



Fotogrametría como recurso de virtualización en la difusión y preservación digital de patrimonio tangible¹

David Alonso Leija-Román²; Lorena Gertrudis Valle-Chavarría³; Ma. Luisa Montes-Rojas⁴

Recibido: 1 de abril de 2022/ Aceptado: 12 de diciembre de 2022

Resumen. Este trabajo expone la aplicación de un modelo de flujo de trabajo con acciones sugeridas, para que la virtualización por fotogrametría de patrimonio tangible sea preservada y difundida digitalmente por medio de paquetes de información enriquecida con parámetros de normas y buenas prácticas que complementen de forma accesible los procesos de documentación de patrimonio en formato digital. En principio, se exponen consideraciones conceptuales sobre la digitalización y virtualización por fotogrametría; así como, de la noción del patrimonio digital con fines de difusión y preservación digital a largo plazo de objetos derivados. Seguido, se analizan los formatos y residuales digitales del proceso de captura y registro fotográfico para la producción de objetos 3D por fotogrametría básica aplicadas a una muestra escultural. Por último, se alinean y establecen aplicativos técnicos en los formatos residuales del proceso documental, para evaluar e integrar paquetes de información con fines de difusión y preservación digital a largo plazo.

Palabras clave: Fotogrametría; Preservación digital; Patrimonio digital.

[en] Photogrammetry as a virtualization resource in the dissemination and digital preservation of tangible heritage

Abstract. This work exposes the application of a workflow model with suggested actions, so that the virtualization by photogrammetry of tangible heritage is preserved and disseminated digitally through information packages enriched with parameters of norms and good practices that complement in an accessible way the heritage documentation processes in digital format. In principle, conceptual considerations on digitization and virtualization by photogrammetry are exposed; as well as the notion of digital heritage for purposes of dissemination and long-term digital preservation of derived objects. Next, the formats and digital residuals of the photographic capture and recording process for the production of 3D objects by basic photogrammetry applied to a sculptural sample are analyzed. Lastly, technical applications are aligned and established in the residual formats of the documentary process, to evaluate and integrate information packages for long-term digital dissemination and preservation purposes.

Keywords: Photogrammetry; Digital preservation; Digital heritage.

¹ Apoyo del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) 2020-21

² Profesor investigador FADU – Universidad Autónoma de Tamaulipas
E-mail: dleija@uat.edu.mx

³ Profesora investigadora FADU – Universidad Autónoma de Tamaulipas
E-mail: lvalle@uat.edu.mx

⁴ Profesora investigadora FADU – Universidad Autónoma de Tamaulipas
E-mail: mlmontes@uat.edu.mx

Sumario. 1. Introducción 2. Estado de la cuestión 3. Metodología 4. Resultados. 5. Discusión 6. Conclusiones 7. Bibliografía

Cómo citar Leija-Román, D. A.; Valle-Chavarría, L. G.; Luisa Montes-Rojas, M^a. (2022) Fotogrametría como recurso de virtualización en la difusión y preservación digital de patrimonio tangible, en *Revista General de Información y Documentación* Vol. 32(2), 325-342.

1. Introducción

Las necesidades de virtualización de información y contenidos de las instituciones de memoria denominadas de manera amplia como GLAMUR (*Galleries, Libraries, Archives, Museums, Universities, Repositories*) ante la nueva gestión de información digital *post* COVID-19, ha concebido una aceleración emergente en la implementación de modelos digitales para normalizar alternativas de acceso integral al patrimonio en formato digital con procesos de adquisición, gestión, almacenamiento, accesibilidad y preservación a largo plazo. La usabilidad social del patrimonio digital en el siglo XXI se enfoca en la disposición y acceso público de objetos digitales compuestos por librerías de datos, metadatos, códigos estandarizados e identificadores persistentes. Toda acción de migración y normalización digital requiere de competencias asimiladas a nivel cultural, de demanda social y acceso tecnológico como estrategia para continuar con actividades laborales, educativas y de convivencia social (Secundo, et al. 2021: 120565).

La disrupción digital o interrupción de los flujos tradicionales de trabajo en formato físico o análogo por la intervención plena de la informática, el internet y los dispositivos móviles conectados, ha hecho que los procesos productivos convencionales tengan que ser agilizados como necesidad operativa de proveer servicios en formato virtual para cumplir con las demandas y obligaciones del azar temporal o, por un proceso de transformación digital de acuerdo con sus posibilidades y recursos (Daniel & Pettit, 2021:50-64).

Las diferencias semánticas entre digitalizar, digitalización y transformación digital, nos orientan ante las posibilidades de operación, organización e implementación de acciones de este tipo; ya que digitalizar refiere a un proceso técnico de conversión de señales análogas a señales digitales; y la digitalización es la forma en la que un particular u organización reestructura el dominio de su vida social alrededor de las infraestructuras de medios y comunicación digital disponibles (Brennen & Kreiss, 2014). La transformación digital participa como el gran embudo de acciones y procesos integrados de conversión técnica para la virtualización de información reestructurando su modelo de cadena de valor con acentuación en la innovación, la mejora y adaptación de una cultura social al cambio digital.

Las instituciones de memoria y patrimonio cultural se han visto obligadas a fortalecer o establecer procesos de transformación digital y virtualización de información en todas sus dimensiones para facilitar a sus usuarios la consulta remota a objetos y colecciones, mejorar el acceso, difusión y visibilidad por internet de sus servicios; así tal, garantizar de manera íntegra y segura la preservación a largo plazo de los objetos digitales custodiados. No todas las instituciones de memoria y patrimonio cultural cuentan con los mismos recursos a

nivel ejecutivo, operativo y técnico para integrar procesos de documentación, digitalización o preservación digital de manera integral, lo cual amplifica el reto de establecer flujos de trabajo con accesibilidad universal para este campo (Leija, et al. 2020:17).

De acuerdo con las Directrices para la *Preservación del Patrimonio Digital* se enfatiza la importancia de promover la democratización de estrategias de preservación digital como eje fundamental de su ejercicio (Webb y UNESCO, 2003:15). Por lo cual, uno de los retos para las instituciones de memoria y quienes las integran en el siglo XXI es difundir y preservar de forma segura, accesible y recuperable los contenidos en formato digital para que estos sean reusados a corto, mediano o largo plazo. En este sentido, es necesario transferir tanto casos de estudio como herramientas y flujos de trabajo que participan en el proceso de gestión de un sistema de preservación digital integral.

2. Estado de la cuestión

Este apartado describe el contexto de estado conceptual que vincula a la virtualización por fotogrametría con el patrimonio digital desde la perspectiva tecnológica y el enfoque de la preservación digital a largo plazo.

2.1. La fotografía digital en la fotogrametría

Las técnicas de observación y escritura en el registro documental de información se han complementado históricamente con herramientas de la mecanización audiovisual análoga de la fotografía y el vídeo; así como el de la tecnología informática y virtualización de información en formato digital. En el siglo XX la fotografía agilizó los procesos de documentación con la captura de imágenes de objetos físicos con registros de color y formatos de imagen de acuerdo con las necesidades requeridas en el ambiente documental. Con la transformación digital de la fotografía, las cámaras fotográficas digitales participan como herramientas de comunicación que han dado lugar a nuevas prácticas sociales en la formación de memorias, experiencias e identidad (Van-Dick, 2008:59). La fotografía digital funciona como un medio de alto potencial para digitalizar objetos físicos, ya que es una tecnología accesible, escalable y democratizada. La fotogrametría por su parte está ligada a la fotografía digital, así como a los conceptos de virtualización y panorámica. La virtualización refiere a la captura de los objetos de forma precisa, color y métrica para obtener una representación real en digital; y la panorámica refiere al registro fotográfico amplio realizado por capturas de escenas parciales que dan cobertura a grandes áreas o superficies de contenido.

En este contexto, la fotogrametría es definida como: “La técnica que permite obtener un modelo virtual a partir de capturas parciales de pequeños segmentos del objeto fotografiado, combinando información volumétrica y datos de color que representan la superficie del objeto” (Correa et al. 2016:136). Como proceso digital requiere de la intervención de programas informáticos para interpretar vectores geométricos, correlacionar capas con parámetros volumétricos de los objetos para

lograr interconectar la representación plena (color y textura) y visualización como objeto tridimensional (alto, ancho y profundidad). Los enfoques de implementación fotográfica en la fotogrametría pueden ser de corto alcance o terrestre para objetos con tamaño pequeño a mediano y una ubicación a pie de calle; o de tipo aéreo que utiliza los recursos espaciales del aire y la elevación para completar la cobertura panorámica de objetos con grandes estructuras y extensiones terrenales. En este sentido, para la disciplina de la conservación digital que incluye a la arqueología y la preservación del patrimonio cultural, la fotogrametría e informática han abierto nuevos medios para la reproducción y registro en tiempo real de monumentos históricos y patrimonio cultural, lo que contribuye a potenciar entre distintas generaciones su estudio y apreciación en un ambiente digital (Soler et al. 2017:2).

2.2. El patrimonio digital, la difusión y preservación digital

El patrimonio entendido como una herencia particular que se perpetúa a través del tiempo por sus descendientes de manera extensiva de lo intangible a lo material y viceversa (Valle y Berumen, 2019:32), integra visiones interpretativas del concepto que son potenciadas desde el ámbito de su apropiación singular y su estado. En muchos casos, el patrimonio no se limita al objeto, ya que habita como estado mental de quien le apropia valor; es en la mente, donde inicia la batalla por preservar su herencia cultural (Caraballo, 2011:33).

La noción del patrimonio digital se entiende desde un ámbito radial, ya que de su centro circunscriben de forma relacionada, múltiples tipos y formatos de información que enriquecen su contexto integral y significación. La UNESCO (2009) define al patrimonio digital como todos los recursos de información, conocimiento o expresión humana de ámbito cultural, educativo, científico, administrativo u otro de forma digital o conversos de una forma análoga o física existente. Wang et al. (2019) sugieren que para entender el concepto de patrimonio digital es necesario considerar la perspectiva tecnológica de la cultura digital y la forma tipológica del patrimonio universal, ya que en esta conjunción de recursos o productos digitales generados se incluye información dinámica o estática con necesidades específicas para sus procesos de documentación, almacenamiento, preservación y difusión.

El papel del patrimonio digital se acentúa como un complemento fundamental en la preservación permanente de la información derivada del patrimonio tangible, por lo cual, la labor de la preservación de patrimonio digital anticipa una amplia carga residual de formatos derivados de un proceso de documentación. No es posible simplificar el valor de acciones y estrategias de un proceso de preservación digital, ya que estas se mantienen plenamente ligadas a la concepción de origen de información y la digitalización contextual que es funcionalmente esencial para un proceso de registro documental con medios y tecnología del siglo XXI. Los objetos digitales participan abiertamente de la preservación por alteración, la cual supone la transformación de los formatos digitales con el fin de mantener su accesibilidad y contrarrestar los riesgos de obsolescencia tecnológica, de administración y asegurar una futura reproducción.

La generación y diseño de objetos como patrimonio digital y con fines de preservación, además de las normas de la archivística y la documentación, considera el principio tecnológico para su creación de origen con tres enfoques integrales que inician con la ergonomía para la generación de información digital o correcta selección de herramientas -software y hardware-, formatos -abiertos o propietarios- para el registro y proceso, así como las técnicas disponibles para la creación de objetos patrimoniales en formato digital. Como segundo enfoque es el tecnológico a partir de la funcionalidad del objeto digital, ya que este puede participar como objeto de complemento, suplencia -total o parcial- o como ente de valor interoperable para mantenerse relacionado a otras fuentes de información por medio de hipertextos o lenguajes de marcado. Por último, la usabilidad digital, establece las prioridades sobre el uso del patrimonio entre actividades de preservación, difusión y divulgación. Por tanto, el principio tecnológico contribuye a situar ejes objetivos de creación e intervención de dispositivos y los alcances de accesibilidad con los equipos humanos para tener una perspectiva más amplia de características e identificación técnica del total de los objetos digitales generados como patrimonio.

Por su parte, la difusión digital participa como un elemento fundamental para la sostenibilidad del formato digital del patrimonio. Iniciativas como *The Arc/k Project*,⁵ proponen que, a partir de la participación global de ciudadanos con la donación de fotografías digitales y la técnica de la fotogrametría, recuperar patrimonio tangible que ha sido destruido por distintas circunstancias y recrearlo digitalmente para difundirlo con ayuda de plataformas como *Sketchfab* para visualizar, interactuar y compartir objetos 3D en diferentes medios de acceso por internet. En este sentido, el abordaje del patrimonio digital dentro de la información y la documentación encuentra un potencial oportuno para complementar normas y establecer modelos de trabajo para ejecutar escenarios propios que exploren el valor de su ejecución como disciplina abierta y flexible a su aplicación.

3. Metodología

Este trabajo de investigación se ha realizado desde una perspectiva exploratoria y descriptiva aplicada a un caso de estudio de una muestra de objetos esculturales tangibles, con el objetivo de analizar por medio del seguimiento y orientación sistemática de los componentes de un modelo de diagrama de flujo de procesos (figura 1) los documentos y formatos digitales generados en el procedimiento de captura fotográfica con fines de fotogrametría para valorar la aplicación de acciones y prácticas accesibles para la creación de paquetes de información con fines de preservación y difusión digital.

⁵ Es una fundación que busca generar sinergias y brindar apoyo desde la fotogrametría a los esfuerzos de personas, museos, organizaciones e instituciones con ideas afines para forjar una respuesta global y unificada a la crisis emergente de pérdida de patrimonio. <https://ark-project.org>

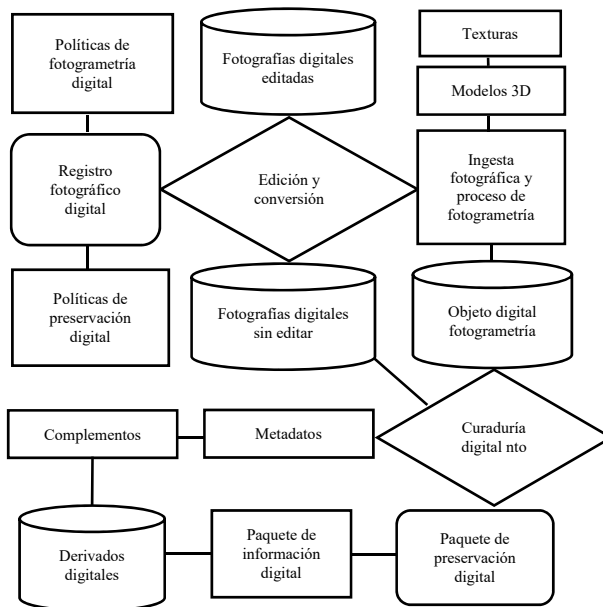


Figura 1. Modelo de diagrama de flujo para procedimientos de fotogrametría con derivados de preservación digital. Fuente. Elaboración propia

Los materiales utilizados a nivel de hardware se componen por una cámara réflex semiprofesional marca *Canon* modelo *EOS Rebel T7*© de 24 megapíxeles, un disco duro de almacenamiento *SEAGATE* de 5TB, una tarjeta de referencia de color *Data Color SpyderCheckr24*© y una computadora *Apple Macbook Pro*© con procesador *M1*. A nivel de software se utilizó *Phocus by Hasselblad*© versión 3.6.4, *Automator*© 2.10 de *Apple*© para el flujo conversión de archivos *RAW* a derivados, *Metashape Pro*© para el proceso imágenes por fotogrametría, *Exactly 0.1.5 de AVP*© para empaquetado digital.

Como muestra del estudio se seleccionaron tres Monumentos Históricos Conmemorativos (MHC) señalados en la Tabla 1 y definidos por segmentos A, B y C. El proceso de registro fotográfico se desarrolló del 1 al 22 de octubre 2021. En este sentido, debemos advertir que el trabajo de registro de fotogrametría ha sido abordado desde una perspectiva básica y orientativa para la observación preliminar de generación de archivos y formatos; por lo que no se incluye la descripción detallada de niveles de calidad óptica, profundidad de color, representación cromática, mediciones de volumetría de precisión, entre otros detalles técnicos avanzados de fotogrametría, ya que el objetivo fundamental de este trabajo es la obtención de parámetros de orientación e interpretación pragmática de los formatos residuales de los procesos de documentación para la selección de componentes de los paquetes de información con fines de preservación digital a largo plazo.

Tabla 1. Criterios de muestra por segmento, cantidad y dimensión de objetos muestra para estudio.

Segmento	Cantidad	Dimensión	MHC
A	1	De 0 - 1 m ³	Humphrey Bogart
B	1	De 1 - 2 m ³	José Calderón
C	1	De 2 - 3 m ³	Soldado Mexicano

4. Resultados

De acuerdo con los procesos del flujo de trabajo para el caso de estudio a continuación se presentan los resultados de su aplicación.

4.1. Registro fotográfico

El procedimiento de registro y captura por fotografía digital aplicado se realizó con la máxima calidad fotográfica ofrecida en la prestación técnica del equipo fotográfico, por lo que se definió el formato digital *RAW* o *CR2* -*Canon RAW 2.0*-, que de acuerdo con PRONOM⁶, este formato digital de fotografía tiene prioridad sobre el formato *TIFF* (*Tagged Image File Format*) y el *JPEG* (*Joint Photographic Experts Group*) para realizar capturas en la mayor calidad digital y generar un archivo maestro con fines de preservación a largo plazo. Los parámetros fotográficos promedio aplicados fueron ISO 100, F/5.6, 1/60-125 y un enfoque automático con longitud focal de 40mm.

Tabla. 2. Cantidad de fotografías, formato y unidades de almacenamiento de información digital (UAI) generadas de registro fotográfico por segmento.

Segmento	Cantidad	Formato	UAI	Resolución	Tamaño
A	101	CR2	3.26 GB	24 MP	6000x4000
B	292	CR2	9.84 GB	24 MP	6000x4000
C	309	CR2	10.4 GB	24 MP	6000x4000

4.1.1. Políticas y formatos

Las capturas fotográficas realizadas desde el equipo en formato *RAW* y posteriormente procesadas fuera de la cámara a otro formato derivado compatible como *JPEG*, puede incrementar hasta en un 30% la precisión en calidad de imagen destinada a procesos de fotogrametría, a diferencia del uso directo de formatos pre procesados dentro de la cámara (Stamatopoulos et al. 2012:392); estas consideraciones a nivel de preservación digital coinciden en que los formatos *RAW* almacenaron datos sin procesar, los cuales necesitan de la interpretación informática para crear una imagen significativa y auténtica, lo cual asemeja

⁶ PRONOM es un recurso libre creado por el Archivo Nacional de Reino Unido que incluye información y base de datos detallada sobre los formatos de archivo y otros componentes técnicos necesarios para respaldar el acceso a largo plazo de registros electrónicos y otros objetos digitales de valor cultural, histórico o comercial.

cualitativamente a la interpretación de originales en negativo de una película fotográfica análoga que requiere un proceso de revelado e impresión de derivados (Bauer y Becker, 2011:40).

El uso del formato crudo o *RAW* como punto de partida para fines de preservación y fotogrametría supone retos ante su uso directo en software de fotogrametría, como es el caso de *Metashape Pro*© que requiere de un proceso de conversión obligado a otros formatos compatibles para su óptima interpretación y flujo de trabajo. Desde el enfoque de la preservación a largo plazo, el formato *RAW* se valora a nivel de datos sin editar por el potencial de posibilidades de representación y conversión de su imagen significativa y auténtica en un sistema de preservación digital a largo plazo. Estas situaciones nos afirman la necesidad de interpretación y creación de una política dedicada a abordar los fines digitales de captura y tratamiento de origen fotográfico, con el fin que ocupe de todo el proceso y fases del proceso de virtualización.

Para documentos con fines de archivo de preservación fotográfico de un proyecto de fotogrametría, se sugiere conservar los formatos con datos sin procesar o sin compresión como el *RAW* o el derivado sin compresión *TIFF* de acuerdo con las normas de digitalización y criterios de calidad de imagen con grado de preservación incluidas en ISO 19264-1:2021⁷. Para los fines funcionales de procesos de fotogrametría, la prescripción para procedimientos de edición y conversión declara generar derivados en formato *JPEG* o *TIFF* para cubrir la universalidad de compatibilidad en los formatos aceptados del software para proceso de fotogrametría a utilizar.

4.2. Edición y conversión

Realizados los registros con parámetros referidos se dio el procedimiento de edición y conversión enfocado a aspectos de referencias de color y conversión de formatos digitales.

4.2.1. Referencia de color

A partir de la muestra de fotografías que incluyen en su captura la referencia de color de la tarjeta *Data Color*© y software *SpyderCheckr24*©, se generaron perfiles de calibración de colorimetría para cada segmento y con destino de aplicación por medio del software *Phocus by Hasselblad*©. Los formatos resultantes de este proceso fueron documentos XML.

⁷ Norma ISO 19264-1:2021 referida a fotografía, sistemas de archivo, análisis de la calidad de los sistemas de imagen. <https://www.iso.org/standard/79172.html>

Tabla. 3. Cantidad, formato y unidades de almacenamiento de información digital (UAI) de calibración de colorimetría por perfil por segmento.

Segmento	Cantidad	Formato	UAI	Perfil	Calibración
A	1	XML	3 KB	Phocus	Colorimetría
B	1	XML	3 KB	Phocus	Colorimetría
C	1	XML	3 KB	Phocus	Colorimetría

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <!DOCTYPE plist PUBLIC "-//Apple//DTD PLIST 1.0//EN" "http://www.apple.com/DTDs/PropertyList-1.0.dtd">
3 <plist version="1.0">
4 <dict>
5
6 <key>ColorModel</key>
7 <integer>0</integer>
8 <key>GradationSliders</key>
9 <array>
10 <integer>0</integer>
11 <integer>0</integer>
12 <integer>0</integer>
13 </array>
14 <key>Saturation</key>
15 <integer>0</integer>
16 <key>SelectiveAngle</key>
17 <array>
18 <real>47</real>
19 <real>60</real>
20 <real>60</real>
21 <real>60</real>
22 <real>60</real>
23 <real>60</real>
24 <real>60</real>
25 <real>33</real>
26 </array>
27 <key>SelectiveDsth</key>
28 <array>
29 <real>353.006</real>
30 <real>14.8018</real>
31 <real>65.18511</real>
32 <real>104.006</real>
33 <real>147.994</real>
34 <real>231.994</real>
35 <real>256.994</real>
36 <real>303.994</real>
37 </array>

```

Figura 2. Perfil XML de calibración colorimetría de objeto segmento B

4.2.2. Conversión de Formatos

En base a los planteamientos de compatibilidad de formatos digitales para los procesos en software de fotogrametría y derivados de preservación digital, el proceso de conversión de formatos se enfocó a la conversión de formato *RAW* a *JPEG*, y la conversión de formato *RAW* a *TIFF*.

Tabla. 4. Parámetros de formatos y profundidad de conversión de fotografías digitales.

Origen	Conversión	Profundidad	Compresión
CR2 - RAW	JPEG	8 bits/canal	Si
CR2 - RAW	TIFF	16 bits/canal	No

Durante el proceso de conversión se observó una incidencia de alta consideración en el incremento de las UAI durante la conversión de *CR2 RAW* a formato *TIFF*, que además de exigir un alto desempeño y espacio de almacenamiento externo periférico, incremento y multiplico su peso en UAI en un promedio de 6 veces más al valor de su origen. Caso contrario ha sido el de las conversiones *CR2 RAW* a *JPEG*. Es evidente que los parámetros de compresión han jugado un papel clave en estos resultados, sin embargo, esta situación nos alerta de la necesidad de sopesar la demanda de espacio de almacenamiento digital

para fines de preservación a largo plazo con formatos *TIFF* en comparación con el formato de origen sin compresión *CR2 RAW*, que mantiene un peso considerable y estable en la cuantificación general y total de las fotografías digitales.

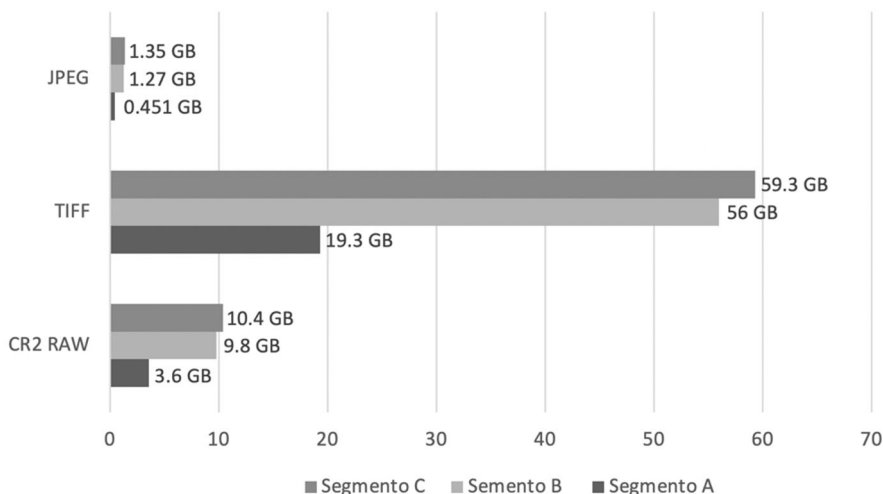


Gráfico 1. Gigabyte por cantidad de fotografías y tipo de formato digital derivado por segmento. Elaboración propia.

4.3. Ingesta fotográfica y proceso de fotogrametría

Para el proceso de ingesta fotográfica se descartó el uso del formato *TIFF* destinado a la generación de objetos de fotogrametría 3D, ya que la exigencia de prestación técnica del equipo y almacenamiento digital comprometió el procesamiento de las imágenes con incidencias técnicas de lentitud y reinicio en el funcionamiento de este; por lo que, la ingesta fotográfica se realizó únicamente con el formato *JPEG*. A continuación, se muestran todos los procedimientos que el software de fotogrametría realizó una vez añadidas las fotografías.

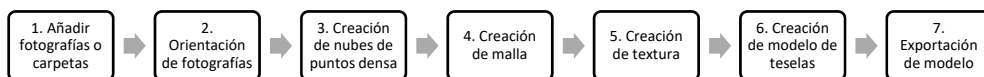


Figura 3. procesos generados para la obtención de objetos de fotogrametría con *Metashape Pro*©. Elaboración propia.

De acuerdo con el Gráfico 3 se observó a modo general que los trabajos de ingesta fotográfica definidos en los procesos 1 y 2 fueron desarrollados de manera ágil en tiempo y forma, con resultados de salida representados de manera visual a nivel de miniaturas en galería de fotos en el proceso 1, y en una representación visual a modo de carrusel alrededor del objeto central en el proceso 2. A partir de

los procesos 3, 4, 5 y 6, la exigencia de recursos del equipo aumento considerablemente, acrecentando los tiempos de procesamiento en un promedio total de 43 a 65 minutos por segmento de muestra para la generación final de un objeto digital en 3D con calidad media de exportación y gestión a diferentes formatos; sin editar ruidos o elementos no pertenecientes al objeto central.



Figura 4. Representación visual en carrusel de proceso orientación fotográfica de fotografías segmento B.

El directorio de documentos y formatos a nivel de salida de los objetos digitales generados se integran por un documento de proyecto maestro con formato y extensión .PSX de tipo lenguaje de marcado XML, el cual refiere a un formato propietario de Agisoft Project File; el cual depende y realiza el llamado a una carpeta central con documentos .ZIP que albergan sub carpetas con archivos relativos a la de nube de puntos densa, carpeta de mapas de profundidad, carpeta de modelos, carpeta de nube de puntos, así como otros documentos comprimidos con nombramiento *frame*, *chunk* y *project* como referencias a los segmentos del proyecto.

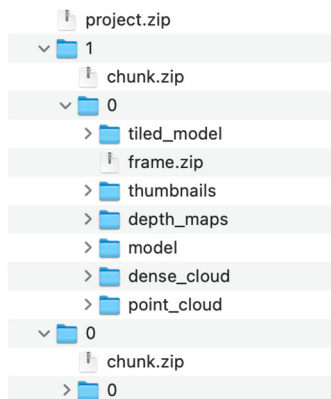


Figura 5. Directorio y carpetas de salida de proyecto de fotogrametría de segmento B.

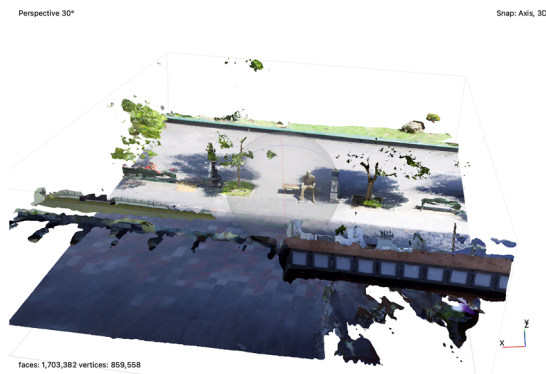


Figura 6. Objeto digital de salida de proyecto de fotogrametría de fotografías segmento B.

4.4. Curaduría y derivados de preservación digital

El proceso de curaduría digital supone el enriquecimiento de documentos con complementos digitales derivados de forma adicional a los de origen por actividades de edición y conversión convenida de procesos para la creación de paquetes de información con fines de fotogrametría o de preservación digital. La fotografía digital como materia prima, fue enriquecida en su formato de origen para obtener opciones derivadas de formatos digitales compatibles con el ecosistema del software donde se procesó; ya que, al ser añadidas al proyecto y proceso de fotogrametría, se obtuvo un nuevo grupo derivados de documentos, datos y formatos con necesidades propias. En nuestro caso, el software de fotogrametría generó una conversión derivada en métricas digitales a nivel de dimensión, coincidencias de estéreo pares fotográficos, patrones de texturas, modelaje de mallado, modelo tesela, entre otros procesos; extrayendo de la materia prima fotográfica de inicio los elementos necesarios para integrar su directorio procesado en trozos o *chunks* (Kingsland, 2020:7).

A nivel de preservación digital, los paquetes generados se orientaron para su integración, con los modelos de paquetes de información del *ISO 14721:2012 OAIS (Open Archival Information System)* que considera tres tipos de paquetes de información. El primer paquete de información es el de envío (*Submission Information Package - SIP*) que depende del productor de información para su diseño de contenidos, y de manera mínima debe incluir el contenido de información y un esquema de descripción de esta. El segundo paquete de información de archivo (*Archival Information Package - AIP*) es un extensible del SIP con el enriquecimiento de una gestión de archivo para generar colecciones detalladas y ampliamente descritas. Por último, el paquete de información de difusión (*Dissemination Information Package - DIP*) es definido a partir de la respuesta de peticiones de un consumidor de información, y esta puede tener diferentes formas como presentaciones de acuerdo con las necesidades establecidas en un sistema de archivo. Para nuestro resultado se integró un esquema de

arquitectura de información mínima para la creación de un SIP con los componentes existentes.

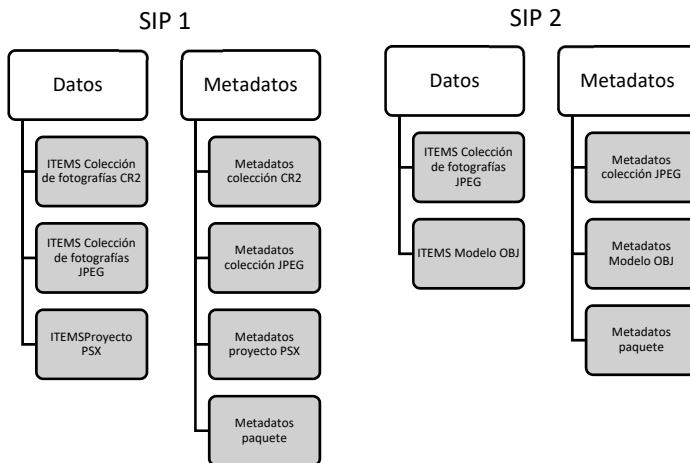


Figura. 7. Arquitecturas de componentes de información para paquetes de información de envío.

La arquitectura SIP 1 se enfoca a considerar la mayoría de los archivos y formatos de origen en la captura, además de los registros descriptivos generales, los derivados fotográficos para la ingesta y el directorio completo del proyecto generado en *Metashape Pro Agisoft*. El SIP 2, el cual integra una versión enriquecida o curada a nivel de formatos digitales, ya que solo considera las conversiones o derivados fotográficos, así como un nuevo derivado de tipo *Wavefront OBJ*; que es el formato con mayor interoperabilidad en el terreno de representación de patrimonio digital 3D, tanto para almacenamiento con fines de preservación, difusión e intercambio entre sistemas 3D. Una vez definida la arquitectura de prioridades se generaron los SIP de ambas arquitecturas propuestas con el software *Exacly*.

Los paquetes SIP de preservación digital integran de forma mínima un grupo de archivos con los componentes necesarios para garantizar un nivel de integridad, así como de metadatos descriptivos que deberán ir separados del contenido. A modo general con los 15 elementos del esquema *Dublin Core* o *METS (Metadata Encoding and Transmission Standard)*; de manera deseable siguiendo pautas de objetos de patrimonio con metadatos orientados en las pautas de CDWA o *Categories for the description of work of arts* para la descripción del arte, la arquitectura, u otras obras culturales.

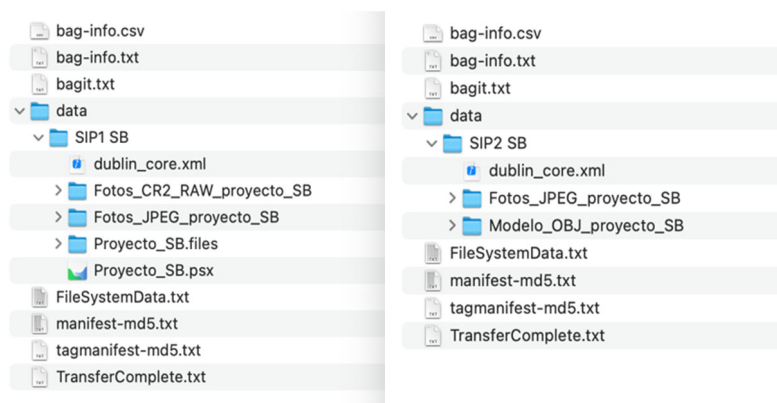


Figura 8. SIPs generados con *Exacly* según arquitectura de componentes propuesta.

Es importante mencionar que para realizar descripciones de forma avanzada y especializada de objetos 3D se disponen de estándares especializados de metadatos descriptivos para objetos con datos arquitectónicos como *buildm*, que permite realizar una distinción entre objetos físicos y objetos digitales eliminando ambigüedad en algunos campos descriptivos; así como de los esquemas de metadatos para descripciones técnicas como *e57m* e *ifcm* que proporcionan datos de profundidad, escalas, procedencia, entre otros; para integrar repositorios dedicados de preservación digital de objetos 3D (Lindlar, Panitz y Gadiraju, 2015:42-44).

El SIP elemental debe generar principalmente documentos de integridad como los manifiestos *md5* con verificadores de suma o *checksums*, además de los documentos relativos al proceso de transferencia y de empaquetado global de archivos.

Los metadatos de cada una de las colecciones, de los formatos, los softwares y complementos utilizados son indispensables para poder integrar un esquema de descripción especializado de metadatos como *PREMIS (Preservation Metadata Implementation Strategies)*, que en su caso documenta la procedencia de estos objetos, sus derechos, los agentes responsables de su creación y los eventos sucedidos a estos documentos desde su ingreso a un archivo digital.

El SIP 1 al representar la máxima incorporación de componentes de calidad de origen, produjo un peso de UAI de 11 GB, en comparación a él SIP 2 con 1.4 GB de UAI. El SIP 1, busca preservación de calidad, mientras que SIP 2, mayor flexibilidad de difusión y preservación. Debemos agregar que diferentes herramientas participan indirectamente en la creación de paquetes de información de envió, tales como *DROID* para identificar formatos de archivos, *JHOVE* para caracterizar formatos a partir de su identificación, *EXIFTOOL* para gestionar la edición de metadatos y opcionalmente alternativas como *SAFBuilder*, para empaquetado de archivos en formato simple; en este caso, tratamos de buscar una herramienta simplificada para exponer una propuesta de archivo simplificado con

esta intención de sopesar alternativas ante la transferencia y preparación de estos paquetes a un sistema de preservación digital (Scott y Weidner, 2018:126).

5. Discusión

Los procesos de creación de objetos de fotogrametría por medio de registros fotográficos requieren de manera obligada la aplicación de criterios únicos preestablecidos ante el amplio abanico de reglas, mediciones de luz, ópticas y cantidad de imágenes; lo que enriquecerá en mayor o menor escala la calidad de los objetos 3D generados con independencia de los programas informáticos de interpretación y procesamiento de fotogrametría.

La planificación inicial de un flujo de calidad de captura específico potencia el enriquecimiento del resultado final de un objeto digital y sus derivados con fines de preservación. El uso de equipo estándar fotográfico a nivel técnico para la captura y el procesamiento influye determinadamente en la calidad de los registros.

Se recomienda que, para generar un archivo formal de preservación de objetos 3D con alto detalle y con fines de suplencia digital de un objeto físico como patrimonio digital se debe estimar el uso de equipos de alta gama fotográfica, o en su caso *scanners 3D* de alta precisión y movilidad con tecnología *LiDAR* de tipo luz estructurada y triangulación laser. Para fines de difusión y contemplación general pública de objetos 3D en plataformas web, la fotogrametría realizada con equipos estándar de captura fotográfica cumple y logra el cometido de digitalizar y generar objetos 3D en calidad media y baja; lo que supone la generación de archivos y formatos manejables sin una alta inversión de recursos para pequeñas instituciones con posibilidad de alojar los objetos 3D de forma gratuita en algunos sistemas de difusión o en repositorios especializados.

Con respecto al peso digital de las unidades de almacenamiento de información generadas con equipos estándar de fotografía, un criterio a sopesar será la compresión y la no compresión digital para una creación con mejora o disminución de calidad de archivos fotográficos generados. Los formatos de calidad como el fotográfico RAW CR2 de *Canon*, TIFF y de proyecto PSX de *Agisoft* son de tipo propietario, por lo cual estos deben evaluarse para preservación digital por la dependencia comercial que suponen; sin embargo, aún no está plenamente estandarizado en un formato único para ello, por lo que el caso de estudio nos orienta a recomendar el uso de RAW y TIFF para preservación de imágenes fotográficas, estimando los altos pesos en UAI generadas en sus casos específicos. En línea con esto, debemos sopesar si la calidad sin compresión es un factor determinante para su preservación a largo plazo, ya que esto podría devenir en altos costes y presupuesto para almacenamiento.

Las alternativas del formato de origen como el caso del formato *CR2 RAW* será la mejor opción para un archivo sin compresión y con posibilidades flexibles de integrarlo a procesos relacionados a nuestro caso de estudio.

6. Conclusiones

Podemos concluir que los derivados digitales del proceso de fotogrametría representan un ejemplo pragmático de las posibilidades existentes para enriquecer la creación de paquetes de información por medio de la curaduría y selección específica de grupos de archivos con múltiples formatos digitales de acuerdo con la usabilidad y el nivel de preservación o difusión que se requiera.

Hemos observado que los residuales formales del proceso de virtualización por fotogrametría pueden añadir valor complementario al patrimonio tangible a modo de *meta patrimonio*, pues integran grupos de activos digitales con información adicional de métricas, técnicas y componentes descriptivos que extienden las posibilidades de entender su estado tangible, y que por lo tanto ofrece un nuevo campo de oportunidad para planificar arquitecturas de paquetes de información especializados en patrimonio digital para complementar la forma de su apreciación como objetos integrados de memoria cultural en ecosistemas digitales.

Afirmamos que la fotogrametría como técnica es accesible a nivel de registro fotográfico, pero no en su proceso informático; ya que demanda un alto nivel de recursos y escalabilidad técnica. La captura de un archivo digital fotográfico con fines de fotogrametría es una actividad alcanzable para cualquier organización de memoria con fines de preservación si se determina como una fase de producción de materia prima digital para fotogrametría.

En esta línea, es de suma importancia reiterar que todo proceso de captura fotográfica de patrimonio digital tangible requiere estar alineada a estándares y formatos aceptados para su preservación en la temporalidad de su vida útil. Esta visión, debe ser entendida como una máxima previa a definir estrategias de difusión de patrimonio digital, ya que este supone actividades colaborativas con la participación de múltiples enfoques expertos (archivistas, documentalistas, curadores, restauradores, etc.) lo cual *a priori*, generará grandes cantidades de archivos, formatos y objetos digitales como fondo documental.

Los estándares establecidos para la preservación digital deben atenderse de acuerdo con las posibilidades de cada institución, dejando abierta la posibilidad de innovación digital basada en los antecedentes, alcances y necesidades de cada una, ya que en muchos casos digitalizar información con fines de virtualización no está al alcance de todas las organizaciones e instituciones, sin embargo, la planificación de estrategias alternativas y adecuadas a las necesidades de cada caso, si lo están.

Por otro lado, la usabilidad del patrimonio digital generado por fotogrametría con herramientas estándar plantea como fin la apropiación y apreciación social de los objetos 3D facilitando el acceso desde un sistema de difusión abierto para atender el conocimiento y entendimiento de su existencia. En este sentido, los objetos de difusión digital deben estar alineados con los estándares de metadatos descriptivos y técnicos, ya que estos otorgaran un contexto de recuperación ampliado mientras más completos sean ante la democratización del acceso a la información cultural como una herramienta de memoria digital. Muchos usuarios en algunas regiones del mundo siguen presentando incidencias de visualización de información o acceso a archivos digitales de preservación, por lo que los paquetes

de información, además de ser de preservación deberán atender a una difusión y acceso amigable con todos los públicos fuera de la especialización.

La sostenibilidad de los programas de virtualización por fotogrametría, preservación digital y otras técnicas relativas están actualmente enfocadas a generar productos digitales únicos y de alto valor con posibilidades de ser comercializados e intercambiados en este formato por medio de piezas digitales originales ofrecidas como *NFTs* o *Non-fungible token* por la industria cultural; por lo que el valor de captura de patrimonio digital presenta un amplio potencial en muchos sentidos si se formaliza su ejecución ante su proceso de captura, difusión y preservación.

Finalmente, debemos decir que la preservación digital requiere un trabajo de alteración sistemática de los contenidos digitales para su supervivencia, por lo que debe existir un perfecto equilibrio interoperable entre las denominadas cinco “P” de la preservación digital que incluyen a personas, políticas, procedimientos, plataformas y presupuestos; los cuales son base indispensable para el entendimiento ejecutivo, operativo y técnico del reto advertido a todo el patrimonio cultural futuro.

7. Referencias bibliográficas

- Bauer, S.; Becker, C. (2011). Automated preservation: the case of digital raw photographs. En *International Conference on Asian Digital Libraries*. Springer, Berlin, Heidelberg, 39-49. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24826-9_9
- Brennen, S.; Kreiss, D. (2014) Digitalization and Digitization. *Culture Digitally*. <https://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/> [Consulta: 22/11/2021]
- Caravalló, C. (2011). Patrimonio cultural, un enfoque diverso y comprometido. UNESCO. México. 11-71.
- Correa, C. et al. (2016). Preservación de la información mediante herramientas de virtualización: fotogrametría y panorámicas de alta resolución. *Conserva*, vol. 21, 135-144
- Daniel, C.; Pettit, C. (2021). Digital disruption and planning—use of data and digital technology by professional planners, and perceptions of change to planning work. *Australian Planner*, 57 (1), 50-64. <https://doi.org/10.1080/07293682.2021.1920995>
- Kingsland, K. (2020) Comparative analysis of digital photogrammetry software for cultural heritage. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 18, p. e00157. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2020.e00157>
- Leija, D.; Loredó, R.; Valle, L. (2020). Orientaciones preliminares para la preservación digital del patrimonio documental arquitectónico de Tampico. *Investigación bibliotecológica*, 34 (85), 13-32. <http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2020.85.58182>
- Lindlar, M.; Panitz, M.; Gadiraju, U. (2015). Ingest and Storage of 3D Objects in a Digital Preservation System. *Zenodo*. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1115512>
- Scott, B.; Weidner, A. (2018). Preservation Data Modeling for Systems Interoperability: the Single SIP Model in the Bayou City DAMS. En *Archiving Conference. Society for Imaging Science and Technology*, 124-128. <https://doi.org/10.2352/issn.2168-3204.2018.1.0.27>
- Secundo, G., et al. (2021). Threat or opportunity? A case study of digital-enabled redesign of entrepreneurship education in the COVID-19 emergency. *Technological forecasting and social change*, vol. 166, p. 120565. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120565>

- Soler, F.; Melero, F. J.; Luzón, M. V. (2017). A complete 3D information system for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage*, vol. 23, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.09.008>
- Stamatopoulos, C.; Fraser, C.; Cronk, S. (2012). Accuracy aspects of utilizing raw imagery in photogrammetric measurement. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39, B5.
- Van Dijck, J. (2008). Digital photography: Communication. *Identity, Memory. Visual Communication*, 7 (1), 57-76. <https://doi.org/10.1177/1470357207084865>
- Valle, L.; Berumen, C. (2019). Transformación cultural del patrimonio: el chapopotli en las costas del Golfo de México. En *Arquitectura y explotación forzada: El Golfo de México, 1920-1970*. p. 32
- Wang, X.; Lasaponara, R., Luo, L., Chen, F., Wan, H., Yang, R., & Zhen, J et al. (2020) Digital heritage. En *Manual of Digital Earth*. Springer, Singapore. p. 565-591. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9915-3_17
- Webb, C.; UNESCO (2003). Directrices para la preservación del patrimonio digital. *Information Society Division*, UNESCO. Australia.