

MODELADO AUTOMATIZADO DE EMBALAJES PARA VIDRIO ARQUEOLÓGICO Y SU FABRICACIÓN MEDIANTE FRESADO DE ESPUMAS RÍGIDAS

Carmen Díaz-Marín¹, Elvira Aura-Castro¹, Carlos Sánchez-Belenguer^{2,3}, Eduardo Vendrell-Vidal², Miguel Sánchez-López⁴

¹ Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio, Universitat Politècnica de València

² Instituto de Automática e informática industrial, Universitat Politècnica de València

³ Institute for Transuranium Elements, Joint Research Centre, Ispra, Italy

⁴ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computadores, Universitat Politècnica de València

Autor de contacto: Elvira Aura Castro, eaura@crbc.upv.es

RESUMEN: En este trabajo se aborda la problemática existente en el transporte y almacenamiento de piezas de vidrio arqueológico. El principal objetivo es realizar embalajes adaptados mediante la utilización de técnicas de escaneado 3D e impresión 3D. Habitualmente los embalajes de estas piezas suelen realizarse de manera artesanal confeccionando cajas o soportes a medida que se adaptan a las necesidades y particularidades de cada caso por lo que implican un gran consumo de tiempo. Atendiendo a las circunstancias físicas del vidrio arqueológico que derivan en una mínima manipulación, se ha buscado automatizar el proceso. Para ello se han registrado las piezas seleccionadas, utilizando un escáner láser de triangulación v-910 Kónica Minolta, obteniendo los modelos 3D de cada pieza, y a partir de ellos generar el negativo de la forma de la pieza. Posteriormente son enviados a una máquina de corte o de fresado para obtener el modelo real. Para ello se ha requerido de un software con el que diseñar la cavidad adaptada y generar un código de control para la fresadora CNC. Siguiendo este proceso se ha conseguido la adaptación perfecta del volumen del embalaje, dando la posibilidad de rectificar el diseño y consiguiendo mayor calidad y precisión en la ejecución al mecanizarse las diferentes fases. La realización de los embalajes artesanales está caracterizada por su gran consumo de tiempo y su alto porcentaje de error, al contrario que este nuevo proceso que reduce significativamente el tiempo de realización y ofrece una solución adaptada a cada objeto.

PALABRAS CLAVE: vidrio arqueológico, impresión 3D, escáner láser, embalajes, fresadora CNC.

1. INTRODUCCIÓN

Una parte importante del proceso de conservación de objetos arqueológicos que han sido restaurados y necesitan ser transportados o almacenados es la construcción de su embalaje. A pesar de la variedad de materiales arqueológicos, incluyendo formas y tamaños, el tipo de embalajes utilizados es normalmente el mismo: una caja y un sistema de soportes interiores.

La evolución de los embalajes que protegen a este tipo de objetos se ha basado pues en una simple caja con un material de relleno pasando de un relleno suelto que ocupaba todo el espacio, a un acolchado más complejo y compacto, que se adapta a la forma del objeto y tiene como principal función la protección contra golpes y vibraciones.

A partir de este modelo de embalaje, una obra dentro de una caja sencilla o doble y protegida por una o varias capas de acolchado, surgen estudios concretos encaminados a diseñar embalajes específicos para las particularidades de cada obra, teniendo en cuenta su condición de almacenaje o tránsito. Los diferentes diseños de embalajes, junto con sus sistemas de acolchado se describen en trabajos como (Stolow, 1987) y (Johnson, 1999).

Un material muy utilizado para este tipo de estructuras adaptadas es la espuma rígida la cual puede ser recortada basándose en la forma del objeto a proteger. Estas espumas permiten sujetar las piezas de manera muy estable y segura, muy importante cuando trabajamos con materiales extremadamente frágiles (como el vidrio arqueológico).

Los sistemas más comunes de sujeciones interiores realizadas con espuma rígida, mostrados en la Figura 1, son:

- Sujeciones interiores de espumas rígidas: que consiste en el uso de travesaños o soportes interiores de espuma, introducidos en ranuras, que inmovilizan la pieza dentro de una caja (Stolow, 1981).

- Embalaje con cavidades: donde la silueta del objeto es recortada en la espuma, creando un hueco donde el objeto es introducido e inmovilizado. Es importante que la pieza no quede excesivamente apretada, para poder extraerla con facilidad (Bauer, 1993).

- Montajes cuna: utilizada en objetos con base cóncava o inestable, y consiste en cortar varios bloques de espuma

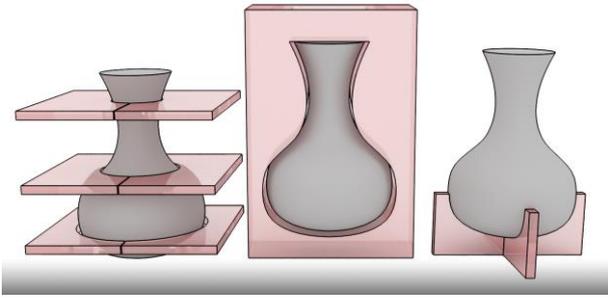


Figura 1. Diferentes sistemas de embalaje con espumas rígidas

rígida para crear una base que proporcione estabilidad (Murdock and Johnson, 2001).

1.1. Elaboración de embalajes

En los últimos años ha habido considerables avances en el diseño de cajas y sistemas de acolchado específicos para la salvaguarda del patrimonio. De este modo en (Marcon, 1991) se diseñan unas tablas guía para el cálculo de las especificaciones de embalajes óptimos, y en (Marcon and Strang, 1999) el Canadian Conservation Institute crea una herramienta de tipo software para el diseño automático del sistema de acolchado de objetos frágiles. Más recientemente en (Marcon, 2011) aparece una guía para la ejecución de embalajes de objetos frágiles y traslados seguros y en (Marcon, 2013) se centra en la acción de las fuerzas físicas implicadas en los traslados y sus consecuencias en el deterioro.

Gracias a estos trabajos, los objetos arqueológicos tan frágiles como el vidrio pueden ser embalados para su almacenamiento y/o transporte sin riesgos (Fulton and Rossi-Wilcox, 2008). Los estudios de sistemas de acolchado han permitido la caracterización de los materiales aptos para esta tarea (Tétreault and Scott, 1995). Uno de los materiales destacados debido a su elevada capacidad de amortiguación y a su gran estabilidad es la espuma rígida de polietileno (Schlichting and Institute, 1994). Sin embargo, trabajar con este material no es fácil o rápido: debe recortarse de forma manual la silueta y el volumen del objeto a proteger (Aboe, 2012) y si la morfología es compleja, el resultado no suele ser muy preciso.

Actualmente, con la aplicación de la tecnología de impresión 3D se abren nuevas posibilidades en el campo de embalaje adaptado. En (Mohamed and Mahmoud, 2012) se destaca su influencia y se describe el comienzo de una revolución en el mundo del *packaging*. En (Asla and Arnold, 2012) se muestran sus aplicaciones en la conservación del patrimonio y, de este modo, se ponen de manifiesto las ventajas del método llevando a cabo un estudio sobre la realización de embalajes. En este estudio se utiliza una impresora 3D de adición por

capas, a base de polvo de yeso, para la creación de armazones ligeros.

A pesar de las ventajas de las impresoras 3D, las limitaciones impuestas por los materiales que deben usarse, hace que las máquinas de corte CNC (Computer Numerical Control) sean más adecuadas para los embalajes propuestos.

Por este método, en un estudio de Yale University Art Gallery (Gallup and Harlow, 2012), realizaron los embalajes adaptados mediante el corte de espumas rígidas por medio de una máquina CNC. Los embalajes se crean a partir de los modelos 3D obtenidos por un láser escáner de triangulación. Más recientemente, y de manera similar, en Smithsonian Institution de Washington están usando una fresadora para cortar las espumas de polietileno con las que hacen embalajes para obras contemporáneas (Smithsonian, 2014).

2. OBJETIVOS

La construcción del embalaje ha sido tradicionalmente un proceso manual, donde eran necesarias la presencia del objeto original y su continua manipulación. Estas técnicas manuales consumen mucho tiempo y no aseguran la calidad del resultado del producto, que depende de las habilidades del técnico y de la necesidad de trabajar con el objeto original exponiéndolo a posibles daños durante el proceso.

Debido a estos inconvenientes, las instituciones responsables del patrimonio están adaptándose a las nuevas tecnologías computarizadas que ofrecen alternativas automatizadas para resolver este tipo de problemas.

Este artículo propone una herramienta software que abarca todo el proceso de fabricación, desde el diseño del embalaje a la fase del fresado. Usando como dato de entrada el modelo 3D del objeto original, el algoritmo propuesto asegura un resultado preciso y proporciona una herramienta para el personal restaurador. La presencia del objeto original ya no es necesaria, asegurando su integridad y consiguiendo que todo el proceso esté automatizado, con una reducción significativa del tiempo.

3. METODOLOGÍA

El proceso propuesto para la obtención automática del embalaje está dividido en 4 etapas o fases, detalladas a continuación:

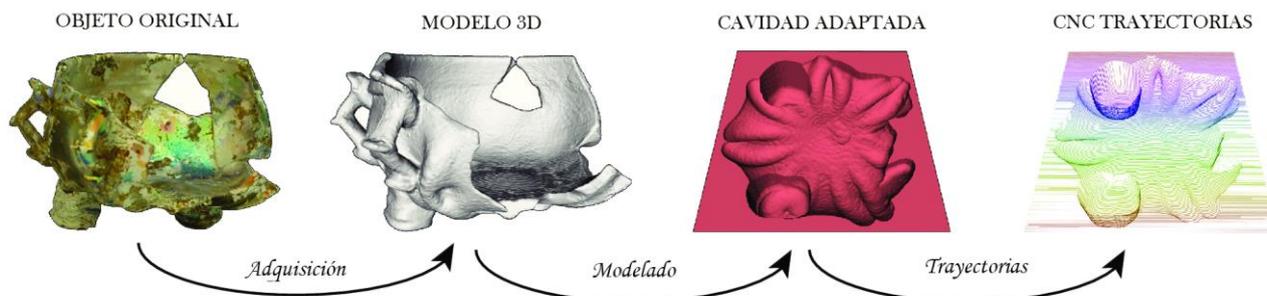


Figura 2. Fases del proceso automático para embalajes adaptados, desde el objeto original a las trayectorias CNC usadas por la máquina de fresado. Cada fase utiliza los datos obtenidos en la etapa anterior, junto con los parámetros introducidos por el usuario que permite personalizar el resultado final acuerdo con las especificaciones de cada pieza.

-Adquisición: usando un escáner láser 3D de triangulación y una plataforma giratoria, los objetos son adquiridos y almacenados como mallas 3D. Sobre estos datos se trabajará para la creación del algoritmo, que a su vez pueden ser utilizados en otras aplicaciones (p.ej. en la creación de una base de datos, en el desarrollo de herramientas de visualización...).

-Modelado: introduciendo los modelos 3D, y una serie de parámetros establecidos por el personal de restauración (como orientación/medida), la herramienta software genera automáticamente un modelo 3D de la cavidad adaptada considerando las restricciones que presenta el hardware de la fresadora. Los resultados son calculados rápidamente y con una precisión extremadamente alta.

-Cálculo de la trayectoria: con el modelo 3D de la cavidad adaptada obtenido en la fase previa, y considerando algunos parámetros de fabricación (radio y longitud de la herramienta de fresado), se calculan las trayectorias de la máquina fresadora, y el código de control del CNC, G-Code, guardándolo en un archivo.

-Fresado: una vez que las trayectorias han sido calculadas el G-Code, generado en la fase previa, se envía a una máquina fresadora de bajo coste que esculpe en un bloque de espuma la cavidad adaptada del objeto.

La Figura 2 muestra las fases del proceso propuesto.

4. RESULTADOS

En la técnica propuesta se modela automáticamente el negativo de la forma de la pieza como una malla 3D sólida formando la cavidad adaptada, haciendo uso de técnicas modernas de computación con GPU. Durante la fase de modelado, la geometría se construye considerando los procedimientos/restricciones de la fabricación automática, facilitando el mecanizado del modelo y proporcionando una solución eficiente y rentable.

Otro camino que se ha explorado aprovechando las tecnologías 3D es el presentado por (Asla and Arnold, 2012) y que difiere en dos aspectos con nuestro enfoque: primero nuestro trabajo está basado en la tecnología por fresado CNC, que permite usar una gran variedad de materiales, pudiendo elegir aquellos que por sus características (como por ejemplo su estabilidad química) se consideran más adecuados para estar en contacto con objetos arqueológicos. En cambio el artículo citado utiliza una impresora 3D a base de polvo de yeso, quedando restringido a ese material para construir el embalaje y elevando el coste con respecto a la máquina fresadora CNC, permitiéndonos proporcionar una solución de bajo coste. Y en segundo lugar, la topología de la cavidad adaptada propuesta en (Asla and Arnold, 2012) está basada en estructuras de baja densidad que, son difíciles de calcular, proporcionan un limitado contacto con la superficie, y son muy problemáticas de imprimir. Nuestra técnica propone un “cálculo fácil” y una “impresión fácil” de la estructura que potencia el área de contacto con la superficie.

4.1. Fase 1: Generación automática del embalaje adaptado

El objetivo de esta fase consiste en el cálculo automático de la estructura 3D de la cavidad adaptada de un objeto de vidrio. Este modelo será usado en la siguiente fase para generar el G-Code (código de control CNC) que, posteriormente será interpretado por la fresadora.

Los datos necesarios para obtener el algoritmo son los modelos 3D de los objetos adquiridos, junto con los parámetros personalizados por el usuario. El resultado es una malla 3D que envuelve al objeto original, y que considera las restricciones impuestas por la máquina fresadora y el usuario.

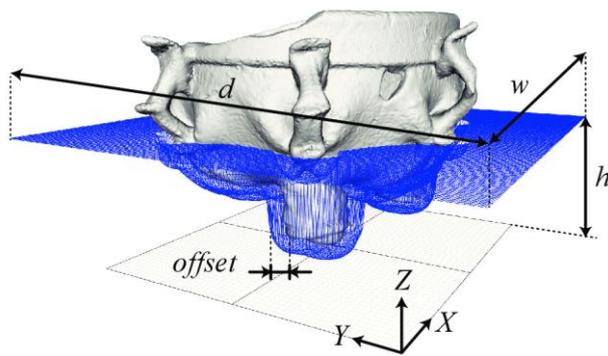


Figura 3. Parámetros utilizados para generar automáticamente la cavidad adaptada, suponiendo que el usuario haya seleccionado la orientación mostrada.

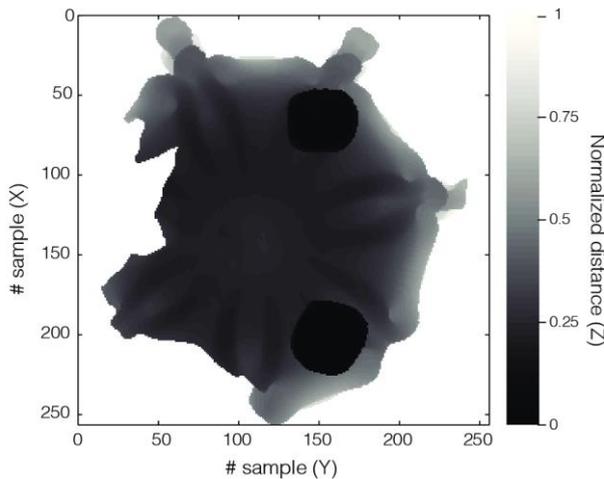


Figura 4. Valores de profundidad obtenidos usando la GPU, expresadas en distancias normalizadas con respecto a la altura de la cavidad adaptada.

Las restricciones contempladas en el proceso de fabricación son en su mayoría a consecuencia de los grados de libertad que tiene la máquina fresadora y la precisión alcanzada. En nuestro caso, se usa una típica máquina fresadora porticada de 3 ejes, donde la herramienta realiza un movimiento libre siempre perpendicular al plano X - Y . Los parámetros introducidos por el usuario establecen la orientación óptima del objeto para el embalaje propuesto, las dimensiones y la holgura deseada para evitar la creación de una cavidad adaptada demasiado estrecha. Este último parámetro es necesario, debido a los errores de fabricación introducidos por la máquina fresadora, directamente relacionados con su precisión. La Figura 3 muestra los parámetros que se han considerado para el algoritmo propuesto.

Dado las restricciones mencionadas para el proceso de producción, y especialmente, para una máquina de fresado porticada de 3 ejes, el espacio de trabajo del algoritmo propuesto puede ser representado como una matriz discreta $P_{u \times v}$ donde cada muestra $p_{i,j}$ guarda las coordenadas de un punto 3D, definidas como:

$$p_x = i * \frac{w}{u}$$

$$p_y = j * \frac{d}{v}$$

$$p_z = P(i,j)$$

donde w y d corresponden con la anchura y profundidad seleccionadas por el usuario para la cavidad adaptada del objeto, respectivamente. La resolución final del modelo 3D generado será definido por los valores u y v que, como se explicará posteriormente, serán ajustados de acuerdo a las especificaciones de la máquina de fresado. Con el objetivo de calcular los valores de Z para todos los puntos es importante destacar que la orientación de incidencia de la herramienta no varía lo que significa que el modelo 3D resultante será convexo desde el eje Z . Este hecho permite aplicar a este problema en concreto la técnica desarrollada en (Sánchez-Belenguer y Vendrell-Vidal, 2012) para la reconstrucción automática de fragmentos.

Desde la proyección ortogonal se calculan las distancias entre la base de la cavidad adaptada y la superficie del objeto, usando las altas prestaciones ofrecidas por las GPU (*Graphic Processor Unit*). Las unidades GPU pueden resolver eficientemente transformaciones geométricas, operaciones de visibilidad y de discretizado. Las distancias entre la base de la cavidad adaptada y la superficie del objeto se generan calculando la matriz de la proyección ortogonal que se corresponde con la orientación del objeto (definida por el usuario) y realizando un render del canal de profundidad que se almacena en una matriz.

Las dimensiones de dicha matriz determinan el número de muestras calculadas (u y v) y la información almacenada en cada elemento de la matriz se corresponde con los valores Z de las muestras normalizados en base a la altura del embajale h .

La Figura 4 representa los resultados almacenados para la muestra del caso propuesto en la Figura 3.

Una vez calculadas las coordenadas de cada punto, se aplica una holgura general para prevenir la estrechez de la cavidad adaptada que impediría la introducción del objeto original en la forma.

La Figura 5 muestra la herramienta software.

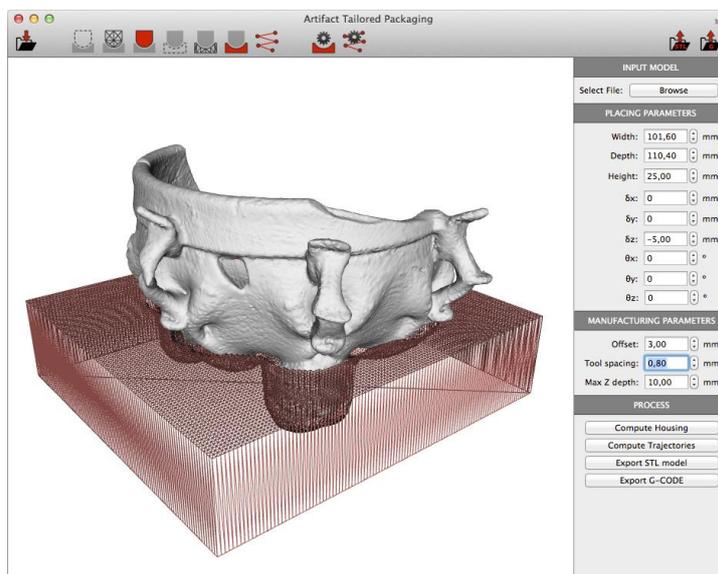


Figura 5. Herramienta software para la producción automática del fresado del embalaje.

4.2. Fase 2: Fresado

Para la realización de fresado se ha usado el kit ShapeOko. Se trata de una máquina CNC de hardware libre ideada en el contexto de otro proyecto de código abierto, MakerSlide, en el que se desarrolló un sistema de guías lineales de aluminio con carriles en forma de v. La Figura 6 muestra la máquina de fresado utilizada.

En contra de los sistemas comerciales, ShapeOko es distribuido en un kit por Inventables Inc. Fue elegido por su bajo coste y capacidad de ser modificado.

Una vez que se ha creado el modelo 3D de la cavidad adaptada, su fresado en la espuma requiere, en primer lugar, la selección manual de la altura de la pieza. Si se selecciona la altura estándar, la parte superior de la pieza no necesita ser fresada, lo que permite ahorrar tiempo en el proceso.



Figura 6. Máquina CNC ShapeOko.

Nuestro algoritmo de fresado está basado en una estrategia de zig-zag, en la que cada pasada se

superpone a la anterior en base a un porcentaje definido por el usuario, y que está relacionado con el diámetro de la fresa utilizada. Para agilizar el proceso, se distingue entre trayectorias de desbaste y acabado, aunque para algunas espumas la fase del desbaste puede ser omitida y pasar a la fase del acabado directamente.

La trayectoria de la herramienta define en base a los puntos obtenidos mediante la intersección de los diferentes planos de corte sobre el eje X con la malla 3D del embalaje. La separación entre planos contiguos corresponde con el porcentaje de superposición previamente definido. Si la máxima profundidad alcanzable con la fresa es inferior a la altura del embalaje, es necesario realizar múltiples pasadas a diferentes niveles.

Una vez generado el G-Code, mediante la utilidad UniversalGcodeSender se transmite a la fresadora. Este software basado en Java® ofrece soporte multiplataforma (Windows, Linux u OSX) y permite utilizar equipos de bajas prestaciones.

Para ilustrar las posibilidades de la técnica propuesta, se ha seleccionado para la demostración una pieza arqueológica: un cuenco de vidrio de entre los siglos XVI-XVII, mostrada en la Figura 1.

Durante el proceso propuesto, el objeto original sólo se ha manipulado en la fase de adquisición para colocarlo en un plato giratorio. De esta forma, el riesgo de sufrir algún tipo de daño se reduce considerablemente.

El escaneo completo del objeto tuvo una duración aproximada de tres horas. Es importante señalar que este tiempo se puede reducir si el objetivo de la adquisición es sólo generar el embalaje fresado: en este caso solo con la vista inferior, registrando la base, es requerida para obtener la cavidad adaptada, como se muestra en la Figura 7.

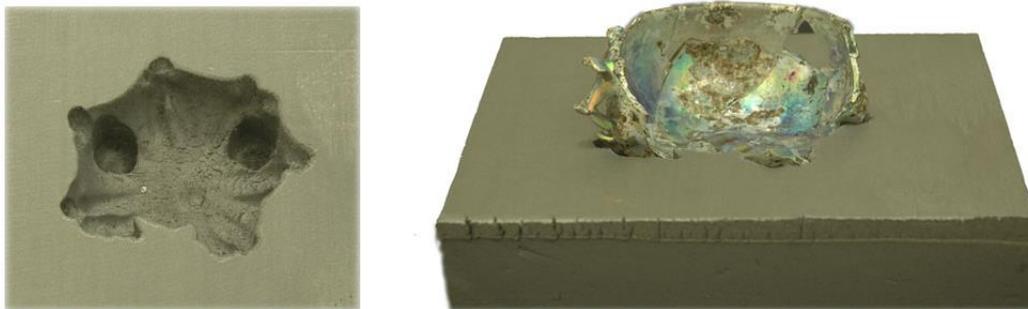


Figura 7. Resultado final del proceso. Destacar la alta precisión del embalaje generado, introduciéndose perfectamente el objeto original y proporcionando un soporte adecuado para su transporte y almacenaje.

Una vez adquirido el objeto, se genera el modelo 3D casi inmediatamente, con la vista previa de los parámetros, donde simplemente hay que indicar la altura de la cavidad. La geometría final llevó alrededor de 2 segundos, y se generaron las trayectorias CNC también en 2 segundos.

La fabricación del embalaje final se llevó a cabo aproximadamente en una hora con una máquina fresadora de bajo coste. No se han observado errores durante el proceso (como ocurre con las impresoras 3D de bajo coste) y no fue necesaria la intervención del usuario.

El material utilizado fue una plancha de espuma de poliestireno extruido, de 40mm de alto. Dado la herramienta utilizada medía 60mm, solo fue necesaria una pasada del eje Z. En el caso de que la herramienta fuera más pequeña que la altura de la espuma, se añadiría una segunda pasada, incrementando el tiempo de fabricación.

El resultado final se muestra en la Figura 7.

5. CONCLUSIONES

Este artículo presenta una solución completamente automatizada en la fabricación de embalajes adaptados para objetos arqueológicos. Esta solución abarca todo el proceso, desde el diseño de la cavidad adaptada del embalaje hasta el fresado de las partes. Para enlazar todo este proceso y facilitar el diseño de este tipo de embalaje se ha desarrollado una herramienta software. Esta aplicación empieza con los datos recogidos en el modelo 3D escaneado del objeto y, por medio de algunos parámetros introducidos por el usuario se genera una solución completa de la cavidad adaptada. A continuación, este resultado es fabricado usando una máquina fresadora porticada de 3 ejes de bajo coste.

Para generar automáticamente el código de fresado para la máquina CNC se ha tenido que crear un algoritmo básico. Este algoritmo está basado en una secuencia de puntos obtenida de la intersección entre los diferentes planos del eje X con el modelo 3D del objeto, donde cada pasada en zigzag se superpone a la anterior.

Se han previsto futuras mejoras sobre esta solución donde se tendrían en cuenta los diferentes materiales utilizados en la fabricación de embalajes para objetos frágiles. Debido a la variedad de objetos frágiles como son el vidrio, cerámica o incluso hueso, también existen diferentes materiales de embalaje que pueden ser usados con el fin de proteger y salvaguardar estas piezas. En este sentido, uno de las cuestiones a resolver es usar los parámetros apropiados para fresar, principalmente en los procesos CNC de alta velocidad donde se podrían obtener malos acabados al aplicar la solución.

En conclusión, la aplicación debe considerar la variedad de materiales de embalajes que son utilizados en el campo de la conservación, y generar soluciones de acuerdo a las diferentes formas de los objetos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo se ha desarrollado gracias a los proyectos HAR2012-38391-C02-01 y 02 correspondientes al Programa de Investigación Básica No Orientada del Ministerio de Economía y Competitividad en el Marco del VI Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011. Los autores quieren agradecer la colaboración del Museo de Cerámica de Manises y especialmente a su directora Dña. Sara Blanes Ibáñez, por proporcionar la pieza usada para ilustrar la técnica propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboe, G., (2012) "Packaging and storage solutions for archaeological basketry: a selection of practical designs" en *Journal of the Institute of Conservation*. Volumen .35, Número 1. Octubre 2012, pp. 103-111.
- Rodriguez-Echevarria, K. y M. S. Alsa, (2012) "Parametric 3D-fitted Frames for Packaging Heritage Artefacts" en Arnold, D.; Kaminski, J.; Niccolucci, F. y Storks, A. (ed) *The 13th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*, 19-21 November 2012, Brighton, The Eurographics Association, pp. 105-112.
- Bauer. E., (1993) "Packing museum objects for shipment" en *Conserve O Gram*. Número 17/2, Julio 1993, pp. 1-4.
- Fulton, S. E. y S. Rossi-Wilcox, (2008) "Harvard's Glass Flower: a Case Study in Traveling a Fragile Collection" en *Journal of the America Institute for Conservation*. Volumen 47, número 1, Enero 2008, pp. 15-26.
- Gallup, K. y Halow, B. (2006) "Finding solutions to the problems of complex art packing" en *AIC News*. Volumen 31, número 6, pp. 1, 7-8.
- Johnson, J. (1999). "Chapter 6: Handling, Packing, and Shipping" en *NPS Museum Handbook* [en Línea] National Park Service Museum Management Program de Washington D.C, disponible en: [<http://www.nps.gov/museum/publications/MHI/CHAP6.pdf>]
- Marcon, P. J., (1991) "A Circular Slide Rule for Protective Package Design" Mecklenburg, M. F. (ed) *Art in Transit: Studies in the Transport of paintings*, Washington, DC, National Gallery of Art, 1991, pp. 93-106.
- Marcon, P. J., (2011) "Six Steps to Safe Shipment" en *By Paul Marcon*. [En Línea]. Ottawa, disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ca preventivecons-soins preventive/sixsteps-sixetapes-eng.aspx> [Acceso el 13 de Abril de 2014].
- Marcon, P. J., (2013) "Agent of Deterioration: Physical Forces". [En Línea]. Ottawa, disponible en: <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdeterioration/chap01-eng.aspx> [Acceso el 13 de Abril de 2014].
- Marcon, P. J. y T. J. Strang, (1999). *PadCAD Cushion design software version 3.0 for windows*. Canadian Conservation Institute. Ottawa, Canada. Minister, Public Works and Government Services.
- Mohamed, R. y A. Mahmoud, (2012) "Emphasizing the advantage of 3d printing technology in packaging design development and production in local industries" en *International Design Journal*. Volumen 1, número1, Enero 2012, pp.111-119.
- Murdock, C. and J. S. Johnson, (2001), "Chapter Appendix I: Curatorial Care of Archeological Objects" en *NPS Museum Handbook*. [En Línea]. National Park Service Museum Management Program de Washington DC., disponible en: [<http://www.nps.gov/museum/publications/MHI/Appen dI.pdf>]
- Sanchez-Belenguer, C. and E. Vendrell-Vidal (2012), "Archaeological fragment characterization and 3D reconstruction based on projective GPU depth maps". 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia VSMM, 2-5 de Septiembre de 2012, Milan, Italy, IEEE, pp. 275-282.
- Schlichting C., (1994). "Working with polyethylene foam and fluted plastic sheet" en *Technical bulletin Canadian Conservation Institute*. Número 14, Ottawa pp 1-19.
- Smithsonian. (2014), "Smithsonian 3D Conservation" en *Smithsonian X 3D*. [en Línea]. Washington D.C disponible en: <http://3d.si.edu> [Acceso el día 13 de Abril de 2014]
- Stolow, N., (1981). *Procedures and conservation standards for museum collections in transit and on exhibition*. Unesco, Paris.
- Stolow, N., (1987) *Conservation and exhibitions: packing, transport, storage, and environmental consideration*. Ed. Butterworths. London. Boston.
- Tetreault, J. y S. Williams, (1993). "Guidelines or Selecting Materials for Exhibit, Storage and Transport". *Canadian Conservation Institute* [en línea], disponible en: <https://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-apropos/action/82-eng.aspx> [Acceso el 13 de Abril de 2014]

