

PRESERVACIÓN DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS DE VIRTUALIZACIÓN: FOTOGRAMETRÍA Y PANORÁMICAS DE ALTA RESOLUCIÓN

The Use of Virtualization Tools to Preserve Information: Photogrammetry and High Resolution Panoramic Images

Carolina Correa Orozco, Pía Monteverde Puig, Lorena Ormeño Bustos, Antonio Suazo Navia¹

ANTECEDENTES

La Unidad de Documentación Visual e Imagenología del Centro Nacional de Conservación y Restauración (CNCR-DIBAM) tiene como objetivo principal obtener información de la realidad material de los bienes culturales durante los procesos de estudio, diagnóstico e intervención. La fotografía realizada con diferentes técnicas de iluminación y segmentos del espectro electromagnético (espectro visible, infrarrojo, ultravioleta) es la herramienta más utilizada por los conservadores para el diagnóstico (Warda et al. 2011).

En el marco del proyecto *Implementación del área de imagenología para la investigación del patrimonio cultural en su proceso de puesta en valor. Período 2014 – 2016* (Fondo Acciones Culturales Complementarias, DIBAM), esta unidad se ha propuesto el desarrollo y puesta en marcha de métodos y flujos de trabajo que aborden tanto la necesidad de documentar y preservar la información contenida en los bienes culturales, como la de entregar datos que apoyen la toma de decisiones en el proceso de intervención que realizan los laboratorios del CNCR-DIBAM.

Por esto, a partir del 2016 se incorpora al quehacer regular de la unidad el “Programa de documentación volumétrica”, donde se han desarrollado dos líneas de trabajo tendientes a la virtualización de los objetos en proceso de intervención: las panorámicas de alta resolución y la fotogrametría.

DEFINICIONES

Para la realización del trabajo en las áreas antes señaladas se han asumido las siguientes conceptualizaciones:

Virtualización. Procedimiento de captura de un objeto real que tiene como resultado una representación digital del mismo, donde se rescatan con precisión las características métricas, volumétricas y de color. A partir de esta es posible obtener datos precisos o realizar ensayos que no serían posibles usando documentación tradicional, o bien, sin poner en peligro la integridad física del objeto real².

¹ Unidad de Documentación e Imagenología, Centro Nacional de Conservación y Restauración, Chile. carolina.correa@cncr.cl; documentacion.3@cncr.cl; documentacion.1@cncr.cl; documentacion.4@cncr.cl

² Definición interna propuesta a partir de variadas fuentes que intentan un uso del término en el contexto específico de la documentación y preservación de la información. Para una discusión detallada sobre el tema ver Rodríguez 2015-2016.

Panorámica. Imagen producida a partir de capturas parciales de pequeños segmentos de la escena fotografiada, las que pueden ser tomadas desde un punto de vista único por medio de la rotación de la cámara (Johnson 2008) o desde múltiples puntos de vista. Un *software* especializado corrige las deformaciones producto de la perspectiva y la deformación propia de la óptica del objetivo utilizado y entrega la imagen final ensamblada. La imagen panorámica o de alta resolución es un recurso utilizado por diferentes instituciones que custodian o intervienen objetos patrimoniales, tanto para documentación como para diagnóstico (Cosentino 2013). Esto se debe a que permite obtener imágenes del orden de los gigapíxeles de obras planas de gran formato como mapas y pinturas para ser utilizadas de manera complementaria a las diferentes técnicas de captura: iluminación y uso de diferentes segmentos del espectro electromagnético.

Fotogrametría. 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. Las imágenes son ensambladas por medio de un *software* especializado que corrige las deformaciones de la perspectiva y de la óptica del objetivo, infiere la posición y orientación de cada una de las fotografías que registraron el objeto y ubica en el espacio sus vértices geométricos, configurando lo que se conoce como “nube de puntos”. El modelo virtual tridimensional obtenido con técnicas fotogramétricas permite obtener duplicados digitales de precisión submilimétrica, lo que brinda la posibilidad de ser utilizado tanto para la documentación como para el diagnóstico de un bien patrimonial (International Forum of Virtual Archaeology [IFVA] 2012)³.

USOS Y APLICACIONES

La técnica de virtualización a utilizar debe ser elegida en función de las características morfológicas del objeto, su estado de conservación, las preguntas de investigación y los alcances de la misma. Su elección debe ser discutida y analizada en un contexto multidisciplinario, de manera que se determine la técnica más apropiada (Lee y Xu 2009).

En el ámbito de la conservación las funciones que cumple la virtualización en la investigación e intervención de los objetos patrimoniales son:

Documentación. Estas técnicas logran capturar con precisión un momento determinado del objeto, donde se rescata su descripción formal. Esto incluye su iconografía, color, textura, estructura, irregularidades de la superficie, dimensiones y emplazamiento, así como también el registro en detalle de alteraciones o cualquier otra característica particular del objeto. Entre sus aplicaciones está la posibilidad de generar ortofotografías rectificadas y las derivadas de la obtención de un facsímil del objeto, el que puede ser usado en difusión, identificación, registro, mapeo de alteraciones, monitoreo, análisis estructurales, cálculos morfométricos, anastilosis y restauración virtual⁴.

Caracterización. El objeto virtualizado puede ser utilizado también para generar diagnosis. Las herramientas de virtualización, en combinación con la fotografía multiespectral o con diferentes técnicas de iluminación, logran capturar información espacial de modo rápido y preciso, siendo capaz de cubrir en detalle grandes áreas asociadas a diversas preguntas de investigación. Por ejemplo, en el caso de la pintura de caballete es posible establecer zonas de repintes, zonas de rasgados, zonas de dibujo subyacente, deformación del plano, distribución del barniz, entre otras.

Representación. El uso de las técnicas de virtualización brinda además la posibilidad de desplegar el objeto y explorarlo más allá de los límites impuestos por la observación directa, convirtiéndose en una experiencia sensorial completa con extraordinaria realidad.

³ Definición operativa del término que se ajusta a los lineamientos señalados en la Carta de Sevilla. Para mayor información consultar IFVA 2012.

⁴ La arqueología es una de las disciplinas que ha incorporado de modo más directo estas aplicaciones, debido al grado de incompletitud que muchas veces alcanza su objeto de estudio. Ver Grande León, A. 2014.

METODOLOGÍA DE CAPTURA

La virtualización debe ser consistente en términos técnicos. Se espera que la imagen virtual posea una escala apropiada a la dimensión del objeto y que la información contenida colabore a dar respuesta a problemas de investigación. También se busca la correcta reproducción del color (Pereira 2012)⁵, que permite dar cuenta del objeto en su condición actual (Figura 1). Por último se espera del flujo fotogramétrico precisión geométrica, de manera que el producto final sea una representación fiel al original, que posibilite responder preguntas y realizar ensayos, cuyos resultados sean extrapolables al objeto real.

Los modelos virtuales e imágenes panorámicas deben poder ser replicables desde el mismo set de fotografías utilizadas o desde un set nuevo capturado bajo las mismas condiciones, por lo que se debe evitar la edición digital de las imágenes originales (The 2+3D Photography - Practice and Prophecies Conference 2015).

Para llevar a cabo el proceso de virtualización el trabajo desarrollado en la Unidad de Documentación Visual e Imagenología se ha apoyado en el conjunto de herramientas tecnológicas de *hardware* y *software* que a continuación se describen.

En la realización de panorámicas se ha utilizado, dependiendo de la técnica fotográfica a aplicar, dos tipos de cámaras réflex digitales (DSLR), siendo una de ellas modificada para la fotografía multiespectral. Para las capturas desde un punto de vista único, el conjunto cámara-objetivo es montado en un cabezal panorámico automatizado GigaPan® Pro Epic Pro. En el caso de las imágenes de alta resolución capturadas desde múltiples puntos de vista, ha sido necesario diseñar la estrategia caso a caso, pero en términos generales se desplaza la cámara a lo ancho y alto de la obra capturando las imágenes individuales. Dependiendo de la técnica fotográfica aplicada, se ha utilizado flash electrónico para el espectro visible, luz continua de tungsteno para imágenes infrarrojas y radiación ultravioleta de 365 nm para fluorescencia visible inducida por radiación UV.

En los modelos virtuales tridimensionales, las capturas desde múltiples puntos de vista se han abordado mediante diferentes estrategias de acuerdo con las características morfológicas del objeto. Para casos de menor tamaño, las fotografías individuales son tomadas manteniendo fija la cámara y rotando el objeto por medio de una base giratoria. Para aquellos objetos de mayor envergadura, este se mantiene fijo y se rota la cámara en torno a él, utilizando una columna fotográfica móvil y una barra que permite el montaje de hasta tres cámaras (ver Figura 1). La iluminación empleada en estos casos debe privilegiar el uso de una apertura de diafragma fija que otorgue la mayor profundidad de campo posible, en la relación de distancia entre la cámara y el objeto (Bevan et al. 2014).

Una vez realizadas las capturas, las imágenes son reveladas de manera digital con Adobe® CameraRaw y luego son procesadas con los *software* AutoPano Giga 4.2® para la construcción de panorámicas e imágenes de alta resolución, y con Agisoft Photoscan® y Blender® para modelos virtuales tridimensionales. Finalmente, a cada imagen se le adiciona mediante el *software* Adobe Bridge® los metadatos administrativos como autor, derechos de uso y objeto en la escena, así como también un conjunto de datos técnicos que permitirán repetibilidad de parámetros de toma como distancia cámara/objeto, distancia iluminación/objeto, tipo de fuente de iluminación, potencia de flash, ángulo de iluminación y otras notas relevantes.

RESULTADOS Y CASOS DE ESTUDIO

Las primeras experiencias con las herramientas de virtualización fueron aplicadas sobre materialidades

⁵ Ver: <http://www.jpereira.net/gestion-de-color-articulos/fotogrametria-y-colorimetria-en-digitalizacion-del-patrimonio>



Figura 1. Marco del “Retrato de Francisco García Huidobro”, Biblioteca Nacional de Chile. La ColorChecker Passport® es utilizada para la correcta representación del color y balance de blanco (Fotografía: Correa, C. 2014. Archivo CNCR).
Frame “Portrait of Francisco García Huidobro”, National Library, Chile. The ColorChecker Passport® was used for white balance and color calibration (Photograph: Correa, C. 2014. CNCR Archive).

diferentes, como documentación de muros interiores, pintura de caballete y cerámica arqueológica. En todos los casos se obtuvo buenos resultados en la aplicación de las técnicas, satisfaciendo las necesidades de la investigación. De este modo, las herramientas de virtualización se incorporaron de manera regular al quehacer de la unidad,

consolidando los objetivos del nuevo “Programa de documentación volumétrica”.

Londres 38, espacio de memorias

Con motivo de la reparación y pintura de los muros de los recintos 108 y 109 del inmueble de Londres 38⁶ se realizó el registro sistemático de los fenómenos de alteración superficial que estos presentaban. Por medio de la virtualización se entregó una herramienta documental que se utilizó para el levantamiento y preservación de la información contenida en la superficie muraria, la que sería eliminada u ocultada por los trabajos de reparación (Seguel y Roubillard 2013).

⁶ El inmueble fue utilizado como centro clandestino de detención, tortura y exterminio durante la dictadura de Augusto Pinochet Ugarte (1973-1989). En la actualidad está protegido por la Ley de Monumentos Nacionales N° 17.288, en calidad de Monumento Histórico. Mayores antecedentes en www.londres38.cl.

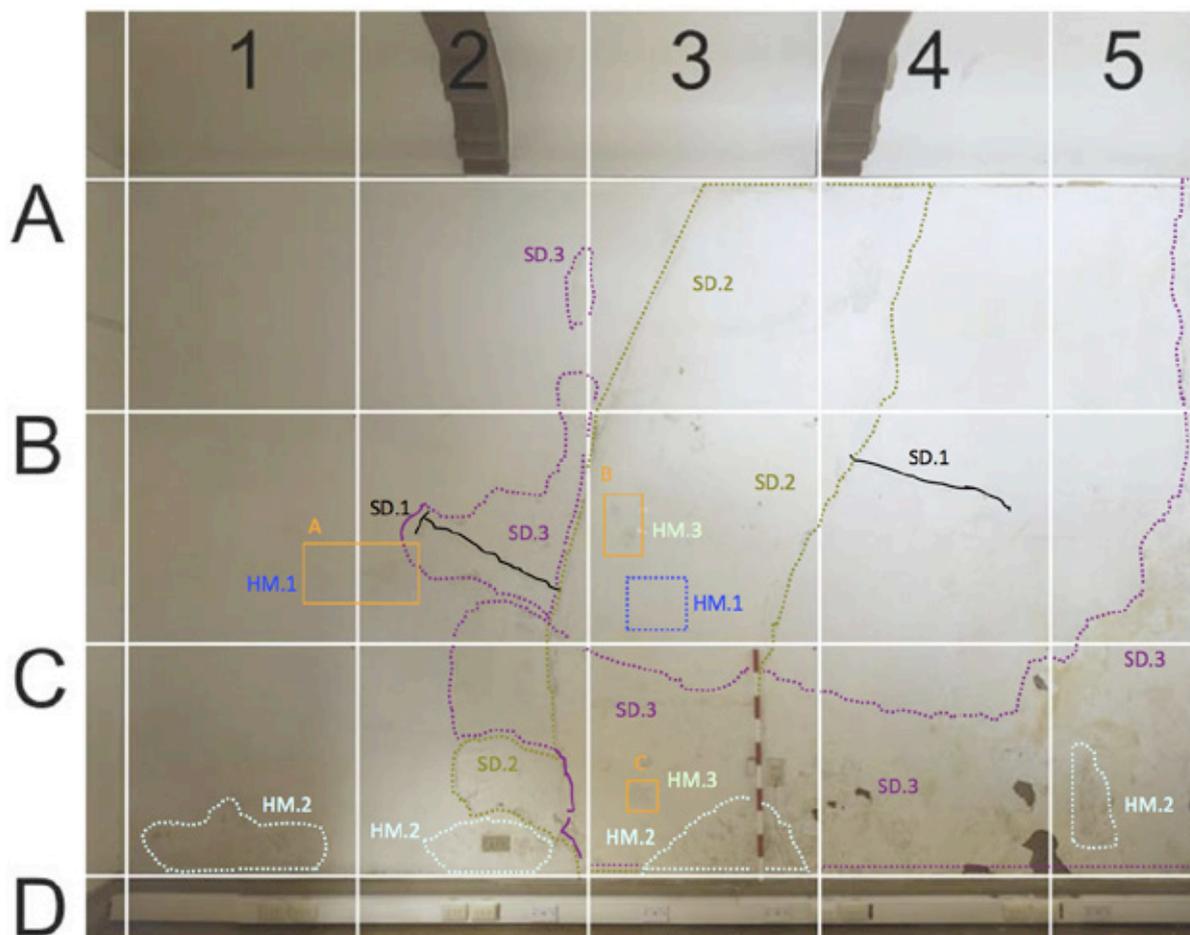


Figura 2. Planimetría del muro norte del recinto 109, Londres 38, espacio de memorias (Fotografía: Correa, C. y Rivas, V. 2013. Análisis: Seguel, R. 2014. Archivo CNCR).
North wall map of the enclosure 109 of memory site Londres 38, Santiago, Chile. (Photograph: Correa, C. & Rivas, V. 2013. Analysis: Seguel, R. 2014. CNCR Archive).

Para el muro norte del recinto 109, de 470 cm de ancho por 360 cm de alto, se obtuvo una imagen total de 11.459 pixeles por 9.224 pixeles. El total de las imágenes de alta resolución permitieron estudiar los muros centímetro a centímetro, realizar la descripción de las alteraciones y confeccionar su planimetría (Figura 2).

Retrato de Sofía Hamburger de Braun

Se trata de una pintura al óleo de gran formato, de 123 cm de ancho por 197 cm de alto, realizada por el artista nacional Carlos Alegría Salinas (1882-

1954)⁷. Debido a su tamaño, que no permitía obtener suficiente información en una toma única, se decidió virtualizarla en un conjunto de panorámicas de alta resolución creadas desde un punto de vista único.

Se capturaron imágenes del espectro visible, fluorescencia visible inducida por radiación ultravioleta, radiación infrarroja reflejada, radiación infrarroja transmitida, luz axial, luz rasante y transmitografía visible (Warda et al. 2011).

⁷ Ver: <http://www.artistasvisualeschilenos.cl/658/w3-article-39521.html>.

La imagen del espectro visible fue construida a partir de 28 fotografías individuales y el tamaño de la panorámica final es de 10.675 pixeles por 15.792 pixeles, obteniendo información acorde al tamaño de la obra que permite la observación de detalles (Figura 3).

Urna funeraria El Vergel

Corresponde a una pieza cerámica de gran formato perteneciente al Museo Regional de La Araucanía. Su tipología es propia de los grupos alfareros El Vergel, que poblaron el sur de Chile entre el 1.100 y 1.450 d.C⁸. La urna se encontraba fragmentada en dieciséis secciones que previamente habían sido reconstituidas a partir de fragmentos más pequeños. Sin embargo, su alto grado de incompletitud no hacía posible su restitución, por lo que se ignoraban sus dimensiones totales, así como también la factibilidad de su restauración.

⁸ Ver: <http://www.precolombino.cl/culturas-americanas/culturas-precolombinas/chile/el-vergel/#/ambiente-y-localizacion/>



Figura 3. “Retrato de Sofía Hamburguer de Braun”, Museo Regional de Magallanes. Virtualización realizada con diferentes técnicas de iluminación y porciones del espectro electromagnético (Fotografía: Ormeño, L., Monteverde, P. y Correa, C. 2016. Archivo CNCR). “Portrait of Sofía Hamburguer de Braun”, Magallanes Regional Museum. Virtualized images were made using different illumination techniques and non visible radiations (Photograph: Ormeño, L., Monteverde, P. & Correa, C. 2016. CNCR Archive).

Se esperaba por medio de la virtualización de las secciones individuales realizar su reconstrucción, anastilosis virtual y análisis volumétrico, con el fin de evaluar posibles escenarios de intervención directa (Suazo 2015). La estrategia de digitalización se llevó a cabo mediante la captura de 66 a 108 fotografías por cada una de las 16 secciones, las que una vez procesadas generaron un modelo tridimensional único formado por 15,4 millones de puntos, capturando así información con una resolución en el rango milimétrico (1-2 mm). De acuerdo con los análisis estructurales practicados, se pudo establecer que una intervención real de las secciones comprometería gravemente la integridad

del conjunto. De manera adicional se practicó un set completo de análisis morfológicos que permitieron conocer en profundidad el estado de la urna previo a la fragmentación (Figura 4).

Los Bebedores

Se trata de un óleo sobre tela, con autoría atribuida al artista italiano Cherubino Kirchmayr, perteneciente a la colección de copias académicas del Museo Nacional de Bellas Artes. Sus dimensiones son 225 cm de ancho por 167 cm de alto. La obra se encontraba con grandes rasgados en su lienzo y

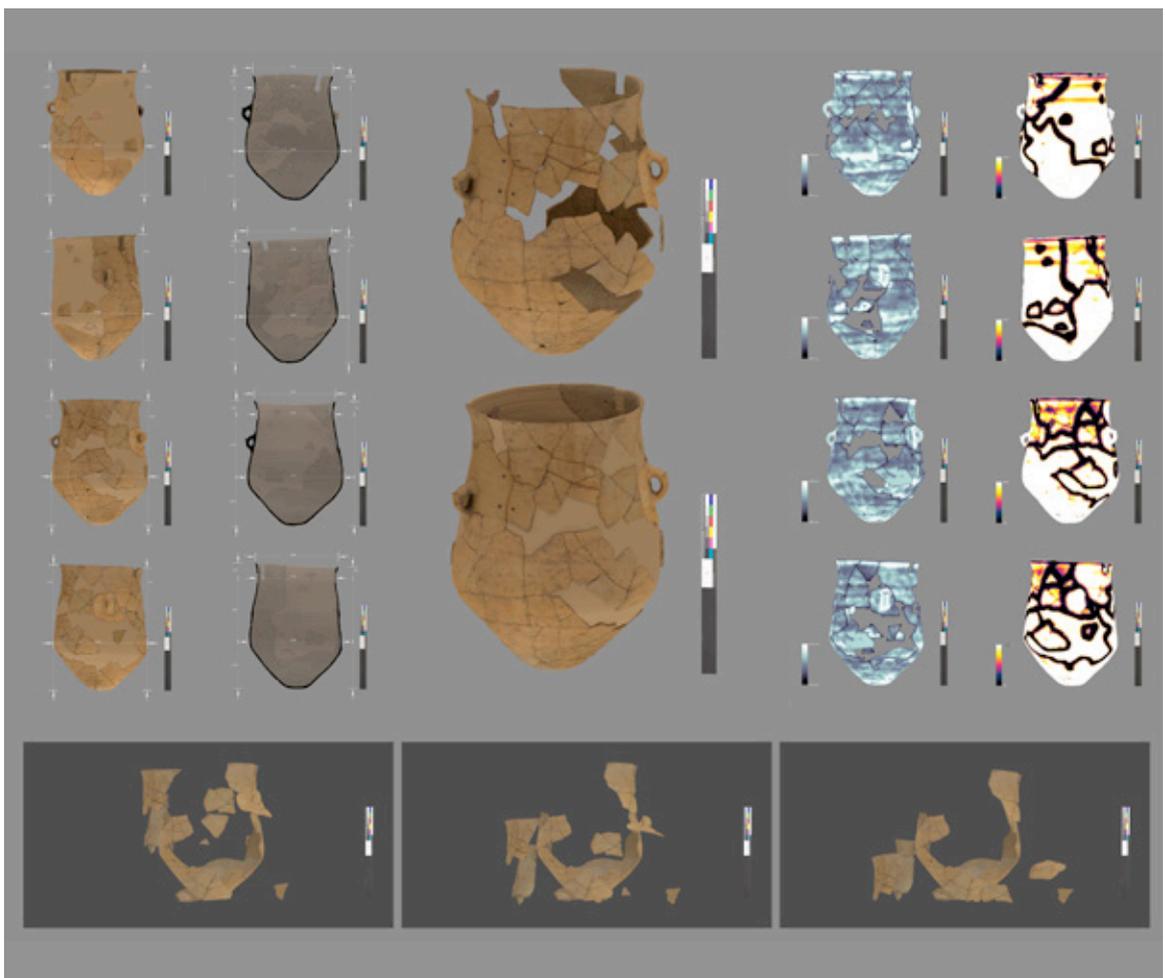


Figura 4. Urna funeraria El Vergel, Museo Regional de La Araucanía. Virtualización de dieciséis secciones que componen la urna arqueológica. Reconstrucción virtual, anastilosis y ensayo estructural (Fotografías y análisis: Suazo, A. 2015. Archivo CNCR).
El Vergel funerary urn, Araucanía Regional Museum. Sixteen fragments that form the archaeological urn were virtually modelled and used to reconstruct and made structural trials (Photographs and analysis: Suazo, A. 2015. CNCR Archive).

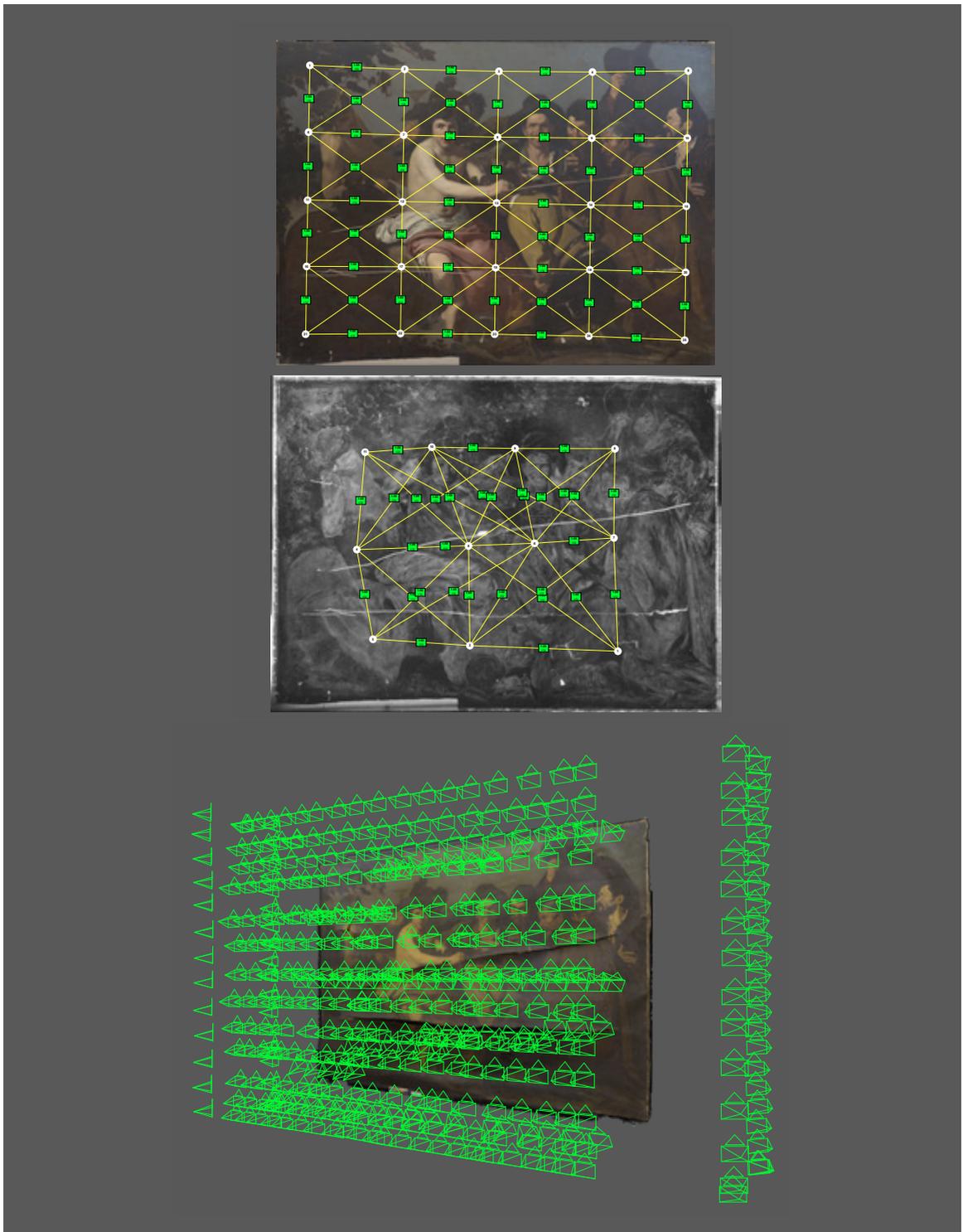


Figura 5. “Los Bebedores”, óleo sobre tela, Museo Nacional de Bellas Artes. La posición de las cámaras es inferida por el *software* Autopano Giga® y Agisoft PhotoScan®, y utilizada para realizar los cálculos de reconstrucción (Fotografías: Ormeño, L., Pérez, T., Monteverde, P., Correa, C. y Suazo, A. 2016. Archivo CNCR).
 “Los Bebedores”, oil on canvas, National Museum of Fine Arts. The cameras position is calculated by Autopano Giga® y Agisoft PhotoScan® software, which uses the information to reconstruct the final image (Photographs: Ormeño, L., Pérez, T., Monteverde, P., Correa, C. & Suazo, A. 2016. CNCR Archive).

fue documentada en diferentes instancias de su intervención.

En este caso se optó por la virtualización vía fotogrametría con el fin de preservar la gran deformación del plano producida por los rasgados. La captura fue realizada mediante 840 fotografías individuales que cubren el anverso, reverso y laterales de la obra.

Durante el estado intermedio del tratamiento se realizó el estudio de transmitografía infrarroja, con el que se esperaba observar el dibujo previo efectuado por el artista. La obra se encontraba sin bastidor, lo que imposibilitaba fotografiarla en vertical y capturar las imágenes desde un punto de vista único. Se determinó por tanto hacer la captura desde múltiples puntos, con el fin de construir una imagen total a una resolución que permitiera la observación de detalles tan finos como los trazos del dibujo preparatorio.

Con la obra reentelada y puesta nuevamente en su bastidor, se realizó una panorámica construida a partir de 25 fotografías capturadas desde un punto de vista único que entregó una imagen que permite observar en detalle este estado del proceso de intervención (Figura 5).

CONCLUSIONES

La realización de imágenes panorámicas ha permitido resolver los problemas provenientes de

las limitaciones de la captura fotográfica única, como son la resolución y las deformaciones producidas por el uso de ópticas gran angulares al documentar obras planas de gran formato. De igual forma ha posibilitado obtener una imagen total que permite un excelente nivel de detalle, hasta el momento solo esperable de una imagen parcial, y que puede ser impresa a tamaño real de acuerdo con los más altos estándares de impresión.

Asimismo, la generación de modelos virtuales tridimensionales ha traspasado los límites de la documentación tradicional permitiendo abordar problemas volumétricos relacionados tanto con la documentación como con los procesos de intervención. Esto permite realizar ensayos hasta ahora imposibles, sin poner en peligro la integridad del objeto. Así como también cuantificar aspectos como el volumen de áreas faltantes o intervenidas, caracterizarlos en su dimensión morfométrica y estructural, proyectar su restauración virtual, anastilosis, y producir réplicas impresas exactas mediante la tecnología de impresoras 3D.

Gracias a la ejecución del proyecto *Implementación del área de imagenología para la investigación del patrimonio cultural en su proceso de puesta en valor. Período 2014 - 2016*, el “Programa de documentación volumétrica” cuenta con recursos técnicos y humanos para abordar la diversidad y especificidad de las problemáticas en materia de documentación y análisis, haciendo frente a los desafíos actuales de la conservación-restauración y acercándose a los estándares utilizados en otros centros de investigación mundial.

REFERENCIAS CITADAS

BEVAN, A., KALETA, R., BONACCHI, CH. y KEINAN-SCHOONBAERT, A. 2014. Photo-Masking for 3D Models of Artefacts. *MicroPasts, Technical Note 2*. 12 p. Disponible en: https://github.com/MicroPasts/MicroPasts-TechnicalNotes/raw/master/pdf/2-PhotoMasking_Artefacts.pdf

COSENTINO, A. 2013. A Practical Guide to Panoramic Multispectral Imaging. *E-Conservation Magazine*, 25: 64-73.

GRANDE LEÓN, A. 2014. *Reconstrucción y anastilosis virtual*. Recuperado de: <http://e-portfolio.nuriasc.blogspot.cl/2014/03/prof.html> [02 mayo 2016].

INTERNATIONAL FORUM OF VIRTUAL ARCHAEOLOGY [IFVA]. 2012. The Seville Principles. International Principles of Virtual Archaeology. Sevilla, España: Sociedad Española de Arqueología Virtual. Disponible en: <http://smarterheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/FINAL-DRAFT.pdf>

JOHNSON, R. 2008. Correctly Making Panoramic Imagery and the Meaning of Optical Center. En P. Mouroulis, W.J. Smith y R.B. Johnson (eds.), *Current Developments in Lens Design and Optical Engineering IX*. Proceedings of SPIE, vol. 7060, pp. 7060OF1-7060OF-8. Washington, Estados Unidos: SPIE. DOI: 10.1117/12.805489.

LEE, K. y XU, X. 2009. 3-D Digitization Methodologies for Cultural Artifacts. En M. Khosrow-Pour (ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Second Edition, 8 volumes, pp. 3750-3756. DOI: 10.4018/978-1-60566-026-4.ch598.

PEREIRA, J. 2012. *Fotogrametría y colorimetría en digitalización del patrimonio*. Disponible en: <http://www.jpereira.net/gestion-de-color-articulos/fotogrametria-y-colorimetria-en-digitalizacion-del-patrimonio>

RODRÍGUEZ, A. 2015-2016. Digitalización y virtualización del patrimonio cultural. Hacia un nuevo horizonte en la conservación-restauración.

Telos, Revista de Pensamiento sobre Comunicación, Tecnología y Sociedad, 102: 1-8. Disponible en: https://telos.fundaciontelefonica.com/DYC/TELOS/LTIMONMERO/DetalleArticulo_102TELOS_DOSSIER3/seccion=1288&idioma=es_ES&id=2015110316500003&activo=6.do

SEGUEL, R. y ROUBILLARD, M. 2013. *Registro sistemático de los fenómenos de alteración superficial que presentan los muros de los recintos 108 y 109 de Londres 38, espacio de memorias*. Informe de asesoría. Santiago, Chile: CNCR. Documento no publicado.

SUAZO, A. 2015. *Análisis estructural urna Araucanía*. Informe de imagenología. Santiago, Chile: CNCR. Documento no publicado.

THE 2+3D PHOTOGRAPHY – PRACTICE AND PROPHECIES CONFERENCE. 2015. *The Amsterdam Principles*. Holanda, Amsterdam: Rijksmuseum. Disponible en: https://www.rijksmuseum.nl/nl/downloads/b7f4e788-ad9a-4158-a689-a7050f8c65cc/2.10_TheAmsterdam-Principles.pdf

WARDA, J., FREY, F., HELLER, D., KUSHEL, D., VITALE, T. y WEAVER, G. 2011. *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. Washington DC, Estados Unidos: American Institute for Conservation and Artistic Works.