con los valores de intensidad de respuesta del material al laser del escáner, sobre los que se superpuso una capa de sombreado virtual obtenido a partir de vectores normales de los triángulos del modelo 3D. De este modo se consiguió un documento que reúne cualidades métricas propias de un plano (proyección ortogonal rigurosa) con toda la riqueza de información contenida en la fotografía, además de conseguir con el sombreado potenciar la sensación de relieve, lo que facilitó la interpretación del estado de conservación de las fábricas.

En último término las técnicas empleadas mostraron su idoneidad en el registro y documentación de elementos sólidos tridimensionales (Fig. 17), proporcionando tanto su visualización como soporte de consulta, pero también como registro métrico con precisiones adecuadas para la comprobación dimensional de los elementos registrados.

Los trabajos realizados no sólo permitieron el conocimiento y análisis de la geometría de las piezas de madera de la estructura de la cubierta o de la propia fachada, sino que la descripción que proporcionan los modelos generados se han mostrado de especial valor para otros estudios. En definitiva, la fotogrametría mixta obtenida por escáner láser y fotogrametría digital, se mostró como un eslabón necesario de la cadena de estudios técnicos imprescindibles para la intervención en el patrimonio cultural tangible, aportando una visualización y un registro métrico de carácter gráfico, decisivo para el conocimiento y evaluación del edificio. ■

Notas

- 1 / Se realizaron 16 escaneos a lo largo de las tres naves, con un objetivo de resolución superior a 7mm entre puntos para cualquier zona de la cubierta, produciendo cada escaneo 44 millones de puntos.
- 2 / La insolación excesiva durante el barrido, pudo ser la causa de la mala exposición de las imágenes por la incidencia del sol en el espejo del aparato.
- 3 / En este escáner la resolución no se fija en términos de espaciado, sino que se determina eligiendo entre valores o pasos fijos de resolución angular. El paso usado, determinó sobre fachada un espaciado medio entre puntos de 13mm., mientras que

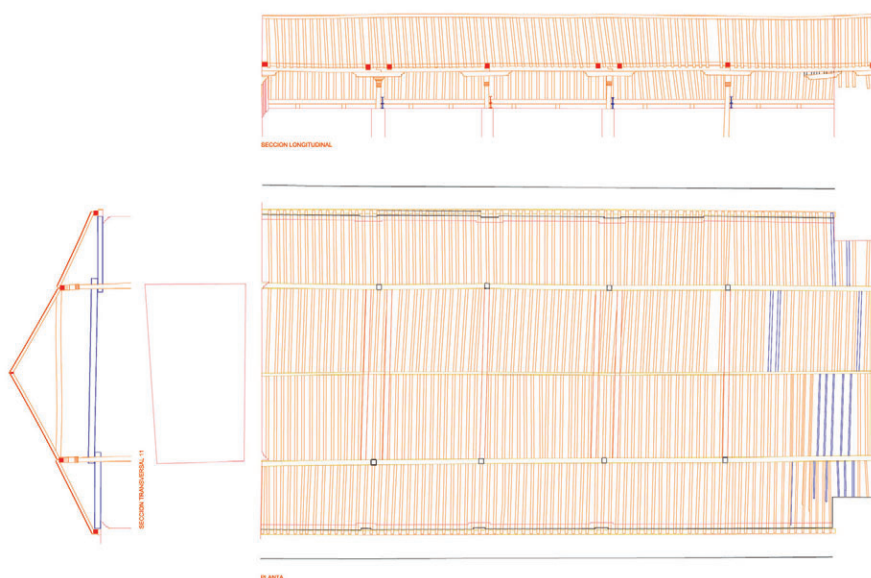
the shading, a better sense of depth. All of this made it easier to read the state of conservation of the materials.

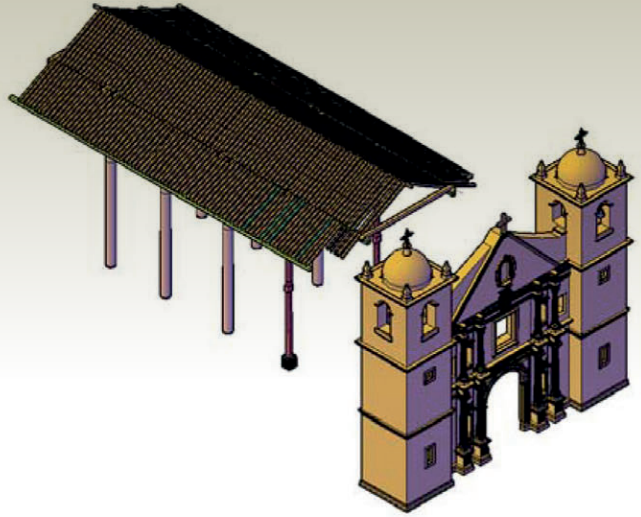
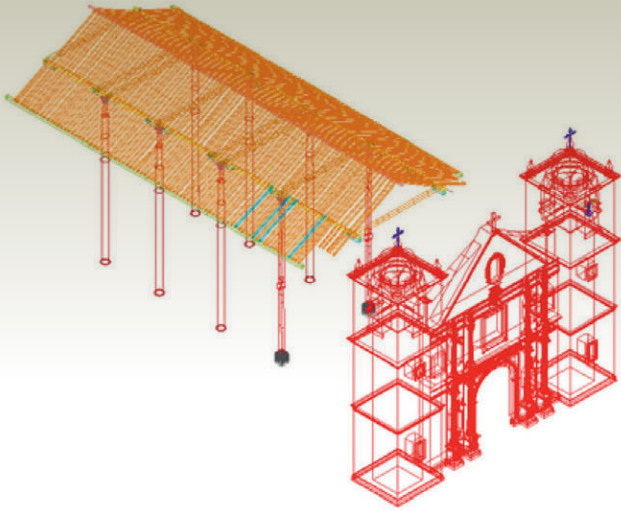
The techniques employed proved to be suitable in the capture and documentation process of three-dimensional solid elements (Fig. 17). The result was the visualization of the model as reference material, and also as accurate metric register to check the size of the studied elements.

The work done was essential to understanding and analyzing the geometry of the wooden parts of the roof and the façade. Besides, the level of detail of the resulting models has been especially valuable for further studies. In conclusion, the mixed photogrammetry obtained from laser scanner and digital photography proved to be a necessary step in the chain of technical studies essential for the intervention on cultural heritage. Moreover, the visualization and graphic metric register were crucial in understanding and evaluating the building. ■

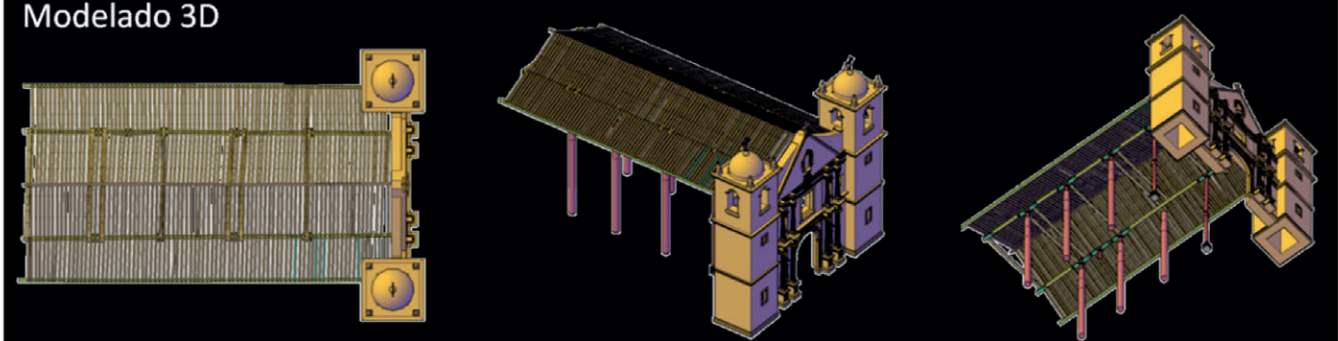
Notes

- 1 / The team performed 16 scans, each producing 44 million points, along the axis of the three naves. The resolution of the lens was higher than 7 mm between points for the surface covering the roof.
- 2 / The scanner’s mirror overexposure to sunlight during the scanning process may have been the cause of the images poor exposure quality.
- 3 / For this scanner, the resolution is not set in terms of space, but by selecting fixed angular resolution values or steps. For the scanning we used an average spacing of 13 mm between points in the façade, and indoors the same parameters resulted in a higher resolution due to the higher proximity between the scanner and the surfaces.
- 4 / A fotomosaic (as one can see from the vanishing points in figure 5) is not a metric document. The projected pixel size varies within the image, thus it makes no sense to talk about GSD or space resolution until one obtains the ortho-rectified model. In any case, considering an approximate resolution value of the image’s height of about 12,000 pixels and considering the towers are 17,80 m, we obtain a 17,82/12,000 metres pixel.
- 5 / The photomosaic was made using 29 12-megapixel images taken with a 90 mm focal length from the scanner station, so as to avoid parallax between the synthetic image and the point cloud.
- 6 / The team used a conventional reflectorless total station for direct measurement, as a scanner performs a discrete directed scanning which means that the actual probability of a laser point perfectly matching the natural points or scanning targets is very low. Being the laser spacing 13 mm in the façade and 7 mm indoors, we could not guarantee an optimal precision of the georeferenced model based on the laser data.
- 7 / Most of the photos have been taken in RAW format so as to preserve as much information as possible in case it were necessary to perform radiometric adjustments (modify exposure or color).
- 8 / 50 photos per scanning were needed in order to create a panoramic photomosaic to texture each point cloud, as the





Modelado 3D



14



15a



15b



16



- 14. Montaje en un modelo único del modelado 3D
- 15. Alzado por ortoproyección del modelo 3D con sombreado artificial y alzado principal de la fachada de la Iglesia de La Merced
- 16. Estudio morfométrico de la fachada
- 17. Detalle del modelo del escudo de la Merced existente en el templo

- 14. Assembly of a single 3D model
- 15. Elevation through orthographic projection of the 3D model with artificial shading and main elevation of the façade of La Merced Church
- 16. Morphometric study of the façade
- 17. Detailed view of the model of the La Merced coat of arms in the temple

en el interior, al estar las superficies más próximas al escáner resultó una resolución mayor.

4 / Un fotomosaico (como se aprecia por las fugas de la figura 5) no es un documento métrico, el tamaño del pixel proyectado variará a lo largo de la imagen y por lo tanto no tiene sentido hablar de GSD o resolución espacial hasta que no se ortorectifique. En todo caso, se puede aproximar un valor de resolución teniendo en cuenta que la altura de la imagen sería de unos 12.000 pixels, y teniendo en cuenta la altura de las torres de 17,80 m, el pixel sería de 17,80 /12.000 metros.

5 / El fotomosaico se obtuvo mediante 29 imágenes de 12 megapixels adquiridas con una cámara de focal equivalente de 90mm desde el mismo emplazamiento del escáner, con el fin de evitar paralaje entre la imagen de síntesis y la nube de puntos.

6 / Se utilizó para ello una estación total convencional capaz para la medición directa sin reflector, dado que un escáner realiza un barrido de direcciones con un carácter discreto, la probabilidad real de que un punto láser coincida exactamente con puntos naturales bien definidos o dianas es muy baja. Si el espaciado del láser es de 13mm en la fachada y 7 en el interior, no se podía asegurar una precisión adecuada en la georeferencia basada en los datos láser.

7 / Las fotografías se han tomado en formato crudo (RAW) con el fin de preservar la máxima cantidad de información en el caso de ser necesario realizar ajustes radiométricos (modificación de exposición o variación tonal).

8 / En la realización de fotomosaicos panorámicos para texturizar cada nube, cuando se ha de trabajar a tanta distancia del sujeto de interés (más de 12m desde el suelo), se hicieron necesarias unas 50 imágenes por cada escaneo.

9 / El alineamiento de los 25 escaneos fue realizado inicialmente con el software de FaroScene, y refinado con algoritmos ICP ("cloud to cloud") mediante el software IMAlign, arrojando el ajuste relativo de los escaneos una estimación de error probable de orden submilimétrico (no se guardó registro de las tablas de convergencia y listado de desviaciones típicas tras el ajuste resultado. Tampoco se capturaron los histogra-

mas de distribución de error cuya silueta normal gaussiana indica, a quien está acostumbrado a trabajar con escáner, que los resultados se ajustan a lo exigible).

10 / La explotación del modelo 3D en CAD dio lugar a las representaciones convencionales de planta, alzado y sección, preceptivas en la definición gráfica del proyecto de intervención.

11 / El estudio se realizó en colaboración con el profesor J.I. Sánchez Ribera de la Universidad de Valladolid.

Referencias

- (1) De MESA, A., REGOT, J., NÚÑEZ, M.A., BUILL, F., 2009; Métodos y procesos para el levantamiento de reconstrucción tridimensional gráfica de elementos del patrimonio cultural. La iglesia de Sant Server de Barcelona. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* nº14. Pp.82-89.
- (2) <http://www.visitpanama.com/sobre-panama/historia-de-panama/item/2102-iglesia-la-merced-guardiana-de-la-historia.html?lang=es>
- (3) SÁNCHEZ, J.I., SAN JOSÉ, J.I., FERNÁNDEZ, J.J.; 2014, *Ocho torres. Análisis sobre la evolución de campanarios del s. XVI en la provincia de Burgos*. Departamento de publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid.
- (4) GASPAS, G., REDONDO, E., DÁVILA, M.; 2012. Recuperación y divulgación mediante técnicas digitales del patrimonio cultural venezolano desaparecido. Reconstrucción virtual del templo de San Jacinto, Caracas. Un caso de estudio. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* nº20. Pp.214-225.
- (5) CABEZAS, L; OLIVER, J.C. 2013. Leyes universales de la belleza; ¿verosímiles o verdad?. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* nº22. Pp.88-99.

distance to the object was too great (more than 12 meters from the ground).

9 / We used the software FaroScene to align the 25 scans and ICP ("cloud to cloud") algorithms (software IMAlign) to refine them. The error estimate of the primary match of the scans was, thanks to this workflow, submillimetric (there was no register of the alignment tables or of the list of standard deviations resulting from the matching. The error distribution histograms, which regular Gaussian profile indicates (for those used to working with this scanner), that the results are within the acceptable parameters, were as well missing).

10 / Working with the 3D model in CAD produced the conventional ground plan, elevation and section, which are mandatory in the graphic definition of the intervention project.

11 / The study was carried out in collaboration with Professor J.I. Sánchez Ribera from the University of Valladolid.

References

- (1) DE MESA, A., REGOT, J., NÚÑEZ, M.A., BUILL, F., 2009; Métodos y procesos para el levantamiento de reconstrucción tridimensional gráfica de elementos del patrimonio cultural. La iglesia de Sant Server de Barcelona. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* nº14. Pp.82-89.
- (2) <http://www.visitpanama.com/sobre-panama/historia-de-panama/item/2102-iglesia-la-merced-guardiana-de-la-historia.html?lang=es>
- (3) SÁNCHEZ, J.I., SAN JOSÉ, J.I., FERNÁNDEZ, J.J.; 2014; *Ocho torres. Análisis sobre la evolución de campanarios del s. XVI en la provincia de Burgos*. Departamento de publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid.
- (4) GASPAS, G., REDONDO, E., DÁVILA, M., 2012: Recuperación y divulgación mediante técnicas digitales del patrimonio cultural venezolano desaparecido. Reconstrucción virtual del templo de San Jacinto, Caracas. Un caso de estudio. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* nº20. Pp.214-225.
- (5) CABEZAS, L.; OLIVER, J.C., 2013: *Leyes universales de la belleza; ¿verosímiles o verdad?* *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* nº22. Pp.88-99.

