

DIGITALIZACIÓN DE UNA IMAGEN DE LA VIRGEN DEL CARMEN

Y LOS USOS DEL 3D EN LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

Trabajo realizado por:

Virginia Morales González

Dirigido por:

Manuel Drago Díaz Alemán

Titulación:

Grado en Conservación y Restauración de bienes culturales

Santa Cruz de Tenerife, Julio de 2016



TRABAJO FIN DE GRADO

1. Resumen y palabras clave

RESUMEN

El mundo avanza, y con él las tecnologías, por lo que cada día más campos de trabajo deben acogerse a ésta, siendo también el caso de la conservación y restauración, que a pesar de contar ya con su utilización en muchos ámbitos, se sigue viendo abordada por nuevos elementos, creando o actualizando sistemas que agilizan y facilitan los procesos que se realizan en este campo.

Por ello hablaremos de la digitalización, tanto en dos como en tres dimensiones, que ha modificado el modo en el que se almacena el patrimonio cultural. Generando también un sistema de ayuda para diferentes prácticas realizadas en la restauración y conservación.

PALABRAS CLAVE

Digitalización.

Digitalisation.

Escáner de luz estructurada.

Structured light scanner.

Fotogrametría.

Photogrammetry.

Patrimonio digital.

Digital heritage.

Memoria virtual.

Virtual memory.

3D.

3D.

Conservación y restauración.

Conservation and restoration.

2. Agradecimientos

Agradecer al profesor Manuel Drago Díaz Alemán, por su dedicación y entrega, por haberme aguantado durante estos cinco meses casi diariamente en el laboratorio y por guiarme a la hora de elaborar el trabajo.

Y agradecer también, al compañero Erick Alejandro Ortega Pérez, por prestar la pieza escultórica que se encuentra restaurando actualmente, para poder realizar este trabajo.

Gracias.

Índice

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	3
2. AGRADECIMIENTOS.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	6
4. PLANTEAMIENTO GENERAL.....	8
5. TEMPORALIZACIÓN.....	10
6. PRÓLOGO.....	13
6.1. La digitalización del patrimonio.....	17
6.2. Dos dimensiones.....	18
6.3. Tres dimensiones.....	20
7. HERRAMIENTAS PARA LA DIGITALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL.....	22
7.1 Escáner de luz estructurada.....	27
7.2 Fotogrametría.....	30
8. DIGITALIZACIÓN DE LA VIRGEN DEL CARMEN.....	32
8.1 Digitalización mediante escáner de luz estructurada.....	34
8.2 Digitalización mediante fotogrametría.....	40
8.3 Animación mediante Blender.....	47
9. RESULTADOS.....	48
10. CONCLUSIONES.....	49
11. BIBLIOGRAFÍA.....	50
12. ANEXOS.....	52

3. Introducción

Durante el siguiente trabajo nos vamos a encontrar información relativa a la documentación del patrimonio cultural, tanto en 2 dimensiones como en 3 dimensiones, pero centrándonos más en el 3D. Y explicaremos los procesos y métodos para la realización de ésta digitalización. Además, se incluye una práctica con un proceso real de digitalización mediante escáner de luz estructurada y fotogrametría.

El trabajo se estructura de la siguiente forma:

- Prologo: como punto de partida nos encontramos ésta introducción en la que se explican los avances que está viviendo el mundo, y más concretamente de los relacionados con la conservación y restauración. Habla de los avances y de cómo éstos pueden ayudar a nuestro patrimonio cultural. Además se nombra la normativa que ha debido crearse para controlar el tema de la preservación digital y la puesta en línea. Y se expone parte de la carta creada por el comité de sabios elegido para esto.
- La digitalización del patrimonio: en este punto explicamos que es la digitalización del patrimonio, en que consiste, que funciones tiene y que podemos hacer con ella. También se exponen cuáles son los métodos para llevarla a cabo. Dentro de este apartado, encontramos otros dos, en los que se habla más específicamente de la digitalización en dos dimensiones, donde hablamos de la digitalización documental, la forma en la que se realiza y las diferencias de la digitalización documental de patrimonio cultural con la digitalización de documentación ordinaria, características del lugar de trabajo, normas a seguir, los procesos de trabajo y para qué podemos utilizarla. Y de la digitalización en tres dimensiones, donde se nombran sus posibilidades y usos, los proyectos que se han creado a partir de ésta, los museos digitales, y las utilidades que presta a la restauración.
- Herramientas para la digitalización tridimensional: en este puntos explicamos que es un escáner 3D, que tipos existen y cómo funcionan de forma resumida. También se explica cómo se procesa la información obtenida con estos escáneres.
- Escáner de luz estructurada: en este punto explicamos de forma más extendida cómo funciona el tipo de escáner que hemos utilizado, como se utiliza, los tipos de uso que podemos darle y los requisitos del sistema para poder utilizarlo.
- Fotogrametría: al igual que en el punto anterior, explicamos más extendidamente otro de los sistemas de modelado 3D. Que es la fotogrametría, en que consiste, como funciona, parámetros a seguir para su utilización, etc. Además se hace una breve comparativa frente al escáner.
- Digitalización de la Virgen del Carmen: hablamos de la práctica realizada, por qué la hemos realizado y para qué, que pieza hemos utilizado, exponiendo una breve ficha técnica y los antecedentes históricos.
- Digitalización mediante escáner de luz estructurada: este punto, al igual que el siguiente forma parte del punto anterior, y en él explicamos los métodos utilizados para digitalizar la escultura de la que disponíamos. En éste primer punto,

hablamos de la digitalización mediante escáner de luz estructurada, los pasos que hemos seguido para el escaneado y para el posterior procesado.

- Digitalización mediante fotogrametría: al igual que en el punto anterior, en éste explicamos la digitalización de la pieza, pero esta vez mediante procesos de fotogrametría, cuáles han sido los parámetros y los pasos a seguir, tanto para la obtención de las fotografías como para el procesado de las mismas.
- Animación mediante Blender: en este último punto, explicamos qué es este programa, para que sirve y como funciona. Y a continuación se expone los pasos seguidos para la realización de la animación creada.

4. Planteamiento general

JUSTIFICACIÓN

Se quiso realizar este trabajo enfocado a la digitalización de patrimonio para hacer uso de las nuevas tecnologías aplicadas a la conservación y restauración de bienes culturales. Adentrándonos en un mundo que se encuentra en auge y que cada día estará más presente entre nosotros.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los beneficios de la era digital ligados al campo de la conservación y restauración.

ESPECÍFICOS

Con ello, se pretende dar a conocer qué es, en que consiste, como se realiza y para qué puedo utilizar la digitalización. Explicando que utilidades tiene en nuestro campo de trabajo, y que es de gran ayuda para el libre acceso a la cultura, la elaboración de informes, para tomar medidas, para la conservación preventiva, etc.

Y además de explicar en qué consiste y los usos que podemos darle, se ha realizado una digitalización real utilizando dos de los muchos métodos que existen para ello, apoyándonos en una pieza escultórica de bulto redondo que consiste en un Virgen del Carmen cedida por el alumno y compañero Erick Alejandro Ortega Pérez, que actualmente se encuentra realizando la restauración de la misma.

REFERENTES

La digitalización es una técnica ya utilizada desde hace años por arqueólogos, conservadores, escultores, historiadores, etc. que han hecho que este sistema se acabe utilizando también en el campo de la restauración debido a las ventajas que proporciona y que podrá proporcionar con el paso del tiempo.

Partimos de las competencias y conocimientos obtenidos durante la realización de la asignatura de digitalización del patrimonio cultural, presente en el grado de conservación y restauración de bienes culturales. Además nos hemos apoyado en la documentación obtenida de manera digital. Algunos de esto referentes consultados son:

- <http://www.multitecsa.es/servicios/digitalizacion-de-documentos/archivos-historicos.html>
- Niggemann, Elisabeth. De Decker, Jacques. Lévy, Maurice. (2011). *Informe comité de sabios*. Bruselas. 1-2. Consultado de: http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/cooperacion/promocion-exterior/la-cultura-en-europa/pprog-04-bdig/informe_comite.pdf

DIGITALIZACION DEL PATRIMONIO DOCUMENTAL

- <https://www.youtube.com/watch?v=GqNHRgfaYM4>

REPLICADO ESCULTURAS POR PROGOROD:

- <http://www.revistahabitat.com/noticias/val/1918-100/-%E2%80%9Cprogorod-sa%E2%80%9D-y-%E2%80%9Cfabrinco-srl%E2%80%9D--por-primera-vez-en-la-argentina-han-replicado-obras-de-arte-aplicando-procesos-de-fabricaci%C3%B3n-digital.html>

EUROPEANA

- http://www.europeana.eu/portal/record/2063609/ES_280_012.html
- http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-17_es.htm

GOOGLE CULTURAL INSTITUTE

- <https://www.google.com/culturalinstitute/home?hl=es>

METODOLOGÍA

La ejecución de este trabajo de fin de grado ha comenzado el 24 de Febrero de 2016:

Antes de comenzar con la parte práctica del trabajo, se realizaron las tareas de documentación y búsqueda de información. Además de familiarizarnos con el uso del escáner y su programa de post-procesado, leyéndonos el manual de uso y haciendo un resumen del mismo.

Tras esto, y como punto de partida de la parte práctica, nos hemos documentado sobre la pieza con la que se iba a trabajar, la escultura de la Virgen del Carmen. Hemos tenido en cuenta su estado de conservación y los problemas que presenta, para elaborar un sistema de actuación antes de comenzar a trabajar con la pieza. A continuación hemos planificado cuales serían los pasos a seguir y el orden de los mismos en todas sus fases, para una óptima utilización de las herramientas con las que se disponían. Teniendo en cuenta que primero se debía disponer de un lugar apropiado para el escaneado, con una plataforma que fuera segura para manejar la pieza, a la vez que cómoda para realizar dicho escaneado. Y tras esto, disponer de un lugar con buena iluminación para la captura de imágenes correspondientes a la fotogrametría.

Una vez obtenido tanto el escaneado como las fotografías, queda toda la parte de post-procesado, en la que solo necesitaremos los programas adecuados y la información ya recogida.

Además, parte de la información más interesante recogida durante el proceso de búsqueda y consulta, ha sido expuesta previamente a la descripción de los procesos de digitalización realizados.

5. Temporalización

El calendario está realizado de forma general, aportando la información del trabajo realizado por semanas, utilizando una leyenda de colores para la descripción de las tareas.

CALENDARIO

SEMANA	FEBRERO	
24-28		
29		

SEMANA	MARZO	
1-6		
7-13		
14-20		
21-27	SEMANA SANTA	
28-31	FALTÉ	

SEMANA	ABRIL	
1-3		
4-10		
11-17		
18-24		
25-30		

SEMANA	MAYO	
2-8		
9-15		
16-22		
23-29		
30-31		

SEMANA	JUNIO	
1-5		
6-12		
13-19		
20-26		
27-30		

SEMANA	JULIO	
1-3		
4-12		

LEYENDA

-  DOCUMENTACIÓN/OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN
-  APRENDIZAJE DE LA UTILIZACIÓN DEL ESCANER 3D Y DEL PROGRAMA DE POST-PROCESADO
-  ESCANEADO
-  POST-PROCESADO
-  FOTOGRAFÍAS
-  REDACCIÓN

6. Prólogo

A lo largo de los siglos, bibliotecas, archivos y museos de toda Europa han custodiado nuestro rico y variado patrimonio cultural. Han preservado y dado acceso a testimonios de conocimiento, belleza e imaginación como esculturas, cuadros, música y literatura. Las nuevas tecnologías de la información han creado oportunidades inéditas para que este patrimonio común sea más accesible para todos. La cultura está siguiendo una vía digital y las “instituciones de la memoria” están adaptando su modo de comunicar con el público.

La digitalización inspira nueva vida al material del pasado y lo convierte en una baza impresionante para el usuario individual y en un importante elemento de la economía digital. El sector público es el máximo responsable de hacer accesible nuestro patrimonio cultural y preservarlo para generaciones futuras. Esta responsabilidad y este control en relación con el patrimonio europeo no pueden dejarse en manos de uno o unos pocos actores del mercado, aunque se apoya la idea de atraer al campo de la digitalización a más inversores y empresas privados a través de una colaboración justa y equilibrada. La digitalización del patrimonio cultural es una tarea gigantesca que requiere enormes inversiones. Según un estudio se necesitará un total aproximado de 100.000 millones de euros a lo largo de años para poner en línea nuestro patrimonio. Este tipo de esfuerzo requiere tiempo y la inversión deberá planificarse y coordinarse cuidadosamente para que obtenga los mejores resultados. Se cree que los beneficios merecen el esfuerzo. Estos beneficios están ligados en primer lugar a un acceso amplio y a la democratización de la cultura y del conocimiento, así como a beneficios para el sistema educativo, en las escuelas y universidades. Otros beneficios importantes se sitúan en el terreno económico y se refieren al desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos servicios de digitalización, de conservación digital y de interactividad innovadora con el material cultural. El material digital puede por sí solo ser un vector innovador y originar nuevos servicios en sectores como el turismo y la enseñanza.

La UNESCO considera patrimonio digital a *“los recursos de carácter cultural, educativo, científico o administrativo e información técnica, jurídica, médica y de otras clases, que se generan directamente en formato digital o se convierten a éste a partir de material analógico ya existente”*.¹

La digitalización del patrimonio documental ha sufrido un fuerte incremento en los últimos años en internet. Por ello se hizo necesario un comité de sabios para la creación de una carta de preservación digital, por parte de la UNESCO, emitida en 2010² y en la que se exponen todas las directrices a seguir en este tema. Una de las normas más importantes que se nombran es la importancia de que esta documentación sea accesible a todo el mundo; El objetivo de ésta carta es el hacerlo accesible al público, así como elaborar estrategias encaminadas a su preservación, si bien distingue entre los elementos en dominio público y el patrimonio privado para el que propugna un equilibrio entre los derechos de sus titulares y el interés del público por tener acceso a dichos elementos.

¹ Ramos Simón, Luis Fernando (2013).

² Al final del trabajo, en el apartado de la bibliografía se encuentra el enlace a dicha carta.

El paso del tiempo y la omnipresencia de internet ha puesto de manifiesto que no solo es necesario difundir y preservar el patrimonio, además, es preciso impulsar la digitalización del patrimonio cultural porque es preciso volcar toda la cultura en internet para que sea accesible en todo el mundo, *“lo que no está en internet no existe”*³, señala el informe de este comité de sabios, llamado *“El Nuevo Renacimiento”*.

Este comité de sabios presenta recomendaciones teniendo presentes estos beneficios y con el propósito de fomentar un entorno que contribuya a:

- Compartir nuestro rico y variado patrimonio cultural.
- Enlazar el pasado con el presente.
- Preservar este patrimonio para las generaciones futuras.
- Proteger los intereses de los creadores europeos.
- Alimentar la creatividad, incluidos los esfuerzos creativos no profesionales.
- Ayudar en la educación.
- Espolear la innovación y el espíritu empresarial.

EL COMITÉ

En abril de 2010, Neelie Kroes, Vicepresidenta de la Comisión Europea responsable de la Agenda Digital y Androulla Vassiliou, Comisaria Europea de Educación, Cultura, Multilingüismo y Juventud, nombraron un Comité de Sabios (Grupo de Reflexión) que estudiara la puesta en línea del patrimonio cultural europeo. El comité se creó siguiendo una sugerencia hecha por el Ministro francés de Cultura y Comunicaciones durante el debate sobre políticas de digitalización en el Consejo de Educación, Juventud y Cultura del 27 de noviembre de 2009.

La iniciativa se promovió ante la necesidad de conciliar el cometido tradicional de las instituciones culturales, que dan acceso a nuestro patrimonio común y lo preservan para generaciones futuras, con los retos y oportunidades que surgen en la era digital. Para gestionar la “transición digital” es menester un enfoque estratégico que defina en última instancia la manera posible de facilitar el acceso y la utilización de recursos digitalizados en la Unión Europea y, en su caso, el modo de preservar la creatividad europea y promoverla para las generaciones futuras.

Este comité debía presentar un conjunto de recomendaciones para la digitalización, el acceso en línea y la conservación del patrimonio cultural europeo en la era digital, atendiendo especialmente al problema de las asociaciones público-privadas para digitalización en Europa.

El encargo del Comité cubría en particular las áreas siguientes:

- Coste financiero global y nivel de financiación pública disponible para las instituciones culturales europeas para digitalizar sus colecciones en Europa.
- Modelo para optimizar el acceso y uso del material digitalizado para la economía y la sociedad en general y, en concreto, condiciones fundamentales que deban

³ Ramos Simón, Luis Fernando (2013)

respetarse en las asociaciones público-privadas para digitalización de obras que sean de dominio público.

- Papel y responsabilidades de las organizaciones privadas y públicas en la digitalización de obras huérfanas y de material sujeto a derechos de autor pero ya no disponible comercialmente para descartar el riesgo de un “agujero negro del siglo XX” en *Europeana* y en internet en general.
- Fomentar el mayor acceso posible al material digitalizado salvando fronteras.
- Garantizar la sostenibilidad de los recursos digitalizados a efectos de una conservación duradera.

Tras elaborar unos objetivos, el comité debía llevar a cabo su misión en un plazo de ocho meses, por lo que algunos temas se han quedado sin abordarse. Aun así, han conseguido redactar un informe que recoge toda la información necesaria y que establece una normativa con respecto al tema de la digitalización del patrimonio Europeo.

CARTA:

“No cabe tal vez ambición mayor que la de perpetuar nuestro rico patrimonio cultural. Es, pues, con plena conciencia de nuestra responsabilidad hacia las generaciones pasadas y futuras y con la más honda humildad como hemos abordado nuestra misión.

Este comité siente la responsabilidad de transmitir el rico patrimonio europeo (sin duda, uno de los más ricos del mundo) a las generaciones futuras y asegurarse de que se preserve, enriquezca y comparta”⁴. Por eso se han buscado soluciones que permitieran:

- Proteger el haber incalculable que representa nuestra cultura, de cuyo legado somos guardianes y que es deber nuestro transmitir.
- Hacerla accesible al mayor número de personas sin distinción ni barrera.
- Garantizar que dicha herencia siga siendo una baza viva a lo largo del tiempo y que se comparta tan ampliamente como sea posible.
- Hacer que los creadores y todos quienes trabajan para producir y difundir su trabajo disfruten del fruto de su labor y que la creatividad florezca sin obstáculos.
- No imponer normas de selección para la protección y la preservación. ¿Con qué fundamento tendríamos derecho a establecer criterios de selección de lo que merece o no merece ser protegido? No creímos tener derecho a imponer criterios de selección.
- Garantizar que la financiación satisfaga el principio fundamental de la accesibilidad universal (de ahí la necesidad de solicitar financiación pública) pero igualmente la realidad que encaramos hoy (la lacerante falta de recursos públicos, por no hablar de las deudas soberanas). Y, consiguientemente, la necesidad de definir las que pudieran ser directrices de colaboración entre el sector público y el privado, y otras formas de financiación.
- Imaginar las oportunidades comerciales, económicas o de crecimiento que puede producir en Europa la digitalización y el modo en que esta puede generar empleo.

⁴ Informe comité de sabios.

Han llevado a cabo su misión con el máximo respeto por las obras, los autores, los productores y editores y el público. Tratando de fomentar el enfoque más abierto posible hacia todas las partes interesadas y, por encima de todo, la máxima ambición para nuestro rico patrimonio. Aunque esta carta aborda algunos de los asuntos clave que fueron encargados por las Comisarias Kroes y Vassiliou, por falta de tiempo faltó cubrir algunos de los espinosos retos que plantea la evolución tecnológica: derechos de autor y copiright, contenido generado por el usuarios, descargas, etc.

Esta carta elaborada por el Comité de Sabios, aborda el tema de la digitalización y la conservación digital, pero además durante el siguiente trabajo, vamos a centrarnos en la digitalización del patrimonio tridimensional, que no es nombrado. Hablaremos de la digitalización en sí, y de cómo crear copias a través de las tecnologías o de ayudarnos mediante éstas para la restauración y conservación de las mismas.

6.1 La digitalización

La digitalización es un proceso mediante el cual se obtiene un archivo digital o imagen electrónica a partir de un objeto real y físico, así como las nuevas funciones que se pueden desempeñar en un entorno en que la presencia virtual en internet es al menos tan importante como el desempeño de sus actividades tradicionales, mediante equipos especializados para ello, llamados escáneres. El término digitalización, hace referencia al proceso de creación de imágenes digitales de objetos, como registros en papel o fotografías y almacenarlos en soportes electrónicos, como discos ópticos.

La digitalización es en la actualidad la herramienta de preservación más completa y satisfactoria que nos brinda la tecnología, nos permite además preservar un original en un formato estándar que no dependa de una tecnología o hardware en especial para su posterior recuperación y lectura.

Para convertir un objeto en formato digital existen muchos métodos, pero nos centraremos en la digitalización de objetos tridimensionales a través de escáneres 3D y fotogrametría. Con la ayuda de estas herramientas podemos digitalizar un objeto en cuestión de minutos.

La digitalización supone una nueva forma de aproximación al conocimiento, a la inspección y estudio de obras de arte. Gracias a este sistema podemos obtener un modelo en tres dimensiones de lo que queramos, ya sea una imagen plana, como papel, una pintura de la que incluso podemos captar sus texturas, o un objeto tridimensional, todo ello con sus dimensiones exactas y siendo representados fieles al 100%. Los escáneres presentan unas cámaras tan potentes, que puede observarse hasta la suciedad depositada en una pintura, los craquelados, las pinceladas...absolutamente todo.

A partir de ahora, será posible conservar nuestro patrimonio cultural pese a factores erosivos como la meteorología, la acción del hombre o el paso del tiempo; será posible ir donde queramos y cuando queramos a través de la "memoria virtual". El patrimonio cultural es perecedero, está a merced de terremotos o la influencia ambiental, también puede ser víctima de guerras o fanáticos religiosos empeñados en eliminar testigos incómodos del pasado, pero ahora se pueden digitalizar y salvar de un destino incierto.

Una vez un objeto se encuentre digitalizado, no se perderá nunca, ya que al encontrarse guardado en esta "memoria digital", siempre se tendrá la opción de poder reproducirlo exactamente como era. El original se perderá, pero no caerá en el olvido, ni será diferente su contemplación, gracias a la tecnología. El objeto seguirá siendo igual, aunque no sea el original al menos podremos contemplar su copia fielmente, cosa, que hasta hace más bien poco era impensable. El resultado no es una mera reproducción virtual, sino que también absorbe y refleja la luz de la misma forma que la obra de arte original.

Gracias a la digitalización puede accederse a cualquier tipo de información desde cualquier parte del mundo en la que se cuente con acceso a internet, se pueden acceder a archivos y bibliotecas, a museos, a galerías de arte...

6.2 Dos dimensiones

La digitalización documental en dos dimensiones, puede realizarse de diferentes formas; puede obtenerse el archivo digital a través de una cámara fotográfica, o a través de un escáner adecuado para su utilización con documentación histórica.

El especial valor histórico y artístico de los documentos obliga a adoptar procedimientos específicos para la manipulación de originales como el uso de guantes y mascarilla, la utilización de materiales libres de ácido en todo el proceso, la ausencia de mobiliario con bordes cortantes en la sala de trabajo y sobretodo escáneres de luz fría y desprovistos de mecanismos de arrastre susceptibles de deteriorar los ejemplares. Los soportes documentales patrimoniales cuentan con una serie de particularidades que hacen que el proceso de reproducción no pueda ser ejecutada con la misma filosofía que la documentación generada por las empresas o por particulares. Cada soporte documental a reproducir tiene que ser contemplado individualmente evaluando en todo momento su naturaleza física, tamaño y estado de conservación.

En cuanto a lo que calidad de la imagen se refiere, no basta con que la información contenida en el documento resulte legible, sino que se impone la obligación de obtener copias electrónicas facsímiles por lo que los procesos automáticos de mejora de la imagen quedan descartados desde el principio ya que producirían un embellecimiento artificial de la representación gráfica electrónica. Además, la propia sala de digitalización debe contar con las siguientes características:

- Estar libre de humedad y polvo.
- Disponer de sistemas de iluminación adecuados para la conservación de los materiales, tanto general como puntual (luz fría).
- Paredes y techos de colores neutros.
- La iluminación natural no puede tener acceso a esta sala.
- Contar con mesa adecuada para el trabajo y que disponga de los materiales necesarios para la correcta obtención de las fotografías (cámara o escáner, columna, prensa de documentos...).

Por otra parte, los técnicos que intervengan en la tarea, que no podrán ser más de dos, también deben cumplir con las siguientes normas:

- Portar bata de color gris o negra.
- Evitar prendas que desprendan fibras.
- Utilizar guantes para manipular los documentos.⁵

Antes de comenzar la digitalización deben seleccionarse los documentos, realizar una limpieza superficial y mecánica de los mismos, comprobar la signatura y orden correlativo, la planificación de captura según complejidad y creación previa de carpetas de volcado. A continuación, cada documento debe ser analizado individualmente para decidir el modo de reproducción y las dificultades que se pueden presentar durante la misma, estas vendrán dadas por la naturaleza física de los documentos, si están encuadernados o sueltos, por su estado de conservación, etc.

⁵ -información obtenida de: <https://www.youtube.com/watch?v=GqNHRgfaYM4>

Se debe tener especial cuidado con documentos sensibles a los cambios de temperatura, como pergaminos o algunos soportes fotográficos, en los que debemos asegurar que los tiempos de captura sean los mínimos ya que la iluminación, a pesar de ser la adecuada, pueden afectarlos.

La digitalización de documentación sirve de gran ayuda para la conservación preventiva, ya que una vez un documento se encuentra digitalizado, además de almacenarse en una “memoria digital” y no perderse nunca, ahora puede ser contemplado de forma digital, sin la necesidad de entrar en contacto físico con ella, de manera que los documentos dejan de deteriorarse, ya que también al estar almacenados dejan de entrar en contacto con iluminación y aire. Además, desde que este documento se encuentra en línea, cualquier persona puede consultarlo desde cualquier parte del mundo y sin salir de casa.

También pueden ser “restaurados” digitalmente para su mejor comprensión, sin actuar sobre las piezas originales.

Por otra parte, la digitalización con estos sistemas agiliza enormemente el trabajo, ya que antes de la utilización de los mismos, debían transcribirse los documentos manualmente, negando además al público la opción de verlos tal y como son.

6.3 Tres dimensiones

Además de la digitalización documental, podemos digitalizar obras de arte, tanto en dos dimensiones, como pueden ser los dibujos, grabados, acuarelas, etc. como en tres dimensiones, como la escultura y también la pintura, que en algunos casos dispone de textura o volumen. También pueden realizarse tareas de documentación en edificios, monumentos, yacimientos...

Este tipo de digitalización, además de las prestaciones ya citadas para la digitalización documental, como es su mera contemplación o sustitución a través de la reproducción, y la conservación digital, tiene otras posibilidades y usos cuando se trata de arte, como puede ser la creación de réplicas de pintura con su textura y colores originales, para que además puedan visualizarlas personas con problemas de visión o ceguera, crear obras artísticas a través de procesos digitales, crear museos virtuales para poder disfrutar de las obras fielmente sin movernos de casa, crear réplicas de esculturas o incluso edificios históricos a escala, etc. Además en los museos, pueden utilizarse también para la creación de souvenirs y que cada visitante pueda llevarse un trocito de la colección para casa, todo ello sin la necesidad de establecer contacto físico alguno con las obras originales.

Los museos digitales ya están aquí, con páginas como “EUROPEANA” (que parece no haber tenido tanto éxito y se encuentra estancada actualmente), y “GOOGLE CULTURAL INSTITUTE”, que es uno de los proyectos de digitalización más impresionantes de google; Desde que se inició en Enero de 2011, hasta ahora, se han incorporado más de 30.000 obras de arte pertenecientes a más de 150 museos de todo el mundo. Ofrece libre acceso a los usuarios, que podrán ver obras de arte pertenecientes a museos de más de 40 países sin tener que desplazarse de sus hogares. No solo encontramos pinturas, sino también fotografías, esculturas, textiles, arte rupestre y artefactos antiguos. La digitalización ha sido realizada para que cuenten con ultra alta resolución (1.000 gigapíxeles) y se puedan observar en 360º.

También se han creado otros tipos de proyectos, como el existente en el museo Van Gogh, que recrea pinturas con textura de la superficie y color original en una imagen tridimensional y que pueden comprarse y llevar a casa por unos 26 mil euros.

Además de todos estos usos artísticos, la utilización de la tecnología 3D tiene infinidad de posibilidades en la restauración:

1. Restitución de partes: en el caso de que una pieza ya se encontrase digitalizada y sufriese un daños que le provocase la pérdida de alguna de sus partes, no habría más que buscar el archivo, seleccionar el trozo que se ha perdido o dañado, e imprimirlo para posteriormente añadirlo a la pieza original (puede imprimirse en un material que ya nos sea compatible, o puede crearse un molde a través de la pieza impresa para posteriormente hacer el vaciado en el material deseado).
2. En el caso de no contar con la digitalización, también puede realizarse la pieza faltante mediante diferentes herramientas digitales y basándonos en fotografías (no se debe añadir una pieza a un bien cultural si no se tiene constancia de ella), para imprimirla posteriormente.

3. Reconstrucción de partes de piezas arqueológicas o piezas que insinúan sus formas y que pueden reproducirse mediante programas de modelado 3d, para luego imprimirse en materiales totalmente discernibles pudiendo reconstruirse las piezas con total facilidad.
4. Base para trabajar: también puede digitalizarse la zona que cuenta con una falta y realizar la pieza que nos falta a partir de esta pieza. Esto nos sirve cuando el objeto dañado cuenta con gran valor y corre peligro al trabajar sobre él directamente. Si contamos con los datos exactos de cómo es ese roto, la pieza creada después encajará perfectamente, interviniendo lo más mínimo en la pieza original.
5. Crear piezas para su soporte que se adapten totalmente a la pieza (piezas expositivas para museos, por ejemplo).
6. Representaciones virtuales de sitios históricos a los que no pueden acceder los visitantes. De las que se puede realizar la impresión y el recorrido virtual.
7. Comprobar medidas, formas y texturas para el estudio de las piezas; al escanear una pieza, obtienes sus medidas y dimensiones totalmente reales, por lo que solo con el escaneado se recoge toda la información necesaria, con la que después pueden realizarse cualquier tipo de estudio y comparativas con otras piezas.
8. La compra y posterior impresión de piezas desde cualquier parte del mundo.

Y como se trata de modelos digitales, las piezas obtenidas para la restauración, pueden modificarse en cualquier momento si existiese algún fallo, no teniendo que volver a repetir el proceso desde el principio, como pasaría si estuviésemos trabajando artesanalmente. También permite trabajar desde la comodidad del ordenador cuando se trata de piezas que se encuentran en espacios de difícil acceso o en altura, facilitando el trabajo.

Otro factor a tener en cuenta es que cuando ya se ha trabajado una pieza, queda almacenado todo ese trabajo, por lo que si se diera la necesidad de repetirlo, la fase de trabajo ya estaría realizada y no habría más que ejecutar la impresión de la/s pieza/s.

Cabe mencionar, que como los escáneres con los que se trabaja para este campo son totalmente inocuos, permite un equilibrio entre conservación y difusión de las obras de arte con total seguridad.

Además de todo el tema que aborda en la restauración, la digitalización tridimensional también nos ayuda para la documentación, ya sea para la elaboración de mapas de daños, como para la aportación de información del método de trabajo.

“Muchas veces no podemos hacer algo y lo único que nos queda es utilizar la tecnología para salvar digitalmente el patrimonio cultural”.⁶

⁶ Resguardo digital del patrimonio mundial. Excelsior (revista digital), artículo: tecnología 3D para conservar el patrimonio arqueológico de México.

7. Herramientas para la digitalización tridimensional

El escáner 3D es un aparato que captura la forma y características de cualquier tipo de volumen o ambiente, y mediante un software específico construye un modelo tridimensional del mismo. Hay diversas tecnologías que se emplean para la captura con el escáner 3D, como son el toque físico, ópticos, ultrasonido... Cada tipo de tecnología tiene sus ventajas, y se utiliza para diversos fines. Con todas ellas es necesario establecer un sistema de referencia entre el objeto y el escáner.

La información que obtiene el escáner 3D consiste en una nube de puntos, que posteriormente tiene que ser procesada, mediante lo que se conoce como reconstrucción, para así determinar la forma en que están unidos esos puntos y obtener el modelo.

Los escáneres 3D pueden ser muy precisos e incluso capturar información sobre el color, por lo que los modelos obtenidos serán completamente realistas y proporcionados, siendo determinante el tipo de tecnología. Normalmente la captura con un escáner 3D no producirá un modelo completo en el primer escaneo, sino que serán necesarios múltiples escaneos desde direcciones diferentes, para obtener la información de todos los lados del objeto. Estos escaneos tienen que colocarse en un sistema común de referencia, proceso que se llama alineación, para así obtener el modelo completo.

TIPOS DE TECNOLOGÍAS

1. Contacto:

Este tipo de escáneres examinan el modelo por medio de toques físicos. Así cada toque en el objeto se corresponde con un punto del modelo. Con este tipo de escáneres se obtienen modelos muy precisos, por eso es usado sobre todo en fabricación, a partir de una maqueta se obtiene el modelo 2D que luego se usará en la fabricación del objeto o pieza en su tamaño definitivo.

Normalmente, mediante un brazo robótico se mueve el dispositivo de captura, y las coordenadas se fijan tomando el primer punto como referencia. Los siguientes se obtienen en base a este.

El hecho de que se requieran toques físicos puede perjudicar al objeto, sobre todo si se trata de materiales delicados, puesto que los toques podrían dañarlo o modificarlo. En comparación con otro tipo de escáneres, estos son lentos, pudiendo operar en torno a los 100Hz frente a los 10 ó 500 kHz de los ópticos.

2. Sin contacto:

Los escáneres sin contacto funcionan de manera que no es necesario llegar a tocar físicamente el objeto escaneado, utilizan algún tipo de radiación, tanto emitida por el escáner (escáneres activos) como capturada directamente del ambiente (escáneres

pasivos). Entre los tipos de radiación se encuentra la luz (laser, infrarroja, natural), ultrasonido, radiografía...

3. Activos:

- Tiempo de vuelo

El escáner 3D de tiempo de vuelo utiliza un láser para medir la distancia del dispositivo a cada punto del objeto. La manera de medir la distancia consiste en cronometrar el tiempo que tarda un pulso de luz emitido por el escáner en recorrer la distancia al objeto y volver. Como la velocidad de la luz es conocida (C), para obtener la distancia (D) al punto resolveremos la ecuación $D=(C*T)/2$, donde T es el tiempo cronometrado. Como estamos teniendo en cuenta el tiempo para medir la distancia, la precisión de este tipo de escáner será dependiente de la capacidad del dispositivo para medir el tiempo, siendo 3.3 picosegundos el tiempo aproximado para que la luz recorra 1 milímetro.

Este tipo de escáner mide un punto de su campo de visión cada vez, siendo necesario mover el medidor para escanear puntos diferentes. El movimiento puede hacerse moviendo el telémetro o usando un sistema giratorio de espejos. El sistema giratorio de espejos es más eficaz pues son más ligeros y se pueden mover más rápido y con mayor precisión.

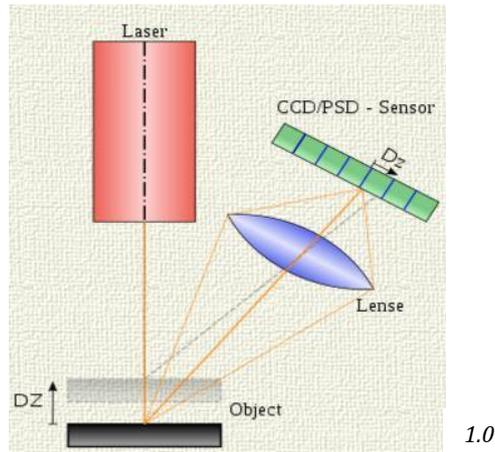
Estos escáneres pueden capturar del orden de 10000 a 100000 puntos por segundo.

- Triangulación

El escáner 3D de triangulación es un escáner activo que usa la luz láser para examinar el objeto. En este caso el brillo del láser en el objeto se examina mediante una cámara fotográfica para determinar su posición. Dependiendo de lo lejano que esté el punto del objeto en que brilla el láser, incidirá en diversos sitios del campo visual de la cámara.

Esta tecnología se llama de triangulación porque el punto donde brilla el láser, el emisor laser y la cámara forman un triángulo. De este triángulo conocemos el lado que une la cámara con el emisor láser, el ángulo de la esquina del emisor láser también es conocido, y el ángulo de la esquina de la cámara se puede determinar examinando la localización del punto en el campo visual de la cámara. Así con estos tres valores se obtiene la forma y tamaño del triángulo formado y se determina la posición tridimensional de cada punto del objeto. En la mayoría de los casos, en lugar de analizar un solo punto, se analiza un segmento, con lo que se acelera el proceso de captura.

Con respecto a los escáneres de tiempo de vuelo, los escáneres de triangulación son más precisos (del orden de 10 micrómetros), pero tienen un campo de acción de unos cuantos metros; mientras que los de tiempo de vuelo pueden operar en radios de acción de hasta kilómetros con precisiones del orden de milímetros.



1.0 Sistema de triangulación (imagen obtenida de internet)

- Holografía conoscópica

Es una técnica interferométrica que consiste en hacer pasar un rayo reflejado en una superficie a través de un cristal birrefringente, esto es un cristal con dos índices de refracción, uno fijo y otro dependiente del ángulo de incidencia, el resultado son dos rayos paralelos que se hacen interferir con una lente cilíndrica, esta interferencia es capturada por un sensor CCD, la frecuencia de esta interferencia determina la posición del objeto en el que se proyectó el rayo laser. Esta técnica permite la medición de orificios en su configuración colineal, alcanzando precisiones mejores que una micra. La ventaja de esta técnica es que puede utilizar luz no coherente, esto quiere decir que la fuente de iluminación no tiene por qué ser un láser, la única condición es que sea monocromática.

- Luz estructurada

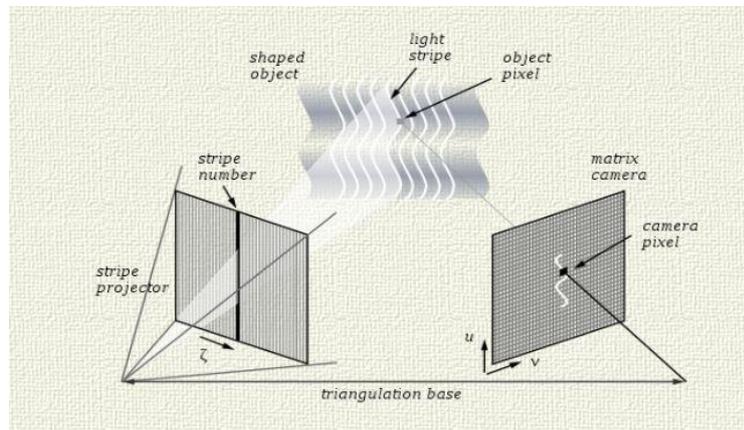
Este tipo de tecnología utiliza la proyección de un patrón de luz determinado en el objeto y analiza la deformación del patrón para obtener el modelo. El reflejo se captura con una cámara fotográfica y posteriormente mediante unos algoritmos se determina la posición de cada punto en el espacio 3D.

El patrón de luz suele consistir en un conjunto de líneas paralelas generadas bien por interferencia láser o por proyección. En algunos casos, dos cámaras fotográficas a los lados del emisor de luz proporcionan mejores resultados.

Mediante el análisis de la deformación de las líneas se obtienen los puntos 3D. La anchura de una línea es una función de la inclinación de la superficie del objeto en que se refleja. La frecuencia y la fase de la línea también aportan información, que se pueden analizar mediante la transformada de Fourier.

Como el resto de tecnologías ópticas, este tipo de escáneres tienen problemas con las superficies transparentes y reflexivas puesto que la luz no influye en ellas el mismo reflejo que en las opacas. Una manera de solucionar este problema es aplicando una capa fina de laca opaca a las superficies problemáticas.

La ventaja de los escáneres 3D de luz estructurada es la velocidad. En vez de escanear un punto a la vez, escanean múltiples puntos o el campo entero de visión inmediatamente. Esto reduce o elimina el problema de la deformación por movimiento.



1.1

1.1 Sistema de luz estructurada (Imagen obtenida de Internet)

7

4. Pasivos

- Esterescopios

Los sistemas Esterescópicos emplean generalmente dos cámaras de video, levemente separadas, examinando la misma escena. Analizando las diferencias entre las imágenes capturadas por cada cámara, es posible determinar la distancia de cada punto en las imágenes. Este método se basa en la visión estereoscópica humana.

- Silueta

Este tipo de escáneres 3D usan bosquejos creados de una sucesión de fotografías alrededor de un objeto tridimensional contra un fondo bien contrastado. Estas siluetas se estiran y se cruzan para formar la aproximación visual del objeto. Esta clase de técnicas no son capaces de detectar algunas concavidades de un objeto (como el interior de un tazón).

RECONSTRUCCIÓN

La reconstrucción 3D es el proceso mediante el cual, objetos reales son reproducidos en la memoria de una computadora, manteniendo sus características físicas (dimensiones, volumen y forma). Existen dentro de la visión artificial, multitud de técnicas de reconstrucción y métodos de mallado 3D, cuyo objetivo principal es obtener un algoritmo

⁷https://www.google.es/search?q=luz+estructurada&espv=2&biw=1366&bih=667&tbm=isch&imgil=X2n0NyqK4HhgrM%253A%253BUHnKVosRmhSKM%253Bhttps%25253A%25252F%25252Fes.wikipedia.org%25252Fwiki%25252Fesc%25252525C3%25252525A1ner_de_luz_estructurada&source=iu&pf=m&fir=X2n0NyqK4HhgrM%253A%252CUHnKVosRmhSKM%252C_&usg=__oWDuWJSYBwHuf0tIScGu9TyHQn4%3D&ved=0ahUKEwjQ4ZiCqNDOAhVGOhQKHY3iC2EQyjclIPQ&ei=r3e4V5DOMMb0UI3Fr4gG#imgrc=X2n0NyqK4HhgrM%3A

que sea capaz de realizar la conexión del conjunto de puntos representativos del objeto en forma de elementos de superficie, ya sean triángulos, cuadrados o cualquier otra forma geométrica.

Los algoritmos desarrollados hasta el momento, se debaten entre el coste computacional y la calidad del mallado obtenido. A priori, los algoritmos que trabajan con nubes de puntos, tratan de obtener la denominada matriz de conexiones. Esta matriz, almacena que puntos del conjunto inicial deben estar conectados entre sí. Si empleamos triángulos (método bastante común), esta matriz tiene la forma de $3 \times n$ (siendo el número total de triángulos que contiene la pieza), es decir que cada fila de la matriz representa un triángulo en el plano o en el espacio.

La eficiencia del algoritmo es la que define la calidad final del mallado. Si suponemos un conjunto de puntos mal representados, existirán puntos definidos que no cumplan las condiciones óptimas para el mallado. Los puntos que se encuentran muy cercanos entre sí, los puntos ruidosos y los puntos redundantes, no ofrecen ninguna información para la reconstrucción. Imaginemos por ejemplo, que si queremos representar un cubo en el espacio, simplemente con ocho puntos y doce triángulos serían suficientes, el resto de la información sería redundante.

Existen diversos algoritmos de reconstrucción, como son reconstrucción por triangulación, reconstrucción salvo un factor de escala, reconstrucción euclídea, reconstrucción no calibrada...

7.1 Escáner de luz estructurada

Existen infinidad de métodos para la elaboración de los modelos digitales, pero vamos a desarrollar la información para la elaboración de estos modelos mediante la fotogrametría y los escáneres de luz estructurada.

El escáner de luz estructurada es un dispositivo capaz de capturar la forma y características de un objeto mediante la proyección de un patrón de luz y su registro en un sistema de adquisición. Existen muchos parámetros que clasifiquen un escáner 3D, no obstante, desde el nivel superior se agrupan en:

1. **Escáneres de contacto:** necesitan forzosamente el contacto físico con el objeto.
2. **Escáneres sin contacto:** se basan en capturar la radiación que refleja el objeto, ya sea de la luz visible/ambiente (pasivos) o de la emisión de algún tipo de luz o radiación hacia el objeto para así detectar la reflexión que genera (activos).

Los escáneres de luz estructurada se sitúan en el grupo de escáneres activos sin contacto. El escáner 3D consta de una fuente de luz (que proyectará el haz) y una cámara (que captará los puntos/líneas de las superficies). Para escanear un objeto se define un sistema de coordenadas esféricas para determinar cada punto del espacio tridimensional que está capturando. Además del escáner, se requiere de un programa informático que recoja la información obtenida y con el que poder realizar un post-procesado.

En este caso se dispone de un escáner de mano 3D Artec Studio, modelo EVA-40 con captura de textura. Este software, además de realizar la captura del objeto, le permite realizar un post-procesado completo de datos, optimizar la malla y realizar otras operaciones con el objetivo de obtener un modelo 3D de alta calidad.

Para obtener un modelo 3D completo, se escanea el objeto desde diferentes ángulos y se fusiona el resultado de los escaneos en un modelo único usando la aplicación de escáner *Artec Studio*. Según el tamaño del objeto que se quiera escanear se usan diferentes modelos de escáner (L, M y S) o, el especial (Spider):

- L (una persona de pie, monumentos, elementos arquitectónicos...)
- M (una pierna, un brazo, cara, interior de un vehículo...)
- S (lápiz, llave, pequeños detalles de objetos grandes, algunos ornamentos arquitectónicos...)
- Spider (los mismos objetos que con S pero con más resolución y precisión).

Los escáneres EVA se consideran M, con los que no pueden capturarse pequeños detalles ni abarcar superficies demasiado grandes, pero son mucho más versátiles que otros, por lo que trabajar con ellos, a pesar de las circunstancias nos facilita enormemente el trabajo. Además es posible combinar varios tipos de escáneres 3D para una sola escena. En algunos casos esto mejorará el escaneo y se obtendrán resultados con la precisión deseada para formas complejas.



1.2

1.2 Escáner de mano EVA (Imagen obtenida de Internet)

UTILIZACIÓN

Para obtener un modelo digital utilizando este tipo de escáner EVA, deben realizarse los siguientes pasos:

Primero debe disponerse del escáner de mano 3D ARTEC STUDIO EVA, del software de post-procesado, de un ordenador con la capacidad suficiente para soportar este sistema, y de una pieza adecuada en tamaño con la que trabajar. Los requerimientos del sistema para un funcionamiento óptimo son:

Requisitos mínimos del sistema para el correcto funcionamiento:

- Sistema operativo Windows 7 (x64).
- Puerto único USB 2.0 para todos los modelos excepto para MHT o 2 puertos USB 2.0 para MHT.
- Procesador Intel Core Quad (se recomienda I5 o I7).
- RAM 8.0GB.
- NVidia Geoforce 9 (9xxxx) o mejor, o Radeon ATI 3 (3xxx), o mejor (al menos 512 Mb de memoria). Se necesita soporte OpenGL 1.1 para el modo de Fusión en tiempo real. Se requiere Nvidia Quadro graphics family para una visualización estéreo.
- 300Mb de espacio libre en el disco duro para la instalación.

Requisitos del sistema recomendados:

- Sistema operativo Windows 7 x64.
- Procesador Intel Core i5 o i7.
- RAM 12 Gb.
- Adaptador de Video NVidia GeForce 400 Series o mejor, 1024 o más de memoria.
- Conexión a internet.

(Se recomienda no usar sistemas operativos de 32 bits ya que restringen la memoria RAM de la aplicación a 3Gb, que no es suficiente en caso de que Artec Studio tenga que manejar una escena relativamente grande. Los puertos USB 3.0 no dan buenos resultados)

Además deben tenerse los conocimientos necesarios para la utilización de dicho sistema.

Después de disponer de todos los elementos necesarios, se debe conectar el escáner al ordenador y colocar la pieza que se vaya a escanear sobre una mesa giratoria para facilitar el escaneo (quedándonos en una posición fija y rotando la pieza). Iniciamos el programa y realizamos el escaneado de la pieza. Una vez tengamos todos los escaneos necesarios, se deberá realizar un post-procesado con el programa.

7.2 Fotogrametría

La fotogrametría es la disciplina que se encarga del estudio de las propiedades geométricas de objetos o escenas, así como sus características espaciales a partir de fotografías. El principal atributo de estas técnicas, es que mientras la fotografía solo representa atributos bidimensionales, la fotogrametría trabaja con información tridimensional, obtenida a partir de diversas imágenes bidimensionales solapadas. A través de estas zonas de solape se pueden determinar puntos comunes con los que se recrean vistas 3D.

Realmente la fotogrametría obtiene los modelos fotogramétricos por técnicas de Structure from Motion, que aunque ambas estrategias tienen como resultado un modelo 3D, son tecnologías sensiblemente diferentes. La fotogrametría es una técnica bastante antigua fundamentada en el establecimiento de puntos comunes entre imágenes tomadas de forma controlada y con cámaras calibradas, con el fin esencial de tomar mediciones entre dichos puntos, mientras que el SfM, es una técnica que aunque se inspira en la fotogrametría procede del mundo de la visión artificial y permite realizar modelos 3D a partir de colecciones de imágenes no estructuradas, ni cámaras calibradas, e incluso usar distintas cámaras, por lo cual se propone como una estrategia más polivalente y robusta. En la actualidad estas dos técnicas se entremezclan en los diversos programas que dan soporte a este tipo de tareas, reduciéndolo todo a simples procesos de fotogrametría, cuando más bien deberíamos hablar de SfM, aunque finalmente nuestros resultados van a ser aproximadamente parecidos.

Los trabajos relacionados con la fotogrametría están en auge en los campos de la arqueología, arte rupestre, conservación de bienes culturales y en general todas las disciplinas relacionadas con la protección, documentación, digitalización o virtualización del patrimonio, ya que se trata de una herramienta bastante asequible, no solo en lo relativo a costes, sino que también a la simpleza de su uso y que se puede constituir en una fuente de documentación bastante relevante.

Las ventajas que presenta este sistema frente al escáner 3D, es que en este caso pueden generarse modelos 3D sin la necesidad de el gran gasto económico que el escáner supone. Para la fotogrametría se precisa de una cámara, que aunque es conveniente una Réflex de buena calidad, no es obligatoria pudiendo realizarse las fotografías casi con cualquier cámara (la calidad del resultado final dependerá de la calidad de las fotografías realizadas), y de un programa de post-procesado (existen programas gratuitos de media calidad como el 123Catch, o programas para los que se necesita licencia como el PhotoScan). Solo con estos dos elementos, podemos realizar modelos tridimensionales de alta calidad, aportando además una textura con un mejor resultado que utilizando el escáner EVA.

Para su correcta realización hay que tener en cuenta muchos parámetros a la hora de obtener las fotografías, que es el proceso más complicado de la fotogrametría. Hay que tener presente:

- Las condiciones de la luz: que no existan sombras, que la luz del sol no esté en movimiento, ya que se tarda bastante tiempo en obtener las fotografías y la iluminación natural varía.
Que la iluminación sea igual todo el tiempo y que todas las zonas estén iluminadas de la misma forma, o el resultado puede ser irregular. Para ello, lo más conveniente es realizar las fotografías en interior, evitando la entrada de luz natural y con la ayuda de focos. Si por el contrario, no es posible realizar las fotografías en interior, debemos esperar a que el día se encuentre nublado y que además el sol esté en su punto más alto para evitar todos estos factores ya nombrados.
- La configuración de la cámara (que debe permanecer estable). Y tratando de obtener las fotografías desde el mismo punto, dejando la cámara fija y rotando el objeto a fin de evitar deformaciones o posibles problemas de post-procesado.
- Que las fotografías obtenidas estén perfectamente enfocadas.

8. Digitalización de la Virgen del Carmen de Bernardo M. de Silva

OBJETO DE ESTUDIO

Denominación: Virgen del Carmen.

Tipología: Escultura de bulto redondo.

Técnica de ejecución: Talla en madera

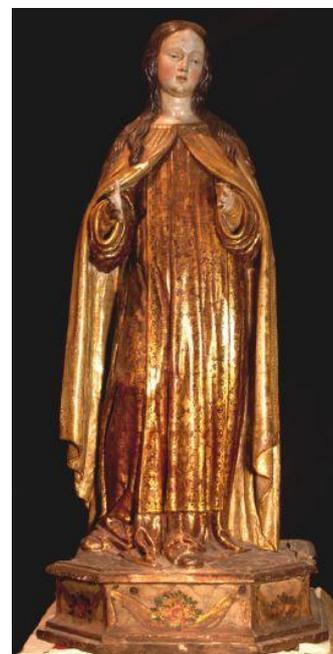
policromada y estofada.

Datación cronológica: c. 1706.

Autoría: Bernardo Manuel de Silva.

Función litúrgica: Expuesta al culto en el retablo dedicado a esta advocación.

Localización: Templo Parroquial de San Blas Obispo de Villa de Mazo, en la isla de La Palma.



1.3

1.3 Imagen obtenida del informe cedido por Erick Alejandro Ortega Pérez

Descripción: *Madera policromada y estofada, representa a la Virgen ataviada con el hábito de la Orden de Nuestra Señora del Monte Carmelo: túnica talar ceñida con cinturón en marrón, escapulario en color marrón y capa blanca, ésta última ceñida en el pecho con un lazo, estando todos estos elementos dorados y estofados. Se representa con los brazos abiertos acogiendo a los devotos y ofreciendo el santo escapulario, girando ligeramente su rostro hacia la izquierda en actitud de acoger súplicas. La cabeza, toda descubierta, presenta una larga cabellera que cae sobre los hombros. El rostro, de forma ovalada, presenta un semblante sereno, con cierta actitud meditativa, perdiéndose la mirada en el espacio. Su policromía, al igual que la de las manos, es rosácea. Viste calzado que se deja entrever al caer la túnica sobre éste. Las carnaciones y la cabellera probablemente estén realizadas al óleo, mientras que los ropajes dorados y estofados estén realizados al temple.*

La peana, de estructura rectangular con las esquinas delanteras achaflanadas, se encuentra dorada y policromada con motivos de guirnaldas vegetales. En la zona posterior se puede leer en letras capitales lo siguiente: MANDOHACERSETAYMAG DONPEDRO,DACOSTAPRESBYT.

Pertenece al Templo parroquial de San Blas Obispo de Villa de Mazo, en La Palma. La imagen, dentro del templo, se sitúa en concreto en la hornacina central del retablo dedicado a dicha advocación, en la nave de la epístola, es decir, se encuentra expuesta al culto.⁸

⁸ Esta información ha sido cedida por el encargado de la restauración Erick Alejandro Ortega Pérez.

ESTUDIO DE CASO

Para poner en práctica los sistemas anteriormente mencionados, se ha realizado la digitalización en tres dimensiones de la escultura de la Virgen del Carmen mediante los métodos de escaneado y fotogrametría.

Se ha querido digitalizar esta pieza para demostrar las ventajas de la utilización de este tipo de tecnologías en los procesos de restauración. La facilidad y rapidez con la que se puede obtener un modelo 3D totalmente real y facsímil, del que podemos obtener muchísima información y con el que podemos trabajar, sin la necesidad de entrar en contacto directo con las piezas. Dar a entender que poco a poco estos sistemas van a ser necesarios y deberán ser parte de cualquier proceso de conservación y restauración, ya que son un modo de almacenar y disponer de cualquier tipo de información que de no ser así podría desaparecer en cualquier momento.

Hemos digitalizado esta pieza, para poder crear un modelo en tres dimensiones que pase a formar parte de la memoria digital, obteniendo un modelo que desde ahora, ya no se perderá nunca, ya que si por cualquier causa la pieza se perdiera o sufriese un daño irreparable, ya cuenta con la opción de poder imprimirse y reproducirse tal y como era, sin la necesidad de realizar procesos de talla y modelado. O si por el contrario, no quisiese reproducirse, al menos podría contemplarse de manera digital. Además de sustituirse o reemplazarse, también se cuenta con este modelo para realizar cualquier intervención de restauración futura.

8.1 Digitalización mediante escáner de luz estructurada

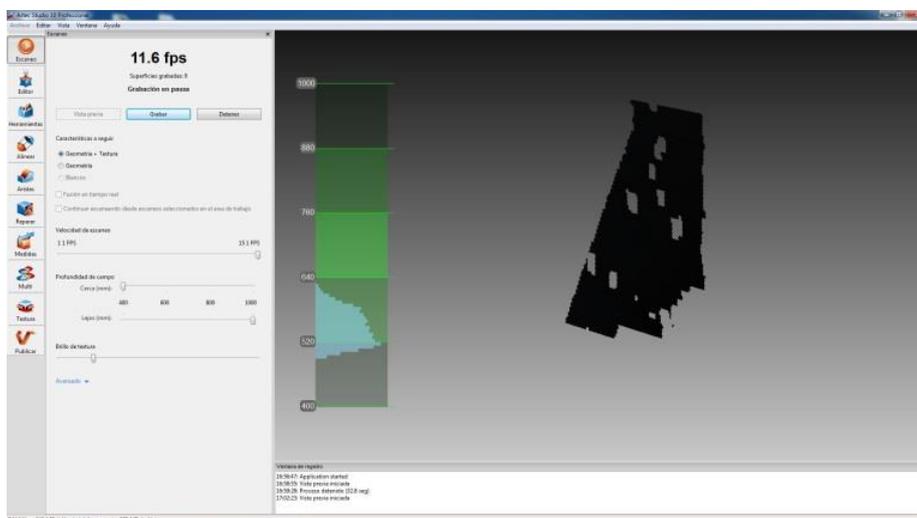
Para llevar a cabo la digitalización de esta escultura, hemos utilizado dos técnicas diferentes, aunque con resultados muy próximos entre sí. Por un lado, hemos realizado el escaneado de la pieza con el escáner de mano 3D EVA de ArtecStudio, y por el otro, hemos realizado el modelo a partir de fotogrametría. Ambos métodos de captura son diferentes, pero con los dos obtenemos un modelo en 3 dimensiones totalmente fiable, con la única diferencia de que con la fotogrametría además disponemos de la textura tal y como aparece en la pieza.

ESCANEADO

Antes de comenzar a escanear la pieza, debemos prepararla y acondicionar el lugar para ello. Al tratarse de una pieza con valor histórico, debe intervenir de forma segura y sin que la pieza corra peligro, por lo que debemos buscar una superficie estable donde colocarla. Y para su correcto escaneo y comodidad a la hora de trabajar con ella, utilizaremos una mesa giratoria, de forma que nos colocaremos con el escáner de forma más o menos fija e iremos rotando la pieza.

La sala debe contar con una buena iluminación, pero evitando la creación de grandes brillos sobre la pieza, por lo que trataremos de restringir la entrada de luz natural y aplicaremos iluminación artificial, tratando de que todas las partes queden iluminadas por igual y de que no se generen zonas de sombras. Una vez cumplamos estas condiciones, comenzaremos con la captura de los escaneos;

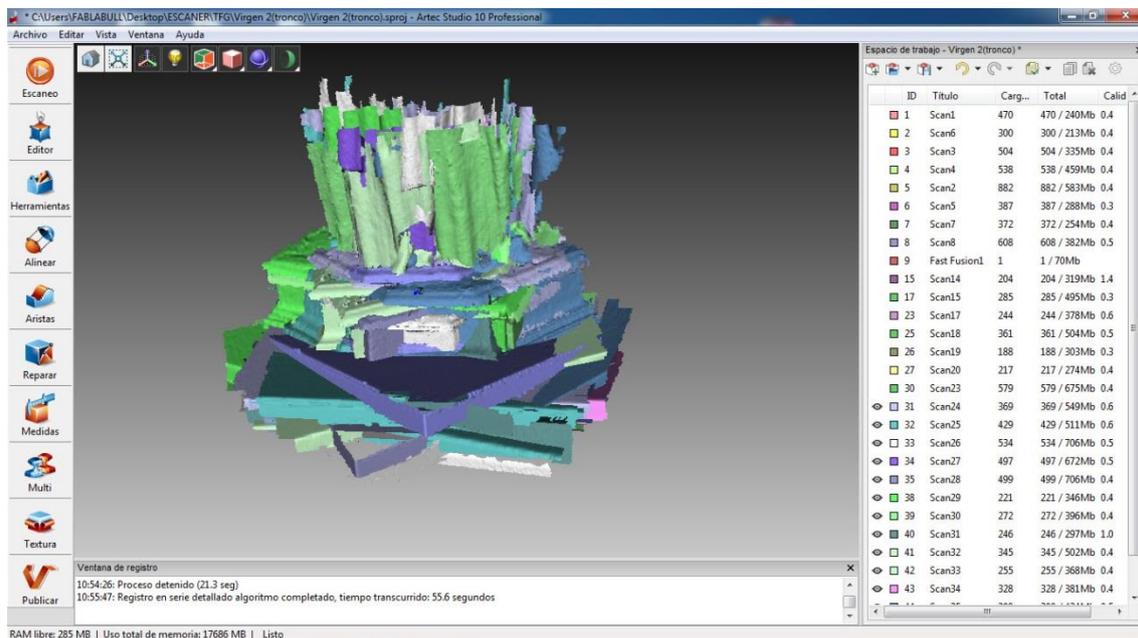
Primero conectamos el escáner al ordenador e iniciamos el programa de ArtecStudio, tras introducir los parámetros de captura necesarios iniciamos el escaneado: nos colocamos a una distancia, que vendrá marcada por el propio programa en una barra de color verde que aparecerá en el lateral de la pantalla y que deberemos mantener centrada para estar en la distancia correcta (si nos acercamos o alejamos demasiado saltará la alarma y el programa dejará de escanear, por lo que es importante tratar de mantener esta distancia constante).



1.4

1.4 Rango de distancia durante el escaneado en el programa Artec Studio 10

Comenzamos a escanear tratando de no realizar movimientos bruscos, con calma y sin dejar que el escáner pierda el rastreo. Esta operación se debe realizar lentamente para que salga correcta y conlleva su tiempo, ya que el escáner pierde las pistas con facilidad y debe realizarse el escaneo de un modo en concreto, tratando siempre de coincidir en un punto fijo de la pieza, como es el centro, por ejemplo, para luego realizar un desplazamiento y que así no se generen deformaciones. Debemos realizar tanto escaneos como creamos convenientes, tratando de cubrir todas las zonas en todas las vistas posibles para no dejar huecos. En las zonas en las que haya mayor detalle nos centraremos más, realizando varios escaneos de las mismas. También, debemos tener en cuenta que cuanto más se alargue el escaneo, más posibilidades tiene de crear errores, por lo que es más conveniente realizar muchos escaneos cortos, que pocos largos.

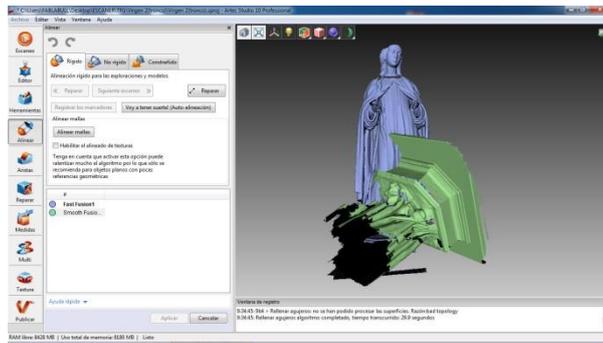


1.5

1.5 Al finalizar, aparecerán todos los escaneos realizados en la pantalla, sin ningún orden y unos solapando a otros.

Una vez tengamos todos los escaneos necesarios (esto se comprobará una vez los hayamos fusionado, observando si han quedado huecos o no) comenzaremos con el post-procesado:

1. Abrimos cada uno de los escaneos y comprobamos uno por uno los fotogramas. Si vemos que existen fotogramas incorrectos, que están afectando al escaneo los eliminaremos.
2. Una vez los escaneos estén correctos, los alineamos uno por uno entre sí, hasta conseguir una única pieza, que ahora fusionaremos.



1.6

1.6 Escaneos sin alinear



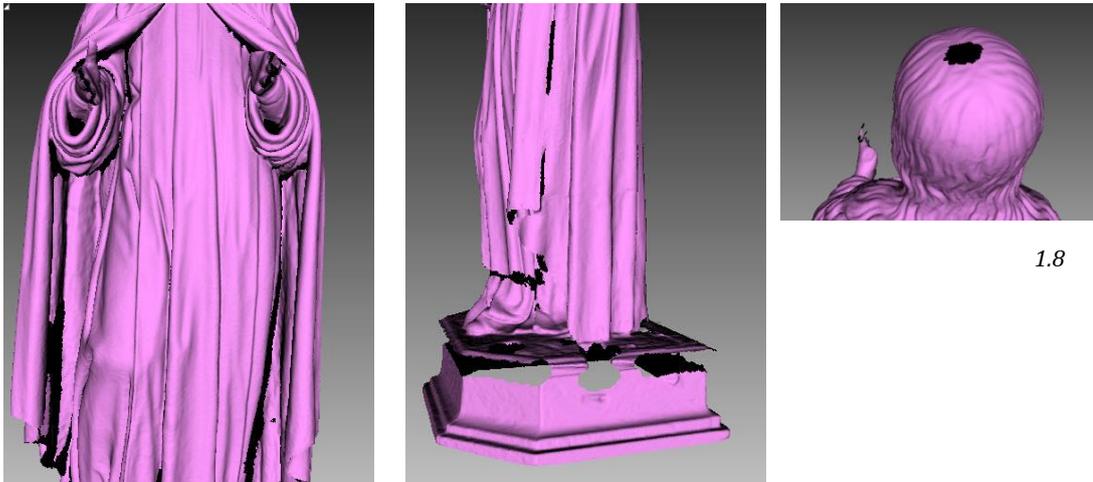
1.7

1.7 Escaneos alineados

9

3. Existen varias formas de fusionar la pieza:

-*Fusión rápida*: conlleva un menor tiempo y trabaja solo con la información que tiene, dando como resultado una pieza con huecos (si los tiene), que debe seguir siendo procesada, rellenando esos agujeros manual o automáticamente, o realizando más escaneos para aportarle esa información que le falta.



1.8

1.8 Fusión con agujeros

-*Fusión dura*: además de fusionar la pieza, también rellena automáticamente los huecos que hayan podido quedar, de manera inteligente y tratando de imitar las formas, haciendo que esos rellenos sean imperceptibles.

⁹ Cada escaneo realizado aparece en un color diferente.



1.9

1.9 Fusión con relleno automático de los agujeros, pero con un resultado no apto

4. Si se eligió la fusión rápida, ahora debe realizarse el relleno de los agujeros, que puede ser manual o automático, en cualquiera de los dos casos, este algoritmo está bien en el caso de que los agujeros sean pequeños, pero si por el contrario se deben rellenar áreas de mayor tamaño, el resultado será plano, haciendo que el añadido se note destacadamente quedando a modo de “parche”, por lo que el resultado no es correcto.



2.0

2.0 Fusión con relleno de los agujeros inteligente

Si por el contrario, se eligió la fusión dura y no quedan huecos, ahora aplicaremos el algoritmo de suavizado, corrigiendo el ruido que haya podido quedar en la pieza.

5. Tras esto, ya tendremos nuestra pieza tridimensional creada, en un color uniforme y lista para ser impresa. Ahora, si se desea, se añade la textura (este paso es solo posible si se cuenta con un escáner que cuente con la opción de captura de textura), pero cuando se trata de una textura muy compleja y con muchos detalles, el resultado no es muy bueno, por lo que en este caso la dejaremos sin textura (esa parte, la solventaremos con la fotogrametría).



2.1

2.1 Texturas mal ejecutadas

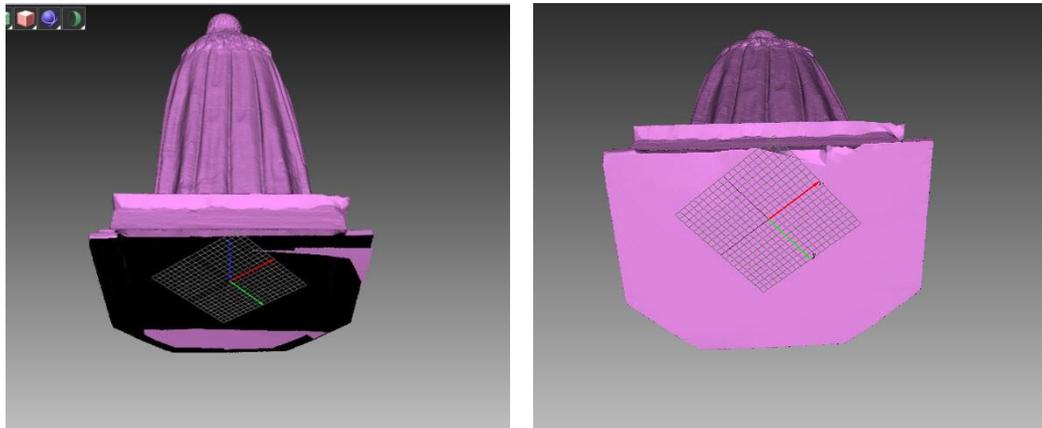
En las imágenes podemos observar como el resultado de la textura se obtuvo fallido, por lo que se optó por dejar a la pieza sin textura en este caso.



2.2

2.2 Resultado final

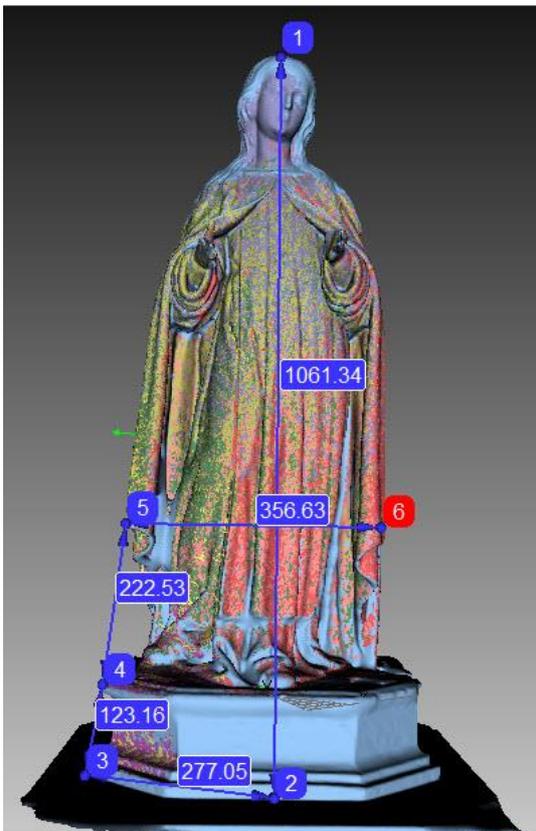
- Como último paso, deben eliminarse los elementos que no sean constitutivos de la pieza, que en este caso se trata de la mesa sobre la que se encontraba la pieza. Y rellenar la parte inferior si se desea.



2.3

2.3 Rellenado de la base

Además de la obtención del modelo en 3 dimensiones, con la ayuda de este programa, podemos obtener las medidas que queramos a partir del modelo, o añadir cuadros de texto señalando las partes deseadas. Esta herramienta viene muy bien para la elaboración de informes de conservación y restauración, por ejemplo.



2.4

2.4 Resultado con medidas



2.5

2.5 Resultado con carteles

8.2 Digitalización mediante fotogrametría

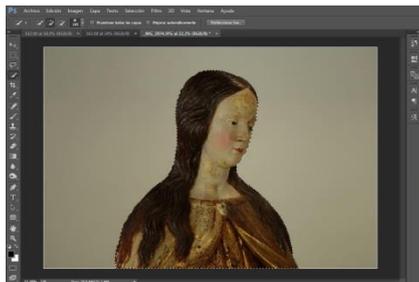
Para procesar las fotografías y realizar la fotogrametría, vamos a utilizar el programa PhotoScan de la empresa rusa Agisoft, cuyo funcionamiento, aunque sus desarrolladores no lo dejan claro, es exclusivamente SfM. Y obteniendo las imágenes con una cámara Réflex de alta calidad.

Para realizar la fotogrametría, se deben tener muy en cuenta los parámetros a seguir ante la obtención de las fotografías, ya que deben ser lo más correctas posibles o luego el programa nos dará problemas. Así que colocamos la pieza en una sala en la que se disponía de poca entrada de luz natural, y en la que además se contaba con focos y un buen trípode que alcanzaba gran altura. Se dispuso la pieza nuevamente sobre la superficie giratoria, para colocar la cámara y los focos de manera fija, evitando que se creasen diferencias de luz y tonalidad en las fotografías. Se fijaron unos parámetros en la cámara que quedaron fijos, y sin moverla de su posición, se iban capturando las imágenes mientras se giraba la pieza.

Para la fotogrametría, hace falta obtener mucha información, y no puede quedar ningún hueco sin documentar, por lo que es necesario obtener un alto número de fotografías. Capturando cada uno de sus recovecos, obteniendo las imágenes también desde abajo, hasta arriba.

Para la pieza a modelar se tomaron un total de 229 fotografías, que posteriormente fueron procesadas con el programa de la siguiente forma:

1. Primero trabajaremos las fotografías con el programa Photoshop; en él debemos realizar las máscaras de cada una de las fotografías obtenidas, recortando la imagen que queremos procesar, eliminando el resto de elementos que aparecen en la escena.

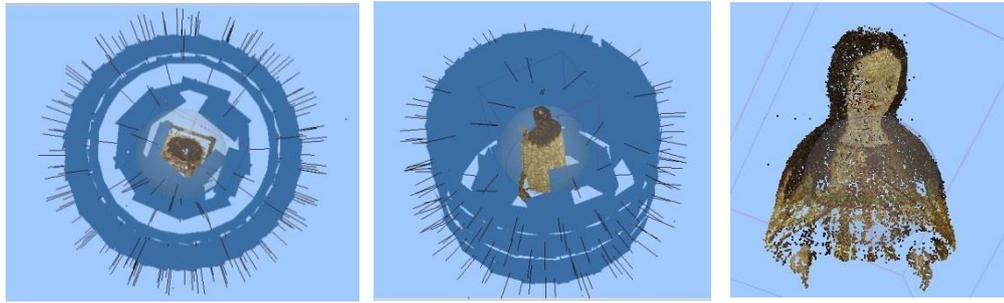


2.6

2.6 Obtención de las máscaras con Photoshop

2. Al obtener todas las máscaras, las abrimos con el PhotoScan, donde dividiremos las fotografías en tres partes, llamadas chunks¹⁰, para que el programa trabaje mejor y nos dé un resultado más óptimo. A continuación, el programa alineará cada conjunto de fotografías automáticamente, dentro de cada chunk, dando como resultado la pieza en 3 dimensiones dividida en sus tres partes.

¹⁰ Un chunk es un fragmento de información: en este programa podemos dividir la información o conjunto de fotografías en partes, ya que si trabajamos en una sola parte, al programa le costará más procesarla y el resultado no será el óptimo.



2.7

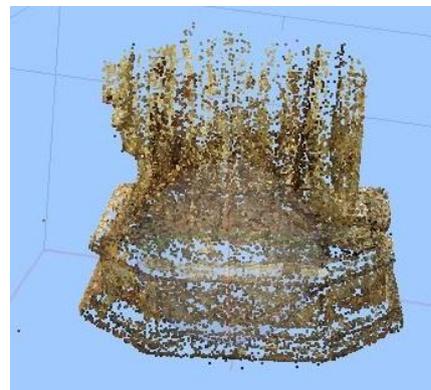
2.8

2.7 Alineación de las fotografías

2.8 Resultado alineación parte superior



2.9

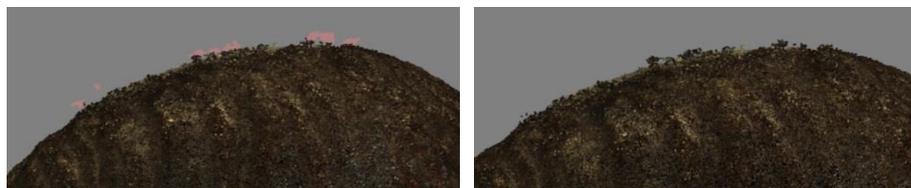


3.0

2.9 Resultado alineación parte central

3.0 Resultado alineación peana

3. Una vez alineadas, eliminaremos los puntos sobrantes que no formen parte de nuestro modelo y optimizaremos las cámaras.
4. Ahora se realiza la nube de puntos, y tras ser creada, volveremos a eliminar los puntos sobrantes de manera más precisa que anteriormente.



3.1

3.1 Eliminación de puntos sobrantes

5. Una vez obtenidas las nubes de puntos, alinearemos los tres chunks, de forma que se genere una única pieza. Y eliminaremos las partes que se repiten en la unión de cada chunk, dejando las que mejor resultado han obtenido y eliminando las zonas con fallos.



3.2

3.2 La superposición de los chunks, da un resultado fallido en la zona de la cabeza, ya que un chunk presenta menos información que el otro, por lo que se debe eliminar ese trozo, dando prioridad al chunk correcto



3.3

3.3 Cabeza antes de eliminar el trozo fallido y después



3.4

3.4 Peana



3.5

3.5 Resultado de alineación

6. En este momento crearemos la malla, que da como resultado una pieza a base de triángulos, que podremos modificar si lo deseamos (en nuestro caso la dejaremos tal cual ya que queremos obtener la textura, y cualquier modificación que realicemos puede empeorar el resultado de la misma).



3.6

3.6 Resultado malla

7. Por último, procedemos a aplicar la textura, obteniendo nuestro modelo ya finalizado con su imagen real que ha producido a partir de las fotografías.



3.7

3.7 Resultado final anverso



3.8

3.8 Perfil derecho



3.9

3.9 Reverso



4.0

4.0 Perfil izquierdo



4.1

4.1 Parte superior anverso



4.2

4.2 Perfil derecho



4.3 Reverso 4.3



4.4 Detalle estofado anverso 4.4



4.5 Detalle estofado reverso 4.5



4.6 Peana reverso 4.6



4.7 Peana perfil derecho 4.7



4.8 Peana perfil izquierdo 4.8



4.9

4.9 Peana anverso



5.0

5.0 Detalle estofado parte inferior

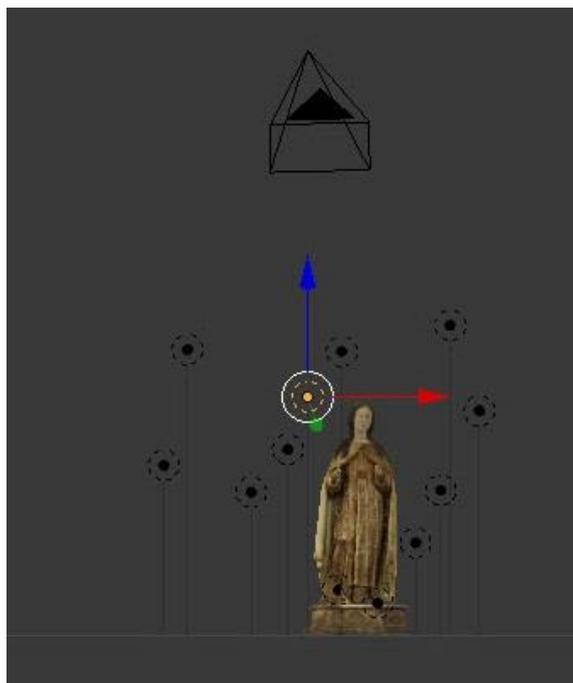
8.3 Animación mediante Blender

Tras la obtención de este modelo digital por cualquiera de los dos métodos abordados, se puede realizar una escena de animación en la que la pieza aparezca girando o en movimiento. En este caso, hemos decidido realizarlo con la pieza obtenida mediante fotogrametría, ya que este modelo cuenta con menor información y su peso es mucho menor que el de la pieza obtenida por escaneado, que nos ralentizaría a la hora de procesar el video.

Para la realización de esta animación, utilizaremos el programa Blender, que es un software destinado en primera instancia al modelado 3D de objetos para después hacer representaciones de ese modelado. Incorpora la posibilidad de dar texturas y materiales, iluminar la escena, aportarle movimiento y sonido... incluye las tecnologías más utilizadas en el diseño 3D: mallas, textos, meta-objetos, curvas, superficies y modelado escultórico. Permite crear animaciones de los modelados; desde mecánicas restringidas de artillugios robóticos hasta emisiones de partículas para explosiones, pasando por todo tipo de cinemáticas para mover personajes. Además incorpora la tecnología necesaria para animar fluidos, gases, telas, cuerpos blandos, pelo, etc.

Incluye su propio motor de juegos para desarrollar paseos virtuales por recorridos arquitectónicos.

Esta animación consiste en la pieza escultórica girando sobre su propio eje; para ello se ha debido colocar en el centro de la imagen y añadir puntos de luz colocados estratégicamente para la correcta iluminación de la pieza, también se ha debido colocar la cámara correctamente y añadir el color de fondo deseado. Tras esto, se debe indicar que movimiento queremos que ejecute nuestra pieza y guardarlo.



5.1

5.1 Pieza colocada en el centro, con los puntos de luz utilizados alrededor de la misma.

9. Resultados

Como resultado final hemos obtenido varios modelos en tres dimensiones de la escultura con la que hemos trabajado:

- Por un lado tenemos el modelo 3D obtenido mediante escaneado, que no cuenta con textura debido a la dificultad de la misma, pero que presenta una figura totalmente facsímil y que es óptima para su impresión o futuras restauraciones o consultas sobre medidas y formas. El archivo obtenido es un formato OBJ que presenta un peso de 307 MB.
- Por otro lado obtuvimos un modelo 3D mediante fotogrametría, que cuenta con textura pero que presenta una figura no tan fiable, aunque de muy buena calidad, como la obtenida con el escáner. Este archivo es óptimo para la realización de animaciones o cualquier imagen digital. El archivo resultante es un formato OBJ con un peso de 288 MB.
- Además, con el archivo obtenido por fotogrametría, se ha realizado la animación de la pieza, con la que hemos obtenido un video de la escultura girando, en formato AVI con una duración de 11 segundos y con un peso de 42,1 MB.

Todos estos archivos obtenidos se incluirán en un CD que irá adherido al final del trabajo, y que podrán consultarse o modificarse en cualquier momento.

10. Conclusiones

La realización de este trabajo ha sido totalmente gratificante, se han obtenido más conocimientos de los esperados, y han podido abordarse más temas de los planteados en un principio, poco a poco se han ido descubriendo más y más utilidades para este tipo de sistemas, superando las expectativas puestas en el trabajo. Que aunque no haya podido realizarse la restitución digital de los dedos faltantes en las manos de la virgen por falta de tiempo, ha sido más de lo esperado.

Se han descubierto infinidad de proyectos relacionados con el tema del 3D en el campo de la conservación y restauración, que nos han dejado fascinados debido a la calidad de los mismos.

Aunque también hemos tenido dificultades de diferentes tipos, como a la hora de escanear, ya que no se cuenta con un escáner de los más actuales y que realmente se utilizan para este tipo de trabajos, disponemos de un escáner de calidad media, que nos ralentiza a la hora de realizar los escaneado, pero que aun así, nos agiliza enormemente el trabajo.

Por otro lado, la fotogrametría nos ha dado bastantes fallos, retrasándonos mucho más de lo esperado, y dando unos resultados que no fueron satisfactorios al 100%, teniendo incluso que repetir todas las fotografías en una parte del proceso debido a la mala calidad de la textura resultante en la pieza, pero que tras la obtención de la segunda ejecución del mismo trabajo con las nuevas fotografías, se dedujo que no era un problema de las capturas, sino del programa, ya que el fallo se repetía. Pero todos estos problemas son “normales” debido a los medios de los que disponemos, que no son los mejores del mercado.

Sin embargo, y a pesar de todas las dificultades, me encuentro muy orgullosa y satisfecha con el resultado final de este trabajo.

11. Bibliografía

- Vives, Josep (2009). *La digitalización del patrimonio: archivos, bibliotecas y museos en la red*. España. Editorial UOC
- Soler, Joan (2008). *La preservación de los documentos electrónicos*. Barcelona. Editorial UOC.
- <http://www.vangoghmuseum.nl/en/about-the-museum/relievo-collection>
- <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Escaner3D.html>
- <http://www.jpereira.net/software-revisiones-y-consejos/introduccion-a-la-fotogrametria-parte-1>
- <http://hornodemontesa.blogspot.com.es/2013/01/escaner-laser-3d-o-fotogrametria.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Esc%C3%A1ner_de_luz_estructurada
- http://www.cervantes.es/imagenes/File/ponencia_fernando_ramos_rbic.pdf
- <http://www.perfil.com/ciencia/Conservan-las-obras-de-arte-con-un-software-de-escaneo-e-impresion-3D-20140419-0043.html>
- <http://www.dw.com/es/esc%C3%A1ner-3d-de-alta-velocidad-preservar-los-datos-de-obras-de-arte/av-18835707>
- <http://www.gvam.es/tecnologia-3d-para-conservar-el-patrimonio-de-mexico/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=THU4Hfv-eAo>
- <http://www.docolutions.com/digitalizacion/>
- http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/181/cd/m1/qu_hace_blender.html
- <http://www.multitecsa.es/servicios/digitalizacion-de-documentos/archivos-historicos.html>
- Ramos Simón, Luis Fernando (2013). *Lo viejo y lo nuevo: el patrimonio cultural digitalizado. Preguntas de investigación*. 2
- Niggemann, Elisabeth. De Decker, Jacques. Lévy, Maurice. (2011). *Informe comité de sabios*. Bruselas. 1-2. Consultado de: http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/cooperacion/promocion-exterior/la-cultura-en-europa/pprog-04-bdig/informe_comite.pdf

DIGITALIZACION DEL PATRIMONIO DOCUMENTAL

- <https://www.youtube.com/watch?v=GqNHRgfaYM4>

REPLICADO ESCULTURAS POR PROGOROD:

- <http://www.revistahabitat.com/noticias/val/1918-100/-%E2%80%9Cprogorod-sa%E2%80%9D-y-%E2%80%9Cfabrinco-srl%E2%80%9D--por-primera-vez-en-la-argentina-han-replicado-obras-de-arte-aplicando-procesos-de-fabricaci%C3%B3n-digital.html>

EUROPEANA

- http://www.europeana.eu/portal/record/2063609/ES_280_012.html

- [http://europa.eu/rapid/press-release IP-11-17 es.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-17_es.htm)

GOOGLE CULTURAL INSTITUTE

- <https://www.google.com/culturalinstitute/home?hl=es>

PROYECTO DE DIGITALIZACIÓN DE PATRIMONIO DE LAS UNIVERSIDADES ANDALUZAS

- <http://patrimonio3d.ugr.es/index.php/component/k2/item/143-digitalizaci%C3%B3n-3d>

12. Anexos

OTROS ESCANEADOS

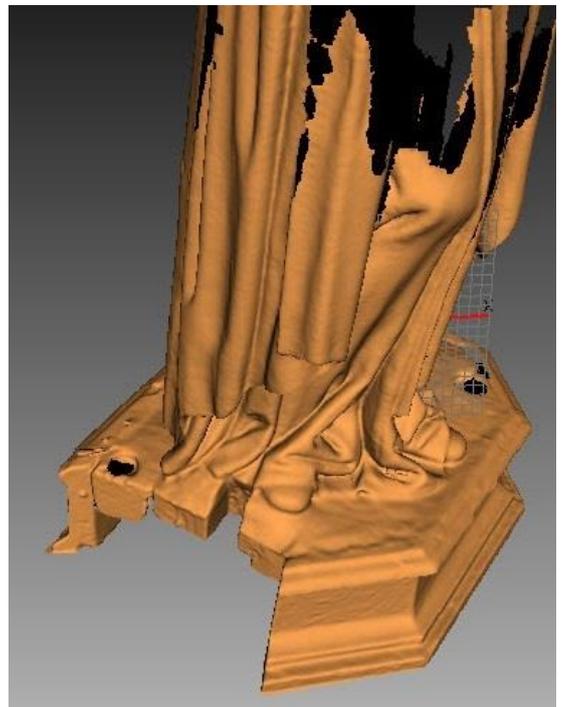
Al comienzo del trabajo, la escultura se encontraba con la peana deteriorada y sin haber sido intervenida, por lo que los primeros escaneos que se realizaron pudieron capturar esta zona con el roto.

Posteriormente, y habiendo solo escaneado la parte de la peana, la escultura tuvo que ser entregada para la reparación de la misma, por lo que el resto de escaneos, del que se obtuvo el resultado final, se realizó con la peana ya intervenida y restaurada. Así que a continuación se añaden las imágenes de la peana antes de su restauración.



5.2 Lateral derecho visto desde atrás

5.2



5.3 Lateral derecho visto desde delante

5.3



5.4

5.4 Lateral derecho



5.5

5.5 Vista superior

IMPRESIÓN DEL MODELO

Se ha realizado la impresión del modelo obtenido mediante el escaneado. Se ha impreso en pequeño formato, reduciendo la resolución para su correcta ejecución. Esta figura está impresa en ácido poliláctico (PLA), material biodegradable y proveniente de recursos renovables al 100%, y se ha realizado a modo de ejemplo para poder visualizar las posibilidades y el alcance de los métodos utilizados.



5.6

5.6 Anverso



5.7

5.7 Reverso



5.8

5.8 Perfil izquierdo



5.9

5.9 Perfil derecho

VIDEOS DE INTERÉS RELACIONADOS CON EL 3D

A continuación se añaden varios enlaces de diferentes videos encontrados en internet durante la búsqueda de documentación y que pueden ser de gran interés:

- <https://www.youtube.com/watch?v=THU4Hfv-eAo>
- <http://www.dw.com/es/esc%C3%A1ner-3d-de-alta-velocidad-preservar-los-datos-de-obras-de-arte/av-18835707>

DIGITALIZACION DEL PATRIMONIO DOCUMENTAL

- <https://www.youtube.com/watch?v=GqNHRgfaYM4>

ARTICULOS RELACIONADOS

Además, también incluimos varios enlaces a páginas de interés, como Europeana o Google Cultural Institute, con la que podemos visualizar miles de obras de arte en ultra alta resolución, de infinidad de artistas a lo largo del todo el mundo y sin movernos de casa:

- <https://www.google.com/culturalinstitute/home?hl=es>

EUROPEANA

- http://www.europeana.eu/portal/record/2063609/ES_280_012.html
- http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-17_es.htm

O éste artículo, que cuenta como se han realizado la réplica de varias esculturas mediante procesos de fabricación digital:

REPLICADO ESCULTURAS POR PROGOROD:

- <http://www.revistahabitat.com/noticias/val/1918-100/-%E2%80%9Cprogorod-sa%E2%80%9D-y-%E2%80%9Cfabrinco-srl%E2%80%9D--por-primera-vez-en-la-argentina-han-replicado-obras-de-arte-aplicando-procesos-de-fabricaci%C3%B3n-digital.html>