



ASOCIACIÓN DE
PROFESORES DE
EXPRESIÓN
GRÁFICA
APLICADA A LA
EDIFICACIÓN

PENSAR DIBUJANDO

VALVERDE, CAÑIZARES, BARRERA, RODRÍGUEZ (EDS.)

Congresos UPV

Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023

<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/APEGA/APEGA2023>

The papers published in this volume have been peer-reviewed by the Scientific Committee

For this volume:

Cite as: Valverde Cantero, D.; Cañizares Montón, J. M.; Barrera Vera, J. A.; Rodríguez-Navarro, P. (2024). *Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023*. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

© Scientific Editors

Valverde Cantero, D.
Cañizares Montón, J. M.
Barrera Vera, J. A.
Rodríguez-Navarro, P.

© papers: the authors

© **publishers** APEGA, edUPV (Universitat Politècnica de València), 2024.
edUPV Ref. 6798_01_01_01

ISBN: 978-84-1396-114-9

DOI: <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>



Pensar dibujando. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023

The reuse of the contents is allowed through the copying, distribution, exhibition and representation of the work, as well as the generation of derivative works as long as the authorship is acknowledged and it is cited with complete bibliographic information. Commercial use is not permitted and derivative works must be distributed under the same license as the original work.

Presentación

Con esta publicación se culmina el trabajo del congreso APEGA (Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación), cita bienal que reúne a los expertos y profesores del área que imparten docencia e investigan en las distintas Universidades y Escuelas de Europa y América, fundamentalmente. Sirve de vehículo para el intercambio de conocimiento y experiencias con el objetivo de fomentar, potenciar, orientar, desarrollar y promover la enseñanza de la EXPRESIÓN GRÁFICA en las titulaciones universitarias de Arquitectura Técnica, Ingeniería de Edificación y demás titulaciones del ámbito de la edificación.

En las quince anteriores publicaciones de APEGA se establecieron las bases con las que pretendemos la realización de proyectos conjuntos que permitan obtener resultados relevantes en el ámbito de la Expresión Gráfica en la Edificación, proyectos que contribuyan y conduzcan hacia una producción científica de calidad e interés internacional. La continuidad de estas publicaciones de resultados científicos durante tantos años atestigua el éxito de la iniciativa que no se vio interrumpida ni siquiera en años de pandemia y crisis.

En tiempos de inteligencia artificial y reuniones virtuales, la presencia física en los congresos, con oportunidad de discutir y defender propuestas en vivo y en directo, ofrece un nuevo valor a la investigación del que carecen los actualmente reinantes artículos de revistas. De ahí el interés de esta publicación que combina la evaluación del comité científico con la presentación y discusión de las propuestas entre congresistas y ponentes.

PENSAR DIBUJANDO es el lema elegido para la presente edición y propone una estructura transversal de las líneas temáticas de las comunicaciones. Se parte, como premisa, de que la imagen final, el dibujo, es para la expresión gráfica aplicada a la edificación, no tanto un fin en sí misma, sino un vehículo útil para el exhaustivo análisis y/o producción de lo representado; infiriéndose de ella que precisa, para alcanzar dicho objetivo, extraer la esencia de la realidad de forma previa a su dibujo o modelización.

Esta es la secuencia necesaria que pretende reflejar la publicación: desde la síntesis a la realidad, que es la que inspira tanto el lema del Congreso, PENSAR DIBUJANDO, como la estructura transversal establecida en la publicación.

Los editores

Editores

David Valverde Cantero

José Manuel Cañizares Montón

José Antonio Barrera Vera

Pablo Rodríguez-Navarro

Comité científico

Amparo Bernal López-Sanvicente, Universidad de Burgos, Spain

Andrés Martínez Medina, Universidad de Alicante, Spain

Antonio Almagro Gorbea, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Spain

Antonio Gámiz Gordo, Universidad de Sevilla, Spain

Antonio Miguel Trallero Sanz, Universidad de Alcalá de Henares, Spain

Daniele G. Papi, Universidad de Milán, Italia

David Valverde Cantero, Universidad de Castilla – La Mancha, Spain

Eloi Coloma Picó, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain

Giorgio Verdiani, Università degli Studi di Firenze, Italia

Giuseppe Amoroso, Politecnico di Milano, Italia

Jorge Llopis Verdú, Universitat Politècnica de València, Spain

Jorge Luis García Valldecabres, Universitat Politècnica de València, Spain

José Antonio Barrera Vera, Universidad de Sevilla, Spain

José Manuel Cañizares Montón, Universidad de Castilla – La Mancha, Spain

Juan Calduch Cervera, Universitat d'Alacant, Spain

Lindy Osborne, Queensland University of Technology, Australia

Mercedes Valiente López, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

Norena Martín-Dorta, Universidad de La Laguna, Spain

Pablo Rodríguez-Navarro, Universitat Politècnica de València, Spain

Per Cornell, University of Gothenburg, Suecia

Pilar Chías Navarro, Universidad de Alcalá, Spain

Roberta Spallone, Politecnico di Torino, Italia

Santiago Llorens Corraliza, Universidad de Sevilla, Spain

Simon Bell, Coventry University, Reino Unido

Stefano Bertocci, Università degli Studi di Firenze, Italia

Tomás Abad Balboa, Universidad de Alcalá, Spain

TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO APLICADAS AL ARTE TEXTIL SACRO

ARCHITECTURAL SURVEY TECHNIQUES APPLIED TO SACRED TEXTILE ART

Daniel Antón^a, Miguel León-Muñoz^b, Margarita Infante-Perea^c,
Juan Jesús Martín-del-Río^d, Concepción Cantillana-Merchante^e

Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

^a danton@us.es, ^b miguelleon@us.es, ^c minfante1@us.es, ^d jjdelrio@us.es, ^e ccantillana@us.es

How to cite: Antón, D.; León-Muñoz, M.; Infante-Perea, M.; Martín-del-Río, J. J.; Cantillana-Merchante, C. (2024). *Architectural survey techniques applied to sacred textile art*. In *Pensar dibujando*. Proceedings of XVI International Conference of the Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación APEGA 2023. Cuenca, September 28, 29 and 30, 2023. pp. 24-34. <https://doi.org/10.4995/APEGA2023.2023.19058>

Resumen

Este trabajo describe el proceso de digitalización del manto de Salida de Nuestra Señora del Socorro, titular de la hermandad del Amor. Se trata de una pieza emblemática del arte textil sacro sevillano.

El objeto de estudio tiene unas dimensiones de 4,80 x 4,60 metros, confeccionado en terciopelo granate sobre el que se aplica un denso bordado en oro. Realizado en 1957, el manto ha sido sometido a un proceso de restauración durante los dos últimos años. Al término de este proceso, se realiza una virtualización transfiriendo técnicas de levantamiento arquitectónico a la documentación de su estado restaurado.

En el proceso de trabajo se han mezclado técnicas de planificación de vuelo provenientes de la fotogrametría aérea, con equipos topográficos y fotográficos propios de la fotogrametría terrestre. Los resultados obtenidos, en alta resolución, consisten en un banco de imágenes, modelos digitales, ortofotos y secciones, así como vídeos destinados a favorecer la divulgación del bien. Estos productos permiten un profundo análisis de la geometría y de las técnicas y materiales empleados sobre el manto, elementos de gran utilidad para la conservación preventiva.

El trabajo, pionero en objetos textiles de estas características, ha precisado adaptar las técnicas y los equipos al entorno de trabajo de un taller de bordado, así como a las sutilezas que imponen los materiales textiles, brillantes y sagrados sobre los que se ha actuado.

Palabras clave: Fotogrametría, Patrimonio, Documentación, Arte sacro.

Abstract

This paper describes the process of digitisation of the Nuestra Señora del Socorro's procession cape, of the Hermandad del Amor. It is an emblematic piece of Sevillian sacred textile art.

The dimensions of the studied object are 4.80 x 4.60 metres, made of maroon velvet on which a dense gold embroidery is applied. Made in 1957, the cape has undergone a restoration process during the last two years. A virtualisation was carried out by transferring architectural survey techniques to the documentation of its restored state.

In the work process, aerial photogrammetry techniques have been combined with topographic and photographic equipment from terrestrial photogrammetry. The results obtained, in high resolution, consist of a bank of images, digital models, orthophotos and sections, as well as videos to disseminate the asset. This enables an in-depth analysis of the geometry, techniques and materials used on the cape, useful for conservation.



Pioneer in textile objects of these characteristics, this work has required adapting the techniques and equipment to the working environment of an embroidery workshop, as well as to the nuances of these shiny and sacred textile materials addressed.

Keywords: Photogrammetry, Heritage, Documentation, Sacred art.

1. Introducción

El patrimonio textil sacro, debido a la gran fragilidad de sus materiales constitutivos, es muy susceptible a degradarse. El inevitable y gradual deterioro de un material tan sensible, sometido además a un uso y manipulación continuados y a un almacenaje sin control de parámetros ambientales de conservación, ha provocado la pérdida de infinidad de textiles irrepetibles. La restauración se complica al no disponer hoy de los mismos materiales y técnicas que se utilizaron para su elaboración, que ya son parte de nuestro pasado [1].

El ser humano, de alguna forma, debe sentirse depositario de esta herencia patrimonial y tiene que estar implicado en su mantenimiento. Es importante conocer y conservar este legado. Para ello, es necesario adoptar un nuevo enfoque para con estos objetos, en muchos casos piezas aparentemente insignificantes, pero que esconden un valor histórico importante y reflejan los gustos, costumbres y riqueza de una época anterior [2].

No se puede conservar todo para siempre, ni se puede pretender que dejen de usarse los bienes de arte textil sacro para lo que fueron concebidos. Tampoco se persigue aquí proponer posibles mejoras en las condiciones de uso, mantenimiento o almacenaje. Sin embargo, sí se defiende que una documentación pormenorizada y la digitalización [3] de este tipo de enseres pueden resultar elementos clave para la evaluación de su estado, y como paso previo a cualquier actuación de conservación.

En este sentido, en este trabajo se aplican técnicas avanzadas de levantamiento arquitectónico sobre una pieza emblemática de la Semana Santa sevillana.

1.1. Manto de Salida de Nuestra Señora del Socorro (Hermandad del Amor, Sevilla)

El manto de salida de Nuestra Señora del Socorro (Hermandad del Amor de la ciudad de Sevilla, España) fue elaborado entre los años 1953 y 1957 por la maestra bordadora Concepción Fernández del Toro, a partir del trabajo de Joaquín Castilla Romero, maestro del diseño ornamental (1888-1969).

El dibujo del manto, denominado "Siglo XVIII", fue realizado en estilo barroco-renacentista por el mencionado autor, que se erigió ganador del concurso de ideas convocado por la Hermandad en 1952, y al que acudieron los más prestigiosos diseñadores del momento.

Esta gran obra de arte está considerada por los especialistas como uno de los mejores exponentes del bordado sevillano. En su confección se usa exclusivamente hilo de oro sobre terciopelo de seda burdeos. La obra destaca por el complejo diseño de los módulos ornamentales, con notables realces de acusados volúmenes y con piezas sobrepuestas, está ejecutada en la difícil técnica de la "paredilla" y en múltiples tipos de puntos. Según el dossier de restauración de la Hermandad, tiene unas dimensiones de 4,70 x 4,87 m. [4].

Los bordados se organizan en calles que, dispuestas en forma radial guardan una aparente simetría axial. Dentro de cada una de ellas, un mismo dibujo se repite a modo de módulo de bordado y se ajusta en tamaño decreciendo hacia la parte superior del manto. El diseño contempla dos dibujos diferentes que van alternándose: el motivo ornamental principal está inspirado en un hermoso frontal del Siglo XVIII del Tesoro de la Catedral de Sevilla, llamado popularmente "de los bollos" o "de la bollería"; el otro motivo representa una suerte de capilletas o templetos con reminiscencias renacentistas. El manto cuenta con una ancha greca perimetral ricamente bordada, constituida por dos galones entre los que se disponen elementos ornamentales de carácter vegetal.

La obra ha sufrido pequeñas modificaciones, siendo la más importante la realizada en los talleres de artesanía Fernández y Enríquez hacia el año 1988, en la que se le añaden varias tiras de blonda dorada a la altura de la toca de sobre-manto.

A pesar de que dicho manto prácticamente solo se utiliza para la salida procesional de cada Domingo de Ramos, su estado de conservación ha venido sufriendo un deterioro lógico por el paso de los años, ya que han transcurrido más de seis décadas desde su estreno allá por abril de 1957.

En el último informe del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH) [5] sobre su estado de conservación realizado en 2009 se concluye: *"(...) se podría plantear a corto plazo la conveniencia de un "pasado" de los bordados a un nuevo soporte de terciopelo. En este aspecto primaria más el carácter procesional y funcional de la obra, pero para ello sería preciso proyectar dicho "pasado", con los criterios de conservación textil aplicados en piezas de museos y que son los que actualmente se siguen en el IAPH. Esta operación sería realizada en un taller de bordados en el que se respetara al máximo el original y con materiales similares a los que fueran a ser suprimidos."*

La técnica del "pasado" sugerida por el IAPH es una intervención que se practica sólo en casos estrictamente necesarios y con el fin de permitir que una obra de arte, con connotaciones devocionales o de uso, siga cumpliendo la funcionalidad para la que fue creada.

En este contexto, se pretende poner de manifiesto la existencia de un rico e impresionante patrimonio en textiles y bordados, buena parte del cual está salvaguardado por cofradías y hermandades. La contribución de la comunidad científica en este ámbito pasa por la documentación, análisis e investigación para su preservación.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es virtualizar el manto al término del proceso de su restauración, obteniendo una documentación gráfica que pueda servir de base para futuros trabajos de análisis, estudio, conservación, difusión y réplica total o parcial del bien documentado.

Por otro lado, también se contempla como objetivo la validez de la fotogrametría, como técnica no invasiva, para el levantamiento de este tipo de textiles.

2. Metodología

Para la consecución de los objetivos marcados, se diseña un proceso fotogramétrico en el que se obtiene en primer lugar un paquete fotográfico que ya conforma en sí el primer y principal banco de datos del objeto. Cada una de las tomas fotográficas será el mejor testigo 2D del estado restaurado de una porción del manto.

Pero, para evidenciar el estado del objeto en su totalidad, a la mayor calidad posible, es necesario ensamblar ordenadamente todo un conjunto coherente de imágenes y procesarlas dentro de un software específico hasta conseguir un modelo 3D que replique fidedignamente tanto la forma como el colorido.

La experiencia nos dicta que para obtener el aspecto más nítido posible del manto (la mejor textura) las tomas fotográficas deben ser ortogonales a la superficie estudiada, mientras que para poder captar y replicar el relieve del enser con mayor detalle (mejor geometría), es conveniente contar con tomas oblicuas a la superficie principal.

Las dificultades más notables en este caso de estudio son el contraste entre la parte textil del manto, que configura un fondo muy oscuro con necesidad de aporte de iluminación, y la parte bordada, que demanda un tamizado de esta. Además, su geometría flexible y

variable obliga a extender el bien sobre una superficie horizontal, en este caso el suelo, para que permanezca indeformable. De esto último derivan otras dificultades, como son las estrictas limitaciones del espacio de trabajo, con una superficie de 8,56 x 5,25 m para albergar un manto inscrito en un rectángulo de 4,80 x 4,60 m.

El plazo de ejecución de la toma de datos también condicionó fuertemente el proceso de trabajo, debiéndose limitar a una jornada laboral para no interrumpir los últimos trabajos del taller de bordado, que como remate final debía colocar un encaje perimetral no contemplado como objeto de virtualización.

Las dificultades expuestas condicionaron la planificación y desarrollo del trabajo, así como la selección de la técnica y el instrumental empleado, todo lo cual se detalla a continuación:

2.1. Técnica de levantamiento: fotogrametría vs escaneado 3D

Los departamentos implicados en el levantamiento contaban con distintos tipos de escáneres, un dron y cámaras fotográficas.

Dado que las dimensiones de la sala impedían el montaje de un andamio desde el que proceder a un escaneo, esta herramienta fue descartada desde un principio.

La posibilidad de uso del dron también quedó relegada ante la dificultad de vuelo en interiores y el riesgo de producir daño en un bien de interés cultural (BIC). Consecuentemente, el instrumental seleccionado fue una cámara digital, que además proporciona una mayor calidad de textura frente a las herramientas anteriormente mencionadas [6].

Con el objetivo de hacer una toma de datos lo más ortogonal posible a la superficie del manto, y ante la imposibilidad de situarnos sobre él, el equipo de trabajo se vio abocado a diseñar una estructura auxiliar (Fig. 1) sobre la que deslizar la cámara, para así combinar técnicas provenientes de la fotogrametría aérea con equipos topográficos y fotográficos propios de la fotogrametría terrestre.



Fig. 1. Estructura auxiliar para desplazamiento de la cámara.

2.2. Instrumental empleado

Los departamentos implicados en el levantamiento contaban con distintos tipos de escáneres, un dron y cámaras fotográficas.

Fotográfico	
Cámara fotográfica	Cámara EVIL (Electronic Viewfinder Interchangeable Lenses), Panasonic Lumix G-9 de 21,77 megapíxeles totales, con un tamaño de sensor de 17,3 x 13 mm
Disparador	Disparador remoto Pixel Oppilas
Tarjeta de balance de blancos	Tarjeta de referencia calibrada de color blanco, para el equilibrio de luz y la exposición fotográfica
Topográfico	
Estación total	Leica FlexLine TS02 Plus. Con medición láser
Tripode	Tripode topográfico de madera NEDO
Estrella	Estrella de apoyo Leica GST4. Para para la colocación segura del tripode sobre superficies lisas o deslizantes
Dianas	6 dianas circulares de 12 bits
Informático	
Ordenador	Estación de trabajo con microprocesador AMD Ryzen Threadripper 1950X de 16 núcleos (32 hilos) @3,4 GHz, 32GB RAM DDR4 @3.000 MHz, tarjeta gráfica NVIDIA RTX 2070 8 GB GDDR6 de 256 bits y 2560 núcleos CUDA, y disco duro de estado sólido (SSD) NVMe M.2 PCIe 3.0 SAMSUNG 970 EVO de 500 GB de capacidad.
Software específico de fotogrametría	Agisoft Metashape 2.0.1. professional edition
Software específico de renderizado	Twinmotion 2023.1
Material auxiliar	
2. Estructura	3. De fabricación propia. Realizada con rieles de acero galvanizado de 5,5m de longitud, plataforma deslizante con rótula basculante y zapata para fijación de cámara

Tabla 1. Instrumental empleado en el levantamiento.

2.3. Planificación del trabajo

La planificación del trabajo se basó en la realización de pruebas experimentales que simulaban las condiciones en las que se llevarían a cabo la toma de datos: empleando el instrumental seleccionado, una muestra de textil de características similares a las del manto, y una iluminación semejante.

En base a los resultados de estas pruebas se seleccionaron los ajustes de la cámara que ofrecen la mayor nitidez: distancia focal 25mm, ISO 200, apertura de diafragma F8, cálculo automático de velocidad de obturación y disparo retardado de 5 segundos, para minimizar el efecto de posibles vibraciones de la estructura auxiliar.

La planificación de la toma de datos se diseñó para obtener un equilibrio entre la mayor resolución posible y una cantidad de imágenes que se ajustase estrictamente al tiempo de ejecución disponible (una jornada de trabajo, que debía incluir desplazamientos, montaje y desmontaje del instrumental auxiliar, toma de fotos, apoyo topográfico, comprobaciones, entre otros).

En base a ello, se determinó la altura del plano de trabajo a 1,24 m sobre el manto, lo que arrojó, en las tomas cenitales, un GSD (Ground Sample Distance) teórico de 0,124 mm, muy por debajo del límite de percepción visual de 0,02 mm [7].

2.4. Desarrollo

El trabajo de campo se llevó a cabo del siguiente modo:

- 1 pasada en parrilla con captura cenital y solape tanto longitudinal como transversal del 60%. La aplicación de estos ajustes con un margen de seguridad en los solapes arrojó un total de 576 fotografías, y demandó algo más de 3 horas y cuarto de trabajo.
- 2 pasadas complementarias en parrilla con la cámara en posición oblicua, de las que resultaron un total de 460 imágenes (en las comprobaciones realizadas durante el proceso de toma de datos, se detecta que en las fotografías en las que aparece terciopelo sin bordado se producen fallos en el enfoque automático de la cámara, por lo que se realiza una pasada extra a menor altura, 1,04 m y con enfoque manual), y al menos dos horas y media más de trabajo.

A fin de otorgar más rigor a la geometría del objeto y de disponer de herramientas que permitan tanto escalar el modelo como validar el procesado fotogramétrico, se planifica la disposición perimetral de 6 puntos de control (uno de ellos perdido en el proceso de trabajo), materializados con dianas codificadas, cuyas coordenadas locales serán calculadas con la estación total y lectura láser (Fig. 2).

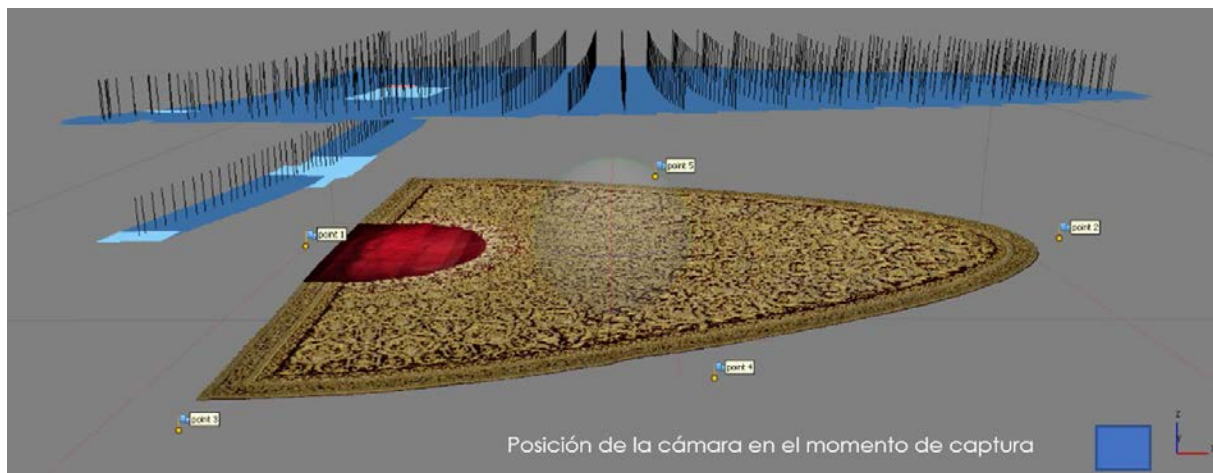


Fig. 2. Toma de datos: Recorrido fotográfico y posicionamiento de las cámaras en las tomas ortogonales. Puntos de control medidos con la estación total.

2.5. Procesado de los datos

El software elegido para realizar estos trabajos fue Agisoft Metashape, que permite desde corregir las aberraciones presentes en cada fotografía y calcular la posición en la que fueron tomadas, hasta generar un modelo texturizado y procesarlo para conseguir proyecciones, secciones, curvas de nivel, ortofotos, etc.

La cantidad y resolución de las imágenes, así como la calidad buscada en los resultados, son determinantes en el tiempo de procesado. Debido a unos plazos de entrega ajustados, se decidió realizar un doble trabajo: i) abarcando la totalidad del manto para obtener un modelo general, en el que se emplearon únicamente las tomas cenitales; ii) centrado en un sector de 0,86 x 0,72 m para obtener la documentación detallada de un módulo de bordado, incluyendo todas las tomas, cenitales y oblicuas, enfocadas en la zona.

En ambos casos, se realizó un procesado similar. Detallamos a continuación los aspectos más significativos de la virtualización del manto completo:

La orientación de las imágenes se realizó en calidad alta, preselección genérica, 40.000 puntos clave y 4.000 puntos de paso por foto. Esto arrojó una nube de puntos dispersa con un total de 379.304 puntos y un archivo de 47,38 MB.

La generación de nube de puntos densa se llevó a cabo en calidad alta, incluyendo información del color de cada punto (Fig. 3) en forma de coordenadas RGB (Red, Green, Blue). Esto resultó en un total de 325.025.405 puntos, con un tamaño de archivo de 4,92 GB.

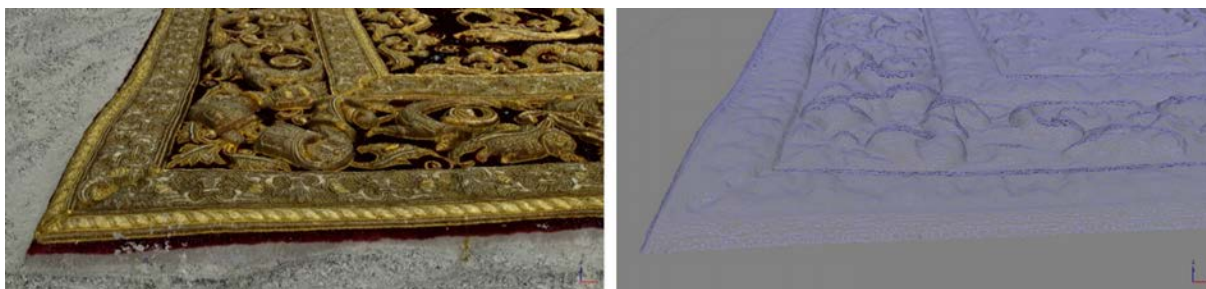


Fig. 3. Nube de puntos densa (izquierda) y malla 3D decimada a 10 millones de puntos (derecha).

Aunque la nube de puntos densa constituye una base de datos extraordinaria y permite aplicar herramientas de limpieza, filtrado, clasificación, etc., muy útiles en campos como la topografía, en el caso que nos ocupa se optó por archivarla y generar la malla a partir de mapas de profundidad con calidad extra-alta y se aplica un nivel leve de filtrado. La malla así generada consta de 147.455.205 caras, 73.742.265 vértices, con un archivo de 6,55 GB.

Para texturizar el modelo se seleccionaron las tomas ortogonales de mayor calidad. Se aplicó un modo de mapeado genérico, mezcla en mosaico y se generaron cuatro texturas 4K, dando como resultado una imagen de 16.384 x 16.384 píxeles, con un peso de 53,4 MB. Además, se calcularon mapas de oclusiones y de normales para la posterior reproyección de la textura obtenida sobre otras mallas menos pesadas.

La malla *high poly* obtenida constituye una de las herramientas de documentación que ofrece este trabajo, pero su elevado peso hace que sea inabordable desde la mayoría de dispositivos electrónicos. Por tanto, se procedió al decimado o reducción de la misma obteniendo así un modelo *low poly* (Fig. 3). Sobre él se re proyectaron las texturas y mapas anteriormente generados (Fig. 4) para evitar una pérdida de calidad visual.

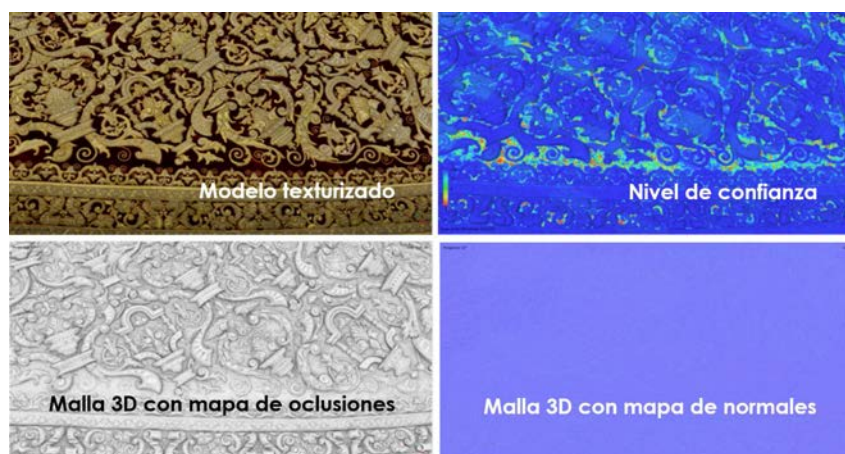


Fig. 4. Detalle del modelo en diferentes modos de visualización

3. Resultados

Los resultados obtenidos del levantamiento fotogramétrico de esta pieza de gran valor son diversos y en alta resolución.

Por un lado, el banco de 1.036 fotografías constituye uno de los resultados más valiosos de este trabajo. Primero, porque cada toma documenta minuciosamente el estado actual de una porción del manto; y segundo, porque en un futuro podrán ser tratadas, en su conjunto, con técnicas o equipos más potentes, siendo fuente potencial de mejores resultados.

Los modelos digitales texturizados del manto constituyen uno de los principales resultados, pues son muchos los productos de salida que pueden ofrecerse. Uno de los que se presentan, por su utilidad para la conservación y la investigación, son las ortofotos. Las figuras 5 y 6 muestran, respectivamente, las ortoimágenes a escala del manto completo y del detalle de un módulo de bordado, donde se aprecian las proporciones y geometría del manto original, así como los distintos materiales y tipos de puntos empleados.

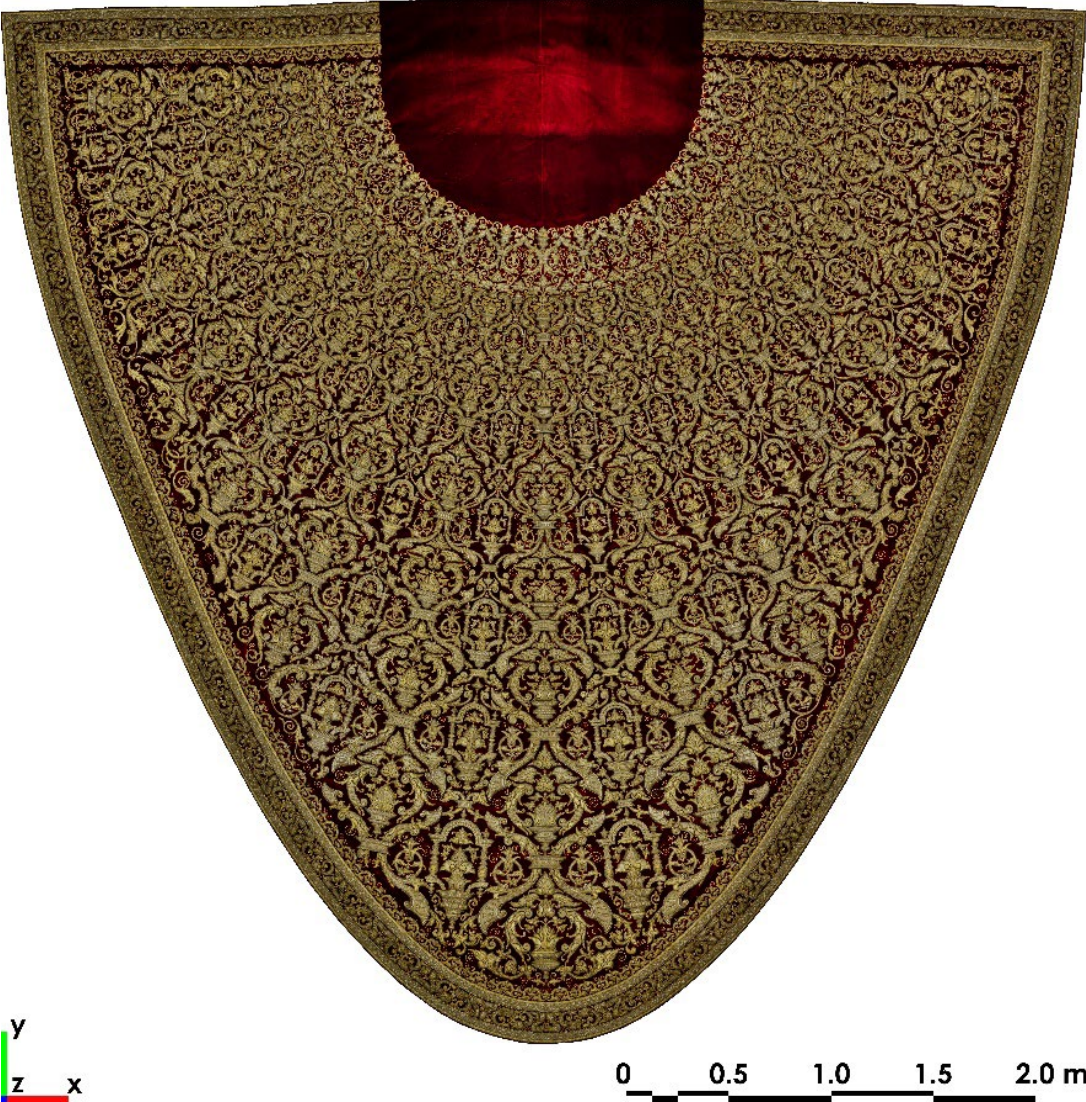


Fig. 5. Ortofoto del Manto de salida de Nuestra Señora del Socorro.



Fig. 6. Detalle de un sector con bordado de "bollete".



Fig. 9. Enlace a vídeo de difusión.

Teniendo en cuenta que el objeto virtualizado es una muestra de nuestro patrimonio artístico, religioso y cultural, su divulgación cobra especial relevancia. Es por ello por lo que se han generado renders hiperrealistas de la malla 3D texturizada, que muestran distintas zonas del manto con ajuste a las condiciones de iluminación del entorno virtual (Fig. 7 y 8).

Con las mismas pretensiones se ha realizado un vídeo divulgativo del proceso y resultado del trabajo completo, cuyo enlace se facilita en la figura 9 [8].



Fig. 7. Render con detalle de altura de bordados.



Fig. 8. Render de la cola del manto.

4. Conclusiones

El presente trabajo, pionero en objetos textiles de estas características, es un ejemplo de la utilidad de la fotogrametría en este campo. Se ha demostrado experimentalmente que es posible transferir procesos de documentación y digitalización propios del patrimonio arquitectónico a una pieza proveniente del arte textil sacro. A su vez, se ha logrado representar el estado restaurado de una obra de gran valor.

Más allá de los resultados arriba presentados, la virtualización llevada a cabo permite obtener documentación y productos de utilidad tales como secciones, modelos virtuales, experiencias de realidad aumentada, mixta y virtual, modelos de exploración, u objetos impresos en 3D, entre otros.

De la misma forma, pueden generarse modelos digitales de elevaciones y curvados con los que estudiar la volumetría, tan característica en este manto; asimismo se posibilitan clasificaciones de puntos, estudios de color, vectorizados, extracción de plantillas de estarcido para la restauración y confección de bordados, etc.

Contar con un modelo 3D preciso con textura original en alta resolución permite, además de la preservación digital del activo patrimonial, realizar un profundo análisis de la geometría, técnicas o materiales empleados sobre el manto. Las implicaciones de esta exhaustiva documentación gráfica son útiles, entre otros propósitos, para sentar las bases de la conservación preventiva del bien. En este sentido, el control geométrico de deformaciones en distintas etapas de su ciclo de vida posibilita su monitorización para respaldar futuras intervenciones de conservación, restauración y reposición en caso de pérdida, o la réplica total o parcial del manto.

Por lo que respecta a las limitaciones del trabajo, estas derivan del instrumental de campo y del *hardware* disponible, así como de la severa limitación de espacio y tiempo para llevarlo a cabo. Cabe destacar que el control de la luz es un aspecto importante en la fotogrametría; en este sentido, la iluminación ha sido la principal limitación del trabajo. En un objeto altamente sensible a la iluminación artificial, como es un manto bordado con hilo metálico, esta puede incrementar notablemente la temperatura de los bordados, o influir en la pérdida de coloración del tejido de fondo. Por este motivo, la captura de imágenes se realizó con la misma mezcla de iluminación natural y artificial utilizada en el taller de bordado. No obstante, se han echado en falta estudios exhaustivos sobre la viabilidad de aplicar distintos tipos de iluminación sobre este tipo de bien, y la posibilidad de adecuarla a un caso como este, que incorpora materiales con respuestas tan dispares ante la cámara fotográfica como son el terciopelo y el hilo de oro.

Finalmente, se espera que la evolución de la técnica posibilite en el futuro una reconstrucción virtual incluso más precisa a partir del banco de imágenes, pues nuevos equipos informáticos y algoritmos deberían mejorar los tiempos y procesos para generar la geometría y facilitar el manejo de datos. Por tanto, este trabajo abre un amplio campo de actuación que tenga implicaciones para la investigación y la conservación preventiva del arte textil sacro.

5. Referencias

- [1] García Fernández, I. (2013). La conservación preventiva de bienes culturales. Ed. Alianza Editorial. ISBN: 978-84-206-7865-8
- [2] Bermúdez Sánchez, C. (2020). Guía básica para la conservación del patrimonio cofrade. Ed. Editorial Técnica AVICAM. ISBN: 978-84-18147-19-7

- [3] De los Ríos de Rojas, CH Montero Moreno, A. Olmedo Ponce, M. Fernández González, L. Rodríguez Oliva, M.C. (2017), Conservación del patrimonio textil “Guía de buenas prácticas” Ayuntamiento de Antequera. DL.: MA995-2017.
- [4] Hermandad del Amor (2023). Dossier de la restauración del manto de Nuestra Señora del Socorro. Sevilla.
- [5] Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, Centro de Intervención en el Patrimonio Histórico. (2009) Informe Diagnóstico y Propuesta de Intervención: “Manto procesional de la Virgen del Socorro, 1957” Hermandad del Amor, Sevilla.
- [6] Peña-Villasenín, S., Gil-Docampo, M., & Ortiz-Sanz, J. (2019). Professional SfM and TLS vs a simple SfM photogrammetry for 3D modelling of rock art and radiance scaling shading in engraving detection. *Journal of Cultural Heritage*, 37, 238–246. DOI: 10.1016/j.culher.2018.10.009
- [7] Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (2011). *Recomendaciones Técnicas para la documentación geométrica de entidades patrimoniales*. Recuperado de: https://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/patrimonio-cultural/documentos/gestion-informacion/recomendaciones_tecnicas_documentacionm_geometrica..pdf
- [8] Antón, D., Cantillana-Merchante, C., Infante-Perea, M., Martín-del-Río, J. J., & León-Muñoz, M. (2023). *Manto de Salida de Nuestra Señora del Socorro - Fotogrametría y exploración virtual realista*. YouTube. <http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/48368/>

Agradecimientos

Esta investigación ha sido respaldada por un contrato de investigador postdoctoral financiado por el VI Plan Propio de Investigación y Transferencia de la Universidad de Sevilla, con referencia VIPPIT-2020-II.5.