

---

MONOGRÁFICO: TECHNOHERITAGE 2019. 4<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONGRESS SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR THE CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE. SELECCIÓN DE CONTRIBUCIONES / *TECHNOHERITAGE 2019. A SELECTION OF CONTRIBUTIONS*

---

## **Las montañas y trazados de arquitectura del claustro bajo del monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja, España), su registro, preservación y difusión**

***Recording, preservation and dissemination of the full-size architectural tracings of the lower cloister of the monastery of San Millán de la Cogolla, Yuso (La Rioja, Spain)***

Begoña Arrúe Ugarte<sup>1</sup>  
Universidad de La Rioja

José Manuel Valle Melón<sup>2</sup>, Álvaro Rodríguez Miranda<sup>3</sup>, Garbiñe Elorriaga Aguirre<sup>4</sup>  
Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio, Grupo de Investigación en Patrimonio Construido, Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

### **RESUMEN**

La existencia de un rico conjunto de montañas y trazados de arquitectura en el claustro bajo del monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso, ha hecho necesario el desarrollo y la aplicación de una metodología que posibilite el registro, preservación y difusión, de modo abierto, de la información que atesoran sus muros. La documentación parte del calco directo de los trazos y la posterior digitalización y superposición del dibujo sobre el modelo tridimensional fotogramétrico. Por su parte, la preservación y difusión en formato digital se establece a través de un repositorio institucional que se encuentra enlazado a través de *Europeana*. Los plásticos originales con los calcos directos han sido depositados en el archivo del monasterio. Asimismo, se ha desarrollado una aplicación de realidad aumentada que permite la recreación virtual de los trazos sobre los alzados del claustro de manera interactiva.

*Palabras clave:* patrimonio arquitectónico; conservación; montaña; grafito histórico; cantería; Edad Moderna; digitalización; documentación geométrica del patrimonio; fotogrametría; realidad aumentada.

### **ABSTRACT**

The presence of a wide group of full-size architectural tracings engraved on the walls of the lower cloister of the monastery of San Millán de la Cogolla, Yuso, made it necessary to develop and to apply a methodology to record, preserve and openly disseminate the information provided by their walls. The documentation process started with the copy of the engravings in plastic sheets, which were later on digitized and superimposed on the three-dimensional photogrammetric model. The preservation and dissemination by means of a digital format is based on the storage by an institutional repository connected to *Europeana*. The plastic sheets with the copies have been saved at the archive of the monastery. Likewise, an Augmented Reality application for visualizing the drawings on the walls of the cloister has been created.

*Key words:* architectural heritage; conservation; full-size trace; historic graffiti; stonework; Modern Age; digitization; geometric documentation of heritage; photogrammetry; augmented reality.

**Recibido: 03-02-2020. Aceptado: 27-03-2020. Publicado: 14-04-2021**

<sup>1</sup> [begona.arrue@aurea.unirioja.es](mailto:begona.arrue@aurea.unirioja.es) / ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9019-6283>

<sup>2</sup> [ldgp@ehu.es](mailto:ldgp@ehu.es) / ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6981-0886>

<sup>3</sup> ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6961-5543>

<sup>4</sup> ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3191-4975>

### Cómo citar este artículo / Citation

Arrúe Ugarte, B., Valle-Melón, J. M., Rodríguez Miranda, Á. y Elorriaga Aguirre, G. 2021: "Las monteas y trazados de arquitectura del claustro bajo del monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja, España), su registro, preservación y difusión", *Arqueología de la Arquitectura*, 18: e114. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2021.006>

**Copyright:** © CSIC, 2021. © UPV/EHU Press, 2021. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

## 1. INTRODUCCIÓN

La historiografía sobre trazados de arquitectura y monteas dibujados en los muros y pavimentos de edificios históricos se ha incrementado en los últimos años con la investigación progresiva de nuevos hallazgos. A medida que se profundiza en el estudio de estos trazados, considerados dibujos de ejecución del diseño arquitectónico, muy valiosos para el control estereotómico durante el proceso constructivo, se va conociendo mejor su alcance. Desde la información que aportan sobre el tipo de geometría practicada por los maestros canteros, y su relación, próxima o distante, con la literatura y teoría de la arquitectura de la época (Calvo 2016; Calvo y Rabasa 2016), hasta su carácter de replanteos (Calvo *et al.* 2010) y la posibilidad de ser interpretados como ensayos previos del proyecto de obra, más allá de su función propia en la ejecución de la misma (Calvo, Taín y Camiragua 2016; Calvo y Taín 2018: 139), las aportaciones bibliográficas especializadas son al momento numerosas y los resultados para el conocimiento de la materia cada vez más significativos. Las referencias a los estudios sobre los ejemplos constatados, como fundamentación previa para la valoración de lo que se analiza y el aprendizaje de métodos de estudio y conservación (Calvo *et al.* 2015: 2-6, 10-22; Calvo y Rabasa 2016: 70, n. 9), se siguen acrecentando en la historiografía española, a partir de los recopilados por José Antonio Ruiz de la Rosa en las civilizaciones mesopotámica y egipcia desde el tercer milenio a. C., así como en la Antigüedad Clásica, en la arquitectura islámica y en la cristiana de la Edad Media (Ruiz de la Rosa 1987: 65-77, 124-128, 170-173, 224-227, 280-290). Así, al conocimiento de las existentes en catedrales góticas europeas, se han ido uniendo exponentes de la arquitectura española, como los de las catedrales de Sevilla (Pinto y Jiménez 1993, 2016; Ruiz de la Rosa y Rodríguez Estévez 2000, 2011), Murcia (Calvo *et al.* 2010, 2013b), Santiago de Compostela y Tui, y otros edificios gallegos (Freire 1998; Taín 2003a, 2003b; Calvo *et al.* 2013a), El Escorial (López 2008; Chías y Abad 2017), o la Cartuja de Jerez (Pinto y Ruiz de la Rosa 1994) y la Clerecía de Salamanca (Gutiérrez 2017), entre otros muchos, llegando a saltar a la prensa algunos descubrimien-

tos motivados por obras de restauración, como el de 2003 en la iglesia del convento de la Concepción Real de la Orden de Calatrava en Madrid<sup>5</sup>, y catalogándose un buen número de las conocidas, datadas entre el siglo XIII y el XVI (Ibáñez 2019).

Dada la significación del registro, conservación y estudio de estos trazados y monteas, se ofrece aquí a la comunidad científica un nuevo objeto de atención para el examen por parte de especialistas en este campo de la investigación, aportando los medios y métodos utilizados para el rescate y difusión de este patrimonio, oculto hasta ahora a la mirada y valoración del monumento. Se trata de los trazados incisos en los muros del claustro bajo del monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja), declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1997. La construcción de la planta baja del claustro está documentada entre 1549 y 1562, siendo el primero el año de la contratación de la obra por el convento con el maestro cantero Juan Pérez de Solarte (†1566) y el segundo, el último registrado de un pleito entre ambos de cerca de diez años sobre su acabado<sup>6</sup> (Moya 2006: 150-151 y 167; Barrón 2014). Entre la extensa documentación generada por este pleito, en el que se cita la intervención de un significativo número de maestros peritos, cabe señalar la mención a la existencia en el inicio de la obra de una planta-forma en pergamino, firmada por Pérez de Solarte, el abad Pedro de Arenzana y el escribano Sancho de Olaso, y una montea del alzado del patio, realizada por Juan de Vallejo (†1569), maestro mayor de la catedral de Burgos, quien había presupuestado los trabajos. Esta última desapareció y se hizo una montea nueva más pequeña, citándose, asimismo, otra traza, elaborada según el parecer del abad de San Juan de Burgos, Juan Pardo, y el

<sup>5</sup> Fraguas, R., "Hallado un plano de trazas barrocas oculto tres siglos", *El País*, Madrid, jueves 3 de abril de 2003, p. 24.

<sup>6</sup> Archivo de la Real Chancillería de Valladolid, Pleitos Civiles, Moreno (F), C 115-3, Inv. 31, leg. 22; C 807-2, Inv. 31, leg. 277, 147 y 256; C 1275-5, Inv. 31, leg. 232 (documentación recopilada y transcrita en Martínez Ocio, M. J. y Navarro Bretón, M. C. 2001: *Estudio de fondos documentales relativos a los monasterios de Suso y Yuso en San Millán de la Cogolla*, 4 v. (inéditos). Gobierno de La Rioja, Consejería de Educación, Cultura, Juventud y Deportes, Logroño).

imaginero Juan de Villarreal, y otra planta de los espacios que circundaban el claustro, ordenada por el general de la congregación benedictina. Lamentablemente, ninguna de ellas se ha podido localizar, pero por un inventario de desamortización de 1836 conocemos la conservación en el archivo monástico de un libro “forrado en pergamino, muy antiguo” que contenía “varios mapas de arquitectura, sin expresar de qué edificios<sup>7</sup>.

Por fortuna, sí se han conservado los trazados que sirvieron a la construcción del claustro bajo, espacio que se convirtió en el lugar apropiado y específico para el dibujo en sus muros perimetrales de monteas, replanteos y rasguños de elementos arquitectónicos de las obras en ejecución, lo cual no es extraño en la arquitectura de la época (Taín 2003a: 521-522; Calvo *et al.* 2010: 521-522, 2013a: 128, 2015: 4; Calvo y Rabasa 2016: 70). La mayor parte de los registrados pueden datarse entre 1549 y 1559, pudiendo corresponder alguno a los tasadores que revisaron la fábrica entre 1555 y 1562, sin olvidar la prosecución de las obras del claustro alto y otras dependencias conventuales aledañas a partir de 1572, con la participación y diseño del italiano Juan Andrea Rodi (Arrúe 2002: 210-216). Por otro lado, además de este tipo de dibujos, se constataron unos pocos ejemplos de grafitos históricos de carácter textual, numérico y figurativo, asimismo incisos, excepto alguno esporádico realizado con almagre, cuya cronología se extiende hasta el siglo XIX.

Estos trazados fueron objeto de atención, por primera vez, en junio de 2000, cuando el padre archivero Juan Bautista Olarte, alertó de su existencia a un equipo de historiadoras del arte que investigaban en el monasterio, coordinado por la Dra. Arrúe Ugarte, las cuales procedieron a su calco en previsión de que la limpieza de muros por medios mecánicos de proyección a presión, proyectada en el proceso de las obras de restauración del claustro procesional y patio, supusiera su deterioro o pérdida<sup>8</sup>. Esta iniciativa se dio a conocer en un estudio sobre la arquitectura del siglo XVI en La Rioja, destacando el interés de la conservación del conjunto a partir de la muestra de un boceto de bóveda estrellada de ocho puntas (Arrúe 2004: 135-136, lám. 17).

Hasta 2016 no se logró acometer la tarea de revisión del estado de conservación de los calcos almacenados, y proceder a su digitalización mediante métodos fotográ-

ficos. Al año siguiente, se decidió abordar la documentación fotogramétrica del claustro sobre cuyo modelo se procedió a contextualizar los grabados. Paralelamente, y con la ayuda de la documentación generada, se realizó una inspección visual con el objeto de comprobar el estado de los trazos respecto a la situación calcada inicialmente en el año 2000.

Por otro lado, todo este proceso de documentación ha sido implementado poniendo especial atención a la difusión y socialización de estos elementos patrimoniales. A este respecto, se han seguido dos líneas de actuación paralelas: por un lado, la información geométrica de los trazados se ha puesto a disposición libre a través del repositorio institucional ADDI de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), desde donde es accesible a través de una amplia gama de agregadores científicos y culturales; además, se ha desarrollado una aplicación de Realidad Aumentada que permite, mediante dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) visualizar los dibujos sobre los muros del claustro, lo que supone ofrecer una experiencia innovadora para los visitantes que se acercan a conocer este bien patrimonial.

## 2. DESCUBRIMIENTO, REGISTRO Y REPRESENTACIÓN DE TRAZADOS Y MONTEAS

### 2.1. Calco *in situ*

Los trazados observados se extienden a lo largo de los cuatro paramentos interiores del claustro, cuya longitud oscila entre los 37,5 m y algo más de 38 m cada uno, localizándose en altura a partir de los 50 cm del pavimento actual y hasta los 2,5 m, aproximadamente. La escasa profundidad de las incisiones (1 mm o inferior), apenas perceptibles a la observación visual, los caracteres de su soporte (sillería de piedra arenisca), así como la urgencia y dificultad para la obtención de medios técnicos especializados en el año 2000, obligó a las historiadoras Begonia Arrúe Ugarte<sup>9</sup>, María Jesús Martínez Ocio y María Cruz Navarro Bretón<sup>10</sup> a adoptar, frente a otros métodos (Ferrán y Roig 1986: 224-228; Bernat y Serra 1987: 30), el procedimiento de su calco manual mediante el uso de materia plástica transparente, marcando el perfil del dibujo con rotuladores permanentes indelebles de punta

<sup>7</sup> Archivo Histórico Nacional, Sección Clero, Secular-Regular, leg. 3194.

<sup>8</sup> Proyecto de E. Rabanaque Mallén y Asociados, 1999-2001 (BOR, núm. 108, 8 de septiembre de 1998 y núm. 151, 17 de diciembre de 1998). Control arqueológico: J. Ceniceros y J. A. Tirado (Tirado 2001).

<sup>9</sup> Profesora Titular de Historia del Arte de la Universidad de La Rioja.

<sup>10</sup> Investigadoras Agregadas del Instituto de Estudios Riojanos.

superfina (Fig. 1). Para ello se utilizaron pliegos de 2 m de altura y diferente anchura, entre algo menos de 1 m hasta los 11 m, que iban cubriendo los tramos lisos entre puertas, pilastras y arcosolios para enterramientos o altares. En total, se calcó una superficie de 165 m<sup>2</sup>. No fue posible el calco de los fondos de los trece arcosolios abiertos en los muros, ya que se encontraban ocupados por materiales y enseres utilizados en las obras de restauración.

El proceso fue laborioso debido especialmente a los inconvenientes de la visualización de los trazados con luz natural, aunque momentos cambiantes de ésta la facilitaban, teniendo que recurrir en otros a la luz artificial rasante, tanto para el calco como para la toma de fotografías. Por otro lado, el hecho de que buena parte de los trazados se habían inciso con útiles de punta fina (cinceles o uñetas, punteros o clavos) con el apoyo de otros instrumentos propios de la cantería (cuerdas, reglas o varas de medir, compás de puntas, escuadras o saltarreglas), lo que proporciona rectitud y regularidad a las líneas, favoreció su calco al conducir y dirigir la

mano en el desarrollo de la copia de las incisiones. Cada uno de los pliegos recibió una signatura que indicaba el muro y la orientación, y en ellos se calcaron y numeraron ordenadamente los sillares que comprendían. Al mismo tiempo, se tomaron las mediciones oportunas para reflejar en el plano del claustro la ubicación de los pliegos, así como las notas adicionales de grafitos existentes en aquellas zonas no calcadas.

Una vez realizado el calco y retirados de las paredes, los plásticos resultan ser unos materiales poco prácticos para el análisis de los grafitos debido a que sus grandes dimensiones hacen que su manejo sea muy engorroso. Dado que el fin inicial era dejar constancia de su existencia en previsión de que pudieran verse alterados por las obras que se estaban acometiendo, no se continuó con su estudio en aquel momento y los plásticos acabaron plegados y almacenados, quedando su contenido inédito. Sin embargo, con el paso de los años, crecía la preocupación sobre su posible deterioro lo que, al final, ocasionaría que el trabajo inicial no hubiera sido de ninguna utilidad.



Figura 1. Proceso de calco sobre láminas de plástico en el año 2000 (izquierda) y fotografía de los trazados remarcados sobre el plástico (derecha). (Foto B. Arrúe, 2000).



Figura 2. Dispositivo de toma con la cámara suspendida y gobernada desde el equipo portátil, la lona blanca de fondo, las marcas para escalar cada imagen y una de las láminas de plástico enrollada alrededor de un cilindro de cartón. (Foto A. Rodríguez, 2016).

## 2.2. Digitalización de los calcos

En el año 2016 se decidió acometer la digitalización de los calcos<sup>11</sup> diseñando un sistema novedoso a partir de experiencias previas en el ámbito de la fotografía y la fotogrametría. Debido al tamaño de las hojas se optó por la toma de fotografías de alta resolución que, posteriormente, se introducirían en un programa de dibujo asistido por ordenador para proceder a identificar los diferentes trazos. Todo ello, se realizaría utilizando referencias métricas que permitiesen enlazar los dibujos parciales y que el resultado final estuviese a escala real.

La idea consistía en fijar los plásticos sobre una superficie lisa de color neutro que permitiese resaltar los dibujos calcados. Muchas de las hojas de plástico

tienen varios metros de longitud, por lo que no era factible fijarlos sobre superficies verticales (paredes). Por consiguiente, se tomó la decisión de fotografiarlos extendidos en el suelo; en concreto, el espacio de trabajo se componía de una lona blanca mate de  $3 \times 2$  m, la cámara se situaba elevada unos dos metros sobre su parte central, para lo cual se empleó una estructura de acero inoxidable compuesta de dos soportes y una barra vertical (Fig. 2). La cámara utilizada fue una Canon EOS 5D SR con un objetivo Zeiss Distagon T\* 2.8/21 ZE de 21 mm, obteniendo imágenes de 50 megapíxeles, lo que representaba un tamaño de celdilla sobre los plásticos de 0,4 mm, resolución que se consideró adecuada para reflejar los trazos a rotulador. La toma fotográfica se hizo desde un ordenador, evitando así vibraciones, por otro lado, el área fotografiada en cada toma excedía ligeramente la superficie de la lona, incluyendo además a un conjunto de dianas a las que se les dieron coordenadas mediante estación total topográfica (con precisión de 2-3 mm) y que, más adelante, servirían para

<sup>11</sup> Proyecto desarrollado dentro de la convocatoria Planes del Instituto de Estudios Riojanos y gestionado mediante la oficina OTRI Fundación Euskoi-ker con código TR40702.

escalar las fotografías y eliminar el efecto perspectivo de las tomas.

Por lo que respecta a los plásticos, se procedió, en primer lugar, a extenderlos, eliminar los restos de polvo y suciedad y, posteriormente, enrollarlos utilizando tubos de cartón como núcleo. Para la toma de fotografías, se iba desenrollando la parte dibujada de cada hoja (un poco menos de 2 m de anchura), la cual se iba enrollando alrededor de otro tubo de cartón a modo de carrete, de forma que se iban mostrando para las sucesivas fotografías las partes adyacentes de cada hoja. Entre toma y toma se dejaba un solape de unos 40 cm que serviría para enganchar los dibujos individuales.

Las barras de la estructura de soporte se situaron de manera que no proyectasen sombras, es decir, de forma oblicua con respecto a la iluminación de la sala. Aunque, al tratarse de plásticos, los reflejos resultan inevitables, pueden ser atenuados mediante la elección de los parámetros de las tomas; en todo caso, hay que tener en cuenta que la información de interés son los trazos realizados con rotulador, por lo que en la elección de las condiciones de toma se ha dado prioridad al hecho de que estos se apreciase con la mayor nitidez posible, considerándose como

secundarias otras características como la homogeneidad de la iluminación o la tonalidad general de la imagen. De hecho, para cada posición se realizaron dos tomas con diferente exposición de forma que, durante la digitalización, se podían consultar ambas y utilizar, en cada momento, aquella en la que los trazos eran más claros.

Una vez que se dispuso de las fotografías, se comenzó rectificando cada imagen, es decir, eliminando el efecto perspectivo y escalándolas, para lo cual se emplearon las coordenadas de las dianas situadas en el perímetro de la lona y que aparecen fotografiadas. Este proceso permite mejorar la calidad geométrica de los trazos que se van a redibujar, en concreto, según las pruebas realizadas sobre las propias imágenes obtenidas, si se utilizan las fotografías originales (sin corregir de perspectiva) los errores son de unos 2 cm, mientras que, tras aplicar la corrección, se reduce a los 3 mm.

Las imágenes rectificadas se introducen en un programa de dibujo asistido por ordenador, donde se procede a redibujar las líneas correspondientes a los trazados y monteas, así como al despiece de sillares, que también se encuentra marcado sobre los plásticos con trazo discontinuo (Fig. 3).

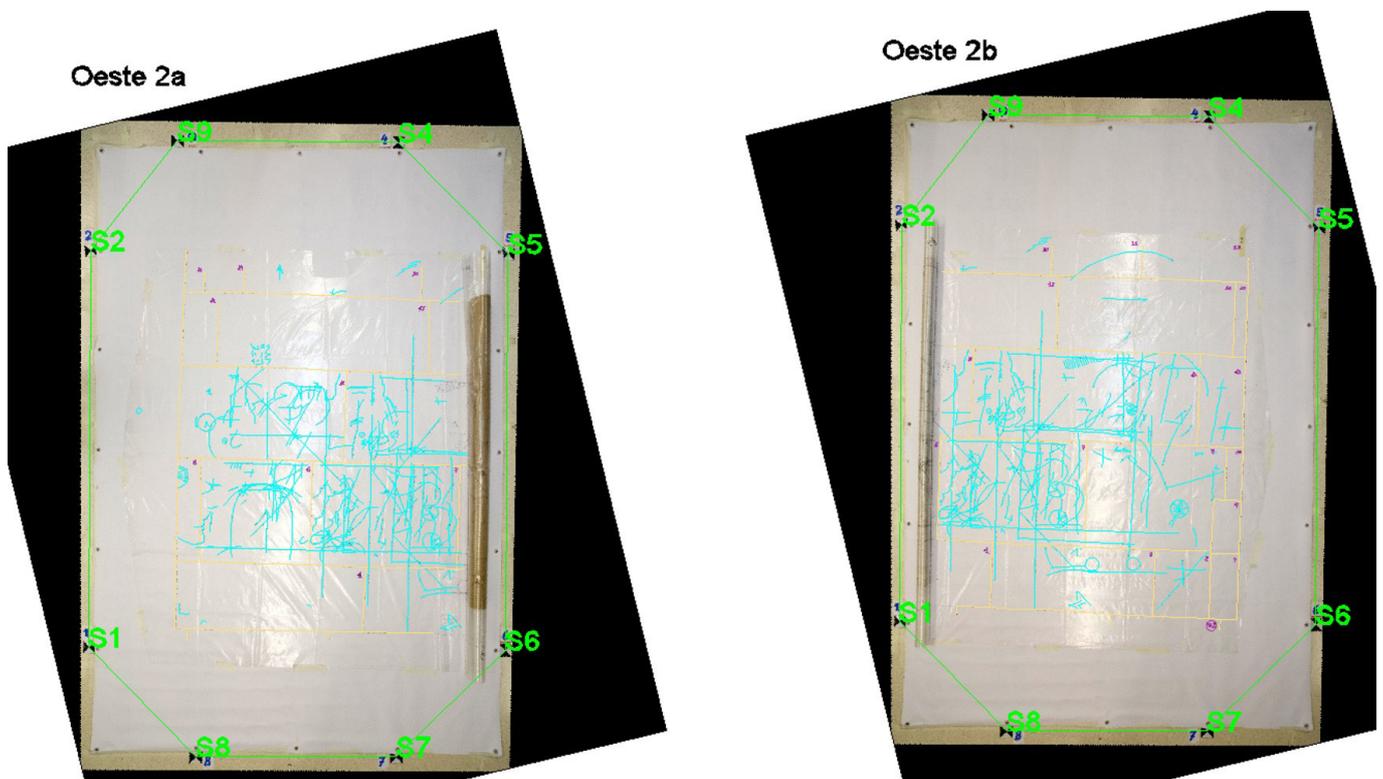


Figura 3. Dibujo de los trazados (en color cian) y del despiece de sillares (color siena) de dos fotografías correspondientes a partes consecutivas de una de las láminas de plástico. (Elaboración LDGP, 2016).

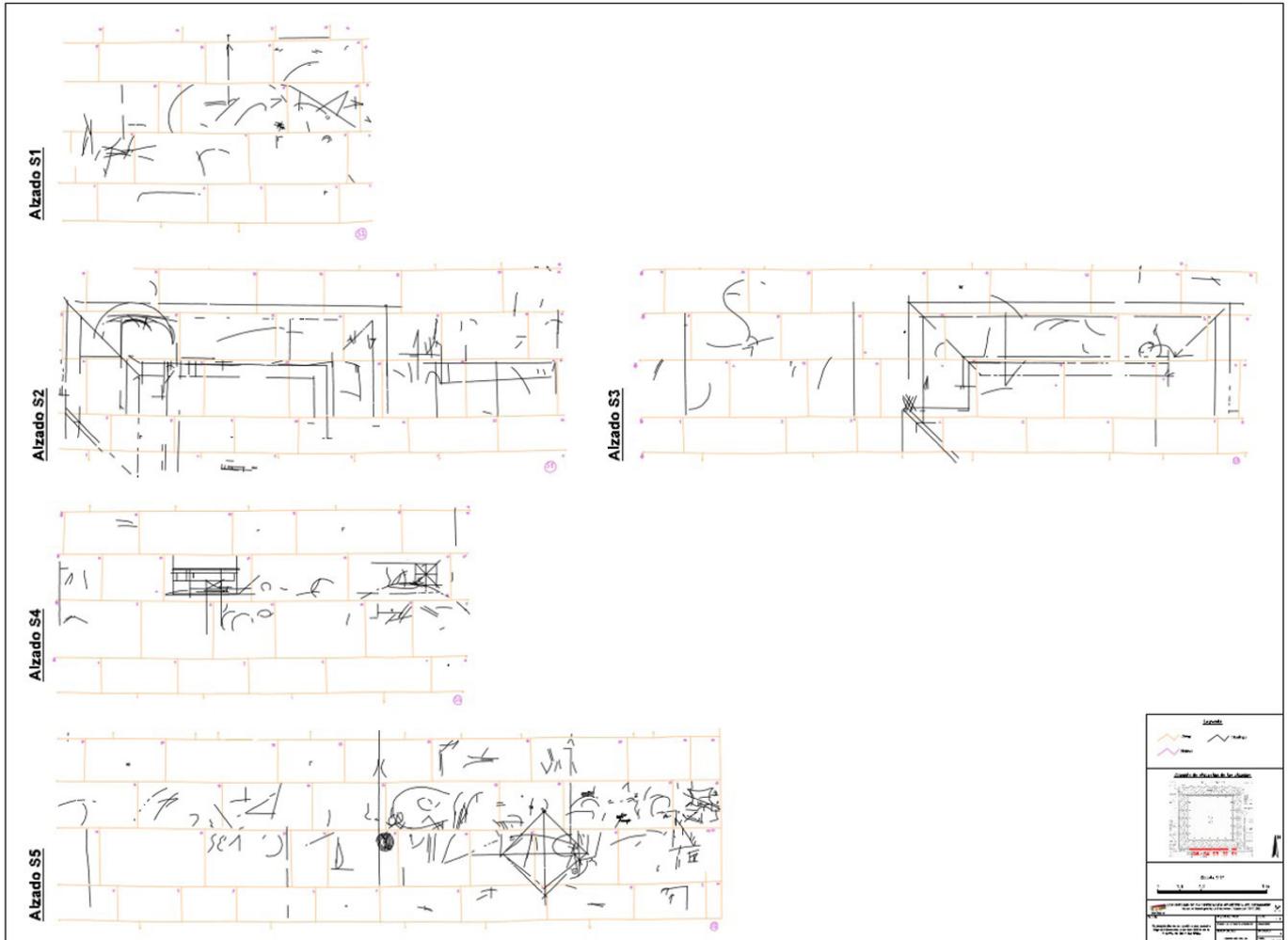


Figura 4. Vista general del plano correspondiente a los calcos sobre plásticos del alzado sur del claustro. (Elaboración LDGP, 2016).

En esta fase de la digitalización, los trazos se consideraron como líneas independientes, lo que implica que no se realizó ninguna interpretación del significado ni agrupación de los conjuntos que forman unidades específicas. Esto es debido a que, en muchos casos, estas agrupaciones no son evidentes y se prefirió no condicionar las interpretaciones que se pudieran hacer en el futuro.

Utilizando como unidad cada uno de los plásticos, se combinaron los dibujos individuales correspondientes a cada fotografía con los de sus vecinos, utilizando para ello, la parte común de solape y, editando la zona duplicada con el fin de unificar el dibujo. Finalmente, se editaron planos a escala 1:10 con la información extraída de cada alzado del claustro (Fig. 4).

### 2.3. Modelado fotogramétrico del claustro

Hay que considerar que el registro de información geométrica de los trazos se realizó mediante el calco *in situ* sobre las láminas de plástico y que fue a partir de esa información de la que se generaron el resto de los resultados, motivo por el que no se avanzó en el empleo de técnicas de registro como topografía, fotogrametría, imágenes multispectrales y escaneo láser, aplicado a los grabados arquitectónicos; de las que se pueden encontrar excelentes ejemplos de su empleo en numerosos autores (Pinto y Ruiz 1994; Calvo *et al.* 2015; Chías y Abad 2017; Calvo y Taín 2018), a la que podemos añadir muchos otros casos de aplicación sobre elementos que presentan problemáticas comunes

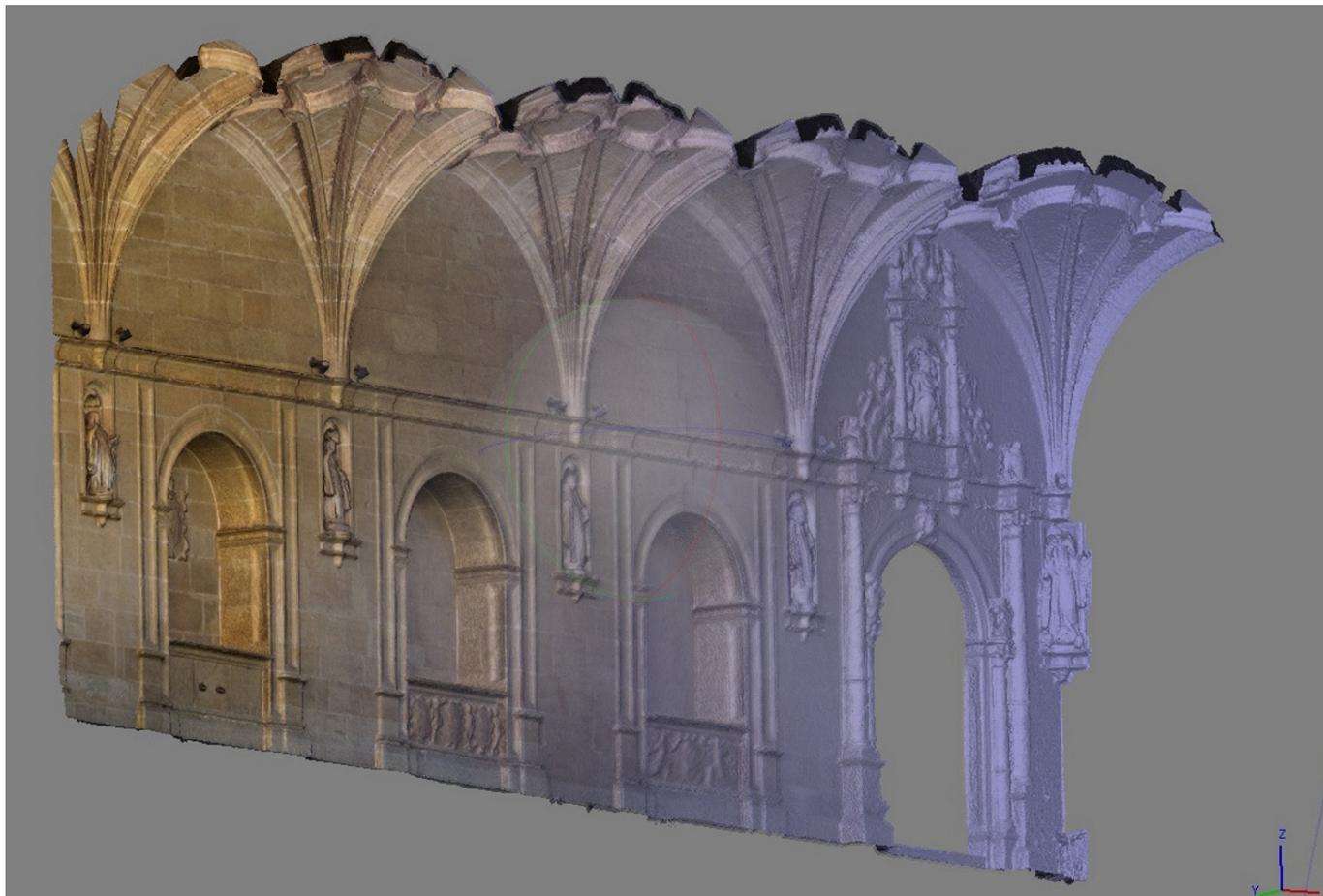


Figura 5. Vista parcial del modelo 3D correspondiente al alzado norte del interior del claustro. La parte derecha del modelo se representa sombreada, mientras que la izquierda tiene asignada su textura fotográfica. (Elaboración LDGP, 2017).

como en el arte rupestre prehistórico o las inscripciones (Díaz-Andreu *et al.* 2006; Cortón, López y Carrera 2015; Cosentino, Stout y Scandurra 2015; Papadaki *et al.* 2015; Carrero-Pazos y Espinosa-Espinosa 2018), o también la aplicación de técnicas de iluminación multidireccional recurriendo a fotografías de larga exposición (López-Menchero *et al.* 2017).

Por tanto, si bien la digitalización de los calcos es un primer paso fundamental que permite el estudio de los trazos de tanteos y monteas de elementos de la arquitectura (dibujos que pueden ser de tamaño natural) durante el proceso de la construcción, los planos generados, hasta este momento, no incluyen la información de contexto que les corresponde, por el hecho de que cada uno esté situado en concreto en una determinada parte de un muro. Ya durante la fase inicial de calco se constató que algunos de los trazos estaban relacionados con la obra más próxima, como es el caso de los grabados en forma de flecha que señalan la posición de las hornacinas.

Con el fin de poner de manifiesto este tipo de relaciones, se realizó un modelado fotogramétrico tridimensional del claustro, con especial atención a los alzados en los que sitúan los grafitos, las bóvedas y los alzados exteriores al patio<sup>12</sup>. La metodología de trabajo y técnicas empleadas toman como referencia los principios generales de la documentación geométrica de edificios históricos (Martín 2014); si bien, hay que tener en cuenta las particularidades geométricas de este tipo de espacios en los que se combinan largos muros con conjuntos de bóvedas nervadas, elementos escultóricos, columnas, hornacinas, etc. (véanse algunos ejemplos en Núñez *et al.* 2011; Iannizzaro, Messina y Cundari 2013; De Luca

<sup>12</sup> Proyecto realizado por el Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio de la UPV/EHU, con la financiación de la Fundación San Millán de la Cogolla, y gestionado mediante la oficina OTRI Fundación Euskoiker. Código PT10490 (Rodríguez y Valle 2017).

*et al.* 2014; Webb y Buchanan 2017; Gottardi y Guerra 2018). A grandes rasgos, se puede indicar que existen diversos elementos que requieren diferentes niveles de detalle para su correcta representación, además, en algunas zonas los espacios son muy amplios y con cambios de luz muy marcados, en otras, por el contrario, el espacio disponible es reducido o de difícil acceso.

En el caso concreto del claustro de San Millán, la documentación se obtuvo combinando fotografías tomadas desde el suelo, con otras realizadas desde un jalón telescópico y desde dron, estas imágenes se procesaron utilizando software de fotogrametría convergente, en concreto, el programa *Agisoft Photoscan®* (actualmente comercializado con el nombre de *Metashape®*) (Fig. 5). El sistema de coordenadas del proyecto se estableció mediante estación total, con una precisión global de unos 5 mm y enganche a la red oficial mediante observaciones por medio de satélite GNSS (Global Navigation Satellite System), que engloba entre otras constelaciones satelitales GPS, GLONASS o GALILEO.

A partir del modelo tridimensional, se generaron las ortoimágenes correspondientes a cada alzado, sobre las que se situaron los conjuntos de grafitos digitalizados. Para referenciar las digitalizaciones se emplearon los despieces de los sillares que, como se ha indicado, se

calcaron junto con todos los trazos en el año 2000 y, por lo tanto, estaban en la información original de los plásticos. Como resultados, se prepararon, para cada alzado, un plano a escala 1:30 (Fig. 6).

### 3. COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE LOS GRAFITOS

Para la comprobación visual del estado de conservación de los grafitos del claustro, se preparó una serie impresa de los dibujos digitalizados, en planos a escala 1:10, con el fin de verificar directamente sobre los alzados su presencia, ausencia o deterioro (Fig. 7), así como la posible existencia de otros nuevos no detectados en la exploración del año 2000.

Los resultados de esta inspección nos llevan a determinar que la limpieza de los muros que se realizó en 2000 dejó a la vista nuevas trazas y, al mismo tiempo, hizo que otras que eran perceptibles entonces no lo sean actualmente. Por todo ello, resultaría recomendable acometer un nuevo estudio sistemático de algunas zonas del claustro en busca de nuevos bocetos o rasguños. A este respecto, se han realizado diversas pruebas con metodologías como fotografía de luz rasante y fuente de luz



Figura 6. Vista parcial de la ortoimagen del alzado sur con los trazos calcados superpuestos. (Elaboración LDGP, 2017).

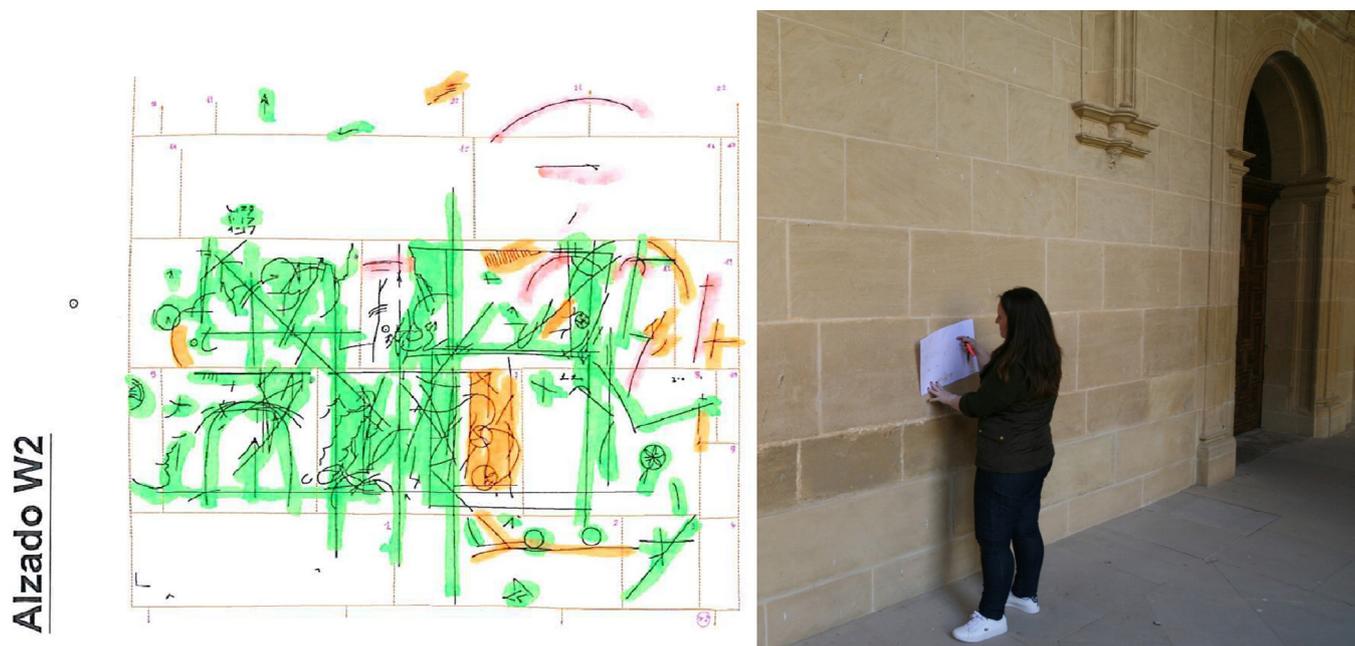


Figura 7. Revisión visual directa del estado de los trazos sobre los alzados interiores del claustro (derecha) (Foto J. M. Valle, 2017), y señalización en un calco del alzado oeste de los trazados visibles en la actualidad en verde, los apreciados con dificultad en naranja y los no localizados en magenta (izquierda). (Elaboración LDGP, 2017).

múltiple, tratamiento digital de imágenes o escáner de luz estructurada (Valle *et al.* 2020). Asimismo, también resulta imprescindible proteger la información existente ya que, en algunos de los casos, los trazos originales han desaparecido siendo, por lo tanto, la única fuente para su estudio futuro, el calco realizado en el año 2000 y su digitalización posterior.

#### 4. PRESERVACIÓN, SOCIALIZACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN

Realizadas las acciones anteriores de registro mediante calco, recuperación de la información mediante digitalización y representación contextualizada sobre los muros del claustro, se hacía necesario diseñar estrategias que permitieran preservar la información, tanto física como digital, hacerla accesible y, finalmente, facilitar su comprensión por parte del público.

##### 4.1. Archivo de los calcos originales

Tras la digitalización de los calcos sobre plástico, se planteó la cuestión de si sería conveniente o no asegurar su almacenamiento en condiciones que permitiesen su conservación y futura consulta, para ello, se planteó

la consulta al Archivo Histórico Provincial de La Rioja que, a su vez, trasladó al Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) del Ministerio de Cultura. Se mantuvo una reunión con la directora del Archivo, Dña. Micaela Pérez Sáenz, en la que se plantearon algunas de las alternativas existentes y que, en líneas generales, recomendaban su almacenamiento enrollados con un papel de seda o papel *reemay*® intermedio y utilizando como núcleo y embalaje exterior tubos de cartón libres de ácido y lignina.

En todo caso, también se nos advirtió que el soporte en sí (poliéster) no garantizaba el mantenimiento a largo plazo de los dibujos ya que la tinta de los rotuladores «permanentes» no penetra en la superficie, por lo que tiende a desprenderse con el tiempo y el rozamiento. Por otro lado, también se nos alertó de los inconvenientes que puede llegar a ocasionar al futuro depositario la elección de un formato físico de almacenamiento demasiado voluminoso.

Por todo ello, teniendo en cuenta que los plásticos podían considerarse como un mero soporte temporal de la información geométrica de los trazados de arquitectura y que dicha información ya se encuentra preservada a través de las fotografías y de los planos, se nos indicó que, en realidad, la conservación física de los plásticos debería tratarse como un archivo general intermedio (no

definitivo). No obstante, se ha preferido mantenerlos, para lo que se ha considerado adecuado el formato que se utilizó para la toma de fotografías, es decir, enrollados sobre un núcleo de cartón convencional y, posteriormente, introducidos en tubos de cartón de algo más de 2 m de altura con una ficha descriptiva del contenido pegada en el exterior (y copia de la misma dentro de cada tubo), siendo esta una opción económica que aúna un almacenamiento compacto con el hecho de mantenerlos sin plegar y un cierto grado de protección contra golpes y factores externos. Los plásticos se distribuyeron en cuatro tubos, uno por alzado.

Se propuso a las entidades e instituciones relacionadas con el patrimonio emilianense la ubicación de estos documentos en sus dependencias, quedando depositados definitivamente en el archivo del monasterio de San Millán de la Cogolla de Yuso.

## 4.2. Archivo de los productos digitales

Los proyectos citados relativos a las dos fases de los trabajos, que corresponden a la digitalización de los plásticos y de modelado tridimensional del claustro para la generación de los alzados con ortofotografías en los que se han superpuesto los grafitos, se encuentran almacenados en el repositorio institucional ADDI de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) desde donde pueden descargarse tanto los planos finales como las memorias descriptivas de las tareas realizadas.

Los repositorios universitarios son infraestructuras de información mantenidas, en la mayoría de los casos, por los respectivos servicios de biblioteca. Su cometido es preservar y difundir la producción académica y científica de las instituciones. Tienen vocación de permanencia y liberan a los investigadores del cometido de diseño y mantenimiento de los sistemas de gestión de la información, al mismo tiempo que facilitan que un amplio número de usuarios puedan localizar y acceder a los datos almacenados. Por estos motivos, son herramientas muy interesantes a la hora de dar a conocer información técnica sobre elementos patrimoniales (Rodríguez y Valle 2017). Cada uno de los registros generados que se encuentra disponible en el repositorio, contiene una memoria descriptiva detallada de los trabajos realizados (en formato PDF), la cual también incluye la colección de planos en sus tamaños originales en función de las escalas a las que se han realizado, así como una selección de fotografías que ilustran cada una de las fases. Por otro lado, dentro del repositorio, los registros se cata-

logan utilizando un rico conjunto de metadatos (Dublin Core cualificado) que permiten mantener la trazabilidad de la información y facilitan su gestión y búsqueda por parte de los usuarios. Asimismo, es importante resaltar que estos registros se suministran bajo licencia *Creative Commons* (CC-by), de esta forma, la información queda disponible de forma libre para toda persona interesada en consultarla y analizarla. Además de en el propio repositorio, hay que tener en cuenta que estos servicios se encuentran conectados por medio de redes específicas de recursos científicos y culturales desde donde pueden realizarse búsquedas conjuntas. Algunos de los ejemplos más significativos son: *Hispana* ([www.hispana.es](http://www.hispana.es)), *Recolecta* ([www.recolecta.fecyt.es](http://www.recolecta.fecyt.es)) o *Europeana* ([www.europeana.eu](http://www.europeana.eu)).

## 4.3. Comprobaciones geométricas e inicio del estudio de los trazados y montes

A partir de la información generada comienza el estudio propiamente dicho, es decir, la identificación de los conjuntos de trazos con figuras concretas, y su relación con partes construidas del claustro u otras partes del edificio, así como su paralelismo con otros conjuntos conocidos o que se vayan descubriendo. Esta es una tarea larga que se inició con el patrocinio de la Fundación San Millán de la Cogolla en 2017<sup>13</sup>, y se continuó bajo sus auspicios con la obtención de una ayuda para proyectos sobre bienes declarados patrimonio mundial, del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, solicitada por el Ayuntamiento de San Millán de la Cogolla en la convocatoria de 2017, que se materializó en 2018<sup>14</sup>.

Tomando como referencia otros trabajos en los que la geometría actual ha servido de base para la defini-

<sup>13</sup> Arrúe Ugarte, B., Navarro Bretón, M. C. y Reinales Fernández, Ó. 2017: *Los grafitos del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja): estudio de la naturaleza de los registros e interpretación (Fase 1)*. Contrato de investigación Fundación San Millán de la Cogolla - Fundación Universidad de La Rioja (OTRI, cód. OTEMI70208). Logroño.

<sup>14</sup> Arrúe Ugarte, B., Navarro Bretón, M. C., Reinales Fernández, Ó., Elorriaga Aguirre, G., Rodríguez Miranda, A. y Valle Melón, J. M. 2018: *Los grafitos del claustro del monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja): recuperación, interpretación y puesta en valor*. Ayudas para Proyectos de conservación, protección y difusión de bienes declarados Patrimonio Mundial. Convocatoria de 2017 (Resolución 31/07/2018; expt. 35; nº Ref. 44). Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Secretaría de Estado de Cultura, Gobierno de España. Ayuntamiento de San Millán de la Cogolla. Este proyecto fue presentado en el Museo Arqueológico Nacional por la Fundación San Millán de la Cogolla y sus autores en octubre de 2019.

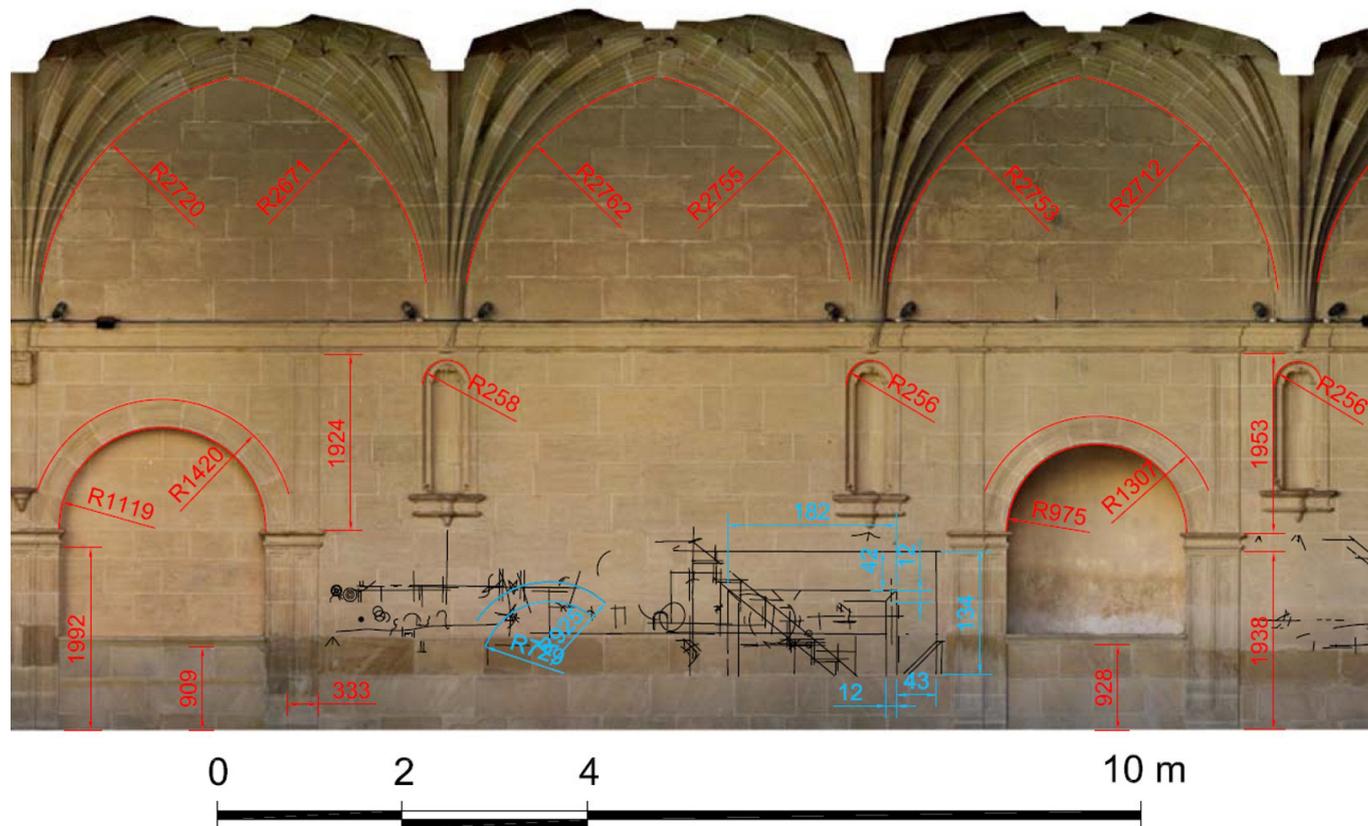


Figura 8. Alzado que incluye acotaciones de algunas de las monteas y de elementos construidos. (Elaboración LDGP, 2017).

ción formal de los elementos y la determinación de los sistemas constructivos empleados (Maira Vidal 2012 y 2017), como primera aproximación se ha procedido a acotar las dimensiones de aquellos trazos que se considera que pueden haber servido como referencia a puertas, arcos, escaleras o molduras. Asimismo, sobre las ortofotografías, el modelo 3D y directamente en campo se han medido diversos elementos construidos con el fin de tratar de identificar coincidencias (Fig. 8).

Hasta el momento el estudio se ha centrado en la profundización de la información aportada por las fuentes manuscritas y bibliográficas sobre la construcción del claustro, y en el registro de todos los trazados, monteas y grafitos históricos, elaborando tablas y mapas de trabajo para la determinación de sus caracteres generales, estado de conservación, medidas y tipología. Esta primera sistematización, posible gracias a la digitalización de los calcos, ha permitido generar una clasificación provisional de los tipos de trazos incisos en los muros según su naturaleza: de carácter constructivo en su mayoría con variantes (monteas a escala natural, bocetos de plantas a otra escala, replanteos de la obra y círculos trazados con

compás, de diferentes divisiones, al margen de unas pocas marcas de cantería), pero también unos pocos de índole epigráfica, contable y figurativa. Asimismo, se catalogaron mediante fichas técnicas específicas un número representativo de 35 ejemplos, para servir de modelo del contenido y valores de este patrimonio histórico, y de experimentación en la aplicación de realidad aumentada.

#### 4.4. Generación de una aplicación de realidad aumentada

Los grafitos solo resultan visibles mediante una inspección cuidadosa, bajo condiciones de iluminación específicas y a muy corta distancia, motivo por el cual han pasado inadvertidos durante tanto tiempo.

Curiosamente, el propio hecho de no ser fácilmente apreciables los convierte en un recurso de gran interés en las propias visitas al claustro, como hemos podido comprobar en diversas ocasiones tanto con grupos de escolares (para los cuales resulta muy divertido que se les invite a buscarlos y descubrirlos por su cuenta a modo de juego), como de visitantes adultos. Asimismo, existen



Figura 9. Aspecto que presentan los trazados y monteas superpuestos mediante realidad aumentada con la imagen instantánea de uno de los alzados del claustro. (Foto J. M. Valle, 2018).

interesantes ejemplos en monumentos similares en los que, a partir de la realidad virtual y aumentada, se están generando productos orientados a la mejora de la experiencia de los visitantes (Bolognesi y Aiello 2019). Por consiguiente, con el fin de facilitar su reconocimiento por parte del público que acude a visitar el monasterio se propuso la realización de una aplicación de Realidad Aumentada que permitiera ver una superposición virtual de los trazos sobre las paredes a través de dispositivos móviles (teléfonos o tabletas). La aplicación se ha creado mediante la plataforma *Unity 3D®* junto con el desarrollador de Realidad Aumentada *Vuforia SDK®*.

Tras evaluar diferentes alternativas que permitiesen recolocar cada trazado en su lugar exacto, se decidió recurrir a marcadores (de dimensión  $15 \times 9,5$  cm), situados en diversos puntos del claustro. Cada marcador está relacionado con un grupo concreto de grafitos cuyas dimensiones pueden ir desde 1 hasta 10 metros cuadrados, aproximadamente. El visitante interesado en ver los dibujos solo tiene que cargar la aplicación y enfocar un marcador con la cámara del dispositivo móvil a una distancia de unos 40 cm. Una vez que se ha reconoci-

do el marcador, las líneas de los grafitos aparecen sobre la imagen de la cámara y el usuario puede alejarse y moverse para visualizar mejor el conjunto representado (Fig. 9). Además, la aplicación permite acceder a la información adicional disponible en el catálogo (tipología, interpretación, fecha de realización, etc.).

El diseño de cada marcador es específico de manera que la aplicación lo reconoce y carga el conjunto de líneas que le corresponde; al enfocar un nuevo marcador, la misma aplicación cambia al nuevo grupo de trazos. La aplicación realizada ya es funcional y se ha utilizado con éxito en encuentros específicos, pero actualmente aún falta definir un plan para su implementación en el marco de las indefectibles visitas guiadas al monasterio, el turismo sostenible y la conservación de este singular patrimonio.

## 5. CONCLUSIONES

Los dibujos de ejecución y monteas sobre los muros de muchos de los edificios históricos representan una oportu-

tunidad para mejorar el conocimiento sobre los procesos constructivos que estos han experimentado a lo largo del tiempo. Afortunadamente, en los últimos años se están realizando trabajos que están permitiendo el descubrimiento, registro y estudio de interesantes conjuntos, lo que ha contribuido a que, cada vez, exista una mayor concienciación sobre su importancia.

Sin embargo, el estudio de estos trazados de arquitectura debe considerar algunas dificultades. En efecto, por un lado, las incisiones de muchos de ellos son apenas visibles, por lo que su registro requiere de una combinación de técnicas específicas y un cuidadoso trabajo de campo. Por otro lado, en su mayoría deben considerarse en el contexto espacial en que fueron dibujadas, ya que se relacionan con elementos construidos que están situados en esos mismos lugares. Por este motivo, la representación de los dibujos (que es eminentemente bidimensional) debe poderse entender dentro del espacio tridimensional en el que se localizan. En la actualidad, los métodos tradicionales de representación de los grafitos (como podrían ser los calcos del caso aquí analizado) se complementan con técnicas específicas de fotografía, tratamiento de imágenes y escaneado 3D, lo que ofrece mayor versatilidad a la hora de recuperar los trazados. Por su parte, el modelado 3D de los entornos se puede obtener combinando técnicas topográficas, fotogrametría y escáneres láser.

Pasando ahora a la metodología empleada en el caso concreto de San Millán, podemos decir que la documentación de los calcos mediante ortorrectificación de fotografías cenitales ha resultado satisfactorio, posibilitando: la preservación de la información calcada en 2000, la conservación de esta información y su difusión de manera global. Por otro lado, la generación del modelo fotogramétrico del claustro, además de permitir la edición de documentos gráficos altamente representativos, como las ortoimágenes de los alzados y bóvedas, han posibilitado la contextualización de los grabados registrados y su posterior difusión tanto en forma de planos como por medio de realidad aumentada. Finalmente, consideramos que la estrategia de preservación física de los plásticos y digital mediante repositorios permitirá que esta información trascienda, sea accesible, comprensible y reutilizable, con un nivel de calidad y posibilidad de explotación científica y cultural más elevado que el que permiten las publicaciones convencionales.

Por último, hay que indicar que existen grandes similitudes entre los trazados y monteas que se encuentran en diferentes monumentos, por lo que confiamos en que la

puesta a disposición pública de los conjuntos del claustro del monasterio de San Millán no solo sirva para entender mejor los sistemas constructivos de este edificio en concreto, sino que también pueda ser de utilidad en la comprensión de muchos otros.

## 6. AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de las investigaciones mencionadas en este estudio no hubiera sido posible sin la hospitalidad de la comunidad de agustinos recoletos del monasterio de San Millán de la Cogolla, a la que agradecemos el mucho tiempo que nos han dedicado y las facilidades ofrecidas. Tampoco hubiera llegado al término actual sin el apoyo y financiación de la Fundación San Millán de la Cogolla, y el interés de su coordinadora general Almudena Martínez, por lo que conste aquí nuestro reconocimiento y gratitud. De igual modo, agradecemos al Instituto de Estudios Riojanos el patrocinio para la primera fase de digitalización de los calcos, y la colaboración en las siguientes de la Fundación Universidad de la Rioja y la Fundación Euskoiker, así como el apoyo e interés por este trabajo del Ayuntamiento de San Millán de la Cogolla.

Agradecemos a las historiadoras del arte María Jesús Martínez Ocio y María Cruz Navarro Bretón su labor y aportaciones en la realización y estudio de los calcos, y al arquitecto Óscar Reinares su ayuda y participación en el análisis de los aspectos arquitectónicos.

Este trabajo está dedicado a la memoria del padre Juan Bautista Olarte, OAR, fallecido el 5 de marzo de 2018, encargado del archivo monástico y excelente conocedor de la historia emilianense. Gracias a su observación de los trazados en los paramentos del claustro ha sido posible conocer y difundir este patrimonio.

## 7. DISPONIBILIDAD DE DATOS DEPOSITADOS

Rodríguez, Á. y Valle, J. M. 2016 *Recuperación de los grafitos del claustro bajo del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja): registro fotográfico y digitalización*. Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV-EHU). Vitoria-Gasteiz. Disponible en el repositorio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) <http://hdl.handle.net/10810/19629>. Licencia CC-by. Contenidos: memoria y cuatro planos, uno por cada alzado del claustro a escala 1:10 y 7 imágenes.

Rodríguez, Á. y Valle, J. M., 2017. *Modelado Tri-dimensional del claustro del Monasterio de San Millán de la Cogolla, de Yuso (La Rioja)*. Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (UPV-EHU). Vitoria-Gasteiz. Disponible en el repositorio de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) <http://hdl.handle.net/10810/35503>. Licencia CC-by. Contenidos: memoria y 10 planos; cuatro alzados interiores del claustro a escala 1:30, uno con todos los alzados a escala 1:50, cuatro de los alzados exteriores del claustro a escala 1:000, un plano de las bóvedas a escala 1:50 y 6 imágenes.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Arrúe Ugarte, B. 2002: "Entorno y dependencias conventuales del monasterio benedictino de San Millán de la Cogolla de Yuso a mediados del siglo XVII", en I. Gil-Díez Usandizaga (coord.), *Actas de las VII Jornadas de Arte y Patrimonio Regional. El pintor fray Juan Andrés Rizi (1600-1681). Las órdenes religiosas y el arte en La Rioja*, pp. 201-227. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño.
- Arrúe Ugarte, B. 2004: "El sistema hallenkirchen en La Rioja: de los modelos conservados al singular ejemplo de San Millán de la Cogolla", en M. C. Lacarra Ducay (coord.), *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*, pp. 115-158. Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
- Barrón García, A. 2014: "Proceso constructivo del claustro de San Millán de la Cogolla por Juan Pérez de Solarte", *Brocar, Cuadernos de Investigación Histórica*, 38, pp. 119-144.
- Bernat Roca, M. y Serra i Barceló, J. 1987: "Metodología para el estudio de los graffiti medievales y postmedievales: El caso de Mallorca", en *Actas del II Congreso de Arqueología Medieval Española*, t. II, pp. 25-33. Comunidad de Madrid, Asociación Española de Arqueología Medieval, Madrid.
- Bolognesi, C. y Aiello, D. 2019: "Forgotten architecture: Smart tools for cultural tourism in the cloister of the Prior (Santa Maia delle Grazie, Milan)", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11, pp. 247-253. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-247-2019>
- Calvo López, J. 2016: "De la traza de montea a la geometría descriptiva. La doble proyección ortogonal en la ingeniería militar, de la Edad Media a la Ilustración", en A. Cámara Muñoz (coord.), *El dibujante ingeniero al servicio de la monarquía hispánica: siglos XVI-XVIII*, pp. 45-63. Fundación Juanelo Turriano, Madrid.
- Calvo López, J., Alonso Rodríguez, M. A., Taín Guzmán, M. y Camiruaga Osés, I. 2015: "Métodos de documentación, análisis y conservación de trazados arquitectónicos a tamaño natural", *Arqueología de la Arquitectura*, 12, e026. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2015.024>
- Calvo López, J., Alonso Rodríguez, M. A., Taín Guzmán, M. y Natividad-Vivó, P. 2013a: "La construcción en cantería en la Galicia barroca. Las montea del coro alto de la capilla de San Telmo de Tui", *Informes de la Construcción*, 65, 2, pp. 127-140. <https://doi.org/10.3989/ic.13.019>
- Calvo López, J., Molina Gaitán, J. C., Alonso Rodríguez, M. A., López Mozo, A., Rabasa Díaz, E., Pozo Martínez, I. y Sánchez Pravía, J. 2010: "El uso de montea en los talleres catedralicios: el caso murciano", *SEMATA, Ciencias Sociales e Humanidades*, 22, pp. 519-536.
- Calvo López, J., Molina Gaitán, J. C., Natividad Vivó, P., Alonso Rodríguez, M. A., Rabasa Díaz, E., López Mozo, A., Taín Guzmán, M. y Sánchez Pravía, J. M. 2013b: "The Tracings for the Sail Vault at the Murcia Cathedral Vestry: Surveying a 16th-Century Full-Scale Working Drawing", *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration*, 7 (3), pp. 275-302. <http://doi.org/10.1080/15583058.2011.640736>
- Calvo López, J. y Rabasa Díaz, E. 2016: "Construcción, dibujo y geometría en la transición entre Gótico y Renacimiento", *Artigrama: Revista del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza*, 31, pp. 67-86.
- Calvo López, J. y Taín Guzmán, M. 2018: *Las montea del convento de Santa Clara de Santiago de Compostela: un repertorio de trazados, tanteos y dibujos del Barroco español*. Guiverny y Consorcio de Santiago, Santiago de Compostela.
- Calvo López, J., Taín Guzmán, M. y Camiruaga Osés, I. 2016: "The eighteenth-century full-scale tracings in the church of Saint Clare in Santiago de Compostela: execution drawings or design sketches?", *Construction History*, 31, pp. 81-106.
- Carrero-Pazos, M. y Espinosa-Espinosa, D. 2018: "Tailoring 3D modelling techniques for epigraphic text restitution. Case studies in deteriorated roman inscriptions", *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 10, e00079. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00079>
- Chías, P. y Abad, T. 2017: "Modelos, plantillas, trazas y montea en los contratos para la construcción del Monasterio del Escorial", *Informes de la Construcción*, 69 (547), e219. <https://doi.org/10.3989/id55077>
- Cortón, N., López, Á. y Carrera, F. 2015: "Combining photogrammetry and photographic enhancement techniques for the recording of megalithic art in north-west Iberia", *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2, pp. 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2015.02.004>
- Cosentino, A., Stout, S. y Scandurra, C. 2015. "Innovative imaging techniques for examination and documentation of mural paintings and historical graffiti in the catacombs of San Giovanni, Syracuse", *International Journal of Conservation Science*, 6 (1), 23-34.
- De Luca, L., Driscu, T., Peyrols, E., Larosse, D., Berthelot, M. 2014: "A complete methodology for the virtual assembling of dismantled historic buildings", *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 8, pp. 265-276. <http://doi.org/10.1007/s12008-014-0224-5>
- Díaz-Andreu, M., Brooke, C., Rainsbury, M. y Rosser, N. 2006: "The spiral that vanished: the application of non-contact recording techniques to an elusive rock art motif at Castlerigg stone circle in Cumbria", *Journal of Archaeological Science*, 33, pp. 1580-1587. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.02.010>
- Ferrán i Gómez, D. y Roig i Deulofeu, A. 1986: "El grafit medieval. Metode arqueologic. La seva aportacio a la Historia", en *Actas del I Congreso de Arqueología Medieval Española*, t. I, pp. 223-237. Asociación Española de Arqueología Medieval, Zaragoza.
- Freire Tellado, M. J. 1998: "Los trazados de montea de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo)", en F. Bores, J. Fernández, S. Huerta y E. Rabasa (eds.), *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. A Coruña, 22-24 de octubre de 1998, pp. 173-180. Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de la Coruña, Madrid.
- Gottardi, C. y Guerra, F. 2018: "Spherical images for cultural heritage: survey and documentation with the Nikon KM360", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII (2), pp. 385-390. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-385-2018>
- Gutiérrez Hernández, A. M. 2017: "Montea, trazas y rasguños. Una muestra del Cuaderno de Cantería localizado en los muros de la antigua iglesia del Colegio de los Jesuitas (La Clerecía) de Salamanca", en S. Huerta, P. Fuentes e I. G. Gil Crespo (eds.), *Actas del Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Donostia-San Sebastián, 3 - 7 octubre 2017, vol. 2, pp. 741-749. Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- Iannizzaro, V., Messina, B. y Cundari, M. R. 2013: "Applications of integrated survey for historical heritage's knowledge: digital modelling of the Villa Rufolo's Moorish cloister in Ravello", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W2, pp. 361-366. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-5-w2-361-2013>
- Ibáñez Fernández, J. (coord. y ed.) 2019: *Trazas, muestras y modelos de tradición gótica en la Península Ibérica entre los siglos XIII y XVI*. Instituto Juan de Herrera, Madrid.
- López Mozo, A. 2008: "Tres montea escurialenses", *EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 13, pp. 190-197. <https://doi.org/10.4995/ega.2008.10284>

- López-Menchero, V., Marchante, Á., Vincent, M. L., Cárdenas, Á. J. y Onrubia, J. 2017: "Uso combinado de la fotogrametría digital nocturna y de la fotogrametría en los procesos de documentación de petroglifos: en el caso de Alcázar de San Juan (Ciudad Real, España)", *Virtual Archaeology Review*, 8 (17), pp. 64-74. <https://doi.org/10.4995/var.2017.6820>
- Maira Vidal, R. 2012: "Estudios geométricos y constructivos de una bóveda tabicada de yeso en la Comunidad de Madrid: determinación de su autoría por Juan Guas", *Ge-conservación*, 3, pp. 132-151. <https://doi.org/10.37558/gec.v3i0.104>
- Maira Vidal, R. 2017: "Evolution of construction techniques in the Early Gothic: Comparative study of the stereotomy of European sexpartite vaults using new measurement systems", *Journal of Cultural Heritage*, 28, pp. 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.05.005>
- Martín Talaverano, R. 2014: "Documentación gráfica de edificios históricos: principios, aplicaciones y perspectivas", *Arqueología de la Arquitectura*, 11, e011. <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2014.014>
- Moya Valgañón, J. G. 2006: "Arquitectura religiosa", en J. G. Moya Valgañón (dir.), B. Arrúe Ugarte (coord.), *Historia del Arte en La Rioja. III. El siglo XVI*, pp. 83-180. Fundación Caja Rioja, Logroño.
- Núñez, M. A., Buill, F., Regot, J. y Mesa, A. 2011: "Metric survey of the monument of Queen Elisenda's tomb in the Monastery of Pedralbes, Barcelona", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, pp. 121-127. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xxxviii-5-w16-121-2011>
- Papadaki A. I., Agraftotis, P., Georgopoulos, A. y Prignitz, S. 2015: "Accurate 3D scanning of damaged ancient Greek inscriptions for revealing weathered letters", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W4. <https://doi.org/10.4995/var.2017.6820>
- Pinto, F. y Jiménez, A. 1993: "Monteas en la catedral de Sevilla", *EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1, pp. 79-84.
- Pinto Puerto, F. y Jiménez-Martín, A. 2016: "Geometric Working Drawing of e Gothic Tierceron Volt in Sevilla Cathedral", *Nexus Network Journal*, 18, pp. 439-466. <https://doi.org/10.1007/s00004-015-0271-7>
- Pinto Puerto, F. y Ruiz de la Rosa, J. A. 1994: "Monteas en La Cartuja de Santa María de la Defensión en Jerez de La Frontera", *EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 2, pp. 136-144.
- Rodríguez, Á. y Valle Melón, J. M. 2017: "Los repositorios institucionales dentro de las estrategias de preservación de la información sobre patrimonio", en *PH92 Perspectivas - a Debate. Datos Abiertos en Instituciones Culturales*, pp. 230-231. Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, Sevilla. <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/3950>
- Ruiz de la Rosa, J. A. 1987: *Traza y Simetría de la Arquitectura. En la Antigüedad y Medievo*. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Ruiz de la Rosa, J. A. y Rodríguez Estévez, J. C. 2000: "Monteas en las azoteas de la Catedral de Sevilla. Análisis de testimonios gráficos de su construcción", en A. Graciani García, S. Huerta Fernández, E. Rabasa Díaz y M. A. Tabales Rodríguez (eds.), *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, pp. 965-978. Universidad de Sevilla, Junta de Andalucía, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX, SEHC, Madrid.
- Ruiz de la Rosa, J. A. y Rodríguez Estévez, J. C. 2011: "Capilla redonda en vuelta redonda: nuevas aportaciones sobre una montea renacentista en la catedral de Sevilla", en S. Huerta Fernández, I. J. Gil Crespo, S. García Suárez y M. Taín Guzmán (eds.), *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Santiago de Compostela, 26-29 octubre de 2011, v. 2, pp. 1275-1282. Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid.
- Taín Guzmán, M. 2003a: "Las monteas de la catedral de Santiago de Compostela: de la arquitectura a la escultura", en J. A. Sánchez López e I. Coloma Martín (eds.), *Correspondencia e integración de las artes. XIV Congreso Nacional de Historia del Arte (CEHA)*. Málaga, del 18 al 21 de septiembre de 2002, v. 1, pp. 509-522. Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, Dirección de Cooperación y Comunicación Cultural, Málaga.
- Taín Guzmán, M. 2003b: "The drawings on stone in Galicia: types, uses and meanings", en S. Huerta (ed.), *Proceedings of the First International Congress on Construction History*: Madrid, 20th-24th January 2003, v. 3, pp. 1887-1898. Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid.
- Tirado Martínez, J. A. 2001: "Seguimiento arqueológico en el patio y los pasillos del claustro de Yuso", *Estrato, Revista Riojana de Arqueología*, 13, pp. 105-113.
- Valle-Melón, J. M., Rodríguez Miranda, A., Elorriaga Aguirre, G., Korro Bañuelos, J., Arrúe Ugarte, B. y Marchante Ortega, Á. 2020: "Comparison of image techniques for the detection of graffiti in the cloister of the Monastery of San Millán de la Cogolla (Spain)", en P. Ortiz Calderón, F. Pinto Puerto, P. Verhagen y A. J. Prieto (eds.), *Science and digital technology for cultural heritage - interdisciplinary approach to diagnosis, vulnerability, risk assessment and graphic information models*, pp. 26-30. CRR Press/Balkema, Leiden. <https://doi.org/10.1201/9780429345470>
- Webb, N. y Buchanan, A. 2017: "Tracing the past: A digital analysis of Wells cathedral choir aisle vaults", *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 4, pp. 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.01.001>