



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV/EHU)



UPV EHU

Centro de investigación Micaela Portilla
C/ Justo Vélez de Elorriaga 1, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).
Tfno: +34 945 013222 / 013264
e-mail: ldgp@ehu.eus web: <http://www.ldgp.es>

ARCHIVO DEL LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO

ARCHIVE OF THE LABORATORY FOR THE GEOMETRIC
DOCUMENTATION OF HERITAGE

Sección de memorias / *Reports section*

2-4

Información general / <i>General information</i>		
ELEMENTO:	SanMillan_Yuso	:ELEMENT
TÍTULO:	Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	:TITLE
FECHA:	Diciembre 2017 / <i>December 2017</i>	:DATE
NÚMERO:	LDGP_mem_002-4	:NUMBER
IDIOMA:	español / <i>Spanish</i>	:LANGUAGE

Resumen	
TÍTULO:	Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA:	Cada uno de los tramos del claustro del monasterio tiene unas dimensiones aproximadas de 38 metros de largo, 5 metros de anchura y 8 de altura, con un total de 28 bóvedas de crucería. Los alzados que dan al patio tienen unos 27 metros de anchura y 14 metros de altura (incluyen el piso superior).
DOCUMENTACIÓN:	A partir de colecciones de fotografías convergentes, se han generado ortoimágenes de los alzados interiores del claustro que se presentan a escalas 1:50 y 1:30 y sobre los cuales se han colocado la digitalización de los grafitos realizada en el año 2016 (los cuales ocupan una superficie de unos 165 m ²). De manera complementaria se presenta un plano de las bóvedas del claustro a escala 1:50 y alzados de las fachadas exteriores que dan al patio a escala 1:100.
TÉCNICAS:	topografía, fotogrametría, GNSS,
PRODUCTOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Colección de planos de alzado de los muros interiores (ortoimages con los grafitos superpuestos) a escalas 1:30 y 1:50. • Vista ortográfica de las bóvedas, escala 1:50. • Alzados exteriores del claustro (ortoimágenes), escala 1:100.
DESCRIPTORES NATURALES:	patrimonio, iglesia, fotogrametría
DESCRIPTORES CONTROLADOS:	(Procedentes del Tesouro UNESCO [http://databases.unesco.org/thessp/]) Patrimonio Cultural, Fotogrametría, Edificio Religioso

Abstract	
TITLE:	Three dimensional modelling of the cloister of the Monastery of San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja, Spain)
GEOMETRIC DESCRIPTION:	The approximate dimensions of each of the four galleries of the cloister are 38 metres long, 5 metres width and 8 metres high, with a total of 28 rib vaults. The external elevations (to the courtyard) are 27 metres width and 14 metres high (they include the floor above the galleries).
DOCUMENTATION:	From collection of convergent photographs, orthoimages of the elevations of the inner walls were generated with scales 1:30 and 1:50. Over these elevations the drawings of the graffiti (digitized in 2016, which cover around 165 m ²) were superimposed. Complementarily, the work present elevations of the external walls of the cloister (scale 1:100) and an orthographic view of the vaults (scale 1:50).
METHODOLOGIES:	surveying, photogrammetry, GNSS
PRODUCTS:	<ul style="list-style-type: none"> • Set of elevation plans of the inner walls (orthoimages with the graffiti superimposed) at scales 1:30, 1:50 • Orthographic view of the vaults, scale 1:50. • Elevation plans (orthoimages) of the exterior wall, scale 1:100.
NATURAL KEYWORDS:	heritage, church, photogrammetry
CONTROLLED KEYWORDS:	(From the UNESCO's thesaurus [http://databases.unesco.org/thesaurus/]) Cultural Heritage, Photogrammetry, Religious Buildings

Localización / Placement		
ELEMENTO PATRIMONIAL:	Monasterio de Yuso (San Millán de la Cogolla)	:HERITAGE ELEMENT
MUNICIPIO:	San Millán de la Cogolla, La Rioja, España/Spain (Getty TGN: 7008595)	:MUNICIPALITY
COORDENADAS:	EPSG:4326 WGS84/LatLong 42.3262,-2.8650	:COORDINATES

Equipo de trabajo / Staff		
EQUIPO:	Álvaro RODRÍGUEZ MIRANDA José Manuel VALLE MELÓN	:STAFF

Derechos / Rights		
DERECHOS:	<p>La información relativa al presente proyecto es fruto de la participación de diversos agentes por lo que su situación al respecto de los derechos intelectuales y de explotación puede ser compleja. Con el fin de simplificar el esquema de reutilización, se ha llevado a cabo un análisis previo de la situación de cada documento que se encuentra disponible en el repositorio y que es accesible en el recurso web indicado por el identificador permanente. De manera resumida se puede indicar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el documento se encuentra descargable desde la web del repositorio institucional se considerará que sus posibilidades de reutilización se adaptan a una licencia <i>Creative Commons</i> (CC-By). <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • Si el documento tiene acceso restringido, deberá ponerse en contacto con el promotor del trabajo, ya que dicha organización dispone de la información que busca y de los derechos de explotación necesarios para permitir nuevos usos. <p style="text-align: center;">/</p> <p>The information that is available in this project was created in the framework of a work in which many agents were involved, therefore, the state of the intellectual and exploitation rights might be complex. In order to simplify the re-use, we have carried out a preliminary analysis regarding each document that is shown in the repository and accessible through the permanent identifier. Summing up, you can consider that:</p> <ul style="list-style-type: none"> - If the document can be accessed from the website of the repository, its re-use will follow a <i>Creative Commons</i> (CC-By) licence. <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> - If the access is restricted, you need to contact the promotor of the work, since that organization has both the information you need and the possibility to give you the rights for your expected re-use. 	:RIGHTS

OTROS:	<p>Además de la información recogida en el repositorio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), se informa que los promotores de cada trabajo disponen de una copia más amplia de los registros originales y resultados (medidas, fotografías, modelos 3D).</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p>The University repository does not show an exhaustive record of the work. Users should contact with the promotor of the project if they want to examine the original datasets and complete results (measurements, photographs, 3D models...).</p>	:OTHERS
--------	--	---------

Reutilización / Re-use		
REUTILIZACIÓN:	<p>Los siguientes términos corresponden al Real Decreto 1495/2011, de 24 de octubre por el que se desarrolla la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público, para el ámbito del sector público estatal.</p> <p>"Son de aplicación las siguientes condiciones generales para la reutilización de los documentos sometidos a ellas:</p> <p>Está prohibido desnaturalizar el sentido de la información. Debe citarse la fuente de los documentos objeto de la reutilización. Esta cita podrá realizarse de la siguiente manera: "Origen de los datos: [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate]". Debe mencionarse la fecha de la última actualización de los documentos objeto de la reutilización, siempre cuando estuviera incluida en el documento original. No se podrá indicar, insinuar o sugerir que la [órgano administrativo, organismo o entidad del sector público estatal de que se trate] titular de la información reutilizada participa, patrocina o apoya la reutilización que se lleve a cabo con ella. Deben conservarse, no alterarse ni suprimirse los metadatos sobre la fecha de actualización y las condiciones de reutilización aplicables incluidos, en su caso, en el documento puesto a disposición para su reutilización."</p> <p style="text-align: center;">/</p> <p>The following terms come from the Royal Decree 1495/2011, of 24th October 2011, whereby the Law 37/2007, of November 16, on the re-use of public sector information, is developed for the public state sector.</p> <p>"The following general terms shall apply to all re-usable document availability methods:</p> <p>The information must not be distorted. The original source of re-usable documents must be cited. The date of the latest update of re-usable documents must be indicated when it appears in the original document. It must not be mentioned or suggested that the public sector agencies, bodies or entities are involved in, sponsor or support the re-use of information being made. Metadata indicating the latest update and the applicable terms of re-use included in re-usable documents made available by public agencies or bodies must not be deleted or altered."</p>	:RE-USE

Renuncia de responsabilidad / Disclaimer		
DESCARGO:	<p>El uso de la información contenida en este documento se hará bajo la completa responsabilidad del usuario.</p> <p>La publicación se ha realizado conforme a los fines docentes y de investigación del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio del Patrimonio de la UPV/EHU y en función de los derechos que corresponden al Laboratorio como autor del contenido. El Laboratorio se compromete a retirar del acceso público tanto este documento como cualquier otro material relacionado en el caso de que los promotores consideren que menoscaban sus derechos de explotación. /</p> <p>The use of the information contained in this document will be under the exclusive responsibility of the user.</p> <p>The aim of this publication is to fulfill the academic goals and research expected from the Laboratory for the Geometric Documentation of Heritage (UPV/EHU) concerning its scientific outcomes. Nevertheless, the Laboratory is bound to the respect of promoters' commercial rights and will take away the contents which are considered against these rights.</p>	:DISCLAIMER

Estructura / Framework		
PERMANENTE:	ID http://hdl.handle.net/10810/35503	:PERMANENT ID
ESTRUCTURA:	<ul style="list-style-type: none"> • ldgp_mem002-4_SanMillan_Yuso.pdf: este documento, contiene la memoria y los planos de las bóvedas y los alzados del claustro con los grafitos / <i>this document, it contains the report and the plans of the vaults and the elevations of the walls of the cloister with the graffiti.</i> • ldgp_SMI17_fot_grafitos?.jpeg: 6 fotografías de documentación / <i>6 pictures for documentation purposes.</i> 	:FRAMEWORK

Cita completa recomendada / Recommended full citation		
CITA:	Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea) –LDGP-. <i>Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja).</i> 2017	:CITATION

Comentarios / Feedback		
NOTA:	<p>Este documento forma parte del contenido generado en el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU y ha sido publicado con fines docentes y/o de investigación, atendiendo a los objetivos del Laboratorio. Es muy importante para nosotros conocer la utilidad del material suministrado a los usuarios finales así como las posibilidades de mejora en el servicio que podemos realizar; por lo tanto, agradecemos cualquier comentario o sugerencia que nos quiera hacer llegar, para lo cual, ponemos a su disposición nuestra dirección de correo electrónico ldgp@ehu.eus /</p> <p><i>This document is part of the content generated by the Laboratory for Geometrical Documentation of Heritage (UPV/EHU). It was published for teaching purposes and research, in relation with the goals of the Laboratory. Feedback about the real utility of this information is most important for us, therefore, we appreciate any comment or suggestion for improvements (please, do refer to the following e-mail address: ldgp@ehu.eus).</i></p>	:NOTE

Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)

Vitoria-Gasteiz, diciembre de 2017



Equipo:

Álvaro Rodríguez Miranda
José Manuel Valle Melón



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido - GPAC (UPV-EHU)

C/ Justo Vélez de Elorriaga, 1 (Centro de Investigación Micaela Portilla)
01006 Vitoria-Gasteiz (Álava). Tfno: +34 945 013222 / 013264
e-mail: ldgp@ehu.eus web: <http://www.ldgp.es>



UPV EHU

Índice

1.- Introducción	3
2.- Objetivos	5
3.- Localización	6
4.- Desarrollo del trabajo	7
4.1.- Organigrama de procesos y resultados.....	7
4.2.- Trabajos de campo	8
4.2.1.- Establecimiento de la red de referencia topográfica.....	8
4.2.2.- Registro fotográfico para el modelado del claustro	10
4.2.3.- Prueba de metodologías para la detección de grafitos	15
4.3.- Trabajos de gabinete.....	21
4.3.1.- Cálculo de coordenadas en el sistema oficial	21
4.3.2.- Modelado fotogramétrico.....	24
4.3.3.- Representación de los grafitos sobre las ortoimágenes	36
4.3.4.- Pruebas de detección del estado actual de los grafitos	39
5.- Resultados	43
5.1.- Colección de fotografías	43
5.2.- Modelo CAD	45
5.3.- Planos.....	47
5.4.- Propuesta metodológica para la documentación de los grafitos no registrados	48
6.- Contenido del CD	49
Anexo 1: Certificados de calibración y especificaciones del instrumental empleado	50
Anexo 3: Coordenadas de la red de referencia topográfica	61
Anexo 4: Metadatos introducidos en las fotografías	71
Planos	73

1.- Introducción

El presente proyecto se enmarca dentro de un conjunto de trabajos dirigidos a la recuperación virtual del conjunto de grafitos arquitectónicos del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja). Esta colección de grafitos es conocida desde el año 2000 cuando, con motivo de la realización de obras de limpieza en los muros, se señaló su presencia y fueron objeto de una campaña de calco en plásticos de grandes dimensiones¹ (2 metros de altura y unos 80 metros de largo sumando los diferentes pliegos) ante la previsión de que la limpieza pudiera suponer un deterioro del conjunto.



Fig. 1.- Vista del claustro en la actualidad (ángulo sureste).

Los trabajos que se describen en la presente memoria tienen como antecedente un proyecto financiado por la convocatoria de *Planes* del Instituto de Estudios Riojanos del año 2016 en la cual se realizó la digitalización de los plásticos mediante su fotografiado, redibujado, escalado y montado en un fichero CAD.

¹ La presencia de los grafitos fue indicada por el padre archivero D. Juan Bautista Olarte. El calco fue realizado por un equipo encabezado por Dña. Begoña Arrúe –profesora titular de Historia del Arte en la Universidad de La Rioja- y las investigadoras agregadas del Instituto de Estudios Riojanos Dña. M^a Jesús Martínez Ocio y Dña. M^a Cruz Navarro Bretón.

El resultado de dicho proyecto fue un conjunto de planos a escala 1:10 que recogían la versión digitalizada de los diferentes pliegos de plástico.

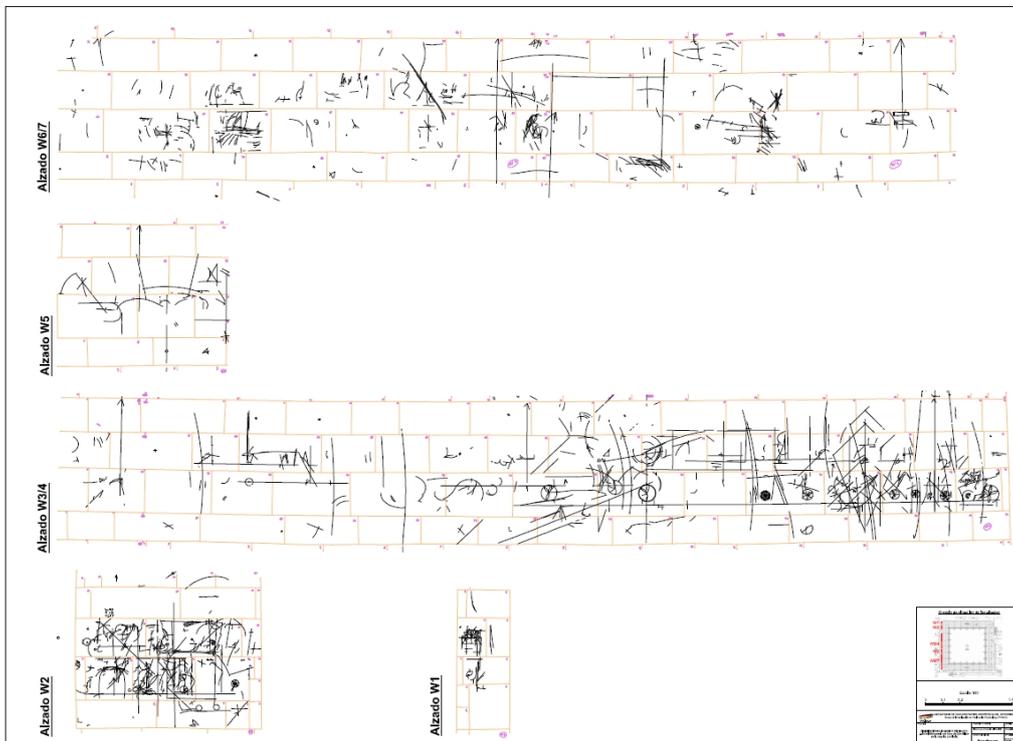


Fig. 2.- Plano generado en 2016, correspondiente a los pliegos del muro oeste.

A partir de este primer paso, la Fundación San Millán de la Cogolla² se interesó por la continuación del trabajo, lo que dio como resultado la firma de un convenio de colaboración con las universidades de La Rioja –Departamento de Historia del Arte- y País Vasco –Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio- para proseguir con los trabajos durante los dos años siguientes (2017 y 2018).

² La Fundación tiene por objeto favorecer la protección y cuidado del medio natural y de la zona declarada Patrimonio de la Humanidad en San Millán de la Cogolla y los monasterios de Suso y Yuso; investigar, documentar y difundir los orígenes de la Lengua Castellana y la utilización de las nuevas tecnologías para la difusión y actualización del castellano en el mundo, así como fomentar el desarrollo social, económico, cultural y turístico de San Millán de la Cogolla y su entorno. (extracto tomado de: <http://www.fsanmillan.es/>).

2.- Objetivos

Por lo que respecta al Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), los objetivos marcados para el año 2017 en lo referente a la documentación geométrica del claustro y los grafitos fueron los siguientes:

- a) Obtención de un modelo 3D general del claustro que permitiese generar productos multimedia y de difusión que integrasen la imagen actual del claustro con los grafitos (actualmente no visibles). De esta manera se ofrecería un complemento a las visitas y nuevas posibilidades de difusión del Monasterio.
- b) Generación de ortoimágenes correspondientes a los alzados de los muros en los que se encontraban los grafitos de forma que éstos pudieran representarse en su posición original. Este producto dará soporte a los estudios arquitectónicos que permitan identificar los trazos con diferentes elementos constructivos.
- c) Realización de pruebas con diferentes técnicas fotográficas para determinar el potencial de detectar los restos de los grafitos aún existentes. Estas pruebas servirán para definir una metodología adecuada para realizar una inspección más exhaustiva durante el próximo año.

3.- Localización

El monasterio de San Millán de la Cogolla, se encuentra situado en el municipio homónimo, a 43 kilómetros de Logroño -capital de la Comunidad Autónoma de La Rioja- en dirección suroeste.

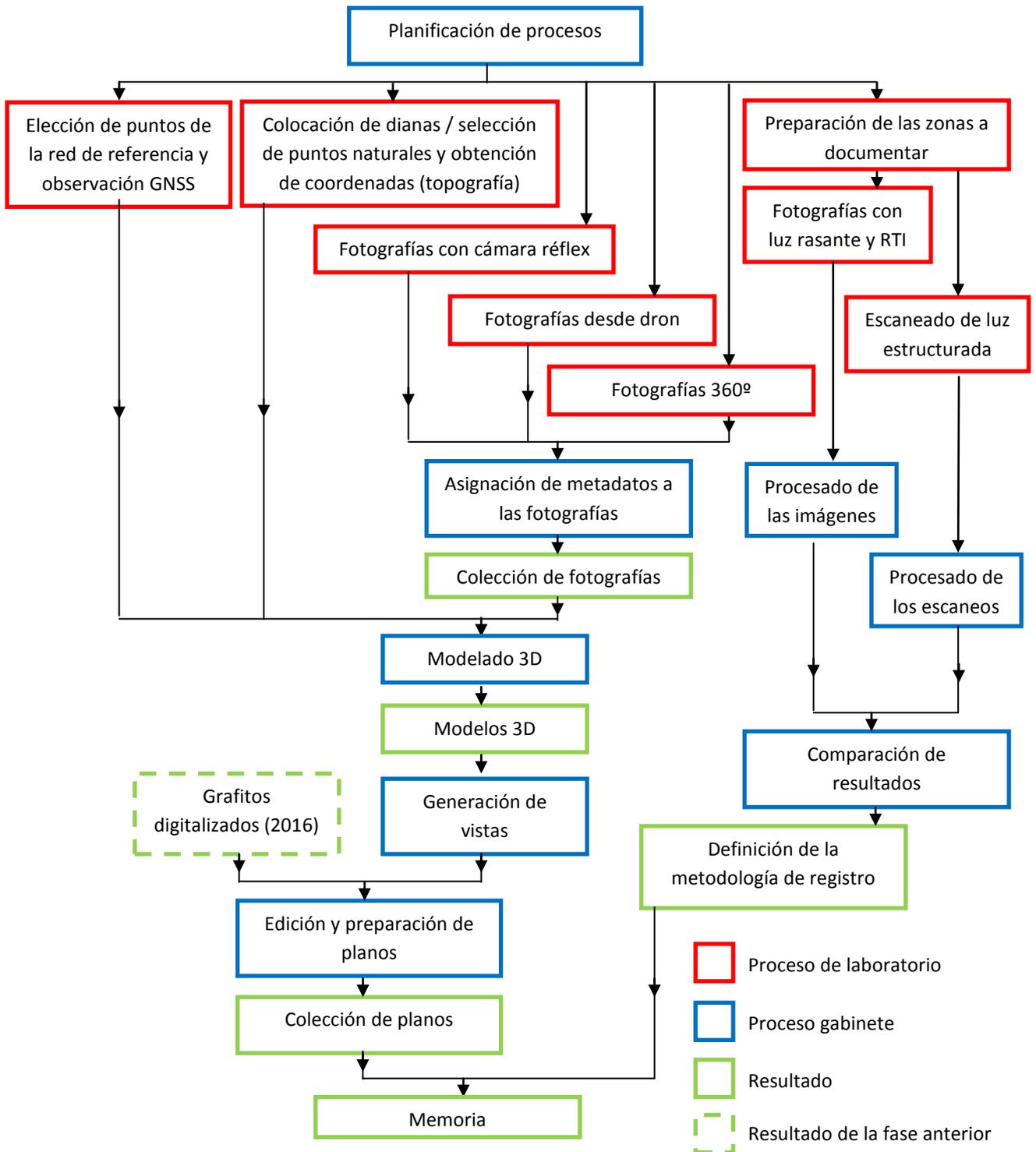


Fig. 3.- Localización de San Millán de la Cogolla (imagen de fondo tomada de *Google Earth*).

4.- Desarrollo del trabajo

4.1.- Organigrama de procesos y resultados

El siguiente esquema muestra los procesos realizados en el presente proyecto. En rojo se presentan los trabajos de laboratorio, en azul los de gabinete y en verde los resultados obtenidos.



4.2.- Trabajos de campo

4.2.1.- Establecimiento de la red de referencia topográfica

La red topográfica permite enlazar en un único sistema de coordenadas los diferentes modelos 3D obtenidos por fotogrametría, los dibujos volumétricos y cualquier otro producto derivado. Todo ello, garantizando la precisión geométrica especificada para cada resultado y su integración en la cartografía oficial mediante las redes globales de coordenadas.

Al no disponer de ninguna referencia previa, con coordenadas conocidas, dentro del claustro, se decidió dotar de coordenadas a un conjunto de puntos destacados en las fachadas exteriores y a esquinas de varias arquetas y losas del patio, para ello se empleó una estación total (cuyas características se presentan en el Anexo 1) que se situó en el centro del patio.



Fig. 4.- Medida –con estación total- de puntos destacados en las fachadas exteriores del claustro.

Estas coordenadas se obtienen con la precisión de la radiación directa que es mejor de 5 mm. En el Anexo 2 se presentan los croquis que permiten localizar los puntos, así como sus coordenadas en el sistema del proyecto.

A partir de estos puntos se puede orientar la estación en cualquier parte del claustro - tanto en la parte cubierta como en el patio interior- mediante intersección inversa manteniendo la precisión de medio centímetro en XYZ. De esta forma se consigue una gran robustez en la definición métrica del elemento a documentar.

Con el fin de poder relacionar las coordenadas del proyecto con el sistema oficial de coordenadas, se han observado tres puntos mediante técnicas GNSS³ (las características del equipo utilizado se encuentran en el Anexo 1). Debido a la escasa visibilidad del horizonte en el interior del patio, los puntos se han situado en la parte enlosada junto al pozo, en el centro del patio, formando un triángulo aproximadamente equilátero. Las observaciones de cada punto se prolongaron durante una hora.



Fig. 5.- Observación GNSS en el interior del patio del claustro.

³ GNSS (*Global Navigation Satellite System*) es un acrónimo que engloba diversos sistemas de posicionamiento por satélite que se consideran de forma simultánea con el fin de obtener la localización absoluta de los puntos, como la constelación GPS (Estados Unidos), Glonass (Rusia), Galileo (Unión Europea) o Beidou (China).

4.2.2.- Registro fotográfico para el modelado del claustro

El trabajo preveía la realización de diferentes tipos de productos métricos de diversas características. Para su realización se ha recurrido a diferentes tipos de cámaras fotográficas y metodologías de registro. En concreto, las cámaras utilizadas (ver Anexo 1 para una descripción más detallada de las características de cada una) han sido, una tipo réflex del modelo Canon EOS 5D Mark II de 20 megapíxeles con objetivo de 21 mm, una cámara Ricoh Theta S para las imágenes de 360º y la cámara DJI de 12 megapíxeles que incorpora el dron *Phantom 3 Professional*.

Los diferentes modelos tridimensionales a generar basados en imagen fotográfica son los siguientes:

- a) Modelos tridimensionales de los alzados interiores (zona donde se encontraban los grafitos) que servirían para la obtención de vistas ortográficas de los alzados. Se documentaron utilizando la cámara Canon.
- b) Modelo tridimensional del patio (alzados exteriores) que, al igual que en el caso anterior, servirían para la generación de ortoimágenes de los alzados. Se documentaron mediante fotografías desde el dron que se completaron con tomas con la Canon en las zonas no recubiertas (laterales).
- c) Modelo tridimensional de las bóvedas con el objetivo de generar una vista ortogonal en planta. Realizado con la cámara Canon.

De forma complementaria, también se han realizado las siguientes pruebas en zonas concretas del claustro:

- a) Modelo tridimensional «ligero» de una parte de la galería cubierta, realizado con cámara de 360º.
- b) Modelos de las hornacinas, realizados igualmente con la cámara de 360º.

La documentación de los alzados interiores se realizó con la cámara réflex de 20 megapíxeles. Para cada alzado, se realizaron tres pasadas, dos a nivel del suelo (aproximadamente 1,5 metros de altura) -la primera horizontal y la segunda oblicua hacia arriba con el fin de fotografiar también la mitad de las bóvedas que quedaría proyectada en cada alzado-, la tercera serie se obtuvo con un jalón elevado de forma que la cámara se situase por encima de la imposta⁴.



Fig.6.- Toma de fotografías con la cámara situada sobre un jalón telescópico con el objeto de salvar las zonas ocultas por la imposta.

Con el fin de poder escalar y relacionar los modelos 3D individuales, se situaron ocho puntos de control por alzado, los cuales se materializaron mediante dianas plastificadas de 4x4 cm fijadas sobre la pared con masilla adhesiva que, posteriormente fueron retiradas sin dejar rastro ni causar deterioro en las superficies. Las coordenadas de estas dianas se obtuvieron con la estación total, previamente estacionada mediante intersección inversa utilizando los puntos de la red de referencia topográfica.

⁴ De forma adicional también se tomaron imágenes con el jalón elevadas a unos 5'5 metros de altura y frontales para obtener una buena representación del conjunto decorativo de la puerta del tramo norte que comunica con la iglesia.

Por otro lado, también se realizaron fotografías adicionales sin dianas para utilizarlas en la fase de aplicación de texturas.

Por lo que respecta a la documentación de los alzados exteriores del claustro se realizó un día nublado que ofrecía una iluminación homogénea de todas las fachadas. Se empleó un dron (*DJI Phantom 3 Professional* – véanse sus características en el Anexo 1) equipado con una cámara de 12 megapíxeles. El uso de este dispositivo ofrece una gran versatilidad en lo referente a los puntos de vista con el fin de mejorar la geometría de las imágenes que formarán el modelo 3D de las diferentes zonas (aumento de la precisión geométrica) y reducir las zonas ocultas por cornisas, resaltes, etc. Asimismo, el dron permite obtener imágenes del patio (zona ajardinada y pozo) y de los tejados, ofreciendo así una visión más completa del elemento arquitectónico en su conjunto.



Fig. 7.- Proceso de manejo del dron durante la toma fotográfica (izquierda) y detalle del panel de control (derecha).

En todo caso, es preciso mencionar que incluso el dron tiene limitaciones para capturar algunas zonas del claustro: por condiciones de seguridad no puede aproximarse demasiado a las paredes⁵, por lo que los laterales de los contrafuertes (especialmente los situados en los extremos de cada frente) no pueden ser fotografiados. Con el fin de poder completar el modelo se han tomado fotografías adicionales con la cámara Canon EOS tanto desde el suelo como desde las ventanas del piso superior.

⁵ En este caso se combinan dos efectos negativos: por un lado, la proximidad a obstáculos genera turbulencias que desestabilizan el aparato, en segundo lugar, en la proximidad de los muros se pierde gran parte de la cobertura GNSS y, con ello, parte de los sistemas de pilotaje automático.

En cuanto al modelo de las bóvedas que, posteriormente, se emplearía para la generación de una ortoimagen de las mismas vistas desde abajo, se capturaron 1.072 imágenes nadirales con la cámara Canon EOS. La secuencia de toma se realizó capturando imágenes cada dos metros según se recorría cada lado del claustro sucesivamente por los extremos y la parte central tanto longitudinalmente como en zigzag.



Fig. 8.- Captura de fotografías nadirales para el modelado de las bóvedas.

Por otro lado, la documentación con cámara de 360º con el fin de generar un modelo general del interior del claustro se realizó situando la cámara en un esquema en planta de nueve posiciones debajo de cada bóveda (3 x 3) y a tres alturas diferentes (aproximadamente a 1'70, 3 y 4'5 metros sobre el suelo).



Fig. 9.- Montaje de la cámara panorámica sobre trípode para la captura de imágenes.

La siguiente imagen muestra un ejemplo del tipo de fotografías que se obtienen con esta cámara.

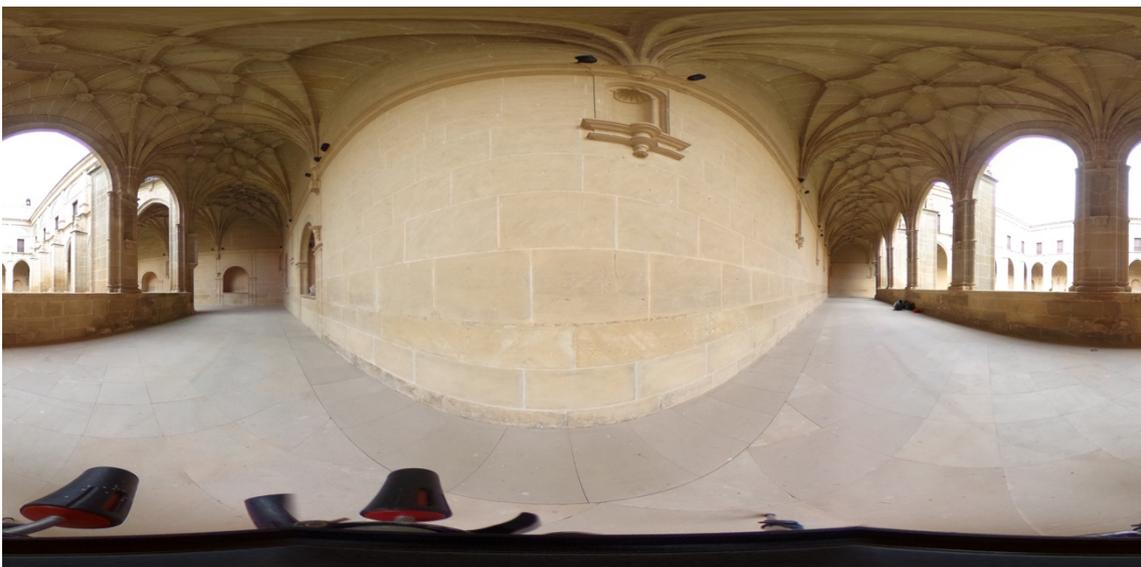


Fig. 10.- Ejemplo de fotografía de 360° obtenida con la cámara Ricoh Theta S.

Este equipo también se utilizó para la documentación del interior de las hornacinas.

4.2.3.- Prueba de metodologías para la detección de grafitos

En otro orden de cosas, las pruebas para determinar el potencial de detección de grafitos en la actualidad conllevaron la realización de varios tipos de registros fotográficos en diferentes zonas de control, en concreto:

- a) Fotografías cercanas obtenidas con la cámara réflex para su modelado tridimensional mediante los algoritmos de fotogrametría convergente.
- b) Series de fotografías desde un punto fijo con cambio de iluminación para la búsqueda de restos de grafitos (con la cámara réflex Canon EOS).
- c) Modelado 3D de una zona de control (de aproximadamente 1x1 metro) con el fin de generar un relieve de resolución submilimétrica y comprobar si se pueden apreciar los restos de los grafitos. El instrumento utilizado fue un escáner de luz estructurada, marca *Scan In A Box*.

Por un lado, se realizó un registro mediante fotografías cercanas (aproximadamente a 50 cm de la superficie) de un área de 0'5 x 1'2 metros. Se realizaron pasadas en vertical mediante el vástago del trípode tomando 4 tomas dentro del rango y manteniendo un solape suficiente para que toda la zona apareciese al menos en tres imágenes consecutivas. Una vez realizadas las fotografías en vertical, se desplazaba el trípode de izquierda a derecha con el fin de ir recubriendo el resto del área de interés. Asimismo, las pasadas consecutivas disponían de recubrimiento suficiente para que toda la zona apareciese al menos por duplicado.

Esta primera serie se combinó con un desplazamiento del trípode de izquierda a derecha. Se realizaron dos recubrimientos con diferente orientación de la cámara (vertical y horizontal). Como puede apreciarse en la siguiente imagen, se situaron dianas formando un cuadro de aproximadamente 1'2 x 1'2 metros cuyas coordenadas se obtuvieron con estación total. Además de las tomas cercanas también se tomó un conjunto convergente (7 imágenes) en las que aparecía toda la zona de forma que se utilizarían para la orientación general del bloque.

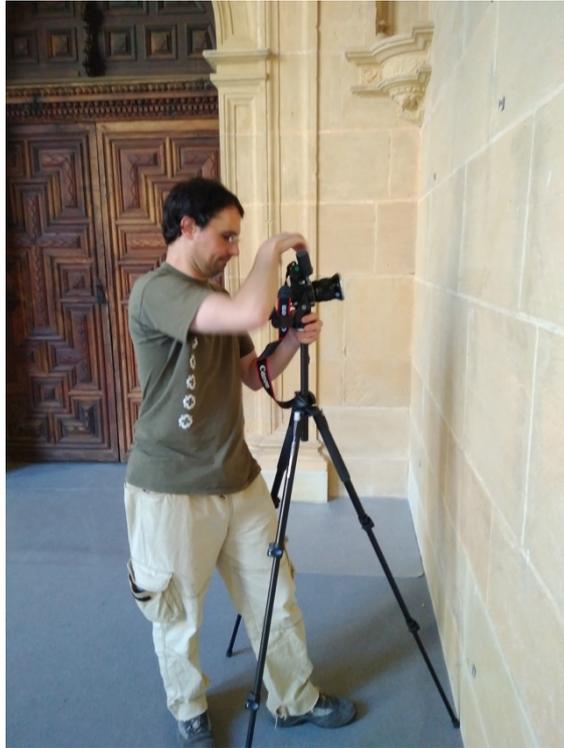


Fig. 11.- Toma de fotografías métricas cercanas. Forma parte de las pruebas para evaluar las metodologías más apropiadas para la detección del estado actual de los grafitos.

Por otro lado, se han probado dos variantes distintas de las fotografías de punto fijo con iluminación variable: la técnica denominada *Reflectance Transformation Imaging* (RTI) y toma de larga exposición utilizando luz rasante en movimiento.

RTI es un método fotográfico computacional que captura la forma y el color de la superficie de un objeto y que genera una imagen en la que es posible aplicar una iluminación cuya dirección se modifica de forma interactiva por el usuario. RTI también permite la mejora matemática de la forma de la superficie del sujeto y los atributos de color. Las funciones de mejora de RTI revelan información de superficie que no es fácilmente apreciables bajo el examen directo del objeto físico. El software actual de RTI y las metodologías relacionadas fueron construidos por un equipo de desarrolladores internacionales y es accesible de forma gratuita⁶.

El proceso consiste en el apilado de las imágenes tomadas desde un único punto de vista y en las que se ha cambiado el punto de iluminación. En las imágenes debe aparecer también un elemento esférico reflectante que permita al sistema determinar la dirección de la fuente de luz en cada una de las tomas. Con todo ello el programa

⁶ Toda la información, así como el software necesario tanto para la generación de las imágenes RTI, como su visualización se puede obtener en <http://culturalheritageimaging.org/Technologies/RTI/>

RTIBuilder genera una imagen con extensión RTI, que puede ser explorada de manera interactiva con el programa *RTIViewer*.

Respecto al montaje en campo de la prueba de RTI, se colocaron tres esferas diferentes de colores rojo, verde y blanco con el fin de determinar cuál de ellas ofrecía mejor resultado. Estas esferas –al igual que los puntos de apoyo- se fijaron a la pared mediante masilla adhesiva removible (tipo *blu-tack*®).



Fig. 12.- Configuración de las pruebas de fotografía para imágenes RTI.

Para las tomas se utiliza una pareja de flashes sincronizados.



Fig. 13.- Pareja de flashes sincronizados utilizados en la captura de imágenes para RTI.

Los disparos se realizan en remoto (de forma que se evitan los movimientos de la cámara al presionar el disparador). Se describe una semiesfera alrededor de la zona de interés empezando por luz completamente rasante desde diferentes direcciones y aumentando el ángulo de incidencia. Se obtuvieron dos series de fotografías, una a 50 cm de distancia con 60 tomas y otra a 1 metro de distancia, con 84 tomas.



Fig. 14.- Toma de imágenes para la RTI.

A modo de ejemplo, a continuación, se muestran un par de las imágenes generadas.



Fig. 15.- Ejemplos de imágenes individuales capturadas para la formación de una imagen RTI.

Por lo que respecta a la técnica de luz rasante en movimiento. Esta técnica consiste en la realización de tomas fotográficas con tiempos de exposición largos (entre 1 y 3 segundos), mientras se mueve un punto de luz rodeando el objeto de interés. Es conveniente la situación de penumbra, e incluso oscuridad, motivo por el que se utilizó el armazón cubierto con una tela negra, al que se hará referencia al hablar del escaneado con luz estructurada.

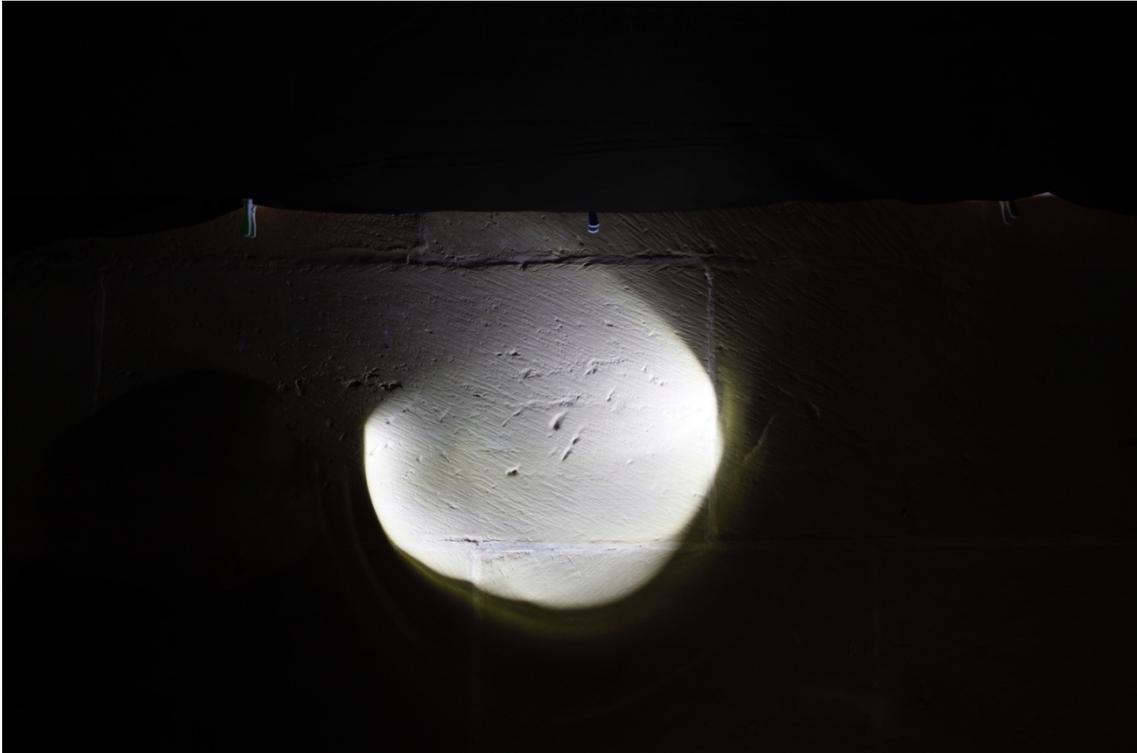


Fig. 16.- Ejemplo de imagen resultado del movimiento de una luz rasante durante una exposición larga.

Se han realizado un conjunto de imágenes con diferentes tiempos de exposición y velocidades de obturación que servirán para determinar la posibilidad de extraer resultados de este sistema.

La última técnica que se ha utilizado para analizar la capacidad de detección de grafitos es el modelado 3D de las superficies mediante el uso de un escáner de luz estructurada.

Estos equipos, como el *Scan in a box* utilizado, se basan en la proyección de tramas sucesivas de luz que son registradas, de manera simultánea, por dos cámaras, a partir de cuyas imágenes se procesa la posición de los puntos retratados. La precisión que se obtiene está en el rango de unas pocas centésimas de milímetro, a la distancia de unos 90 cm a la que fue calibrado.



Fig. 17.- Calibración en campo del dispositivo de escaneado.

Una particularidad que presenta este sistema es que necesita unas condiciones de iluminación determinadas para que el haz de luz proyectada no se vea afectado por la luz natural o precedente de elementos luminosos artificiales, por este motivo fue necesario montar una estructura que dejara en condiciones de semioscuridad la zona a registrar con este dispositivo y que, además, pudiera desplazarse de forma ágil para ir recubriendo las diferentes zonas de interés. Otra opción hubiera sido trabajar de noche.



Fig. 18.- Vista del exterior del montaje para reducir la iluminación en el área de trabajo.



Fig. 19.- Ambiente en el interior del área de trabajo.

4.3.- Trabajos de gabinete

4.3.1.- Cálculo de coordenadas en el sistema oficial

Se comienza con el volcado de los datos GNSS del receptor. Asimismo, se descargan los ficheros RINEX⁷ del servicio de GNSS permanente del gobierno de La Rioja (<https://www.iderioja.larioja.org>). Los equipos más cercanos de esta red de referencia se encuentran situados en Casalarreina y Ventrosa (en el Anexo 2 de la presente memoria se incluyen las fichas descriptivas de ambas estaciones). De ambos, el receptor Casalarreina sólo ofrece señal GPS por lo que puede resultar más problemático dada la escasa ventana de cielo observable en el claustro, lo que reduce en gran medida el número de satélites visibles en cada momento⁸.

⁷ RINEX (*Receiver INdependent EXchange*) es un formato de intercambio de registros de observación a satélites de posicionamiento. La versión más reciente (julio de 2015) corresponde a la 3.03, cuyas especificaciones pueden consultarse en el siguiente enlace: <ftp://igs.org/pub/data/format/rinex303.pdf>

⁸ De hecho, además de los tres puntos situados en el pavimento central del patio, se observó también un punto en una de las esquinas que no pudo ser calculado por falta de cobertura.



Fig. 20.- Web del Gobierno de La Rioja para la descarga de datos GNSS de su red.

Para el cálculo se ha utilizado el programa *Topcon Tools*®. En él, se cargan las observaciones, se define el sistema de referencia y la proyección cartográfica que se utilizarán (UTM huso 30, ETRS89), se revisan las reseñas para ajustar las coordenadas de los puntos de control al mismo tiempo que se marcan como fijos para los cálculos posteriores.

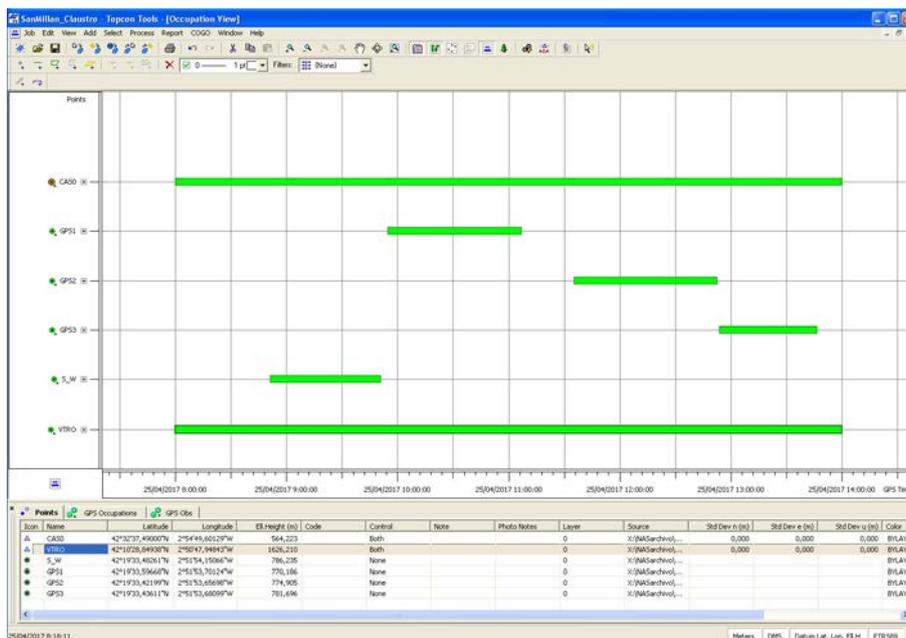


Fig. 21.- Ventanas de observación GNSS.

Tras lo cual, se procesa la observación. La precisión de las líneas bases era de entre 1-2 cm en todos los casos en planimetría y unos 4 cm en altimetría. Se continúa con el proceso de ajuste y obtención de coordenadas para los puntos del claustro. El listado de coordenadas y precisiones para los puntos es el siguiente:

Name	Grid Easting (m)	Grid Northing (m)	Elevation (m)	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev u (m)	Std Dev Hz (m)
CAS0	507079,577	4710154,329	564,223	0	0	0	0
VTRO	512665,097	4669182,463	1626,21	0	0	0	0
GPS1	511127,933	4685970,965	779,816	0,011	0,009	0,022	0,015
GPS2	511131,21	4685970,566	779,868	0,008	0,006	0,011	0,01
GPS3	511130,057	4685973,931	779,787	0,012	0,007	0,022	0,014

Estas posiciones refieren la altura al elipsoide, para indicarla respecto al nivel medio del mar se utiliza la aplicación PAG del Instituto Geográfico Nacional, la cual permite conocer el desfase local entre ambos tipos de altitudes que, para la zona de estudio es de 53'012 m.

El cálculo de las coordenadas que vamos a utilizar en el proyecto, parte de igualar los centros de gravedad de las coordenadas UTM de los puntos GPS1, GPS2 y GPS3 con los valores locales que se tomaron el primer día con la estación total. También se han promediado los giros respecto a este centro de gravedad. No se ha considerado la escala de forma que las medidas sigan teniendo su magnitud real en el terreno.

Por otro lado, con el fin de hacer más manejables los valores de las coordenadas que se van a emplear en el proyecto, a las coordenadas X se les resta el valor 510.000 y a las Y 4.680.000 de forma que ambas quedan recortadas hasta la unidad de millar. Esta decisión también reduce el tamaño de los ficheros que se generarán posteriormente (en especial las nubes de puntos y modelos 3D mallados), evitando errores por rebosamiento y agilizando los cálculos.

Esta misma transformación de coordenadas se aplica a los puntos de apoyo situados en elementos destacados del claustro (que fueron medidos con estación total). En el Anexo 3 se presentan los croquis de situación de estos puntos, así como las listas con sus respectivas coordenadas.

Como dato adicional, comentar que el claustro está girado unos 23 grados con respecto al norte (hacia el oeste). En todo caso, para la codificación y croquizado se siguen empleando los términos norte (el que comunica con la iglesia), sur (hacia el refectorio), este (a la escalera que sube a la biblioteca) y oeste (acceso de las visitas) para referirse a cada uno de sus tramos.

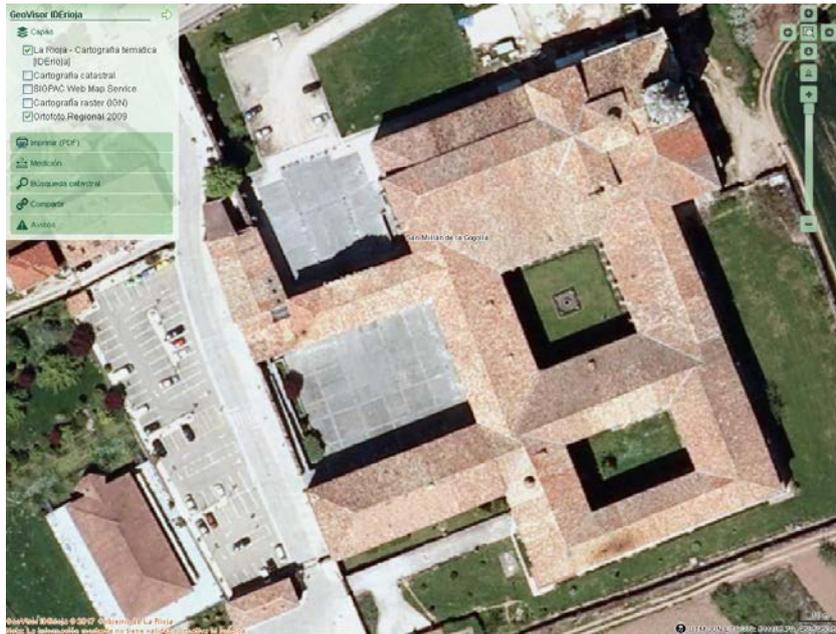


Fig. 22.- Vista en planta del edificio del monasterio en la que se aprecia el giro respecto al norte (fuente: IDErioja).

4.3.2.- Modelado fotogramétrico

El procesado se ha realizado con el software *Agisoft Photoscan*®. No obstante, las características de las tomas y la geometría de los elementos han hecho que existieran diferencias a la hora de procesar los conjuntos relativos a los alzados interiores, los alzados exteriores (patio), las bóvedas y la colección de imágenes panorámicas. Pasamos a continuación a describir cada tipo.

Alzados interiores

Como se ha comentado, las fotografías utilizadas fueron obtenidas con la cámara réflex y el objetivo de 21 mm. Cada alzado se ha orientado por separado ya que se dispone de apoyo suficiente para trabajar con cada uno de forma individual y que el producto principal que se pretende obtener de cada uno es una ortoimagen (en la que se trata cada alzado de forma independiente). En todo caso, como el apoyo está en un mismo sistema de coordenadas, los resultados pueden combinarse en caso de ser necesario (por ejemplo, para la obtención de un modelo 3D general del claustro).

En primer lugar, se procede a realizar la orientación de las imágenes y el cálculo de la nube de puntos dispersa. Este proceso se realiza de forma automática por el programa tras un proceso previo en el que detecta puntos destacados en todas las imágenes y procede a emparejarlos.

La siguiente imagen muestra el resultado. En ella se aprecian bien las tres pasadas, dos desde abajo (frontal y oblicua hacia arriba para obtener la parte de la cúpula) y la que se sacó elevada con el jalón para salvar la cornisa (la imagen corresponde al alzado este).

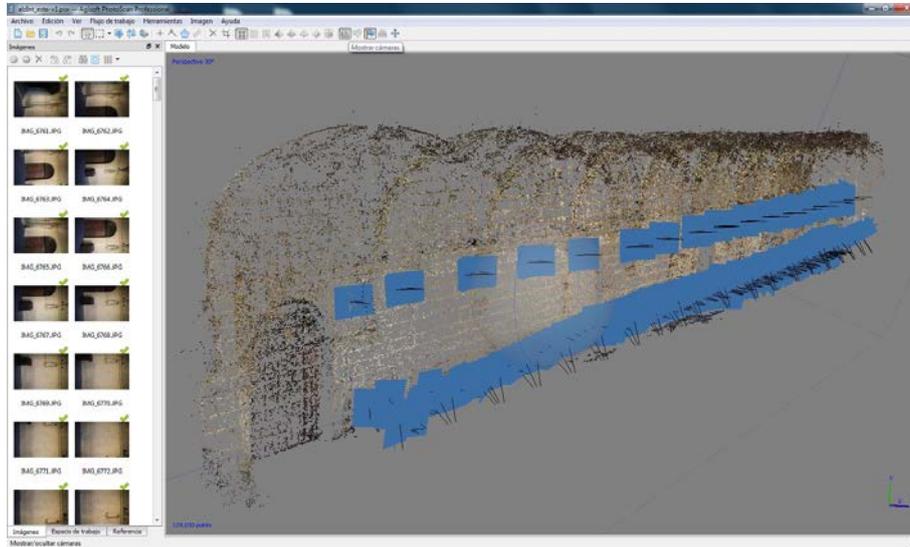


Fig. 23.- Orientación de las fotografías y nube de puntos dispersa, correspondientes al alzado este del interior del claustro.

A continuación se procede a densificar la nube de puntos. En esta fase, el programa localiza puntos comunes en varias fotografías y obtiene sus coordenadas mediante intersección de rayos. La resolución de la nube puede definirse, en nuestro caso cada alzado contaba con unos 7 millones de puntos lo que -considerando las dimensiones de unos 38 metros de largo, 7'5 de alto hasta las claves y la parte de las bóvedas que aparece representada- representa una separación entre puntos de unos 7 mm.

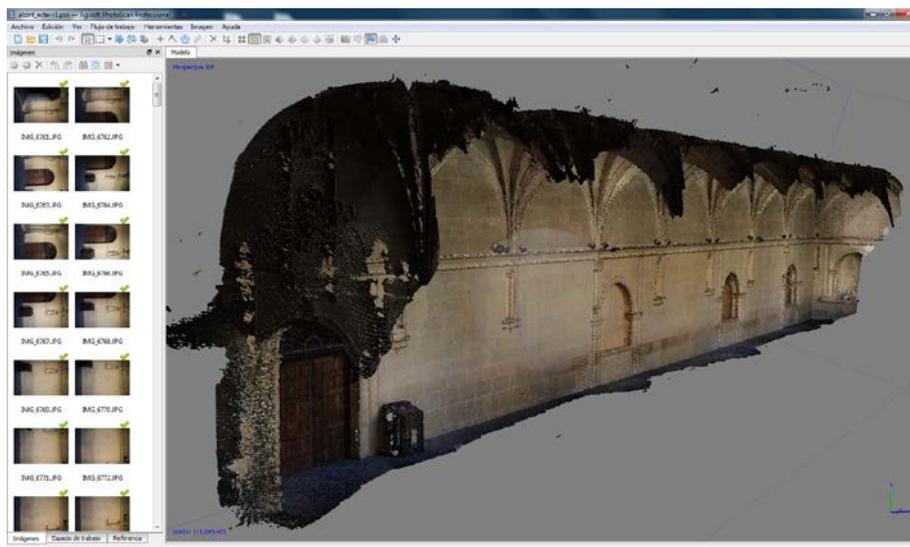


Fig. 24.- Nube de puntos densa correspondiente al alzado este (antes de su edición).

La nube densa debe editarse, eliminando los puntos en las zonas no deseadas. A continuación se procede a orientar el modelo. Como se ha indicado, antes del registro fotográfico, en cada alzado se situaron 8 dianas de 4x4 cm a las que se les dieron coordenadas con estación total. En esta fase, se cargan las coordenadas de los puntos y, éstos, se identifican en las fotografías. Tras este paso, el modelo se presenta escalado y en las coordenadas del proyecto.

A partir de la nube de puntos se genera un modelo de superficies mediante mallado y, posteriormente, se asignan texturas a partir de las fotografías. De los alzados interiores se tomaron fotografías con y sin dianas, de forma que las primeras se eliminaron a partir de la fase de asignar texturas. Las dianas (que son 8 por alzado) se marcan en un mínimo de tres fotografías, obteniendo un error en las intersecciones del orden de los 5 mm. Como paso final, se generan las correspondientes ortoimágenes de cada alzado.

Debido al volumen de datos y con el fin de permitir un manejo más ágil de los modelos generados, cada alzado interior del claustro se ha dividido en dos partes con un solape en la parte central de unos 3 ó 4 metros. Es decir, que cada modelo corresponde a la pared interior bajo cuatro cúpulas, por otro lado, en la imagen siguiente se muestra que de estas cúpulas se incluye hasta la línea central que une las claves.



Fig. 25.- Mitad sur del alzado este del interior del claustro (modelo mallado con texturas fotográficas).

Alzados exteriores

Se incluyen las fotografías tomadas con el dron de los cuatro alzados de forma conjunta en un único bloque (465 imágenes) que, además, incluyen algunas tomas cenitales de la zona ajardinada central.

Como en los alzados interiores, el primer paso es la orientación y nube de puntos dispersa. El resultado es correcto ya que consigue orientar la totalidad de las imágenes.

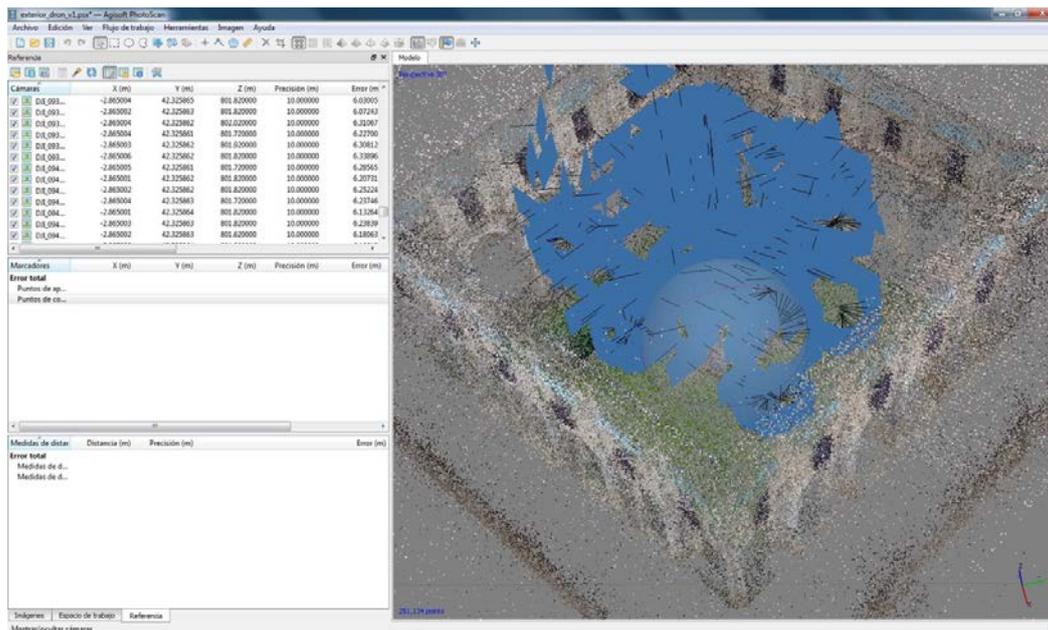


Fig. 26.- Cámaras y nube de puntos dispersa del bloque formado con las fotografías tomadas con el dron.

Se procede, a continuación con la densificación de la nube. Dado que se cuenta con imágenes tomadas desde diferentes alturas, el modelo incluye no sólo las paredes de los alzados sino también el interior del patio y los tejados.

Este modelo se orienta utilizando los puntos destacados medidos sobre las fachadas de los cuales se cuenta con coordenadas obtenidas con la estación total (Anexo 3).

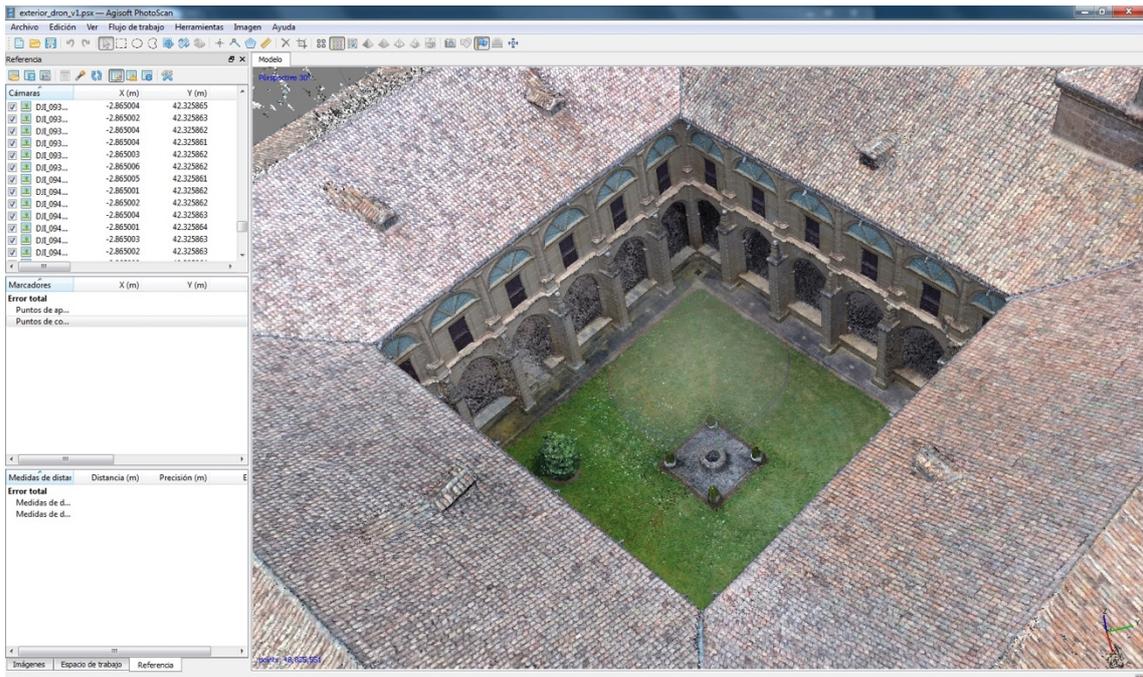


Fig. 27.- Vista de la nube densa en la que, además de los alzados, se aprecian los tejados y el interior del patio. La nube está compuesta por unos 50 millones de puntos.

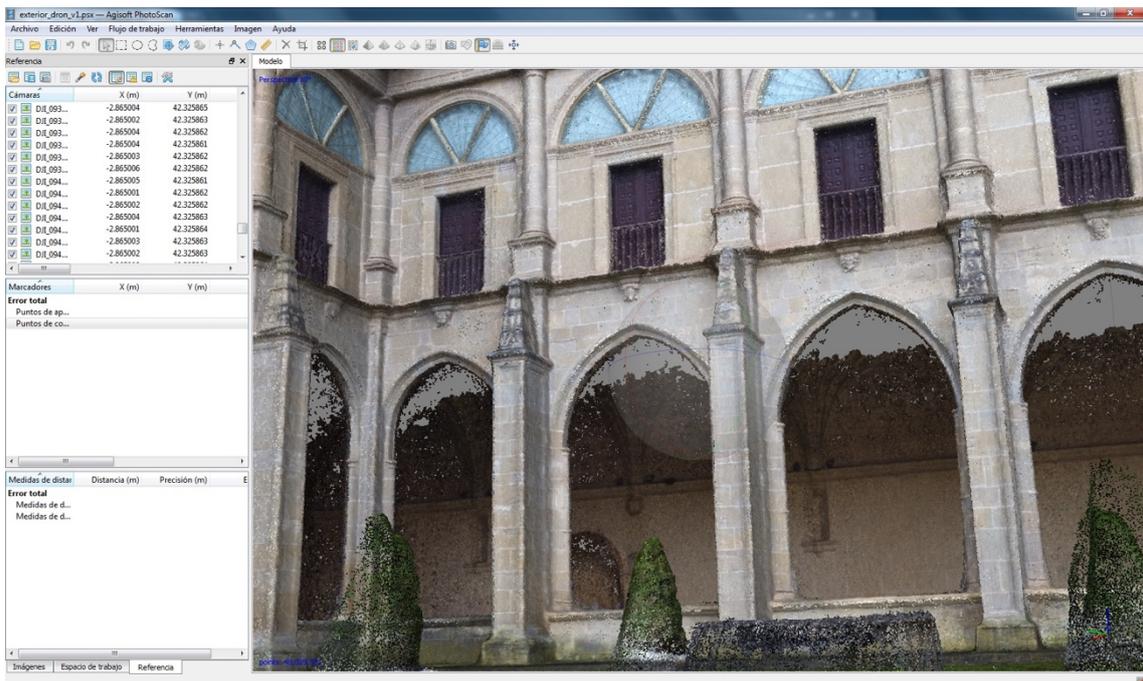


Fig. 28.- Vista de la nube densa desde el centro del patio a la altura del terreno.

El modelo así obtenido, no es del todo adecuado ya que, como se ha indicado, el dron debe dejar un espacio de seguridad a las paredes por lo que las zonas internas de las esquinas no cuentan con imágenes suficientes para que el programa realice una buena reconstrucción. Para paliar estas faltas se han obtenido fotografías con la cámara réflex tanto desde el suelo como desde las ventanas de piso superior.

Estas colecciones se orientan de forma independiente dado que en cada una de ellas se ven suficientes puntos de apoyo. Una vez orientadas, se recortan de forma que sólo nos quedamos con las partes interiores de las esquinas (las que están pobremente representadas en el modelo del dron).

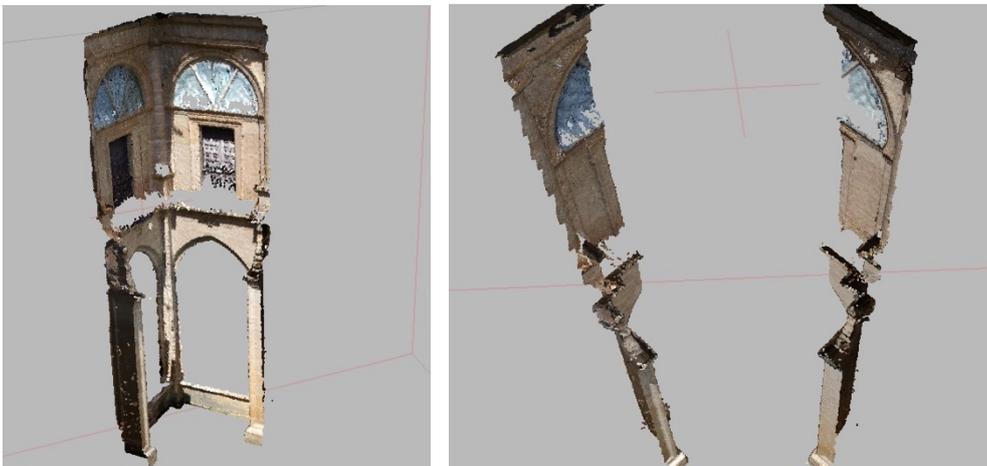


Fig. 29.- Modelo recortado de una de las esquinas (corresponde a las fotografías tomadas desde el suelo) –izquierda- y puntos seleccionados tras eliminar los que no corresponden a las caras hacia el interior –derecha-.

Estas nubes de puntos de cada esquina se incorporan a la nube obtenida con las imágenes desde el dron. A continuación, se generan modelos parciales que sólo incluyen los alzados individuales.

Como referencia para definir los planos de corte se toman las alcantarillas de las esquinas del patio. A continuación, se edita la nube de puntos de densa que correspondería a cada alzado.

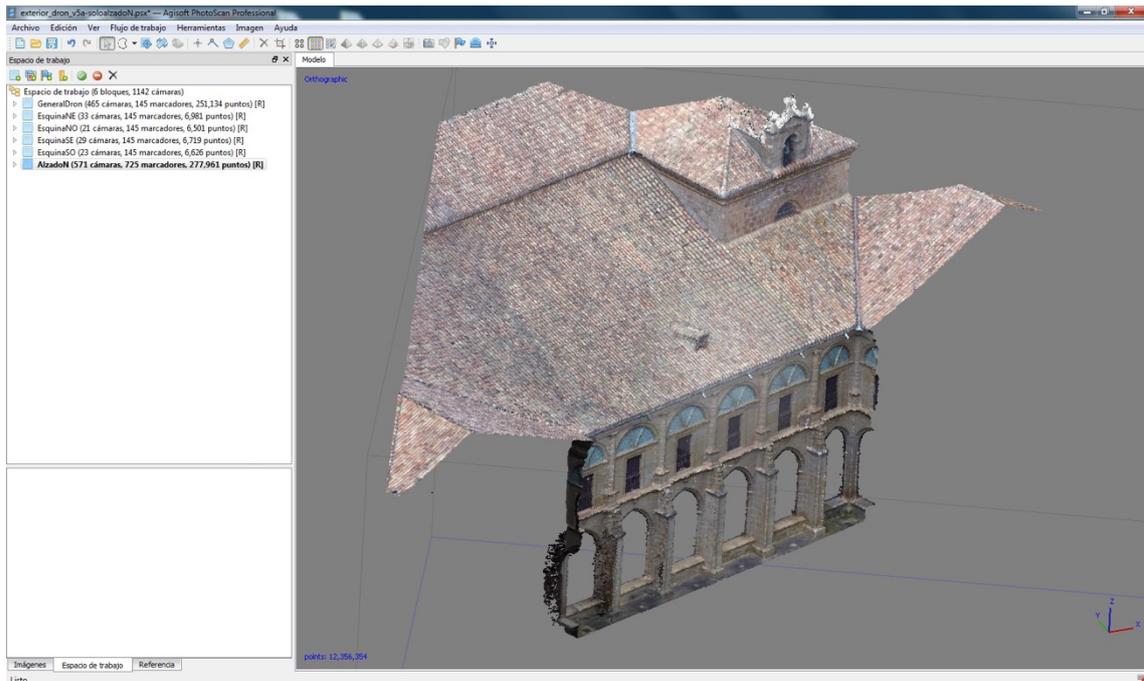


Fig. 30.- Nube de puntos densa correspondiente al alzado norte del patio.

Tras lo que se procede a realizar el mallado y a aplicación de las texturas fotográficas.

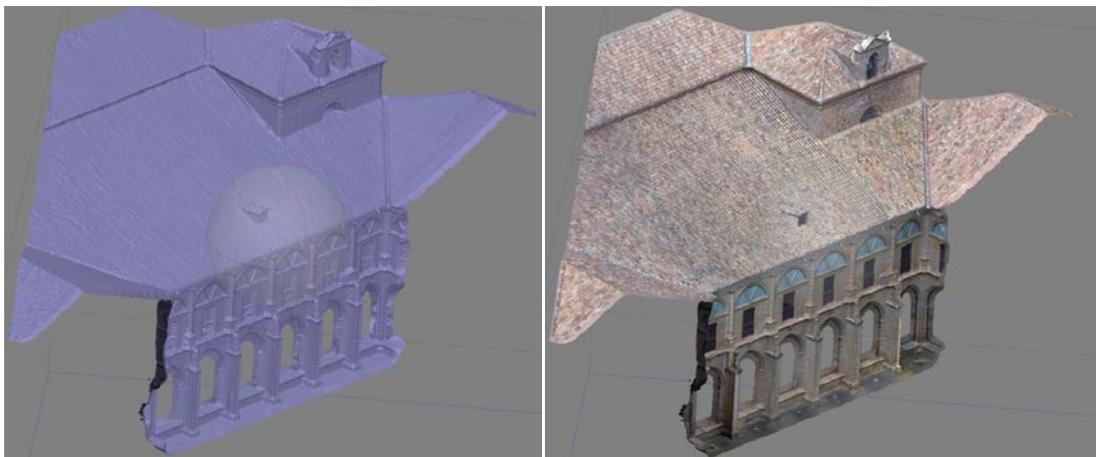


Fig. 31.- Modelo mallado del alzado norte del patio –izquierda- y tras la aplicación de las texturas fotográficas –derecha-.

Se han generado dos tipos de ortoimágenes. En primer lugar una serie en la que se incluye hasta los tejados y que se presenta con una resolución de 1 cm.



Fig. 32.- Ortoimagen general del interior del patio (alzado norte).

La ortoimagen debe editarse, limpiando las zonas que no corresponden a los elementos de interés (comparar arco de la derecha e izquierda).



Fig. 33.- Proceso de limpieza de la ortoimagen en los arcos.

Por otro lado, se generan ortoimágenes con sólo los alzados de los muros. Éstas son las que, finalmente, se han incluido en los planos.

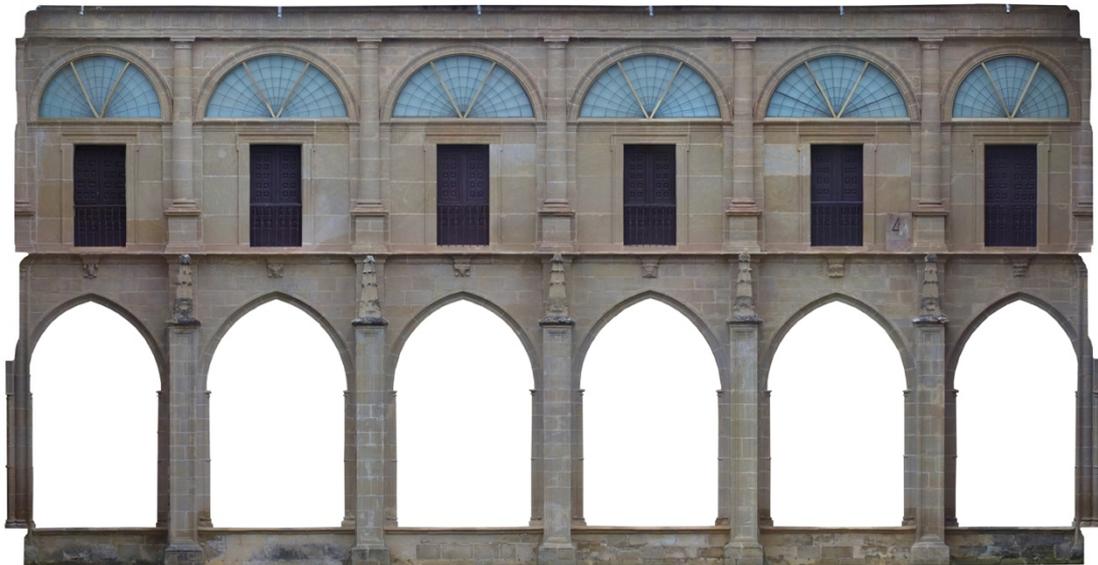


Fig. 34.- Alzado norte (sólo pared) del interior del patio del claustro.

Modelado de las bóvedas

En primer lugar, se cargan todas las imágenes (1072 fotografías) y se orienta el bloque.

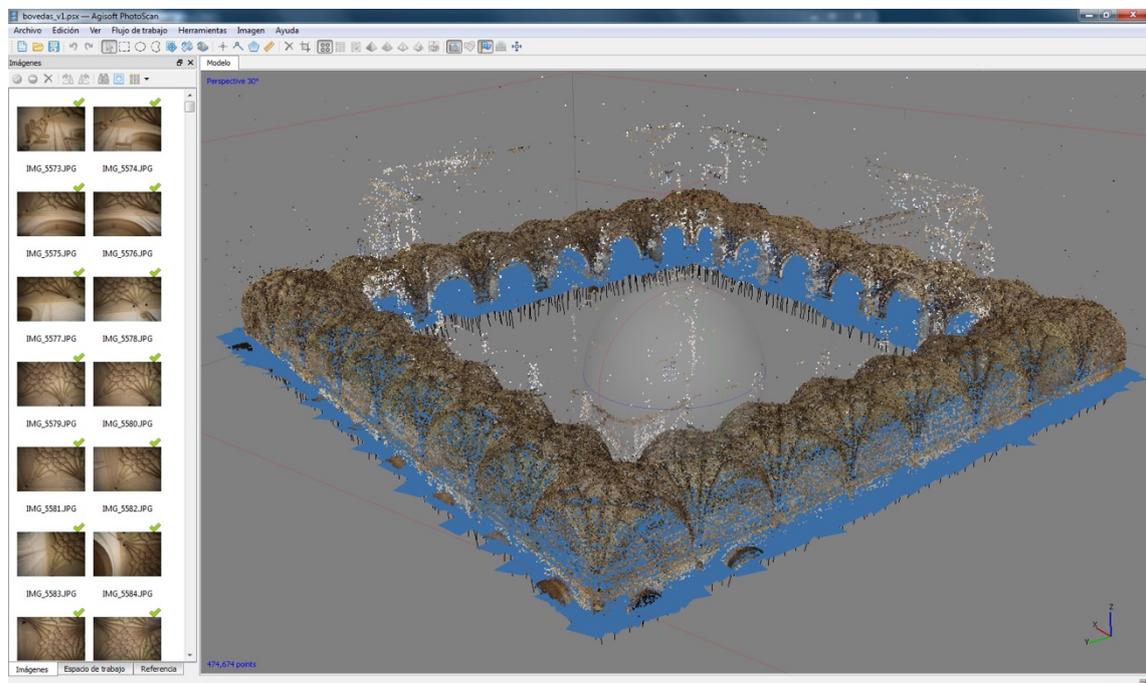


Fig. 35.- Bloque orientado con las fotografías cenitales del claustro completo.

Se generan las nubes densas y se editan los puntos quedándonos sólo con los correspondientes a las bóvedas, desde la imposta. Por otro lado, se procede a orientar el modelo.



Fig. 36.- Nube de puntos densa correspondiente a las bóvedas del claustro (vista desde abajo).

A continuación, se procede al mallado, edición y aplicación de las texturas fotográficas (previa selección de las fotografías con mejor definición, eliminando para este paso las que tenían problemas de iluminación o aparecían ligeramente desenfocadas). A partir de aquí se genera la vista ortográfica con una resolución de 5 mm.

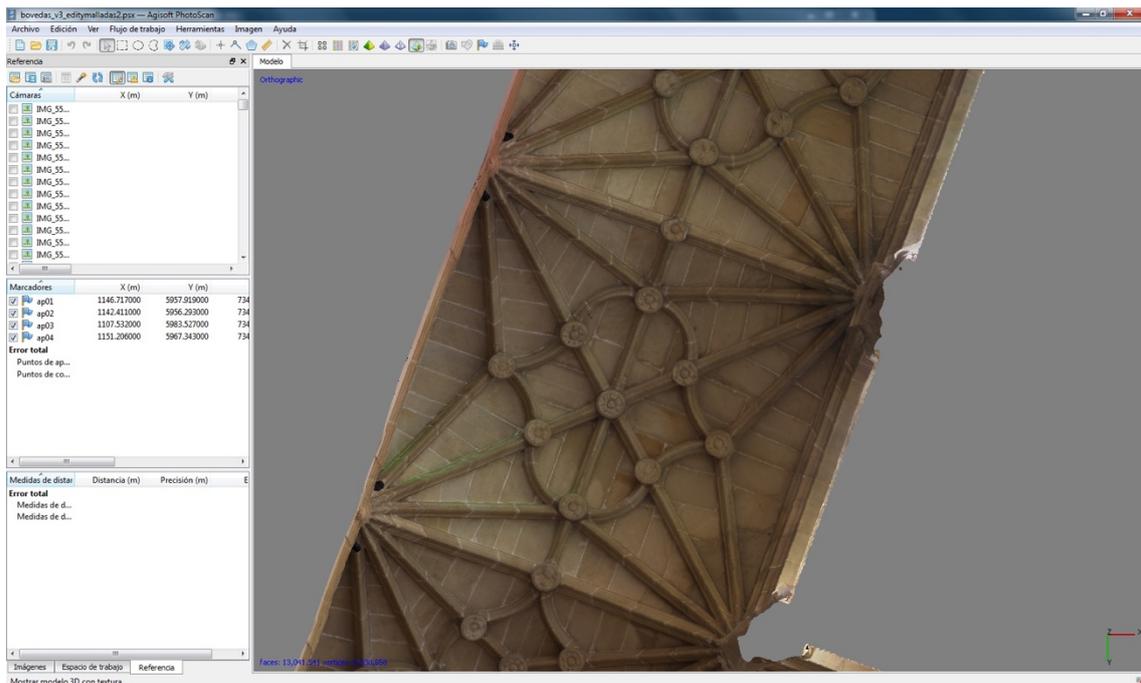


Fig. 37.- Ortoimagen de las bóvedas.

Para controlar la calidad geométrica de la ortoimagen se tomaron las coordenadas de 24 puntos destacados distribuidos por las diferentes bóvedas (esquinas de piezas de la plementería o detalles de las claves). Las diferencias se analizan como distancias en el plano XY de la ortoimagen.

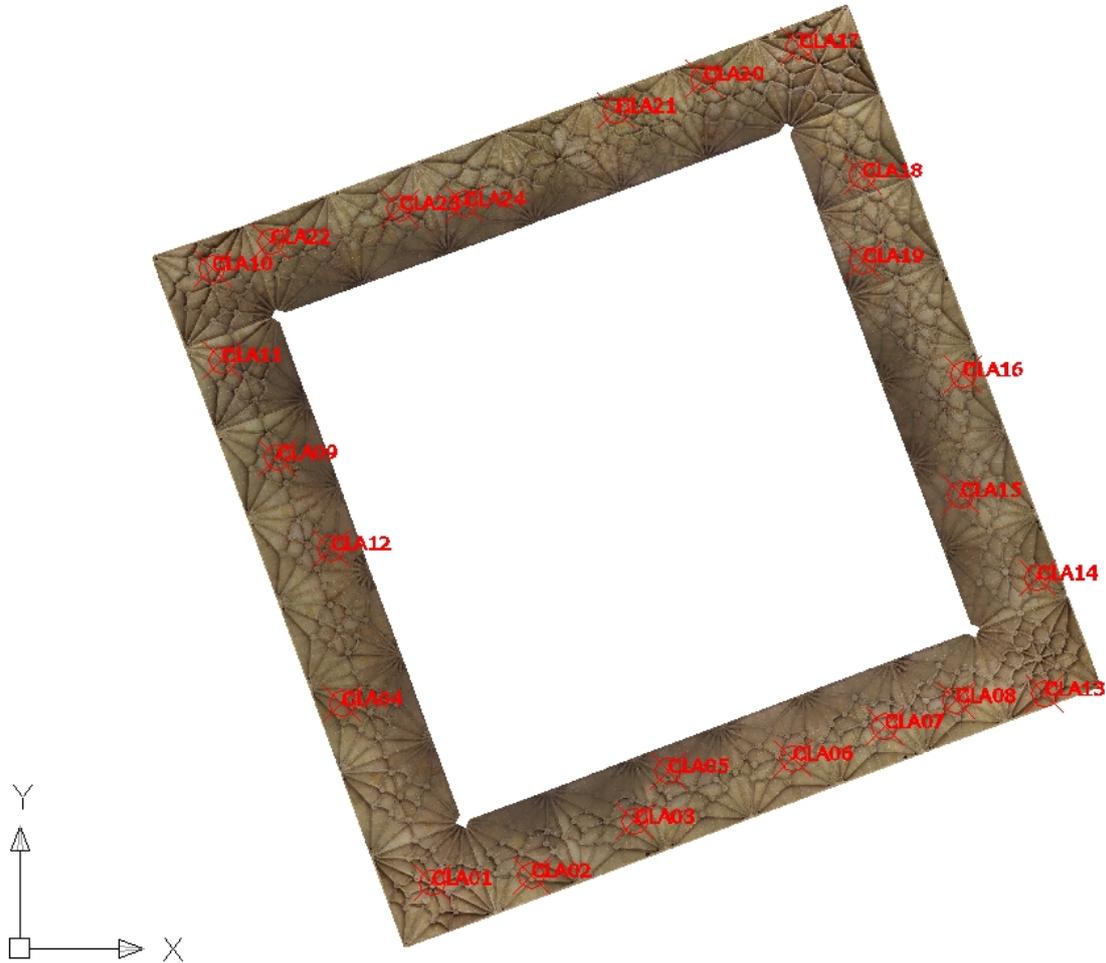


Fig. 38.- Control de calidad geométrica de la ortoimagen de las bóvedas.

Los errores medios cuadráticos de las diferencias de este conjunto de puntos son respectivamente 7 mm en dirección X y 5 mm en dirección Y.

Prueba de modelado con fotografía esférica

Como se ha comentado, se han realizado varias pruebas de modelado utilizando una cámara panorámica de 360º dado que se quería conocer su potencial para realizar un modelo «ligero» de todo el claustro (incluyendo tanto los alzados interiores como los exteriores) así como para la documentación de los arcosolios.

Para la prueba de la documentación en el interior del claustro se tomaron imágenes en el espacio correspondiente a tres bóvedas y media, tomando imágenes a tres alturas diferentes y en nueve puestos por bóveda. El procesado de estas imágenes se realiza con el mismo software –*Agisoft Photoscan*[®]– ya mencionado.

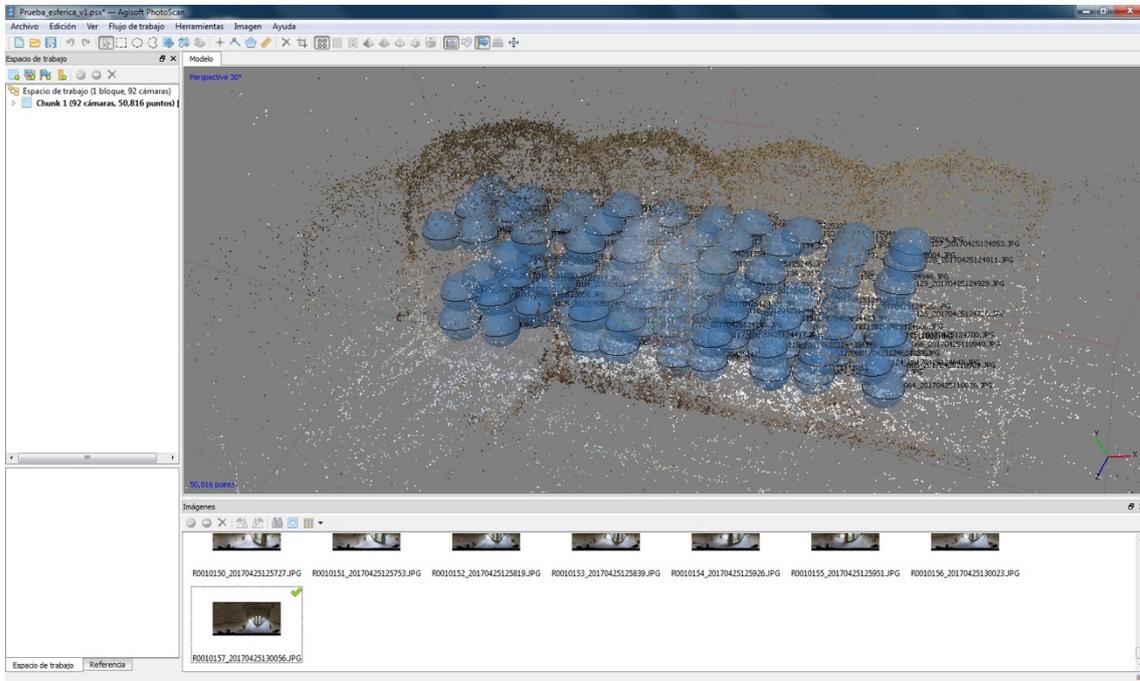


Fig. 39.- Bloque de prueba con fotografías esféricas. Se aprecia la orientación de las tomas (indicadas como esferas) y la nube de puntos preliminar.

Se ha completado el modelado hasta la obtención del modelo mallado con texturas fotográficas.

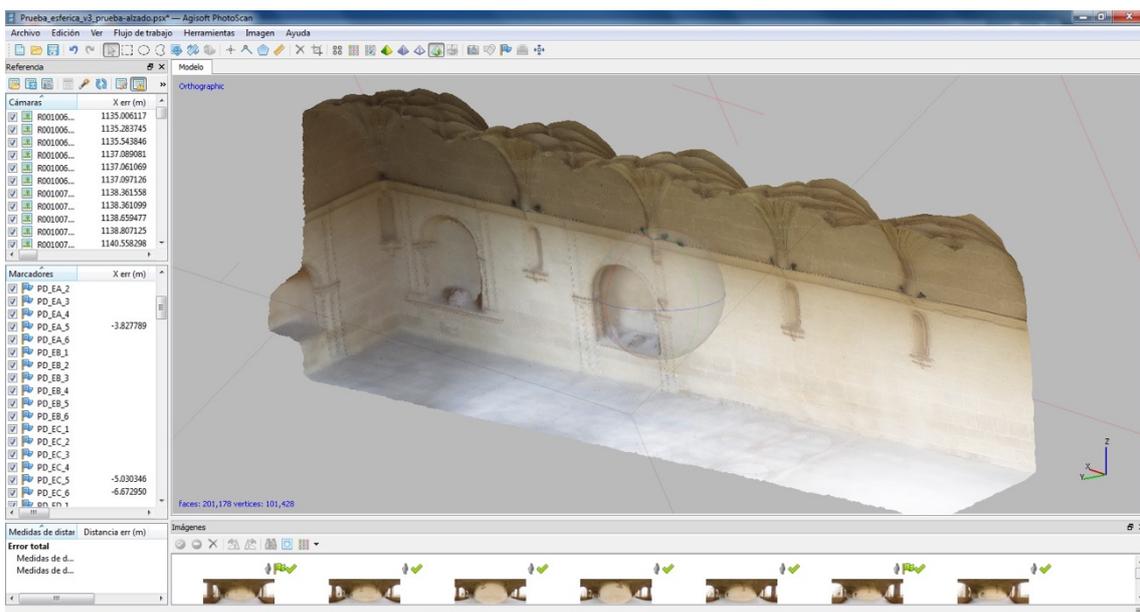


Fig. 40.- Modelo parcial con texturas fotográficas realizado a partir de fotografía esférica.

Asimismo, se ha generado la ortoimagen del alzado, apreciando que la aplicación de las texturas tiene una calidad desigual y que, aunque no de manera generalizada, sí que se aprecian algunas deformaciones de importancia. Por todo ello, estas imágenes no se han utilizado en la generación de productos finales.

4.3.3.- Representación de los grafitos sobre las ortoimágenes

Las ortoimágenes generadas de los alzados interiores del claustro se introducen en un archivo CAD. Sobre ellas se vuelven a situar los dibujos de los grafitos individuales procedentes del proyecto de digitalización realizado en 2016. En este caso, cada dibujo puede enlazarse utilizando el despiece de sillares por lo que se elimina el error que se acumulaba al ir enganchando un dibujo con el siguiente (especialmente en los pliegos largos en los que había que enlazar hasta ocho dibujos parciales).

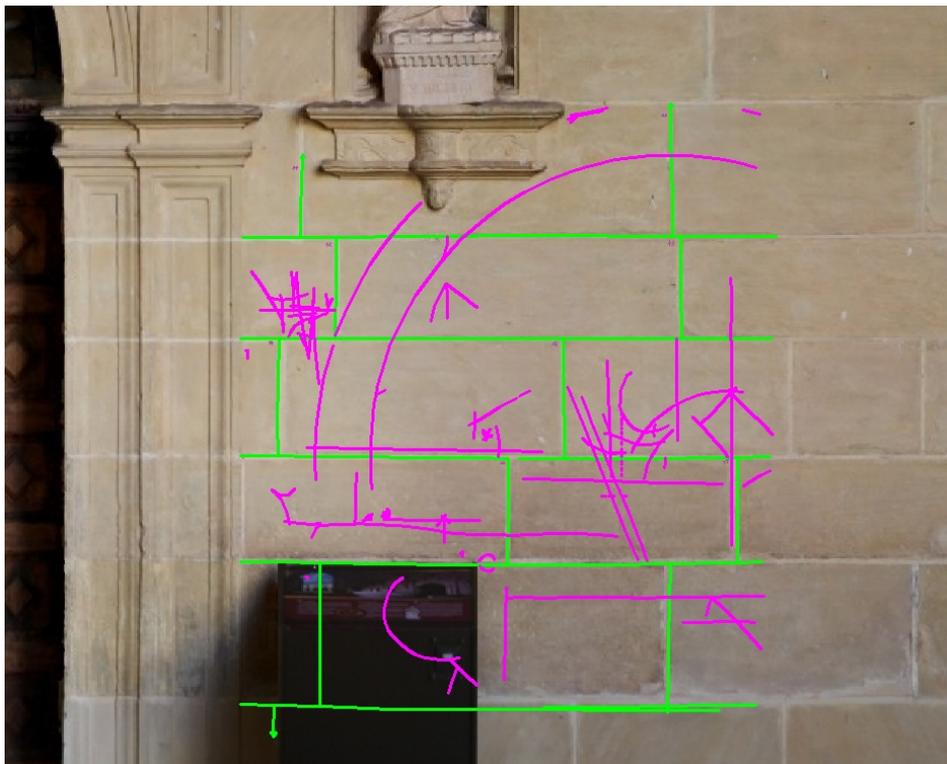


Fig. 41.- Colocación de un dibujo correspondiente de la digitalización de una fotografía de un calco de los grafitos realizado en el año 2000.

Se prosigue con los dibujos individuales sucesivos. El ajuste de cada dibujo es en posición y giro, no es preciso escalar ya que los dibujos –al igual que las ortoimágenes de fondo- están en su dimensión correcta.

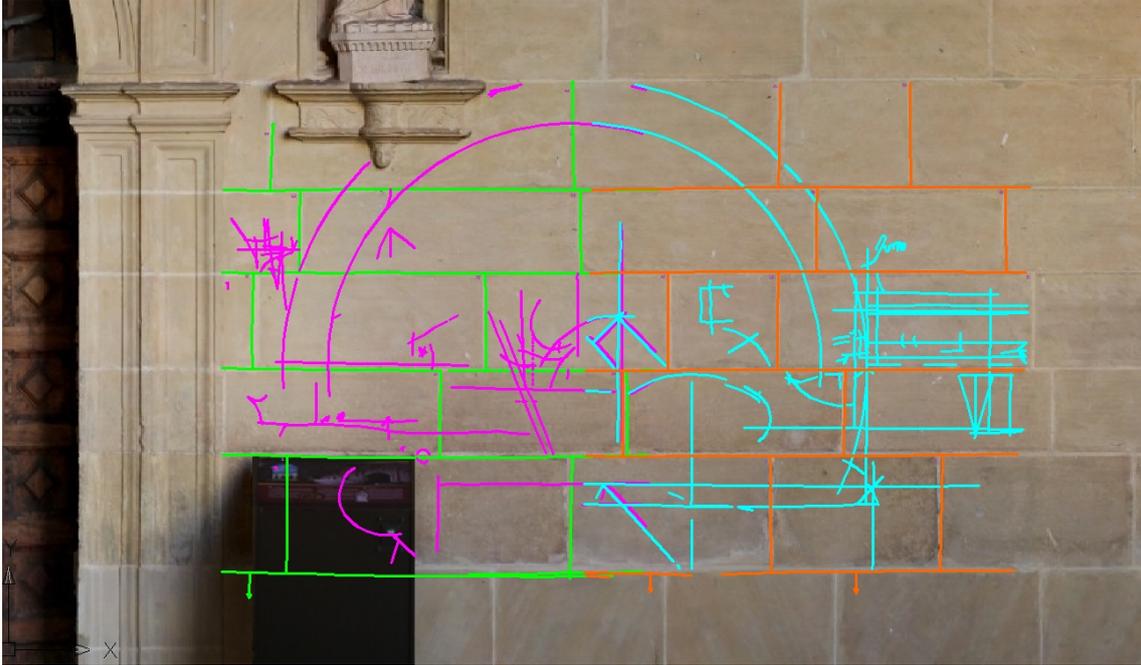


Fig. 42.- Encaje de un segundo dibujo, adyacente al anterior.

La siguiente imagen corresponde a todo el alzado este. Como puede verse, en esta ocasión pueden verse en relación los pliegos individuales.

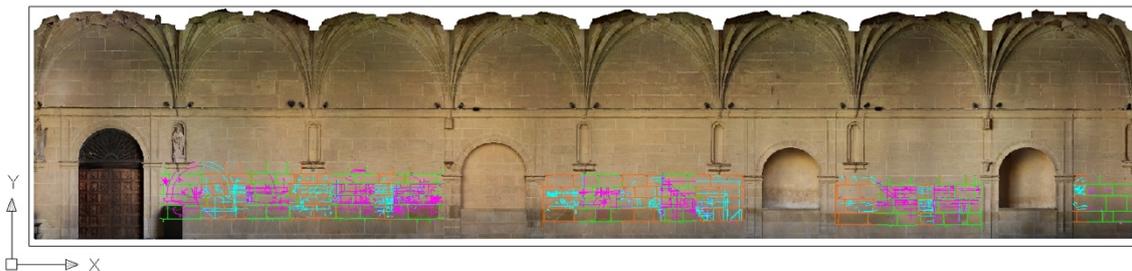


Fig. 43.- Recolocación de los grafitos correspondientes a todo el alzado este.

Seguidamente, se procede a editar las líneas de los grafitos para eliminar las duplicidades, dado que el ajuste es distinto al que se hizo el año anterior es preciso rehacerlo. Como en la representación actual ya se aprecia el despiece de sillares no es necesario conservar las capas con su dibujo vectorial por lo que nos centramos sólo en las que incluyen información sobre los propios grafitos.

Al eliminar duplicados se procuran mantener los conjuntos que aparezcan dibujados en de la misma fotografía de forma que los errores en el ajuste no afecten a la geometría general de cada elemento.

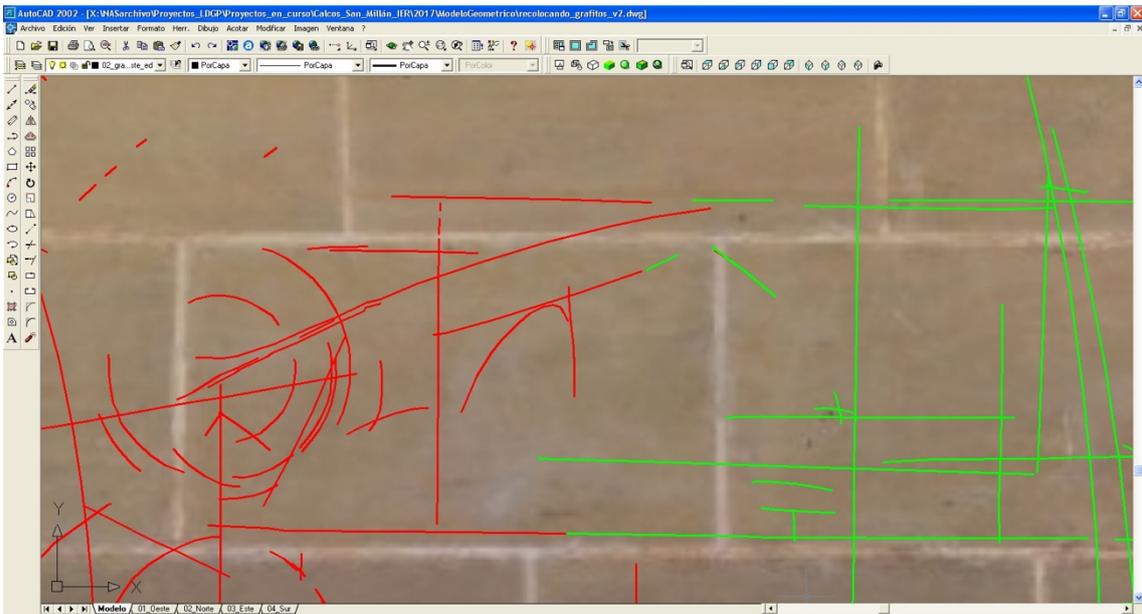
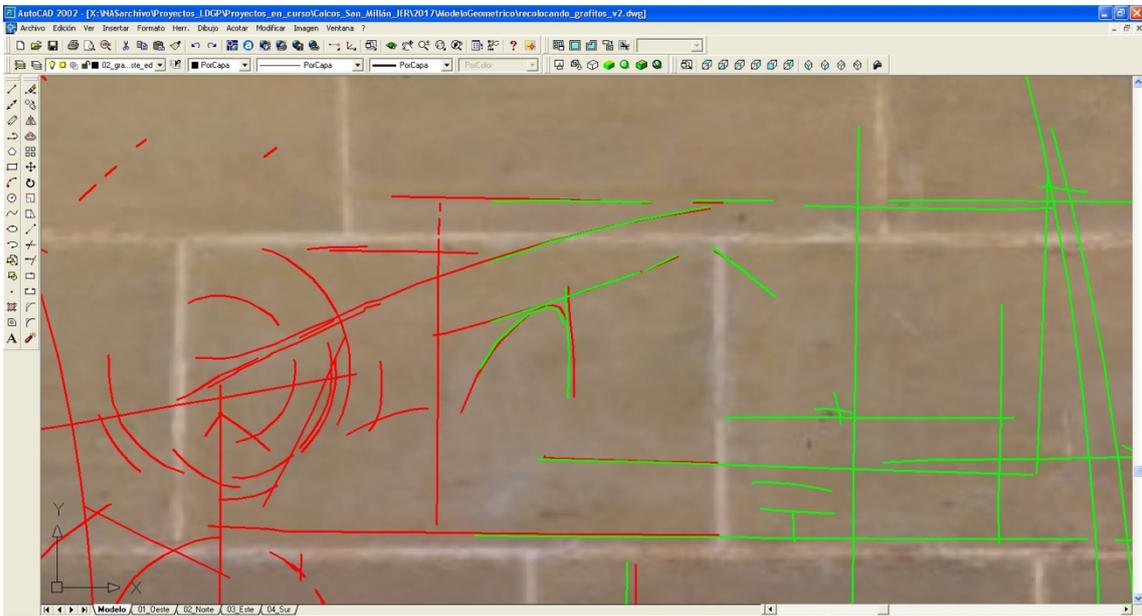


Fig. 44.- Proceso de edición para eliminar los trazos duplicados.

Finalmente se le aplica una simbología común y se preparan las salidas gráficas que servirán para analizar el significado de los trazos.



Fig. 45.- Conjunto de alzados con los grafitos superpuestos.

4.3.4.- Pruebas de detección del estado actual de los grafitos

El proceso de limpieza aplicado en las paredes del claustro, en el momento de su restauración en el año 2000, propició la pérdida de la pátina y en algunos casos el borrado de los grabados que poseían una menor incisión, pero al mismo tiempo, ha permitido el descubrimiento de otros grafitos en lugares en donde no se detectaban de manera previa.

Por ello, como parte de este proyecto se han realizado pruebas con distintas metodologías que tratan de detectar y registrar los restos de grafitos existentes en la actualidad. La tarea resulta complicada, debido a que las incisiones de la labra, las trazas accidentales, y la disgregación de la granulometría de la propia piedra generan un ruido que enmascara la visibilidad de los trazos intencionados.

Como se ha comentado al describir las tareas de campo, las metodologías utilizadas han sido: *Reflectance Transformation Imaging* (RTI), Iluminación con luz rasante, escaneado con luz estructurada y fotogrametría convergente.

A continuación se muestran algunas imágenes correspondientes a resultados preliminares obtenidos con estas técnicas.

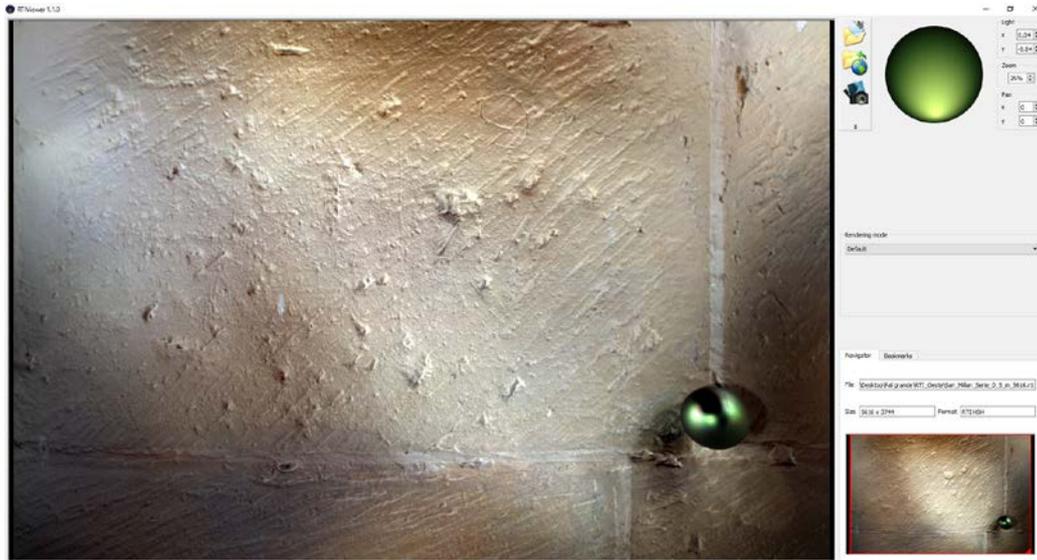


Fig. 46.- Imagen del software *RTIViewer*, en la parte superior se puede observar un grabado en forma de «9».



Fig. 47.- Detalle de incisiones (en forma a tablero de «3 en raya») capturado en una imagen con proyección rasante en movimiento.

El escáner utilizado, realiza el registro de la superficie del objeto en tramos de aproximadamente 40 X 30 cm, que requieren de solape para que puedan ser posteriormente alineados entre ellos. El conjunto de la alineación es una nube de puntos de alta densidad, a partir de la cual se obtiene una superficie mallada que puede ser exportada a formatos de intercambio .OBJ, .PLY, etc. Estos modelos tridimensionales son los que se tratarán en el programa *Meshlab*⁹, para aplicarles distintos sistemas de iluminación y sombreado que permitan evidenciar los grafitos.

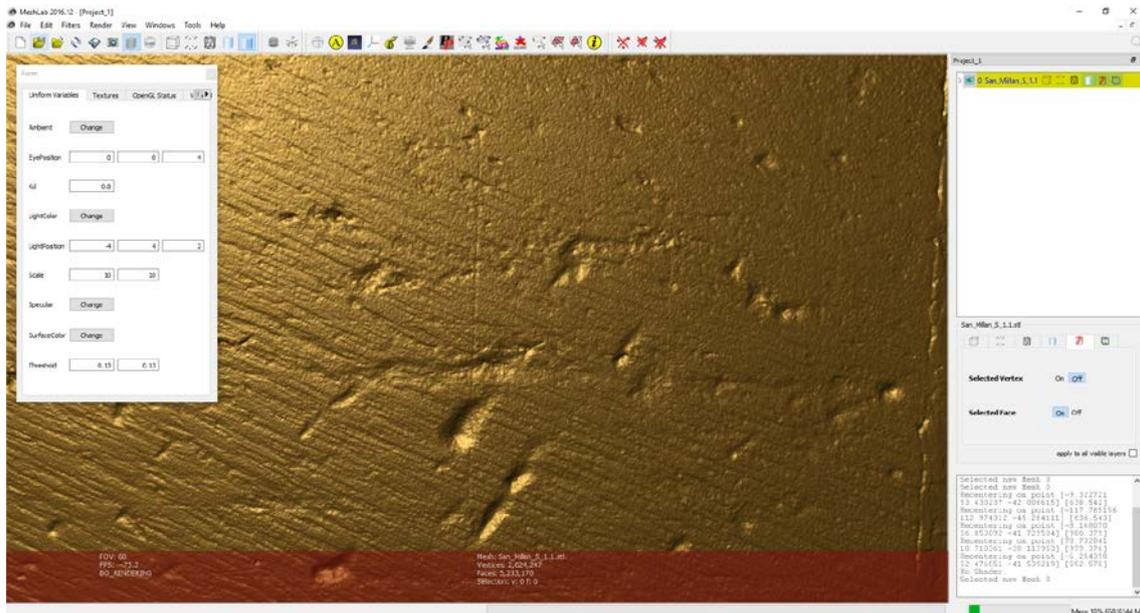


Fig. 48.- Vista de las imperfecciones de la superficie y restos de los grafitos utilizando en algoritmo *Lattice* en el software *Meshlab*[®].

Por lo que respecta al modelado fotogramétrico utilizando fotografía convergente con el programa *Agisoft Photoscan*[®]. Por un lado, se orientó un conjunto de 12 fotografías obtenidas a un par de metros de distancia (el cuadro de estudio es de aproximadamente 1'20 x 1'20 metros) y, por otro lado, se orientó un conjunto de imágenes tomadas a una distancia de aproximadamente medio metro y que abarca la superficie de un sillar.

El procesamiento de las fotografías sigue los pasos indicados anteriormente pero, en este caso nos fijamos en la representación de las superficies malladas para ver hasta qué punto se aprecian las irregularidades de las superficies.

⁹ <http://www.meshlab.net/>

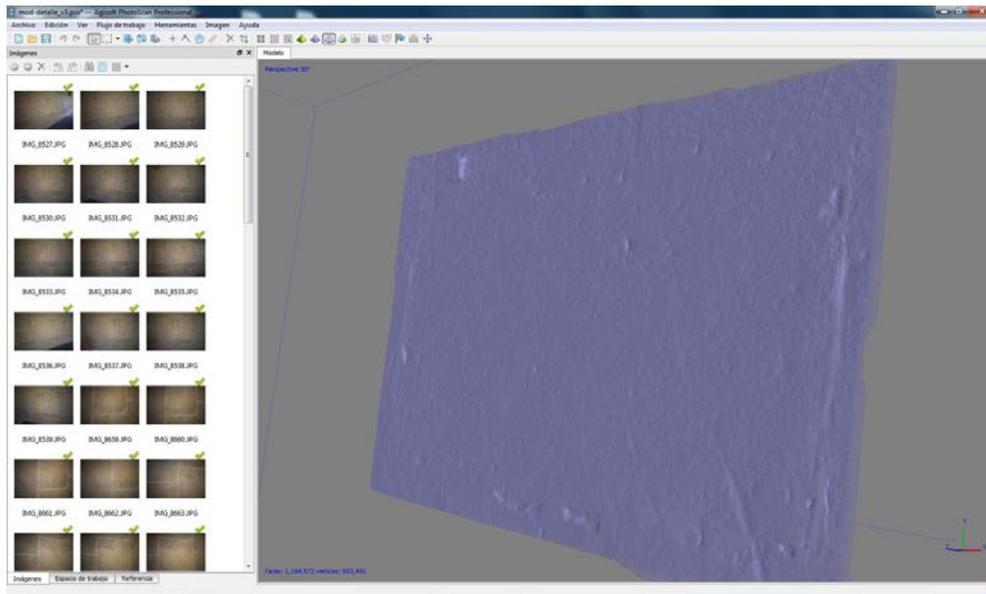


Fig. 49.- Vista sombreada de la superficie modelada de un sillar mediante fotogrametría convergente.

A pesar de que los relieves importantes (de tamaño y profundidad de varios milímetros) sí que son perceptibles, este resultado no permite apreciar el nivel de detalle necesario para los grafitos.

No obstante, en la versión del modelo con la textura fotográfica proyectada sí que es posible apreciar un mayor grado de detalle, si bien hay que tener en cuenta que se trata de una detección por textura, no por la geometría, y que es posible que este tipo de detección no perciba muchos de los trazos si las condiciones puntuales de iluminación son desfavorables.

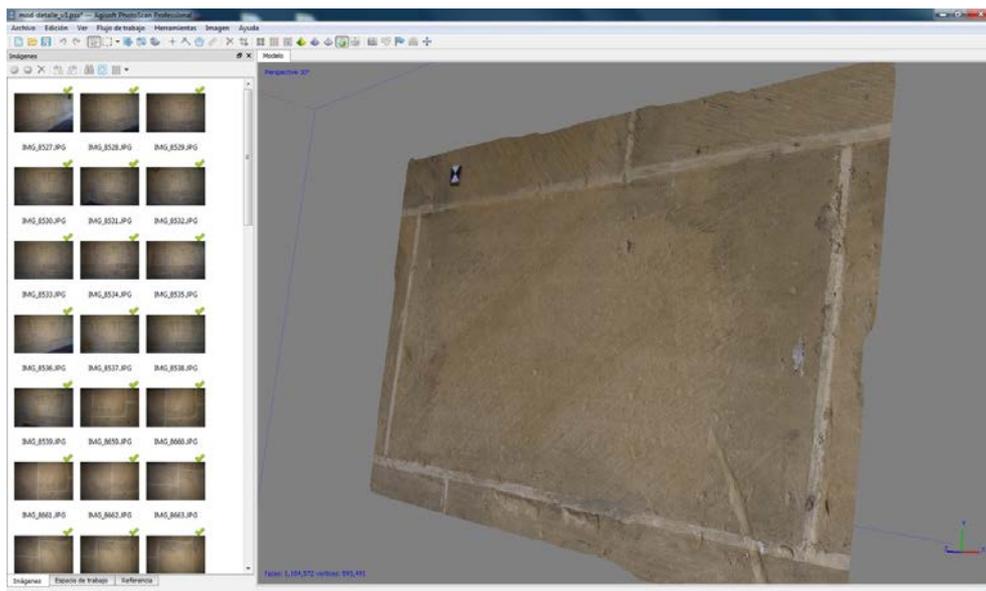


Fig. 50.- Vista con textura fotográfica de la superficie modelada de un sillar mediante fotogrametría convergente.

5.- Resultados

5.1.- Colección de fotografías

Durante el trabajo de documentación se han obtenido unas 4000 fotografías con las diferentes cámaras, lo que representa un espacio de almacenamiento de unos 40 Gb. En el CD que acompaña la presente memoria se ha incluido una selección de las tomas que pretende ofrecer un reflejo detallado del estado actual del claustro al mismo tiempo que se evitan reiteraciones excesivas y se descartan las tomas de peor calidad.

Las imágenes se han enriquecido mediante la inclusión de metadatos *Exif*¹⁰ e *IPTC*¹¹. La lista con la información incorporada se presenta en el Anexo 4 de la presente memoria.

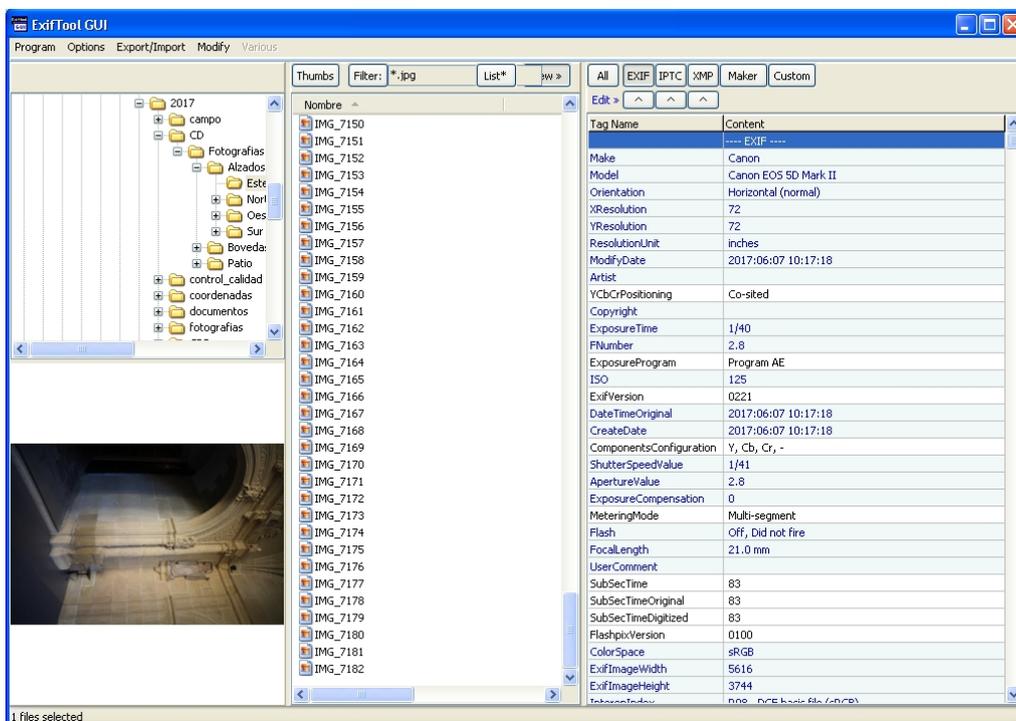


Fig. 51.- Algunos metadatos incorporados directamente en las fotografías durante su captura.

¹⁰ *Exif* (*Exchangeable Image File format*) corresponde a un conjunto de informaciones descriptivas sobre las características técnicas de las imágenes como pueden ser el tiempo de exposición, el diámetro del obturador, fecha y hora..., así como de la cámara (por ejemplo, la marca y el modelo). Muchos de estos datos son capturados y registrados dentro de las imágenes por la propia cámara en el momento de la exposición. No obstante, algunos metadatos *Exif* no se rellenan por defecto por lo que pueden completarse posteriormente con el fin de disponer de imágenes más fácilmente identificables, entre estos metadatos que no suelen incorporarse por defecto está la descripción de la toma, el autor o la localización por coordenadas (si la cámara no dispone de GPS integrado).

¹¹ La lista de metadatos *IPTC* (*International Press Telecommunications Council*) complementa la información que se puede almacenar en *Exif* incorporando datos más detallados de contacto con el autor, derechos asociados a la imagen y localización (mediante topónimos).

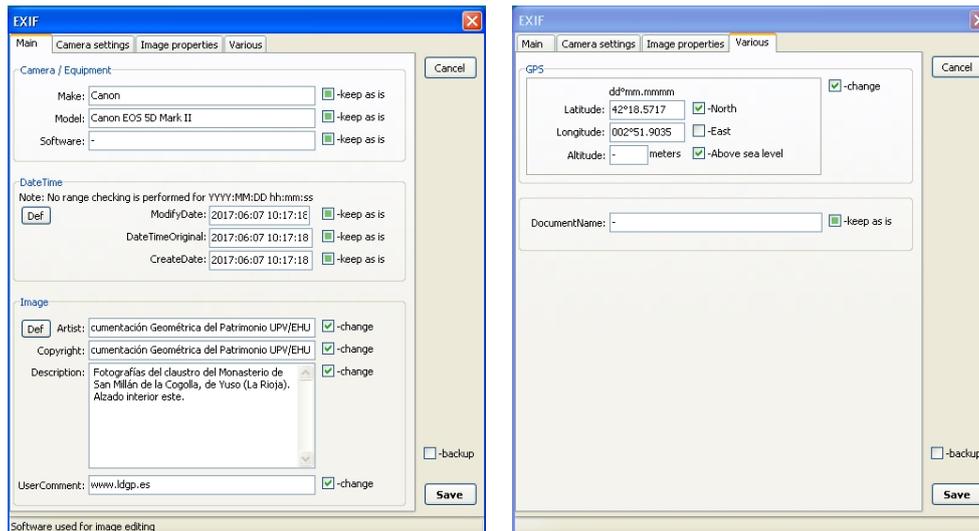


Fig. 52.- Metadatos *Exif* añadidos utilizando el software *Exif Tool*®. Como puede verse, describen la imagen, indican la autoría y localización geográfica.

Contenido IPTC	
Titular	Monasterio de Yuso de San Millán de la Cogolla (La Rioja) <input checked="" type="checkbox"/>
Código de tema IPTC	<input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Autor de la descripción	de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV/EHU) <input checked="" type="checkbox"/>
Categoría	<input type="text"/> <input type="checkbox"/>
Otras categorías	<input type="text"/> <input type="checkbox"/>
Copyright IPTC	
Copyright	de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV/EHU) <input checked="" type="checkbox"/>
Estado de copyright	Con copyright <input checked="" type="checkbox"/>
Términos de uso de derechos	<input type="text"/> <input type="checkbox"/>
URL de información de copyright	http://www.ldgp.es <input checked="" type="checkbox"/>
Creador IPTC	
Creador	de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV/EHU) <input checked="" type="checkbox"/>
Dirección del creador	c/ Justo Vélez de Elorriaga, 1 – Centro de Investigación M <input checked="" type="checkbox"/>
Ciudad del creador	Vitoria-Gasteiz <input checked="" type="checkbox"/>
Estado / provincia del creador	Álava <input checked="" type="checkbox"/>
Código postal del creador	01006 <input checked="" type="checkbox"/>
País del creador	España <input checked="" type="checkbox"/>
Teléfono del creador	+34 9450 13264 <input checked="" type="checkbox"/>
Correo electrónico del creador	ldgp@ehu.es <input checked="" type="checkbox"/>
Sitio Web del creador	http://www.ldgp.es <input checked="" type="checkbox"/>
Cargo del creador	<input type="text"/> <input type="checkbox"/>
Imagen IPTC	
Fecha de creación	2017 <input checked="" type="checkbox"/>
Género intelectual	<input type="text"/> <input type="checkbox"/>
Escena	<input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Ubicación	Monasterio de Yuso <input checked="" type="checkbox"/>
Ciudad	San Millán de la Cogolla <input checked="" type="checkbox"/>
Estado / provincia	La Rioja <input checked="" type="checkbox"/>
País	España <input checked="" type="checkbox"/>
Código de país ISO	ES <input checked="" type="checkbox"/>
Estado IPTC	
Título	onasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja) <input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 53.- Metadatos IPTC añadidos utilizando el software *Adobe Lightroom*®.

Finalmente, los ficheros de imagen se renombran de forma que su contenido sea más fácilmente identificable sin necesidad de tener que revisarlos uno por uno. Los nuevos nombres tienen la siguiente estructura (por ejemplo: "ldgp_SMI2017_foto_alzadoint-este-1.jpg").

- ldgp : hace referencia al creador de la imagen (Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU).
- SMI2017 : identificador interno del presente proyecto.
- foto : tipo de documento¹² (en este caso, una fotografía).
- alzadoint-este-1 : identificador de la imagen que permite asociarla con la parte que aparece fotografiada.
- jpg : formato del fichero (imagen JPEG).

5.2.- Modelo CAD

El modelo CAD incluye las diferentes ortoimágenes generadas: bóvedas, alzados interiores y alzados exteriores (patio).

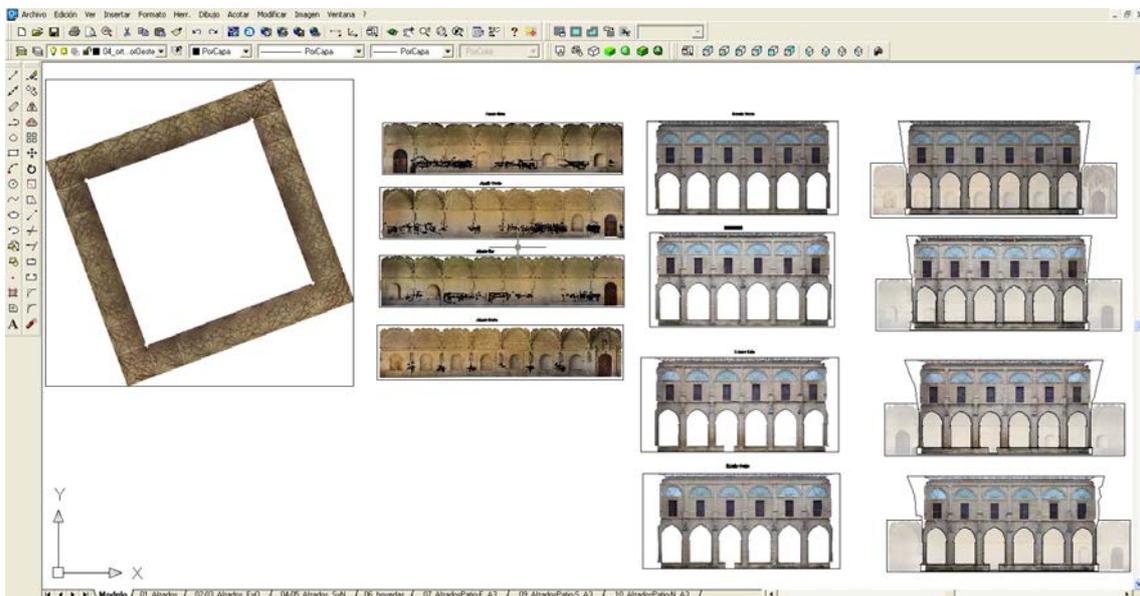


Fig. 54.- Conjunto de ortoimágenes generadas en el fichero CAD.

¹² Otros tipos de documentos que se presentan en el CD adjunto son el modelo CAD o los planos.

Como se ha comentado, los alzados interiores incorporan el dibujo vectorial de los grafitos, con lo que es posible verlos en conjunto, además de ponerlos en relación con algunos elementos constructivos (como las indicaciones de situación de las ménsulas).

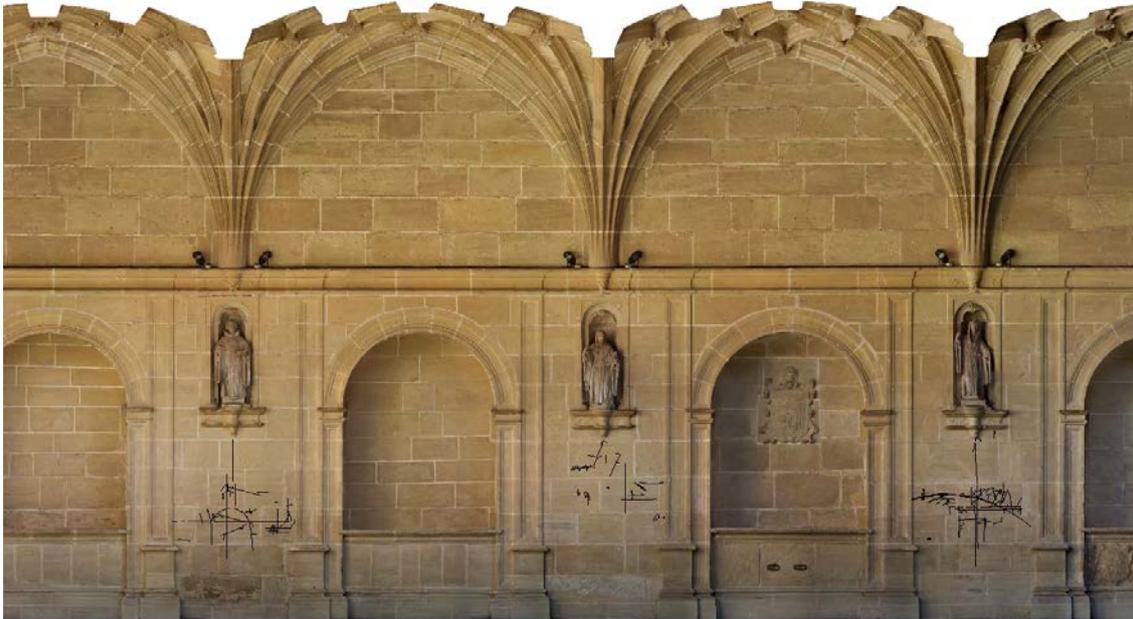


Fig. 55.- Ortoimagen del alzado norte en el que se ve la posición relativa de tres dibujos individuales situados bajo sus respectivas hornacinas.

Las ortoimágenes del patio se han preparado tanto de forma aislada como combinadas con sus correspondientes alzados interiores.



Fig. 56.- Ortoimagen del alzado norte que presenta simultáneamente el alzado exterior del patio y el alzado interior correspondiente.

Por otro lado, indicar que el fichero CAD incluye metadatos con el fin de que conserve su contexto.

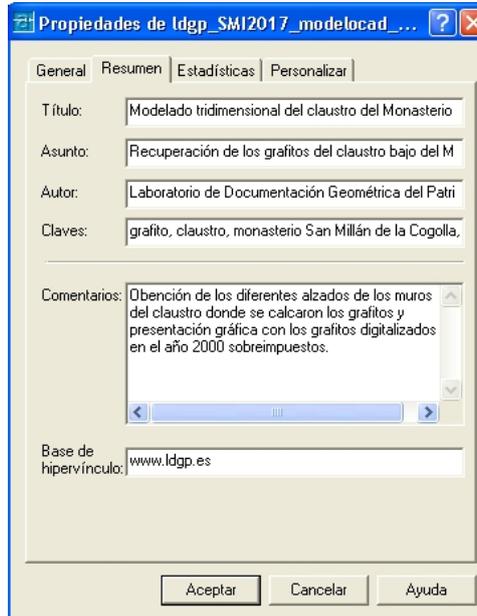


Fig. 57.- Metadatos asociados al fichero CAD.

5.3.- Planos

El fichero CAD incluye también una colección de salidas gráficas (planos) para su impresión a diferentes escalas.

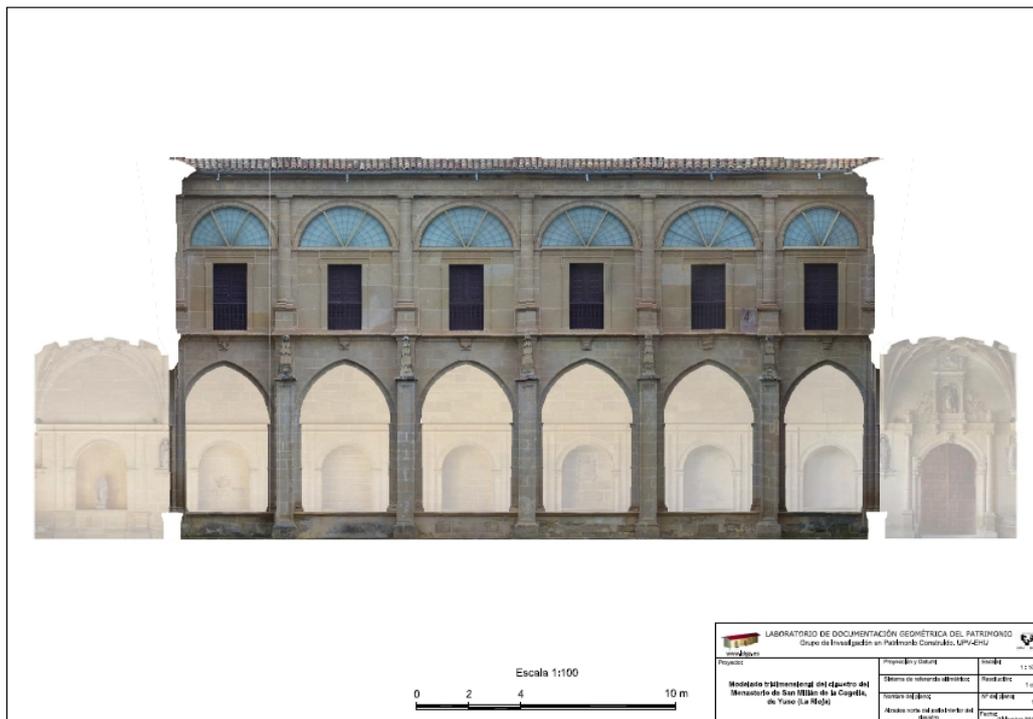


Fig. 58.- Plano (escala 1:100) del alzado norte.

5.4.- Propuesta metodológica para la documentación de los grafitos no registrados

Uno de los objetivos propuestos era determinar la metodología o metodologías más adecuadas para tratar de detectar, y posteriormente documentar, el resto de grafitos no detectados hasta el momento. A la vista de los resultados obtenidos de la aplicación de las cuatro metodologías expuestas en el apartado 4.3.4, podemos proponer lo siguiente:

- a) Descartar el modo RTI, ya que, aunque proporciona resultados a distancias cortas, tiene un requerimiento muy alto en cuanto a número de fotografías (lo que redundaría en tiempos de proceso altos y elevado consumo de almacenamiento de datos). También es demasiado exigente con las condiciones de iluminación y la disposición manual del foco de iluminación, lo que supone un coste en tiempo considerable.
- b) Utilizar el sistema de luz rasante, ya que con una sola imagen se obtienen resultados satisfactorios, será necesario optimizar las distancias de toma y el resto de los parámetros de captura, como tiempo de exposición y apertura del diafragma. Se utilizará la estructura desarrollada para conseguir la iluminación homogénea.
- c) Combinarlo con el sistema de escaneado mediante luz estructurada en las zonas fértiles que presenten una mayor concentración de grabados.
- d) También se mantendrá el método de captura fotogramétrico en el caso de zonas donde sea difícil el acceso con el escáner o la luz rasante.

De esta manera, se realizará en la próxima campaña el registro de los grafitos que se encuentren en zonas que se supongan fértiles, añadiéndose al registro actualmente existente.

6.- Contenido del CD

El CD que acompaña la presente memoria incluye la información que se describe a continuación.

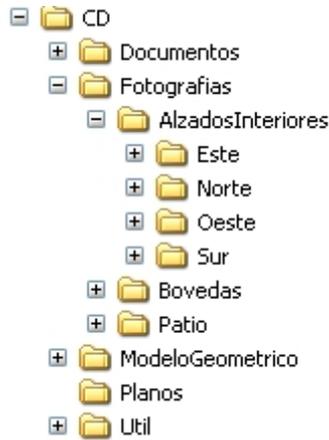


Fig. 59.- Contenido del CD adjunto.

- Documentos: copia de esta memoria (formato PDF).
- Fotografías: selección de imágenes utilizadas para el modelado 3D y generación de las ortoimágenes, clasificadas en función de la zona tratada (alzados interiores, bóvedas y patio). Estas imágenes incluyen los metadatos descriptivos comentados anteriormente y se presentan en formato JPEG.
- Modelo geométrico: archivo CAD en formatos DWG de AutoCAD® y DXF de intercambio (ambos versión 2000). Incluye las ortoimágenes como archivos independientes y el conjunto de planos.
- Planos: impresión en formato PDF de cada uno de los planos generados.
- Útil: descripción del formato DXF y de los esquemas de metadatos empleados para las imágenes (Exif e IPTC).

Anexo 1: Certificados de calibración y especificaciones del instrumental empleado

La estación topográfica utilizada es una Leica 1205 cuyo certificado de calibración se presenta en a continuación.

- when it has to be right



Certificado de Verificación y Control Emitido por laboratorio de Leica Geosystems

Cliente	UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO NIVES CANO 12 01006 GASTEIZ	Nº de Certificado	301211531
		Fecha Inspección	20.06.2016
Producto	TCR1205 R300	Nº Serie	213379
Nº Artículo	737436	Nº Equipo	1756827

Identificación de patrones

Ángulos: Colimador de ejes Wild modelo 381546 nº 9694 con certificado CEM número 160307009
Distancias: Línea base con centrado forzoso y 2 reflectores con certificado del CEM número 160307010

Los certificados de nuestros patrones pueden ser descargados en el siguiente link:
http://www.leica-geosystems.es/es/Servicio-Tecnico_52995.htm

Incertidumbre asociada a los patrones e instrumento objeto

La incertidumbre asociada con el patrón e instrumento al que hace referencia este certificado está calculada para un factor de cobertura K=2, aproximadamente equivalente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre se ha determinado conforme al documento EAL-R2 (1996) cuya designación actual es EA-4/02.

Procedimientos de verificación

Patrones: Procedimiento descrito en documentación interna de Leica Geosystems S.L., P.C.P LG 05-11.
Instrumento: Procedimiento descrito en documentación interna de Leica Geosystems S.L., P.V.TPS LG 05-11, P.A. TPS LG 05-11.

Condiciones ambientales:

Temperatura durante la revisión 22°C +/- 3°C.
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

Cálculo de resultados:

Los resultados aquí obtenidos pueden resultar por debajo de las precisiones marcadas en las características técnicas dadas por el fabricante debido a las condiciones ideales en las que se realizan las mediciones. Los valores de salida en los resultados se marcarán en el valor de la tolerancia.

Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin
previa aprobación escrita de la entidad emisora

Page 4/2



Leica Geosystems S.L.
Nicaragua 46, 08026 Barcelona Spain
www.leica-geosystems.es

Sociedad Unipersonal inscrita en el registro Mercantil de Euzkadi, Tomo 29.805; Folio 107; Hoja B-165905; Inscripción 1-C.I.F. B-01395497

- when it has to be right



Certificado

Por la presente, certificamos que el producto descrito ha sido testeado y cumple con las especificaciones del producto detalladas a continuación.

- Valido Los resultados del ensayo están dentro de la especificación del producto
- No Valido Los resultados del ensayo no están dentro de la especificación del producto

Mediciones

Error de entrada:

	M1
Desviación Hz (Gon)	0.0002
Desviación V (Gon)	0.0016
Desviación D1 (mm)	0.3

Error de Salida:

	M1	M2	M3	M5	M5
Desviación Hz (Gon)	0.0003	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003
Desviación V (Gon)	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001
Desviación D1 (mm)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3

Resultados:

	Entrada	Tolerancia	Salida	Incertidumbre
Desviación Hz (Gon)	0.0016	0.0015	0.0015	0.0001
Desviación V (Gon)	0.0015	0.0015	0.0015	0.0002
Desviación distancia (mm)				
Distanciómetro Infrarrojo	2	2mm + 2 ppm	2	0.2
Distanciómetro láser	3	3mm + 2 ppm	3	0.2

Notas

Terminología V: valor ángulo vertical.
 Hz: valor ángulo horizontal.
 D1: distancia conocida y certificada por el CEM.
 Mx: número de medida realizada.

Leica Geosystems S.L.

20.06.2016

Leica Geosystems, S.L.
 Ctra. Bibba Plencia, 31
 Edificio Itziar nº 294
 Itziar Miguel (Técnico: 110336)
 Junior Service Technician

Javier Carbonero
 Manager Technical Service

Sociedad Impersonal inscrita en el registro Mercantil de Barcelona, Tomo 28.965, Folio 107, Hoja B-163065, Inscripción 1.C.I.F. B17285497



Este Certificado no puede ser reproducido parcial ni en su totalidad sin
 previo consentimiento escrito de la entidad emisora

Leica Geosystems S.L.
 Nicaragua 46, 08026 Barcelona Spain
www.leica-geosystems.es

La siguiente tabla presenta las características principales del receptor GNSS utilizado para la obtención de las coordenadas de los puntos de enlace con el sistema ETRS89.

HIPER PRO	
DESCRIPTION	40 channel integrated GPS+ receiver/antenna with MINTER interface
TRACKING SPECIFICATIONS	
Tracking channels, standard	40 L1 GPS (20GPS L1+L2 on Cinderella days) *
Tracking channels, optional	20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1 + GLONASS (GG) 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD)
Signals Tracked	GPS L1/L2, C/A and P Code & Carrier and GLONASS L1/L2 and L2C
PERFORMANCE SPECIFICATIONS	
Static, Rapid Static	H: 3 mm + 0.5 ppm V: 5 mm + 0.5 ppm
RTK	H: 10 mm + 1.0 ppm V: 15 mm + 1.0 ppm
Cold Start	<60 seconds
Warm Start	<10 seconds
Reacquisition	<1 second
POWER SPECIFICATIONS	
Battery	Internal Lithium-Ion batteries for up to 14+ hours of operation (10 hours Tx)
External power input	6 to 28 volts DC
Power consumption	Less than 4.2 watts
GPS+ ANTENNA SPECIFICATIONS	
GPS / GLONASS Antenna	Integrated
Ground Plane	Integrated flat ground plane
RADIO SPECIFICATIONS	
Radio Type	Internal Tx/Rx (selectable frequency range)
Power Output	1.0 Watt / 0.25 Watt (selectable)
Radio Antenna	Center-mount UHF Antenna
WIRELESS COMMUNICATION	
Communication	Bluetooth® version 1.1 comp. **†
I/O	
Communication Ports	2x serial (RS232)
Other I/O Signals	1pps, Event Marker
Status Indicator	4x3-color LEDs (Green, Red, Yellow), two-function keys (MINTER)
Control & Display Unit	External Field Controller
MEMORY & RECORDING	
Internal Memory	Up to 1 GB
Update Rate	Up to 20 times per second (20Hz)
Data Type	Code and Carrier from L1 and L2, GPS and GLONASS and L2C GLONASS
DATA OUTPUT	
Real time data outputs	RTCM SC104 version 2.1, 2.2, 2.3, CMR, CMR+
ASCII Output	NMEA 0183 version 3.0
Other Outputs	TPS format
Output Rate	Up to 20 times per second (20Hz)
ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS	
Enclosure	Aluminum extrusion, waterproof
Operating	Temperature -30°C to 55°C
Dimensions	W:159 x H:172 x D:88 mm
Weight	1.65 kg

Specifications are subject to change without notice. Performance specifications assume a minimum of 6 GPS or 7 GPS/GLONASS satellites above 15 degrees in elevation and adherence to procedures recommended by TPS in the appropriate manuals. In areas of high multipath, during periods of high PDOP and during periods of high ionospheric activity performance may be degraded. Robust checking procedures are highly recommended in areas of extreme multipath or under dense foliage.

* Cinderella feature activates full receiver reception at GPS midnight every other Tuesday for 24 hours.

** Bluetooth® type approvals are country specific. Please contact your Topcon representative for more information.

† The Bluetooth word mark and logos are owned by the Bluetooth SIG, Inc. and any use of such marks by Topcon Positioning Systems, Inc. is under license. Other trademarks and trade names are those of their respective owners.

En cuanto al dron que se ha empleado, sus características son las siguientes:

Apéndice

Especificaciones

Aeronave

Peso (batería y hélices incluidas)	1280 g
Velocidad de ascenso máx.	5 m/s
Velocidad de descenso máx.	3 m/s
Velocidad máx.	16 m/s (modo ATTI, sin viento)
Altitud de vuelo máx.	6000 m
Tiempo de vuelo máx.	23 minutos aprox.
Temperatura de funcionamiento	0 °C a 40 °C
Modo GPS	GPS/GLONASS

Gimbal

Intervalo controlable	Inclinación -90° a +30°
-----------------------	-------------------------

Posicionamiento visual

Intervalo de velocidad	< 8 m/s (2 m sobre el nivel del suelo)
Intervalo de altitud	30 cm-300 cm
Intervalo de funcionamiento	30 cm-300 cm
Entorno de funcionamiento	Superficies con patrones e iluminación brillante (> 15 lux)

Cámara

Sensor	Sony EXMOR 1/2.3" Píxeles efectivos: 12,4 M (píxeles totales: 12,76 M)
Objetivo	FOV 94° 20 mm (equivalente a formato de 35 mm) f/2,8
Intervalo de ISO	100-3200 (vídeo) 100-1600 (fotos)
Velocidad obturador electrónico	8 s -1/8000 s
Tamaño máx. imagen	4000 x 3000
Modos de fotografía fija	Disparo único
	Disparo en ráfagas: 3/5/7 fotogramas
	Horquilla de exposición automática (AEB): 3/5 fotogramas horquillados con sesgo de 0,7 EV
	Disparo a intervalos
Tipos de tarjetas SD admitidas	MicroSD Capacidad máx.: 64 GB Se necesita clasificación clase 10 o UHS-1 UHD: 4096x2160 p 24/25, 3840x2160 p 24/25/30
Modos de grabación de vídeo	FHD: 1920x1080 p 24/25/30/48/50/60 HD: 1280x720 p 24/25/30/48/50/60
Tasa de bits máx. para almacenamiento de vídeo	60 Mbps
Formatos de archivo admitidos	FAT32/exFAT
	Fotografía: JPEG, DNG Vídeo: MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
Intervalo de temperaturas de funcionamiento	0 °C a 40 °C

Phantom 3 Professional Manual del usuario

Controlador remoto	
Frecuencia de funcionamiento	2400 GHz-2483 GHz
Distancia de transmisión	2000 m (exteriores y sin obstrucciones)
Puerto de salida de vídeo	USB
Intervalo de temperaturas de funcionamiento	0 °C-40 °C
Batería	6000 mAh LiPo 2S
Soporte para dispositivo móvil	Tabletas y teléfonos inteligentes
Potencia de transmisión (EIRP)	FCC: 20 dbm; CE:16 dbm
Voltaje de funcionamiento	1,2 A a 7,4 V
Cargador	
Voltaje	17,4 V
Potencia nominal	100 W
Batería de vuelo inteligente (PH3-4480 mAh-15.2 V)	
Capacidad	4480 mAh
Voltaje	15,2 V
Tipo de batería	LiPo 4S
Energía	68 Wh
Peso neto	365 g
Temperatura de funcionamiento	-10°a 40°
Potencia de carga máx.	100 W

Apéndice

Descripción del indicador de estado de la aeronave

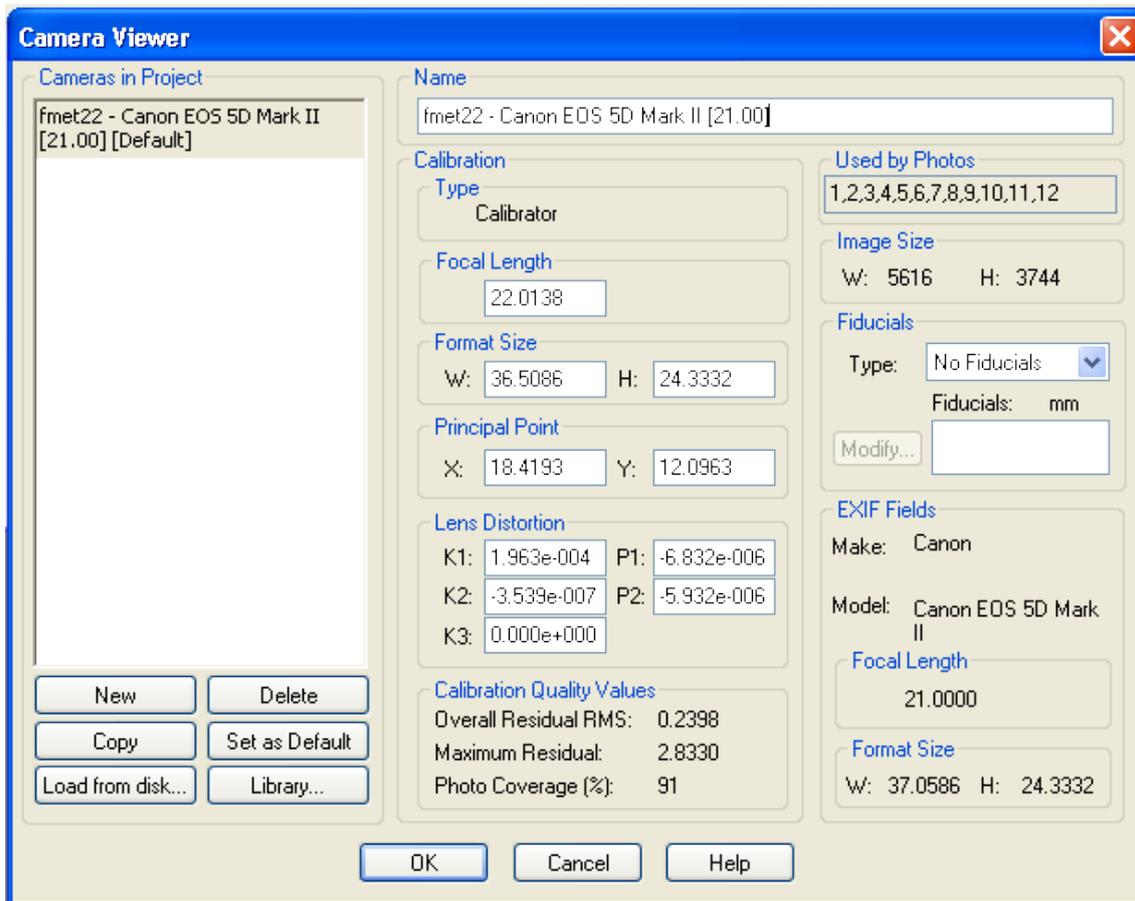
Normal

R G Y Parpadeo alternativo en rojo, verde y amarillo	Encendido y autocomprobación
G Y Parpadeo alternativo en verde y amarillo	Aeronave en calentamiento
G Parpadeo lento en verde	Vuelo seguro (modo P con GPS y posicionamiento visual)
G X2 Parpadeo en verde dos veces	Vuelo seguro (modo P con posicionamiento visual pero sin GPS)
Y Parpadeo lento en amarillo	Vuelo seguro (modo A sin GPS ni posicionamiento visual)

Advertencia

Y Parpadeo rápido en amarillo	Pérdida de señal del controlador remoto
R Parpadeo lento en rojo	Advertencia de batería baja
R Parpadeo rápido en rojo	Advertencia de batería crítica
R Parpadeo alternativo en rojo	Error de IMU
R — Rojo fijo	Error crítico
R Y Parpadeo alternativo en rojo y amarillo	Es necesario calibrar la brújula

Las tomas desde tierra del patio (esquinas y tomas desde las ventanas del piso superior), así como la documentación de los alzados interiores y las bóvedas se han realizado con una cámara Canon-EOS 5D-Mark II de 20 megapíxeles equipada con un objetivo de 21 mm. La siguiente imagen muestra sus características técnicas así como sus parámetros de calibración¹³.



¹³ En todo caso, el procesado de las imágenes con el programa *Agisoft Photoscan*® no utiliza estos datos de calibración ya que calcula sus propios parámetros.

Por otra parte, la cámara de 360° utilizada es una Ricoh Theta S, cuyas especificaciones se listan a continuación:



Guía del usuario de RICOH THETA S

Especificaciones

Sensor de imagen:

1/2.3 CMOS (12,0 megapíxeles totales aproximadamente) x 2

Densidad de píxeles de salida:

14,0 megapíxeles aproximadamente si el tamaño de la imagen es de 5376 x 2688, 2,1 megapíxeles aproximadamente si el tamaño de la imagen es de 2048 x 1024

Objetivo:

Número F: F 2.0

Distancia del objeto: Aproximadamente 10 cm - ∞ (desde el frontal del objetivo)

Composición del objetivo: 7 elementos en 6 grupos x 2

Modo captura:

Imagen fija: Automático, prioridad a la obturación, prioridad ISO (*1), manual

Vídeo: Automático

Distancia del objeto:

Aproximadamente 10 cm - ∞ (desde el frontal del objetivo)

Modo control de exposición:

Programa AE, prioridad de la velocidad de obturación AE, sensibilidad de la ISO AE, exposición manual

Compensación de exposición:

Imagen fija: Compensación manual (-2.0 - +2.0 EV, en pasos de 1/3 EV) (*1)

Sensibilidad ISO (sensibilidad de salida estándar):

Imagen fija: ISO100 - 1600

Vídeo: ISO100 - 1600

Emisión en vivo: ISO100 - 1600

Modo balance de blancos:

Imagen fija: Automático, exterior, sombra, nublado, luz incandescente 1, luz incandescente 2, luz fluorescente de color luz del día, luz fluorescente del blanco natural, luz fluorescente blanca, luz fluorescente de color bombilla, especificación de la temperatura de color (*1)

Vídeo: Automático

Emisión en vivo: Automático

Velocidad de obturación:

Imagen fija: 1/6400 - 1/8 segundos (en modo automático, con prioridad ISO o con prioridad a la obturación), 1/6400 - 60 segundos (en modo manual)

Vídeo: 1/8000 - 1/30 segundos (en tamaño de vídeo 1920 x 1080), 1/8000 - 1/15 segundos (en tamaño de vídeo 1280 x 720)

Emisión en vivo: de 1/8000 segundos a 1/30 segundos

Medio de grabación:

Memoria interna: Aproximadamente 8 GB

Número de fotos que se pueden grabar/tiempo (*2):

Imagen fija: 1600 imágenes aproximadamente si el tamaño de la imagen es de 5376 x 2688, 9000 imágenes aproximadamente si el tamaño de la imagen es de 2048 x 1024

Vídeo (tiempo de grabación): Hasta 25 minutos o menos de 4 GB (*3)

Vídeo (tiempo total de grabación): 65 minutos aproximadamente si el tamaño del vídeo es de 1920 x 1080, 175 minutos aproximadamente si el tamaño del vídeo es de 1280 x 720

Fuente de alimentación:

Batería de ión de litio (integrada) (*4)

Duración de la batería:

260 fotos aproximadamente (*5)

Formato del archivo de imagen:

Imagen fija: JPEG (Exif versión 2.3), compatible con DCF2.0,
Vídeo: MP4 (Vídeo: MPEG-4 AVC/H.264, Audio: AAC)

Otros:

Temporizador automático, captura a intervalos, captura compuesta a intervalos, sistema de horquillado múltiple

Interfaz externa:

Terminal Micro USB: USB 2.0
Terminal Micro HDMI (Tipo-D): HDMI 1.4

Dimensiones exteriores/externas:

44 mm (ancho) x 130 mm (alto) x 22,9 mm (17,9 mm (*6)) (fondo)

Peso:

125 g aproximadamente

Rango de temperatura de funcionamiento:

0 °C - 40 °C

Rango de humedad de funcionamiento:

90 % o inferior

Rango de temperatura de conservación:

-20 °C ~ 60 °C

(*1)

Se necesita un smartphone para cambiar los modos o configurar los ajustes manuales.

(*2)

El número de fotos y el tiempo son solo orientativos. El número real varía según las condiciones de las fotos.

(*3)

Cierre automático si aumenta la temperatura interna.

(*4)

Conecte la batería a un ordenador para que se cargue con el cable USB suministrado.

(*5)

El número de fotos que se pueden tomar es orientativo y se basa en el método de medición de RICOH (conexión Wi-Fi, se toma una foto cada 30 segundos y se transfiere al smartphone). El número real varía según las condiciones de funcionamiento.

(*6)

No incluye la sección del objetivo.

Por otra parte, la siguiente tabla describe las especificaciones técnicas del escáner de luz estructurada empleado en las pruebas para determinar el estado actual de los grafitos.

SCAN IN A BOX - TECHNICAL SPECIFICATIONS

Scanner Dimensions	400 x 105 x 92 mm
Box Dimensions	468 x 440 x 130 mm
Box Weight	5,5Kg
Scanning Technology	Structured Light
Scanning Time	≤ 4 sec per scan
Scanning Fields	reconfigurable from 100 x 80mm to 500 x 400mm
Scanning Object Dimensions	suggested from 10mm to 2000mm
Scanning Working Distance	from 200mm to 1120mm
Resolution / Point Spacing	from 0,078mm to 0,390mm
Precision / Accuracy	until 0,1% compared to scanned object
Mesh Density	until 10 million vertexes per model
Texture / Colour Data	available, included
Automatic TurnTable	available, optional
Software	IDEA the Software
Export File Format	OBJ, STL, PLY, OFF

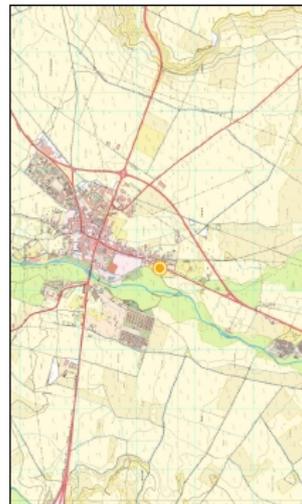
Anexo 2: Reseñas de las estaciones de referencia GNSS y cálculo

Las bases de referencia para el cálculo GNSS corresponden a la red de estaciones permanente del Gobierno de La Rioja.

		IDERioja (Infraestructura de Datos Espaciales de La Rioja)		Geodesia y GPS	
		Red de Estaciones Permanentes GNSS 13 de Mayo de 2009			
Documento	REP002	v.1.00*			
Sustituye					
Red de Estaciones Permanentes GNSS del Gobierno de La Rioja					

CASALARREINA (CAS0)

COORDENADAS GEODÉSICAS (ETRS89)	
Latitud	42° 32' 37,49002" N
Longitud	2° 54' 49,60129" W
Altura elipsoidal	564,223 m
COORDENADAS GEOCÉNTRICAS (ETRS89)	
X	4700702,5804m
Y	-239260,6307 m
Z	4290677,8446m
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO	
Receptor	Trimble NETRS
Antena	Trimble TMR41249.00 none
Observaciones	GPS
Frecuencias	L1 y L2
CÓDIGO IERS (DOME NUMBER)	19344M001
CAS0:	



* Esta Nota Técnica será publicada y actualizada en sus posteriores versiones en el portal de IDERioja: www.iderioja.org

IDERioja (Infraestructura de Datos Espaciales de La Rioja)		Geodesia y GPS	
Red de Estaciones Permanentes GNSS del Gobierno de La Rioja		Red de Estaciones Permanentes GNSS	
Documento	REP005	v.1.00*	13 de Mayo de 2009
Sustituye			
Red de Estaciones Permanentes GNSS del Gobierno de La Rioja			

VENTROSA (VTRO)

COORDENADAS GEODÉSICAS (ETRS89)

Latitud 42° 10' 28,84938" N
 Longitud 2° 50' 47,94843" W
 Altura elipsoidal 1626,210 m

COORDENADAS GEOCÉNTRICAS (ETRS89)

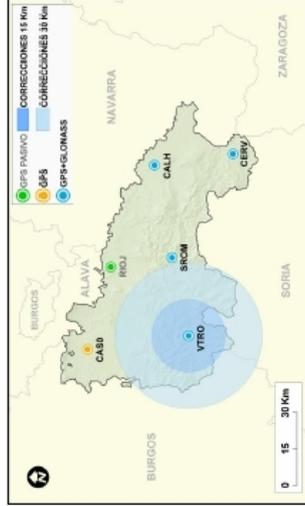
X 4729356,2186 m
 Y -235164,2902 m
 Z 4261094,8056 m

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Receptor Leica GRX1200 GGPro
 Antena LEIAT504GG LEIS
 Observaciones GPS y GLONASS
 Frecuencias L1, L2 y L2C

CÓDIGO IERS (DOME NUMBER)

VTRO: 19347M001



* Esta Nota Técnica será publicada y actualizada en sus posteriores versiones en el portal de IDERioja: www.iderioja.org

Anexo 3: Coordenadas de la red de referencia topográfica

Como se ha indicado en la memoria, el primer día de campo se realizó una observación GNSS de tres puntos situados en la parte enlosada del patio (alrededor del pozo), el cálculo posterior de estos puntos dio como resultado las siguientes coordenadas UTM –huso 30- en el sistema ETRS89.

	X-utm	Y-utm	Z-utm
GPS1	511127,933	4685970,965	779,816
GPS2	511131,210	4685970,566	779,868
GPS3	511130,057	4685973,931	779,787

La precisión que, para estos valores, aportó el cálculo fue de 1,5 cm en horizontal y 2 cm en altura.

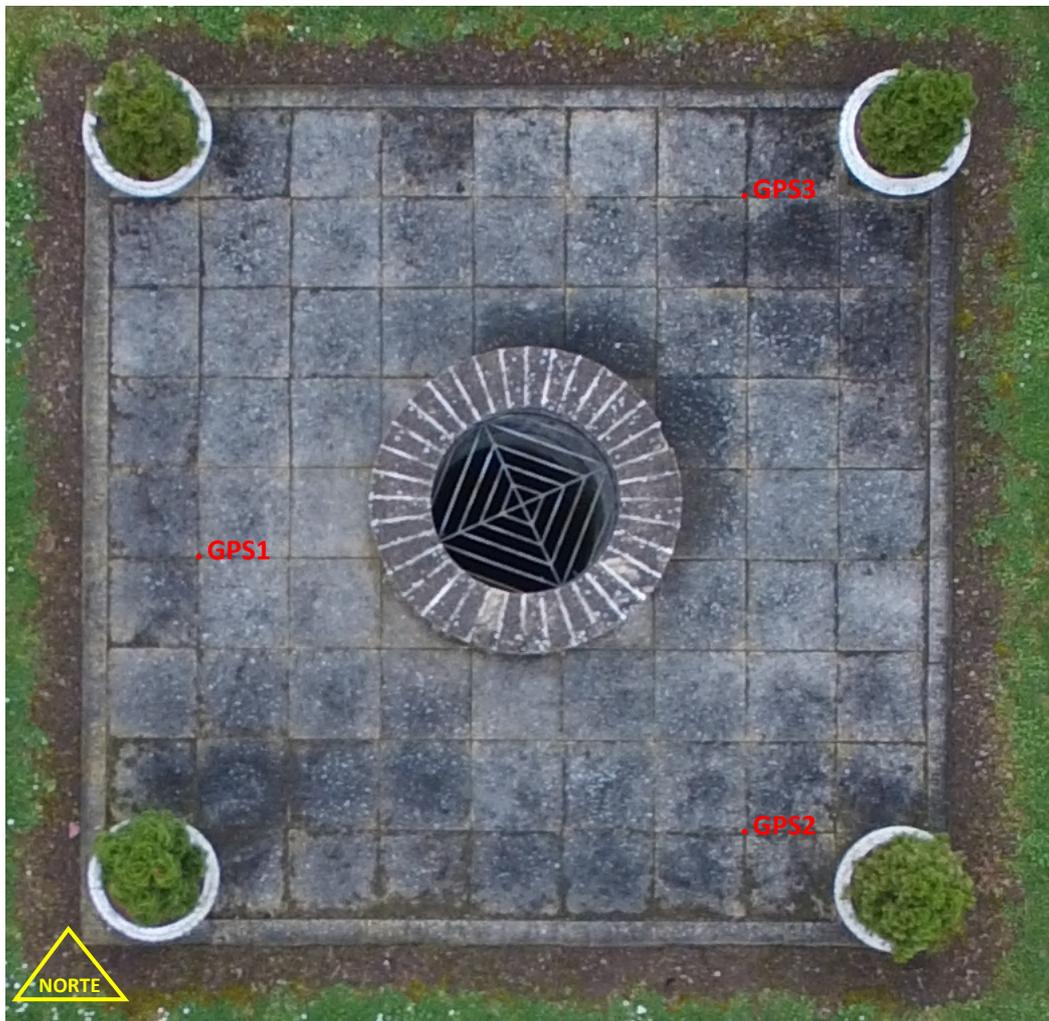


Fig. a3.1.- Puntos observados con técnicas GNSS (coordenadas absolutas) y con estación total (coordenadas locales). Los puntos se encuentran en los espacios entre baldosas (el norte está referido a la denominación de los alzados, como se ha indicado existe un giro de 23º con respecto al geográfico).

Este primer día de campo también se obtuvieron coordenadas en un sistema local de estos mismos puntos, además de las correspondientes a ocho puntos situados en arquetas en la parte exterior del patio y los puntos destacados situados en las fachadas exteriores que se indican más adelante. Las coordenadas locales tienen una precisión de unos 5 mm (la correspondiente a la medida directa con estación total). Por otro lado, las coordenadas locales no incluyen el factor de escala que está presente en las coordenadas UTM por lo que son preferibles para realizar medidas sobre los elementos arquitectónicos en verdadera magnitud.

Con el fin de conjugar ambos tipos de coordenadas, es decir, disponer de coordenadas con la precisión subcentimétrica proporcionada por la estación total pero que sean fácilmente relacionables con las coordenadas UTM de la cartografía oficial lo que se procedió a realizar es una transformación de coordenadas compuesta por traslaciones en X e Y una rotación (en el eje Z) más un desplazamiento en cota. Los parámetros se calcularon desde las coordenadas locales de los valores obtenidos mediante GNSS de forma que la geometría interna de las medidas locales se mantuviese.

Con el fin de disponer de valores de coordenadas más compactas, los valores se han desplazado -510.000 metros en X y -4.680.000 metros en dirección Y.

Por lo tanto, si se quiere obtener las coordenadas UTM-huso 30 (ETRS89) de cualquiera de los puntos que se listan a continuación (o de los modelos 3D generados) es suficiente con sumar 510.000 metros en X y 4.680.000 metros en Y (el valor de Z se ha mantenido). La precisión relativa de las coordenadas es la correspondiente a la medida topográfica con estación total (unos 5 mm) si bien el ajuste en coordenadas absoluto tiene un error que incluye el efecto del factor de escala de la proyección y la contribución de la transformación bidimensional de coordenadas, este error se ha estimado con los residuos de dicha transformación bidimensional para los puntos medidos con GNSS, siendo su valor de unos 5 cm.

A continuación se presentan las coordenadas de proyecto de los puntos medidos con técnicas GNSS y las esquinas de las arquetas que también forman parte de la red de referencias.

Puntos en el patio

	X	Y	Z
AL_SS	1133,533	5960,812	727,058
AL_SO	1122,279	5956,237	727,036
AL_OO	1118,605	5967,148	727,040
AL_NO	1114,230	5978,436	727,076
AL_NN	1125,290	5982,176	727,087
AL_NE	1136,423	5986,580	727,124
AL_EE	1140,109	5975,764	727,092
AL_SE	1144,459	5964,689	727,106
GPS1	1127,887	5970,978	726,813
GPS2	1131,255	5970,574	726,802
GPS3	1130,058	5973,911	726,820

La siguiente imagen muestra la posición de los puntos observados con técnicas GNSS y las esquinas de las arquetas de las que se han obtenido coordenadas.

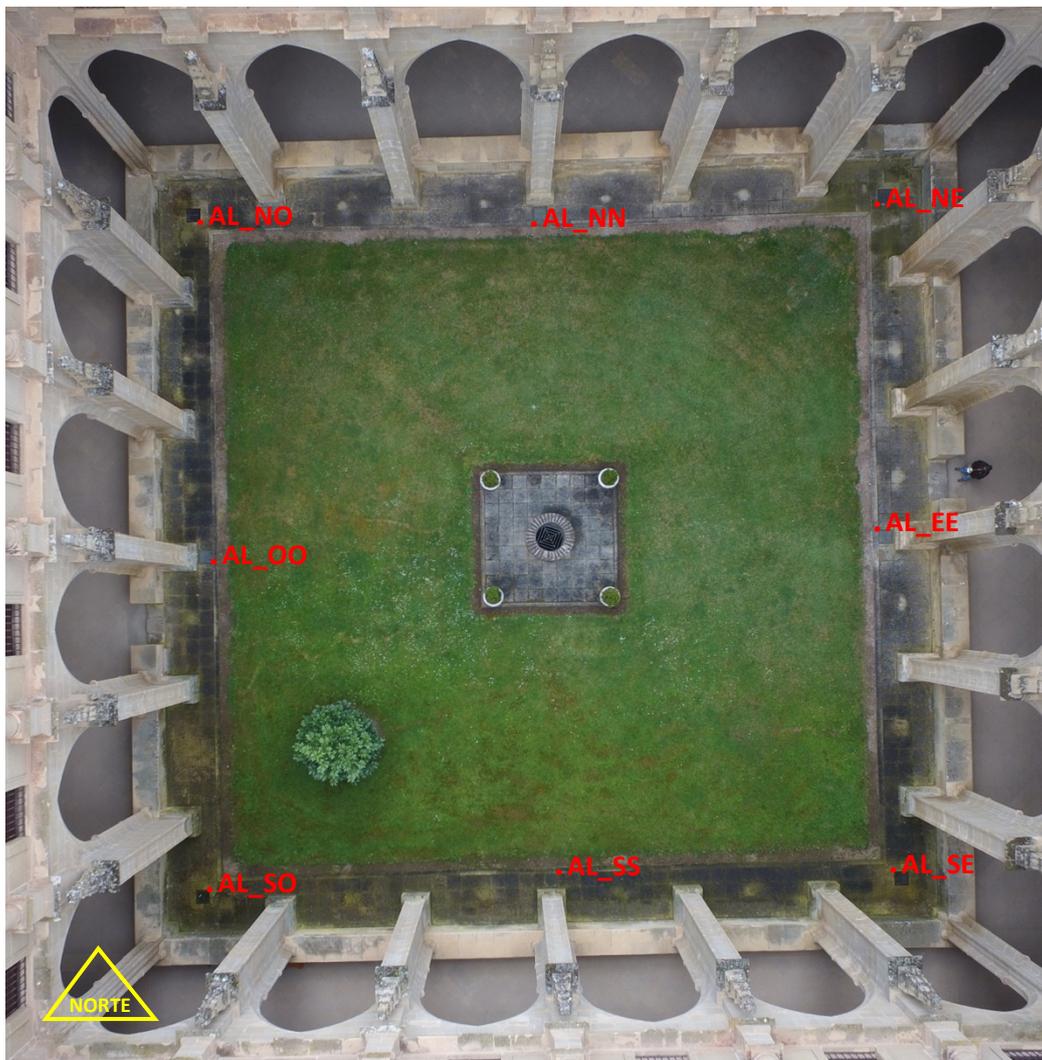


Fig. a3.2.- Croquis de distribución de los puntos en las arquetas del patio (indicación del norte referida a la denominación de los alzados).

Los puntos destacados en las fachadas se codifican con las letras «PD» a las que se le añade el identificador de la fachada («N» norte, «S» sur, «E» este y «O» oeste) y, finalmente, un código que identifica la localización del punto en la fachada. La distribución de los puntos destacados sigue el orden marcado en la siguiente imagen (correspondiente al alzado norte).

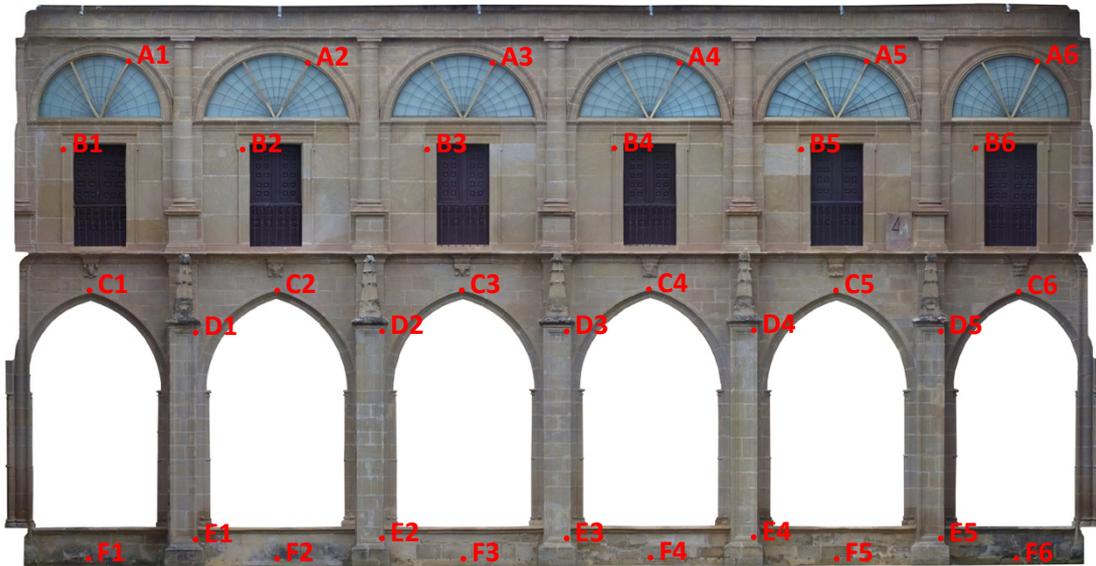


Fig. a3.3.- Croquis de distribución de los puntos destacados sobre las fachadas exteriores del claustro.

La letra del código indica la posición en un determinado elemento arquitectónico:

- A: [sobre el alzado] esquina (interior) de la unión de los perfiles metálicos, corresponde al brazo derecho –respecto al observador– de la forma en «V», siendo el punto seleccionado el que queda hacia el sector central de la ventana circular. [en profundidad] corresponde al plano de fuera (el que no toca al cristal).



Fig. a3.4.- Posición de los puntos codificados como «A».

- B: [sobre el alzado] esquina del reborde ornamental que enmarca las puertas, corresponde a la parte superior de la jamba izquierda –que queda ligeramente a la derecha del extremo del dintel- en su parte externa. [en profundidad] corresponde a la parte de fuera del reborde (el que no está en contacto directo con el muro).

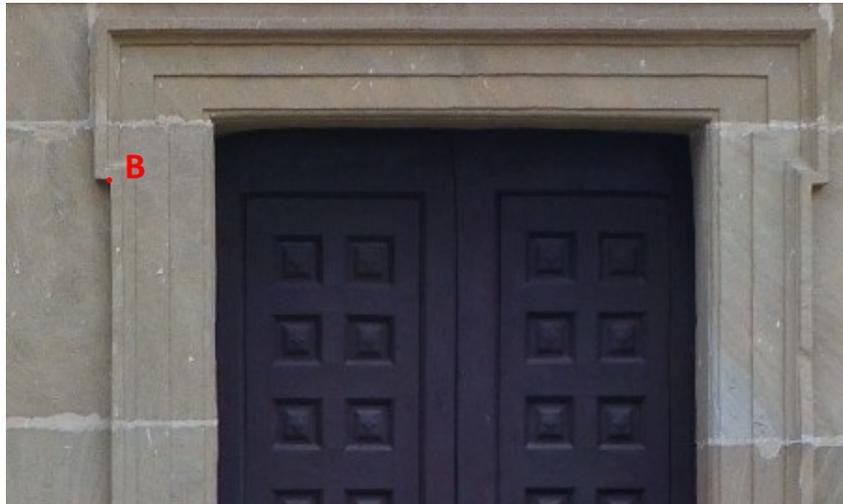


Fig. a3.5.- Posición de los puntos codificados como «B».

- C: [sobre el alzado] punto superior del arco. [en profundidad] se sitúa en el plano de afuera (el que corresponde a la pared de sillares).



Fig. a3.6.- Posición de los puntos codificados como «C».

- D: [sobre el alzado] en el detalle ornamental en forma de marco más exterior del contrafuerte, se sitúa en el extremo interior de la esquina superior derecha. [en profundidad] en el plano de afuera.



Fig. a3.7.- Posición de los puntos codificados como «D».

- E: [sobre el alzado] en el detalle ornamental en forma de marco más exterior del contrafuerte, se sitúa en el extremo interior de la esquina inferior derecha. [en profundidad] en el plano de afuera.



Fig. a3.8.- Posición de los puntos codificados como «E».

- F: [sobre el alzado] centro de la rejilla de ventilación que queda a la mitad del muro en su parte baja (es la sexta de once en los arcos 2, 3, 4 y 5, pero la quinta de nueve en los arcos 1 y 6). En los alzados este y oeste falta la correspondiente al tercer arco. [en profundidad] sobre el plano de la pared.



Fig. a3.9.- Posición de los puntos codificados como «F».

Alzado Norte

	X	Y	Z
PD_N_A1	1114,760	5980,420	739,853
PD_N_A2	1119,007	5981,932	739,827
PD_N_A3	1123,382	5983,529	739,843
PD_N_A4	1127,768	5985,147	739,850
PD_N_A5	1132,139	5986,773	739,849
PD_N_A6	1136,130	5988,301	739,837
PD_N_B1	1113,215	5979,859	737,614
PD_N_B2	1117,370	5981,352	737,622
PD_N_B3	1121,767	5982,958	737,611
PD_N_B4	1126,162	5984,567	737,612
PD_N_B5	1130,562	5986,188	737,606
PD_N_B6	1134,626	5987,713	737,604
PD_N_C1	1113,951	5979,950	734,020
PD_N_C2	1118,304	5981,525	734,069
PD_N_C3	1122,693	5983,121	734,068
PD_N_C4	1127,094	5984,726	734,095
PD_N_C5	1131,477	5986,359	734,031
PD_N_C6	1135,790	5987,971	734,047
PD_N_D1	1116,762	5979,729	733,053
PD_N_D2	1121,172	5981,319	733,053
PD_N_D3	1125,573	5982,930	733,069
PD_N_D4	1129,958	5984,550	733,084
PD_N_D5	1134,342	5986,181	733,089
PD_N_E1	1116,761	5979,768	727,734
PD_N_E2	1121,161	5981,363	727,750
PD_N_E3	1125,546	5982,976	727,784
PD_N_E4	1129,939	5984,591	727,804

PD_N_E5	1134,320	5986,209	727,804
PD_N_F1	1114,202	5979,972	727,268
PD_N_F2	1118,317	5981,462	727,270
PD_N_F3	1122,741	5983,087	727,291
PD_N_F4	1127,119	5984,719	727,310
PD_N_F5	1131,513	5986,334	727,327
PD_N_F6	1135,587	5987,868	727,323

Alzado Este

	X	Y	Z
PD_E_A1	1138,496	5985,963	739,777
PD_E_A2	1139,970	5981,886	739,824
PD_E_A3	1141,538	5977,577	739,815
PD_E_A4	1143,125	5973,301	739,852
PD_E_A5	1144,718	5968,996	739,866
PD_E_A6	1146,241	5964,909	739,819
PD_E_B1	1137,892	5987,617	737,600
PD_E_B2	1139,367	5983,519	737,619
PD_E_B3	1140,940	5979,203	737,626
PD_E_B4	1142,517	5974,908	737,637
PD_E_B5	1144,092	5970,599	737,652
PD_E_B6	1145,592	5966,520	737,652
PD_E_C1	1137,981	5986,921	734,056
PD_E_C2	1139,520	5982,651	734,009
PD_E_C3	1141,105	5978,316	734,004
PD_E_C4	1142,707	5974,006	734,020
PD_E_C5	1144,275	5969,700	734,023
PD_E_C6	1145,895	5965,323	733,965
PD_E_D1	1137,740	5984,113	733,106
PD_E_D2	1139,315	5979,809	733,119
PD_E_D3	1140,908	5975,499	733,044
PD_E_D4	1142,476	5971,215	733,082
PD_E_D5	1144,068	5966,873	733,153
PD_E_E1	1137,747	5984,122	727,726
PD_E_E2	1139,316	5979,832	727,716
PD_E_E3	1140,904	5975,519	727,716
PD_E_E4	1142,486	5971,237	727,710
PD_E_E5	1144,063	5966,887	727,686
PD_E_F1	1137,975	5986,672	727,289
PD_E_F2	1139,460	5982,608	727,270
PD_E_F4	1142,662	5974,011	727,265
PD_E_F5	1144,213	5969,660	727,243
PD_E_F6	1145,696	5965,588	727,173

Alzado Oeste

	X	Y	Z
PD_O_A1	1120,335	5956,724	739,851
PD_O_A2	1118,816	5960,913	739,814
PD_O_A3	1117,229	5965,271	739,816
PD_O_A4	1115,653	5969,619	739,849
PD_O_A5	1114,041	5973,988	739,834
PD_O_A6	1112,548	5978,003	739,867
PD_O_B1	1120,898	5955,213	737,599
PD_O_B2	1119,423	5959,290	737,597
PD_O_B3	1117,831	5963,650	737,614
PD_O_B4	1116,244	5968,006	737,592
PD_O_B5	1114,648	5972,364	737,626
PD_O_B6	1113,123	5976,493	737,617
PD_O_C1	1120,736	5955,994	734,064
PD_O_C2	1119,210	5960,228	734,088
PD_O_C3	1117,647	5964,531	734,103
PD_O_C4	1116,060	5968,911	734,085
PD_O_C5	1114,472	5973,262	734,055
PD_O_C6	1112,835	5977,666	734,041
PD_O_D1	1120,995	5958,682	733,031
PD_O_D2	1119,417	5963,032	733,026
PD_O_D3	1117,844	5967,388	733,049
PD_O_D4	1116,243	5971,767	733,010
PD_O_D5	1114,658	5976,124	733,075
PD_O_E1	1120,979	5958,688	727,757
PD_O_E2	1119,402	5963,035	727,770
PD_O_E3	1117,819	5967,384	727,769
PD_O_E4	1116,242	5971,757	727,766
PD_O_E5	1114,655	5976,117	727,750
PD_O_F1	1120,752	5956,218	727,225
PD_O_F2	1119,290	5960,250	727,193
PD_O_F4	1116,107	5968,989	727,270
PD_O_F5	1114,524	5973,356	727,277
PD_O_F6	1113,044	5977,436	727,264

Alzado Sur

	X	Y	Z
PD_S_A1	1143,935	5962,613	739,843
PD_S_A2	1139,806	5961,074	739,883
PD_S_A3	1135,442	5959,434	739,883
PD_S_A4	1131,080	5957,776	739,868
PD_S_A5	1126,690	5956,109	739,841
PD_S_A6	1122,580	5954,540	739,795
PD_S_B1	1145,529	5963,210	737,659
PD_S_B2	1141,435	5961,690	737,650

PD_S_B3	1137,060	5960,067	737,646
PD_S_B4	1132,694	5958,414	737,636
PD_S_B5	1128,329	5956,754	737,620
PD_S_B6	1124,204	5955,190	737,597
PD_S_C1	1144,790	5963,133	733,954
PD_S_C2	1140,528	5961,531	734,021
PD_S_C3	1136,179	5959,884	734,077
PD_S_C4	1131,808	5958,223	734,065
PD_S_C5	1127,391	5956,539	734,152
PD_S_C6	1123,070	5954,893	734,074
PD_S_D1	1142,013	5963,325	733,116
PD_S_D2	1137,654	5961,685	733,053
PD_S_D3	1133,287	5960,036	733,021
PD_S_D4	1128,897	5958,366	732,944
PD_S_D5	1124,538	5956,691	733,057
PD_S_E1	1141,993	5963,325	727,723
PD_S_E2	1137,652	5961,671	727,715
PD_S_E3	1133,286	5960,016	727,678
PD_S_E4	1128,909	5958,350	727,669
PD_S_E5	1124,541	5956,694	727,710
PD_S_F1	1144,559	5963,134	727,178
PD_S_F2	1140,422	5961,601	727,233
PD_S_F3	1136,112	5959,961	727,124
PD_S_F4	1131,769	5958,313	727,202
PD_S_F5	1127,344	5956,634	727,202
PD_S_F6	1123,221	5955,063	727,205

Anexo 4: Metadatos introducidos en las fotografías

Aparte de los metadatos Exif introducidos directamente por la cámara en el momento de la toma (marca y modelo de la cámara, fecha y condiciones de la toma), se han incorporado los campos siguientes:

- Datos sobre la imagen:
 - o Artist: Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU.
 - o Copyright: Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU.
 - o Description: Fotografías del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja).
 - o UserComment: www.ldgp.es
- Localización:
 - o Latitud: 42º 18,5717' N
 - o Longitud: 2º 51,9035' W

Por otro lado, los metadatos IPTC que se han incluido son:

- Contenido IPTC:
 - o Titular: Claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja).
 - o Autor de la descripción: Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU.
- Copyright IPTC:
 - o Copyright: Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU.
 - o Estado del copyright: con copyright.
 - o URL de información de copyright: <http://www.ldgp.es>
- Creador IPTC:
 - o Creador: Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio UPV/EHU.
 - o Dirección del creador: c/ Justo Vélez de Elorriaga, 1 – Centro de Investigación Micaela Portilla (Despacho 2.01 – GPAC).
 - o Ciudad del creador: Vitoria-Gasteiz.
 - o Estado / provincia del creador: Álava.
 - o Código postal del creador: 01006.
 - o País del creador: España.
 - o Teléfono del creador: +34 945013264
 - o Correo electrónico del creador: ldgp@ehu.es

- Sitio web del creador: <http://www.ldgp.es>
- Imagen IPTC:
 - Fecha de creación: 2017.
 - Ubicación: Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso.
 - Ciudad: San Millán de la Cogolla.
 - Estado/provincia: La Rioja.
 - País: España.
 - Código de país ISO: ES
- Estado IPTC:
 - Título: Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja).

Planos

Planos

La colección de planos comienza con una presentación conjunta de los 4 alzados interiores con el dibujo de los grafitos sobreimpuesto, la escala de representación es 1:50 y se presenta en un papel formato A0 extendido.



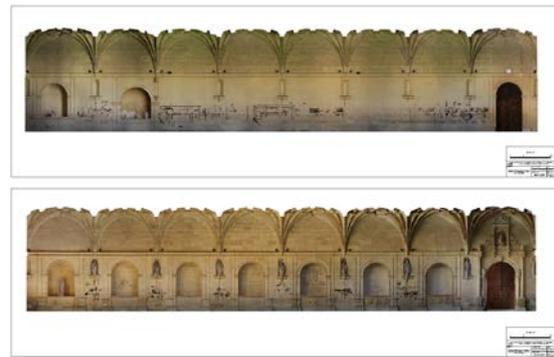
01.- Alzados interiores (1:50).

A continuación se presenta cada alzado de manera individualizada. Para seleccionar la escala de representación se ha tenido en cuenta el formato máximo que los trazadores suelen aceptar, finalmente se ha decidido realizar salidas a escala 1:30 que pueden maquetarse en un papel de 1'4 metros de longitud. Con el fin de optimizar la superficie de papel a utilizar en cada impresión, estos planos se han maquetado en parejas de forma que se presentan sobre el mismo papel los correspondientes a los alzados este y oeste (planos 2 y 3) y sur y norte (planos 4 y 5).



02.- Alzado interior este (1:30).

03.- Alzado interior oeste (1:30).



04.- Alzado interior sur (1:30).

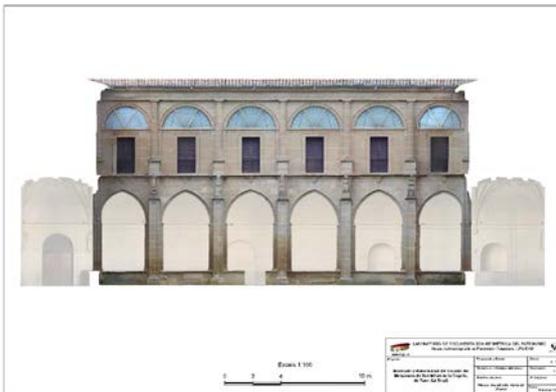
05.- Alzado interior norte (1:30).

La representación de las bóvedas se realiza desde abajo, es decir, tal como la vería un visitante en el propio claustro. Por este motivo, la situación de los puntos cardinales aparece reflejada respecto a la representación cartográfica tradicional (vista desde arriba). El formato del papel es un A0 extendido y la escala de representación 1:50.

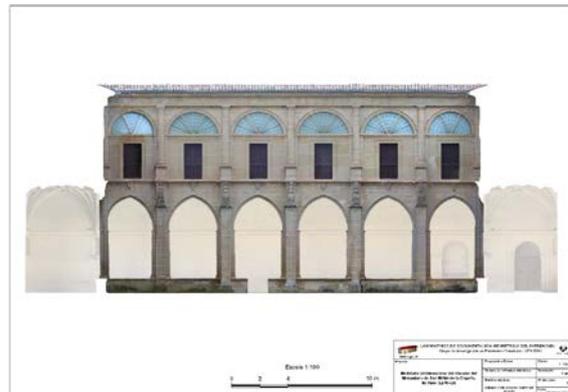


06.- Bóvedas (1:50).

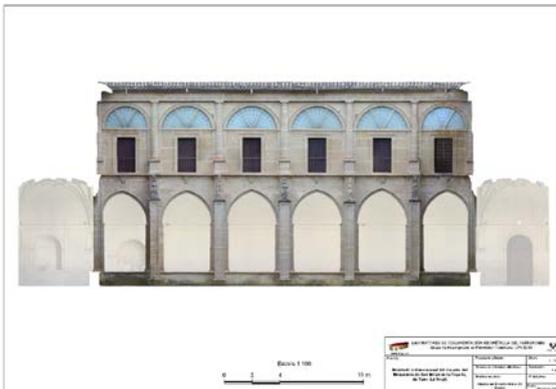
Finalmente, se presentan los cuatro alzados exteriores que incorporan como referencia sus correspondientes alzados interiores. Las vistas se han preparado para su impresión en formato A3 y vienen a escala 1:100.



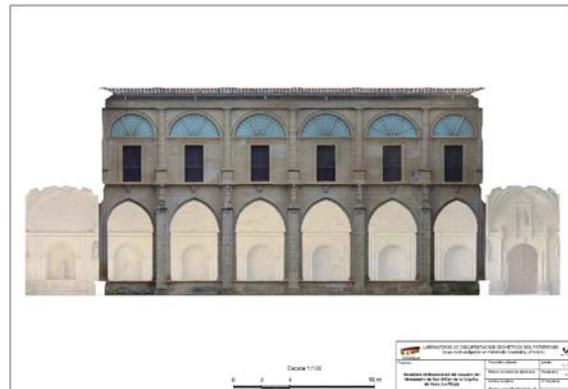
07.- Alzado exterior este (1:100).



08.- Alzado exterior oeste (1:100).

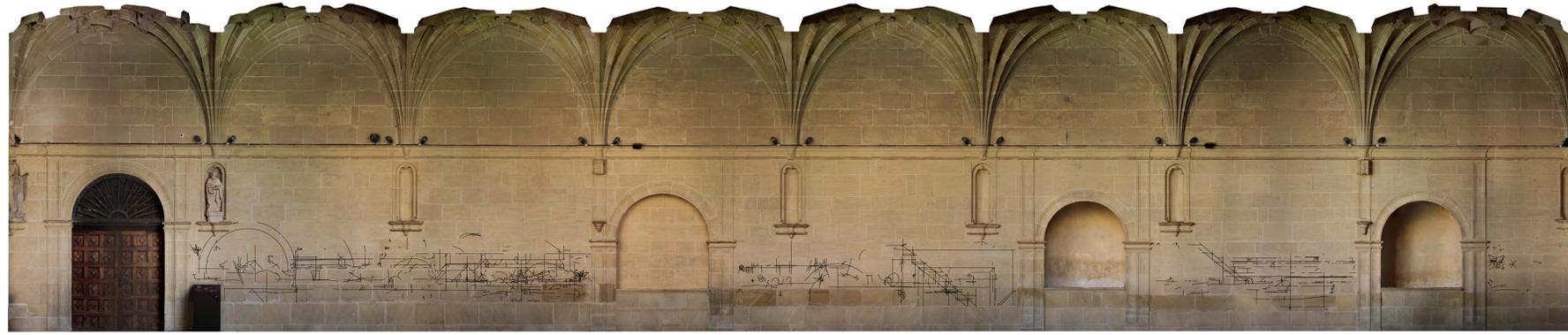


09.- Alzado exterior sur (1:100).



10.- Alzado exterior norte (1:100).

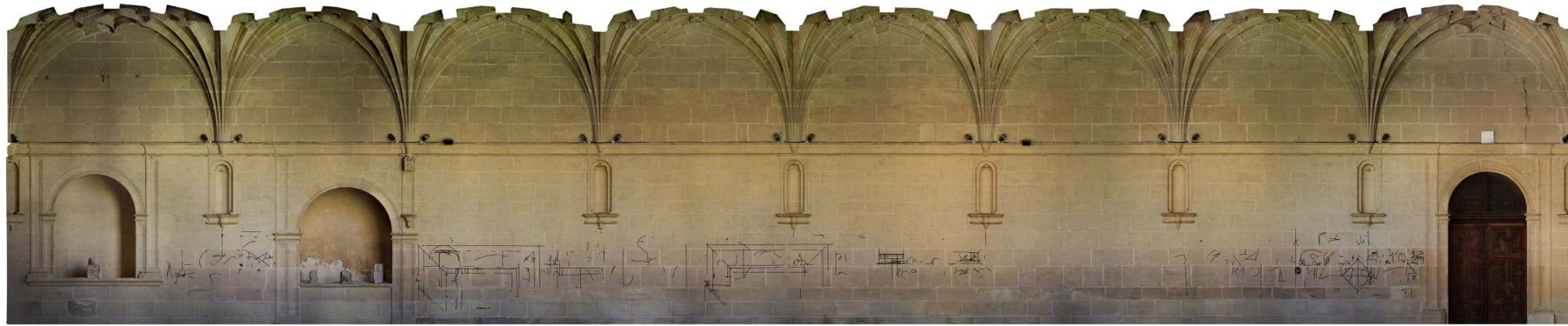
Alzado Este



Alzado Oeste



Alzado Sur



Alzado Norte



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido, IUPV-URV		
Proyección y Datos:	Escala:	1:50
Sistema de referencia alométrica:	Resolución:	5 mm
Formato del plano:	Nº del libro:	1
Alzado con los plintos igualmente superpuestos	Fecha:	Diciembre 2017



Escala 1:30

0 1 3 m

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU

Proyecto:	Modelado 3D del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Escala:	1:30
Responsable y Datos:		Fecha:	10 de febrero
Sistema de referencia alométrica:		Hoja:	3
Alcance del plano:		Fecha:	10 de febrero 2017
Alcance con los gráficos digitales adjuntos:			



Escala 1:30

0 1 3 m

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU

Proyecto:	Modelado 3D del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Escala:	1:30
Responsable y Datos:		Fecha:	10 de febrero
Sistema de referencia alométrica:		Hoja:	3
Alcance del plano:		Fecha:	10 de febrero 2017
Alcance con los gráficos digitales adjuntos:			

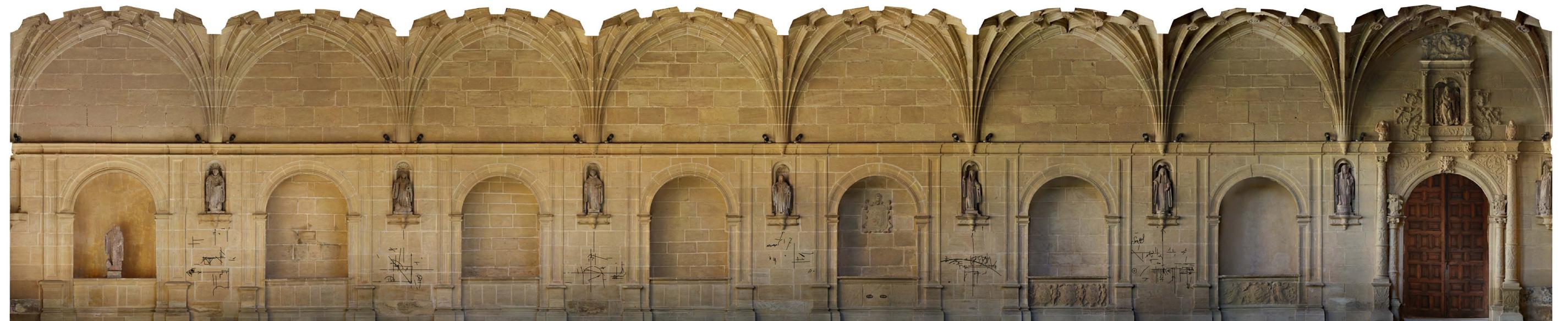


Escala 1:30

0 1 3 m

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido, UPV-EHU

Proyecto	Proyectos y Datos	Escala	1:30
Modulo 3D del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Sistema de referencia espacial	Resolución	5 cm
	Sección del plano	Nº del plano	4
	Alzado en color con las grillas digitalizadas automáticamente	Fecha	Octubre 2017



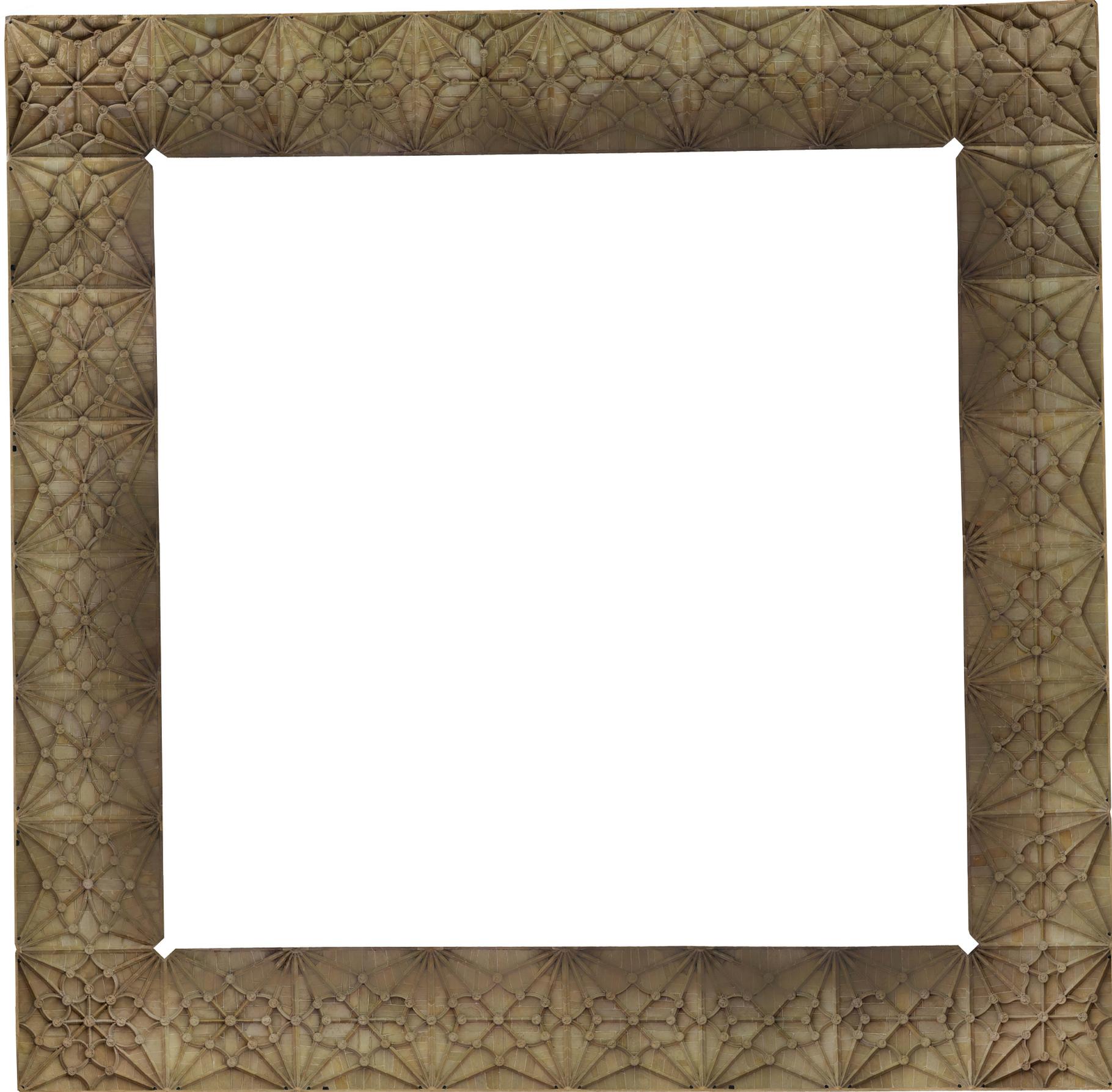
Escala 1:30

0 1 3 m

LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido, UPV-EHU

Proyecto	Proyectos y Datos	Escala	1:30
Modulo 3D del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Sistema de referencia espacial	Resolución	5 cm
	Sección del plano	Nº del plano	5
	Alzado en color con las grillas digitalizadas automáticamente	Fecha	Octubre 2017

Alzado Norte



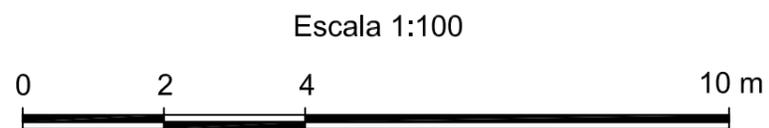
Alzado Este

Alzado Oeste

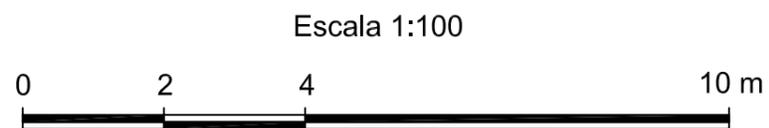
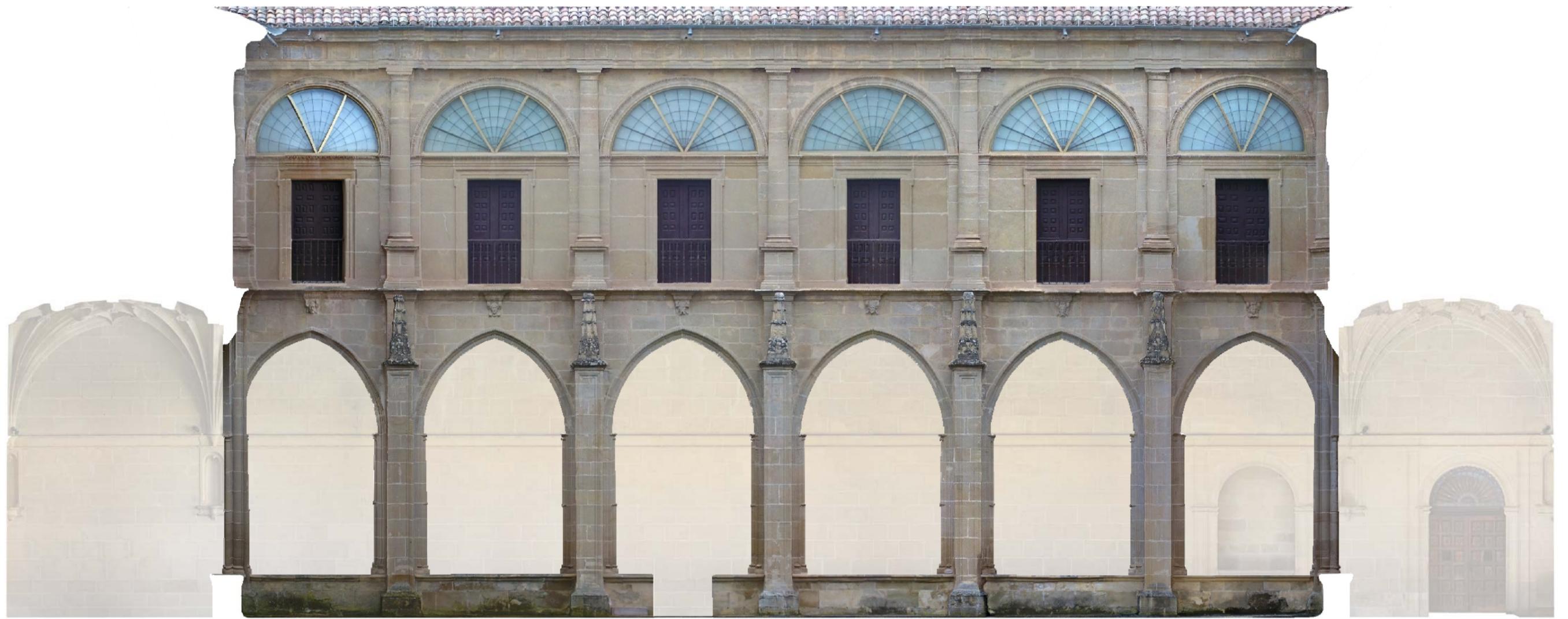
Alzado Sur

Escala 1:50
0 1 2 5 m

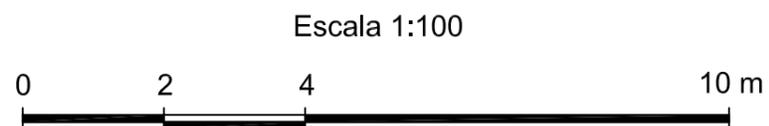
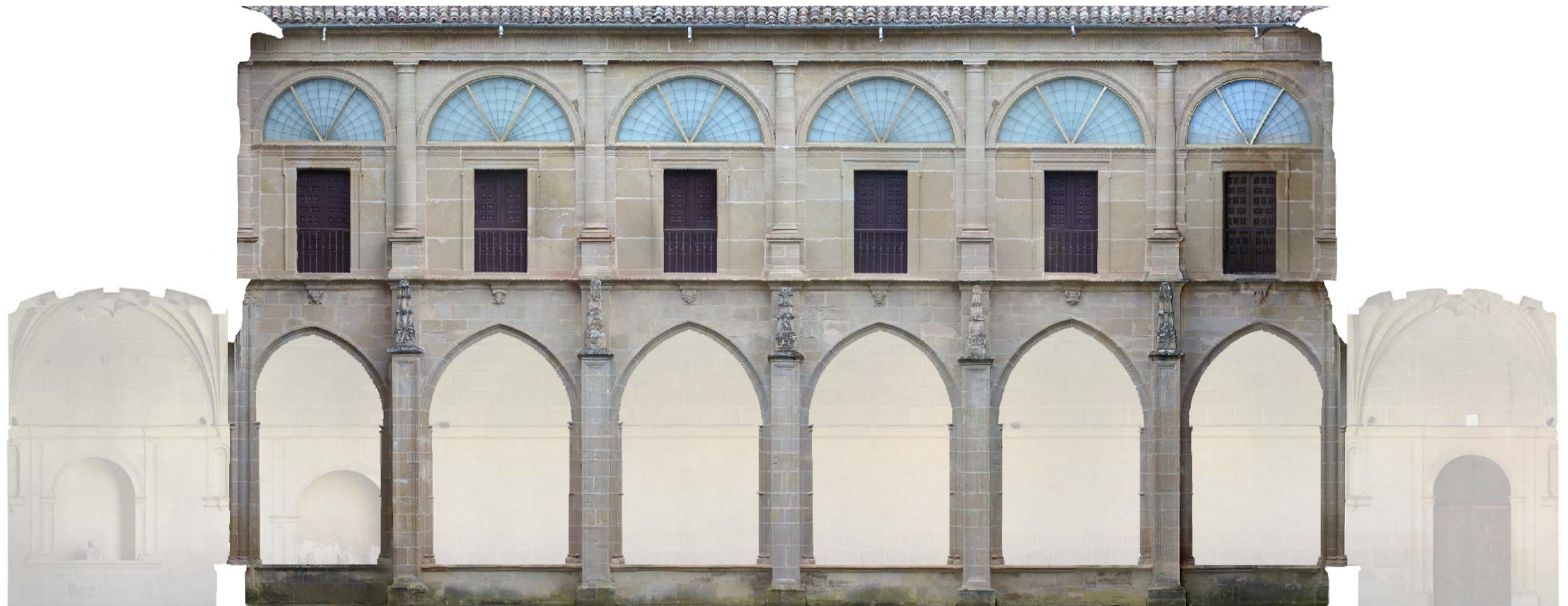
LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido, IUPV-ESI	
Proyección y Cadastro	Escala: 1:50
Modelado tridimensional del alzado del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Resolución: 5 mm
Planta de las viviendas (visto desde el exterior)	Fecha: Diciembre 2017



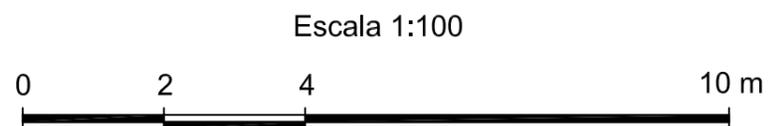
 LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU www.ldgp.es	 UPV EHU		
	Proyecto:	Proyección y Datum:	Escala: 1 : 100
	Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Sistema de referencia alimétrico:	Resolución: 1 cm
		Nombre del plano:	Nº del plano: 7
Alzados este del patio interior del claustro	Fecha:	Diciembre 2017	



 LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU www.ldgp.es			
	Proyecto:	Proyección y Datum:	Escala: 1 : 100
	Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Sistema de referencia alimétrico:	Resolución: 1 cm
		Nombre del plano:	Nº del plano: 8
	Alzados oeste del patio interior del claustro	Fecha: Diciembre 2017	



 LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU www.ldgp.es			
	Proyecto:	Proyección y Datum:	Escala: 1 : 100
	Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)	Sistema de referencia alimétrico:	Resolución: 1 cm
		Nombre del plano:	Nº del plano: 9
Alzados sur del patio interior del claustro		Fecha: Diciembre 2017	



 LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO Grupo de Investigación en Patrimonio Construido. UPV-EHU		 UPV EHU
Proyecto: Modelado tridimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)		Proyección y Datum: Escala: 1 : 100
		Sistema de referencia alimétrico: Resolución: 1 cm
		Nombre del plano: Nº del plano: 10
		Alzados norte del patio interior del claustro Fecha: Diciembre 2017



LABORATORIO DE DOCUMENTACIÓN GEOMÉTRICA DEL PATRIMONIO
Grupo de Investigación en Patrimonio Construido -GPAC- (UPV/EHU)

Centro de investigación Micaela Portilla
C/ Justo Vélez de Elorriaga 1, 01006 Vitoria-Gasteiz (España-Spain).
Tfno: +34 945 013222 / 013264
e-mail: ldgp@ehu.eus web: <http://www.ldgp.es>



UPV EHU