

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE UN VASO CARENADO UTILIZANDO UN LÁSER ESCÁNER 3D

Statistical analysis of morphometric parameters of a careened vessel (Bronze Age) using 3D scanner laser

ESQUIVEL, JOSÉ ANTONIO*, ESQUIVEL, FRANCISCO JAVIER** y ALEMÁN, INMACULADA***

RESUMEN El desarrollo de las nuevas tecnologías proporciona herramientas de gran utilidad en la investigación arqueológica. En este trabajo se utiliza un scanner laser 3D para la obtención de modelos virtuales de objetos de pequeño tamaño, lo que ha permitido modelizar un vaso argárico del yacimiento de la Hoya del Conquín. Ante la dificultad de llevar cabo un cálculo fiable y preciso de distintas variables como la altura a partir de una única medida, se han estimado parámetros cuantitativos como la altura, el diámetro de la boca, el diámetro del cuerpo, el ángulo de la carena y el ángulo en el borde. Estos valores se han estimado extrayendo muestras aleatorias en varios puntos de la vasija, a las que se han aplicado distintos test estadísticos de estimación puntual además de análisis de la variabilidad. También se propone un modelo ideal 3D. Los resultados obtenidos indican la gran habilidad de los artesanos que manufacturaban cerámica argárica, así como un conocimiento importante de conceptos métricos y geométricos, lo que indica que en la Edad del Bronce se disponía de conocimientos matemáticos básicos, posiblemente obtenidos mediante la experiencia.

Palabras clave: 3D, análisis estadístico, Edad del Bronce, geometría, láser escáner, métrica, vaso carenado.

ABSTRACT New technologies provide available tools to archaeological research. In this work a scanner laser 3D is used to obtain virtual models with objects of small size that allow us to model an argaric vessel from the Hoya del Conquín settlement. Due to the problems to measure with accuracy different quantitative values from a single measures, using statistical methods have been obtained reliable estimations of quantitative parameters as height, diameter of the edge, diameter of the body, angle of the careening and angle in the border. These values have been estimated by means of random samples of several points in the vessel, and different

* Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Granada. *esquivel@ugr.es*.

** Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Granada. *jesqui@ugr.es*.

*** Laboratorio de Ciencias Morfológicas. Universidad de Granada. *ialeman@ugr.es*.

Fecha de recepción: 21-07-2008. Fecha de aceptación: 15-09-2008.

statistical test of punctual estimation have been applied in addition to the analysis of variation. A virtual 3D is proposed also. The results point out the great skill of the Bronze Age pottery artisans as well as an important knowledge of basic metric and geometry concepts, showing a basic mathematical knowledge possibly obtained by means of the experience.

Key words: 3D, Bronze Age, careened vessel, geometry, metric, scanner laser, statistical analysis.

INTRODUCCIÓN

La reciente aparición de la tecnología del laser escáner 3D ha sido utilizada en las investigaciones arqueológicas para obtener modelos digitales virtuales en base a distintos modelos de escáneres. La mayor parte de los trabajos arqueológicos se han llevado a cabo para digitalizar objetos de un tamaño mediano incluyendo desde esfinges, estatuas, etc., hasta las estructuras en un asentamiento. Así, se han realizado trabajos enfocados a documentar las estructuras encontradas en la excavación de asentamientos arqueológicos (Doneus *et al.*, 2003), ya sea desde la superficie del terreno o situando el escáner en un mini helicóptero a escala (Heisenbeiss, 2005): En algunos casos, la información obtenida se ha utilizado para llevar a cabo la reconstrucción digital de una casa completa y realizar el análisis estructural de la misma (Levi y Dawson, 2005). Además, objetos de menor tamaño, como estatuas (Koller *et al.*, 2004), esculturas, fragmentos de muros o de barcos romanos (Boehler *et al.*, 2004) también han sido registrados digitalmente.

El escaneo de artefactos arqueológicos de pequeño tamaño tiene características específicas debido a la textura del material, las concavidades y convexidades de la forma, su estado de conservación, y la necesidad de encajar el exterior y el interior. Sin embargo, una vez realizada la integración de los distintos escaneos, la imagen 3D resultante permite obtener gráficos de tipo arqueológico (perfiles, secciones horizontales, verticales y oblicuas), analizar aspectos métricos y geométricos del material (variables morfométricas, grosores, volúmenes, etc.) y llevar a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos además de la reconstrucción del artefacto.

En este trabajo se toma como base un modelo 3D de un vaso carenado, al que se ha reconstruido digitalmente en las zonas incompletas, para obtener muestras aleatorias de los parámetros cuantitativos más representativos, y realizar estimaciones estadísticas de los mismos. A partir de los análisis estadísticos se determinan las características métricas y geométricas más representativas, además de analizar algunas de las características constructivas y proponer un modelo ideal del artefacto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se ha diseñado para analizar un pequeño vaso carenado de cerámica característico de la cultura argárica encontrado en la Hoya de Conquín, en la zona de Las Angosturas de Gor (fig. 1) y, aunque no existen dataciones absolutas, el vaso se adscribe a la cultura argárica. En las cercanías se localiza el asentamiento de El



Fig. 1.—Localización del yacimiento en la zona de Las Angosturas de Gor.

Culantrillo, situado a unos 3 km. de Gorafe (García, 1963) y, a partir de los objetos encontrados en el yacimiento, su fechación parece corresponder a un asentamiento perteneciente a la primera mitad del II milenio B.C.

El vaso está fabricado a mano y tiene un color parduzco-siena con partes negruzcas debido al proceso de cocción, mientras que la superficie está pulida excepto en las partes deterioradas, y tiene una cocción deficiente. Esta vasija se recogió en un deficiente estado de conservación pues estaba roto en varios fragmentos que, al ser reconstruidos mediante las técnicas tradicionales, mostraba algunos huecos de gran tamaño y bastantes desperfectos en la superficie (fig. 2).

El hallazgo se realizó asociado a un hueso humano por lo que, posiblemente, pueda corresponder a un vaso de ajuar funerario. En el yacimiento cercano de El Culantrillo se ha encontrado una vasija muy similar en forma y dimensiones, también denominada “tulipa”, localizada en la tumba n.º 10 de dicho yacimiento, y que su descubridor identifica como de tipo 5-XIV en la tipología de Cuadrado (Cuadrado, 1949; García, 1963). Estos vasos son los que se han denominado abarquillados, carenados o tulipiformes, y se corresponden con el tipo en el que el diámetro de la boca es prácticamente igual al diámetro de la carena, la altura del cuerpo superior es bastante mayor que la altura de la carena y el diámetro de la boca es mayor que la altura del cuerpo superior (fig. 3) (Cuadrado, 1950).

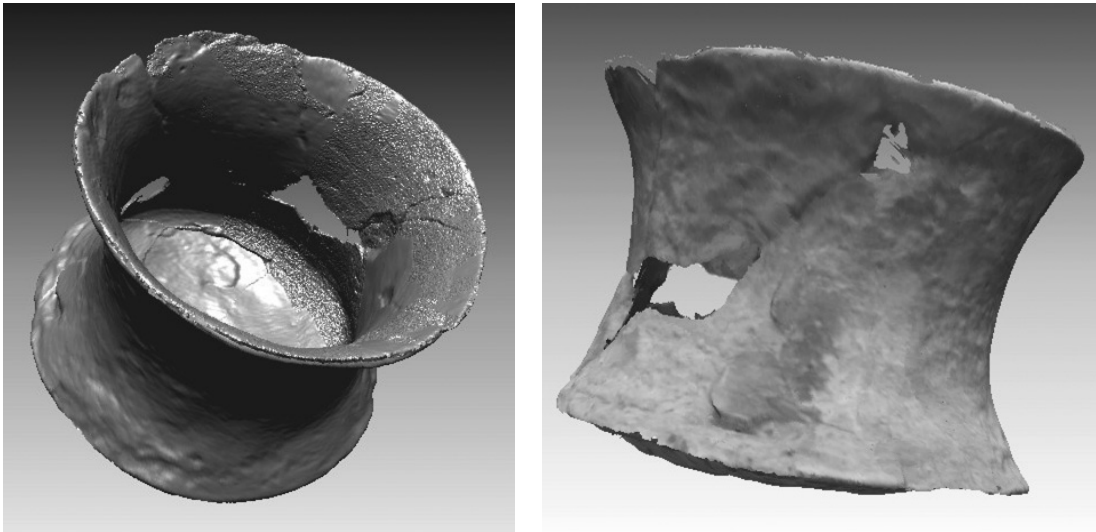


Fig. 2.—Vaso mostrando los huecos debidos a los desperfectos y las roturas del material.

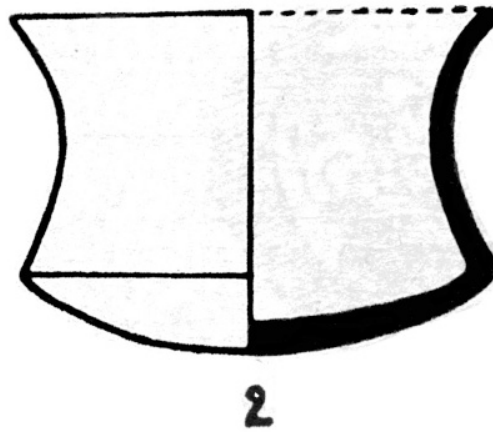


Fig. 3.—Tipo 2 de vaso carenado de El Culantrillo, muy similar al vaso del artículo (García, 1963).

El vaso objeto de este trabajo se ha escaneado mediante un scanner láser Minolta VI-910, instrumento de gran precisión (tabla I) para trabajar con objetos de pequeño tamaño que tecnológicamente está diseñado con tecnología de triangulación (un sensor emite un pulso láser que es recogido por una cámara).

TABLA I
DATOS TÉCNICOS DEL SCANNER UTILIZADO

Distancia de medida	0.5-2.5 m.
Zona de medida (X,Y,Z)	desde 111 mm. x 83 mm. x 40 mm. hasta 1196 mm. x x897 mm. x 800 mm.
Tiempo de adquisición	Máximo 2 s
Precisión en condiciones normales	X: ± 0.22 mm. Y: ± 0.16 mm. Z: ± 0.10 mm.

El instrumento está dotado de un sistema automático que permite rotar el objeto y calcular las coordenadas de las imágenes escaneadas en cada giro que, posteriormente, fueron referenciadas a un sistema de referencia común. Para conseguir una visualización completa en 3D se han tomado 4 imágenes de la superficie lateral objeto, cada una de ellas perpendicular a la adyacente, que recubren al objeto completamente. Posteriormente, se obtuvieron diez imágenes más: cuatro correspondientes a la parte inferior del vaso por la parte exterior, y otras seis del fondo desde la parte superior para obtener la parte interior, tanto de la superficie lateral como del fondo.

Las superficies 3D originales se han enlazado y fusionado en una única superficie que modeliza el vaso original mediante triángulos y permite obtener imágenes del vaso de gran detalle, además de posibilitar la realización distintos análisis métricos y geométricos. En este caso, la imagen global se ha procesado mediante un proceso de triangulación para obtener una malla formada por triángulos de 1024 pixels de resolución. Posteriormente, se han detectado y eliminado las caras que presentan anomalías u objetos anormales producidos durante el escaneo: caras que no son variedades topológicas, caras que se cruzan, superficies que tienen intersecciones con ellas mismas, caras que tienen la normal invertida respecto a las caras del entorno, picos de escaneo, y singularidades topológicas.

El modelo resultante permite detectar algunas características arqueológicas importantes como documentar procesos tecnológicos de fabricación, fundamentalmente el bruñido de las superficies, la no muy buena cocción realizada, los huecos en la superficie producidos por el proceso de manufactura a mano, las zonas en las que el calor se ha aplicado de forma deficiente, la falta de regularidad en la aplicación del calor, etc. Estas características se observan con mayor detalle llevando a cabo tratamientos en las imágenes originales mediante la utilización de software de análisis de imágenes que permiten destacar las anomalías en la superficie de la vasija (fig. 4).

ANÁLISIS MÉTRICOS

La obtención del modelo basado en una superficie 3D permite llevar a cabo diversas medidas que, tradicionalmente, se han llevado a cabo mediante el dibujo manual del objeto para, posteriormente, realizar cuantificaciones de tipo morfométrico (Esquivel y Contreras, 1984; Lorrio, 1991; Contreras *et al.*, 1991). Este método tenía la dificultad de

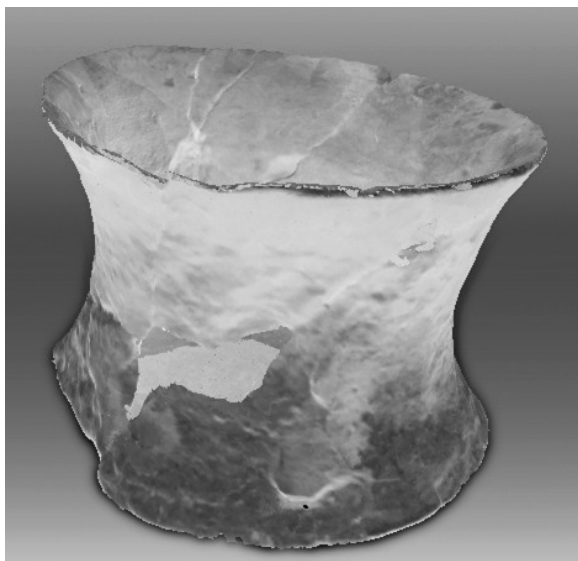


Fig. 4.—Imperfecciones en la manufactura del vaso y los huecos correspondientes al material que falta.

que solamente se debía elegir una vista del material y, a partir del dibujo tomando como frontal dicha vista, realizar la toma de las medidas correspondientes, con la limitación de que tanto la vista elegida como los errores de dibujo afectarían a los resultados en mayor o menor medida. Mediante la utilización del modelo digital 3D, los parámetros métricos obtenidos de la vasija tienen gran precisión, siendo el error máximo para la distancia entre dos puntos menor de 0.5 mm. ya que $\Delta X=0.22$ mm., $\Delta Y=0.16$ mm y $\Delta Z=0.10$ mm. (tabla I), lo que permite disponer de datos de gran calidad y precisión para, de esta forma, obtener resultados muy fiables.

En primer lugar se ha realizado un estudio de la homogeneidad de la altura del cuerpo superior, colocando el vaso en posición vertical y midiendo la distancia vertical desde un punto en el borde hasta un punto en la carena (fig. 5). Puesto que existen zonas en las que el borde está deteriorado, mostrando huecos y rotura del material, se ha realizado una estimación estadística de la altura del vaso a partir de una muestra aleatoria de tamaño $n=16$ extraída en las zonas en las que la superficie está completa. A partir de estas medidas, la estimación del coeficiente de variación es

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,018309 = 1,83\%,$$

es decir, la variabilidad es casi inexistente indicando que hay un patrón en la manufactura de las vasijas con respecto a la altura. Y el cálculo del intervalo de confianza para la altura del cuerpo superior en base a esta muestra proporciona un valor para la altura del cuerpo superior de 72.46 mm.

$$\mu \in \left(\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \rightarrow \mu \in (71.76, 73.17) \rightarrow \hat{\mu} = \bar{x} = 72.465 \text{ mm.}$$

siendo \bar{x} la media de la muestra, s la desviación típica de la muestra, $\alpha=0.05$ y $Z_{\alpha/2}$ el valor correspondiente en la distribución normal $N(0,1)$ para un nivel de significación $\alpha=0.05$ (Sokal y Rohlf, 1982; Venables y Ripley, 2002). Estos resultados apuntan a la existencia de un patrón de manufactura bien definido, que permite al artesano conseguir una altura prácticamente igual en todos los puntos del vaso, siendo la diferencia máxima en la altura entre dos puntos 2.59 mm, es decir, casi inexistente.

Esta regularidad métrica se plasma también en la forma del vaso. A partir del modelo 3D es posible calcular las distancias a lo largo de la curva que conforma la superficie lateral del vaso. Utilizando de nuevo una muestra aleatoria, pero en este caso de las distancias curvilíneas a lo largo de la superficie lateral (fig. 5) se obtiene que el coeficiente de variación de estas medidas es $CV=2.5\%$ es mínimo, que el patrón de manufactura no solamente es de tipo métrico sino también de tipo morfométrico.

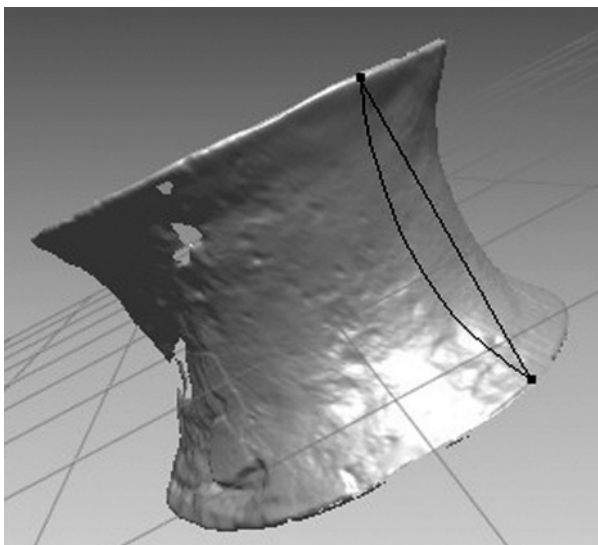


Fig. 5.—Longitud del cuerpo superior, en línea recta (altura) y a lo largo de la curva que define la superficie del vaso.

Las formas denominadas genéricamente tulipas corresponden, en la tipología de Cuadrado Díaz, al grupo tipológico en el que el diámetro de la boca es prácticamente igual al diámetro de la carena, y la altura de la carena es pequeña (Cuadrado, 1949), por lo que la determinación del cumplimiento de estas características constituye un aspecto importante, sobre todo el resultado de la práctica igualdad de los diámetros de boca y carena. La homogeneidad morfométrica entre borde y carena se mantiene de forma casi perfecta con respecto a los círculos ideales que configuran la boca y la carena del vaso: la distancia entre los centros es 1.80 mm, es decir, ambos círculos son perfectamente concéntricos (fig. 6). Además, el radio del círculo en la boca es 56.41 mm y el radio de la carena es 54.98 mm, es decir, existe una diferencia en los

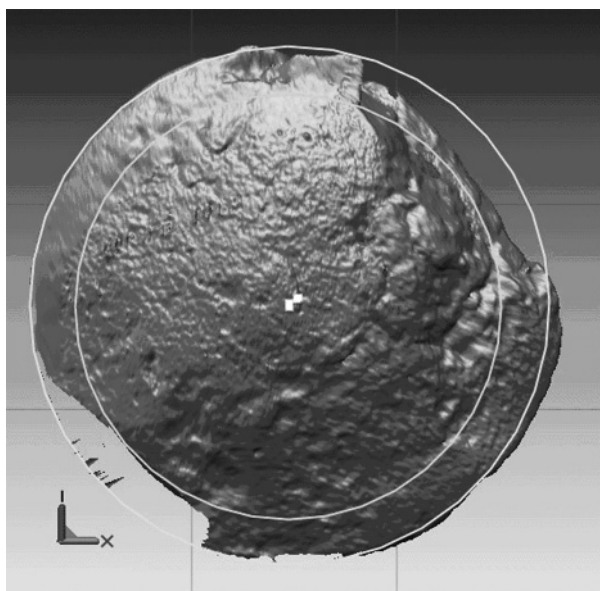


Fig. 6.—Círculos ideales en la boca y en la carena del vaso.

radios de 1.43 mm, lo que indica que el artesano disponía de una gran habilidad manual y realizaba su trabajo con gran precisión para mantener el patrón tipológico en el que el diámetro de la boca tiene prácticamente la misma medida que el diámetro de la carena.

El cálculo de la altura total plantea dos problemas: 1) el vaso tiene el fondo totalmente curvilíneo, por lo que es bastante difícil situarlo de forma perfectamente vertical, y 2) la altura solamente podría medirse en la parte interior, pero habría que tener en cuenta el grosor en el punto de medida y sumárselo al valor obtenido. Un método factible sería medir la altura de la carena que, junto a la altura del cuerpo superior, permitiría obtener la altura de la vasija. La altura del cuerpo inferior es muy difícil de medir debido al estado de conservación de la vasija y, a partir del modelo digital 3D, no se puede medir de forma directa puesto que sería la distancia entre el punto más bajo del cuerpo inferior y el centro del círculo ideal que conforma la carena, y esta distancia no puede calcularse fácilmente ya que dicho punto no pertenece al modelo. Para evitar estos problemas se ha elegido calcular una medida indirecta utilizando una cantidad fácilmente medible en el modelo: la distancia d que existe entre la proyección del centro del círculo ideal en la carena sobre el fondo exterior y el borde de la carena (fig. 7). Puesto que la vasija está muy deteriorada en su parte inferior, se ha tomado una muestra aleatoria en puntos en el borde de la carena en los que no se había deteriorado, y estos puntos se han utilizado para determinar las medidas entre cada uno de estos y el centro proyectado en el fondo y la carena. Para la estimación de la media de las medidas de estos arcos para toda la vasija se ha obtenido el intervalo de confianza para la media de las distancias de con respecto a la vasija completa

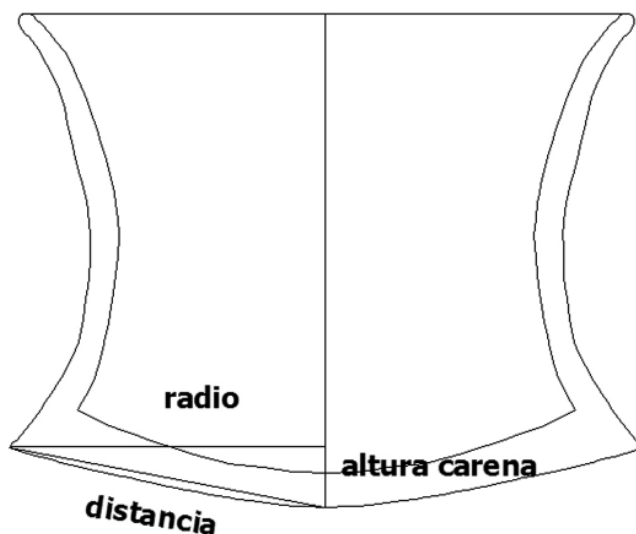


Fig. 7.—Modelo utilizado para estimar la altura de la carena.

$\mu_d \in (56.957, 57.533)$ con un nivel de confianza del 95%, y el estimador de la media global será entonces $\hat{\mu}_d = \bar{x}_d = 57.245$ mm. (Sokal y Rohlf, 1982; Venables y Ripley, 2002). Y puesto que el radio r de la carena es 54.98 mm, la aplicación elemental del teorema de Pitágoras

$$\text{altura_carena} = \sqrt{\text{distancia}^2 - \text{radio}^2}$$

proporciona el valor para la altura estimada de la carena $H_c = 15.94$ mm. A partir de este resultado y de la estimación de la altura del cuerpo superior se ha estimado la altura total de la vasija como

$$H_t = 72.465 + 15.94 = 88.405 \text{ mm.}$$

Unas medidas importantes son la estimación de dos ángulos de gran importancia: el ángulo de la boca y el ángulo de la carena, que contribuyen en gran medida a la tipología formal de la vasija (Esquivel y Contreras, 1984) y, a partir del modelo 3D, es posible determinar estos valores en cualquier punto de la vasija. Para calcular el ángulo medio en la boca se ha extraído una muestra aleatoria de los ángulos en puntos de la boca en los que no hay deterioro que produzca un sesgo en el resultado. La determinación del ángulo se ha llevado a cabo mediante la figura formada por un punto muy cerca de la boca (en todos los casos situado a 5 mm de la boca), el punto en la vertical correspondiente en la boca y el punto opuesto a éste con respecto a la boca (fig. 8). A partir de una muestra aleatoria de tamaño $n=12$ se ha estimado que el valor medio del ángulo en la boca es 69.17° y $\sigma=1.60^\circ$, lo que proporciona un intervalo de confianza para el ángulo medio en la boca con un nivel de confianza del 95%:

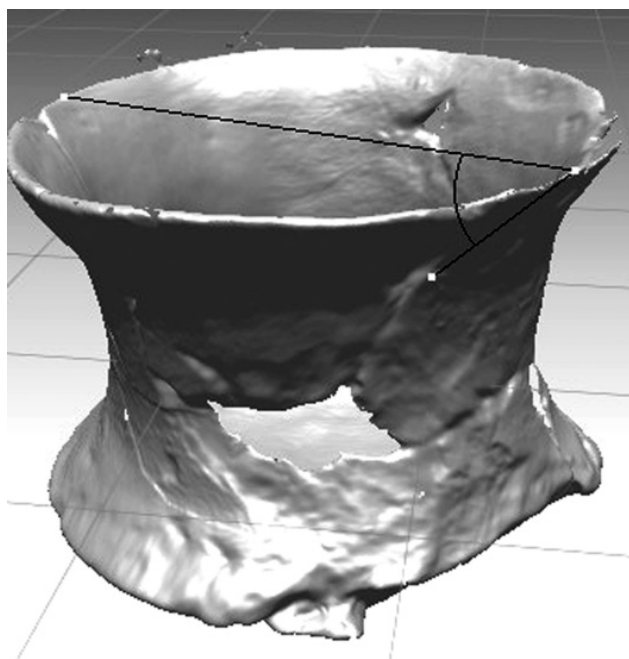


Fig. 8.—Medición de los ángulos en el borde de la vasija y en la carena.

$$\mu \in (68.263^\circ, 70.077^\circ).$$

Además, el coeficiente de variación entre estos valores es $CV=2.31\%$, un valor muy cercano a cero. De nuevo, este resultado indica que el artesano intenta fabricar una vasija con el mismo ángulo en todo los puntos de la boca, consiguiendo un efecto estético de gran perfección formal.

El ángulo de la carena es otro elemento de gran importancia desde un punto de vista tipológico (Esquivel y Contreras, 1984; Contreras *et al.*, 1991). La estimación de este parámetro se ha realizado mediante la extracción de una muestra aleatoria de tamaño $n=12$ de puntos de la carena en las zonas que se encontraban en buen estado de conservación, y en estos puntos se ha medido el ángulo de la carena, obteniendo una media estimada de 77.15° y $\sigma=2.51^\circ$. Estos valores proporcionan un intervalo de confianza para el ángulo medio de la carena

$$\mu \in (75.729^\circ, 78.574^\circ).$$

con un nivel de confianza del 95%. El coeficiente de variación entre estos valores es $CV=3.24\%$, un valor casi cero, y este resultado de nuevo está indicando que los artesanos de este vaso poseían una técnica depurada en la fabricación de al menos este vaso. Hay que destacar que, siguiendo las tipologías al uso, estas tulipas son usuales en el mundo argárico, y varios investigadores lo han establecido de forma clara en distintos yacimientos de esta cultura (Cuadrado, 1949; Lull, 1983).

UN PROPUESTA DE MODELO IDEAL 3D

Los resultados métricos anteriores junto a los modelos obtenidos mediante la utilización de software específico de construcción y análisis de modelos 3D, permiten proponer un modelo ideal tridimensional de vaso cuyos parámetros morfométricos se han extraído de los análisis estadísticos llevados a cabo. En la figura 9 se muestra el perfil ideal del vaso, reconstruido a partir del perfil izquierdo 2D obtenido a partir del modelo 3D mediante incorporadas al software. El tratamiento de este modelo 2D permite obtener el modelo alámbrico ideal tridimensional del vaso.

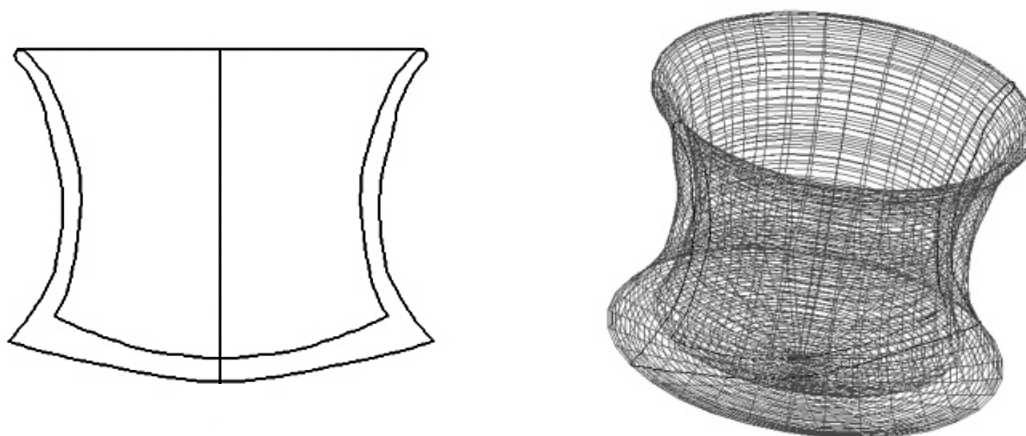


Fig. 9.—Perfil del vaso ideal y modelo alámbrico 3D.

Posteriormente, la adición de textura se ha llevado a cabo en base a un modelo de sombreado Gourad, es decir, un sombreado suave en el que se calcula el sombreado en cada vértice y luego se halla la media del sombreado de toda la cara (fig. 10). La reconstrucción es de tipo matemático, por lo que sus características geométricas muestran una perfección absoluta que, naturalmente, no se corresponde con la vasija real (Seymour, 1988). Esta reconstrucción es distinta de la realizada a partir directamente del modelo escaneado utilizando el software 3D en la que se puede eliminar una parte del vaso y reconstruirla mediante otra parte bien conservada en base al modelo realista 3D; en este caso la arbitrariedad del modelo es muy grande ya que el vaso real no es perfectamente regular y, por tanto, el resultado final depende de la zona elegida como semilla de la reconstrucción.

CONCLUSIONES

La aparición de los scanner 3D proporciona un avance importante en el trabajo arqueológico, tanto a pequeña como a gran escala. En el caso del material cerámico,

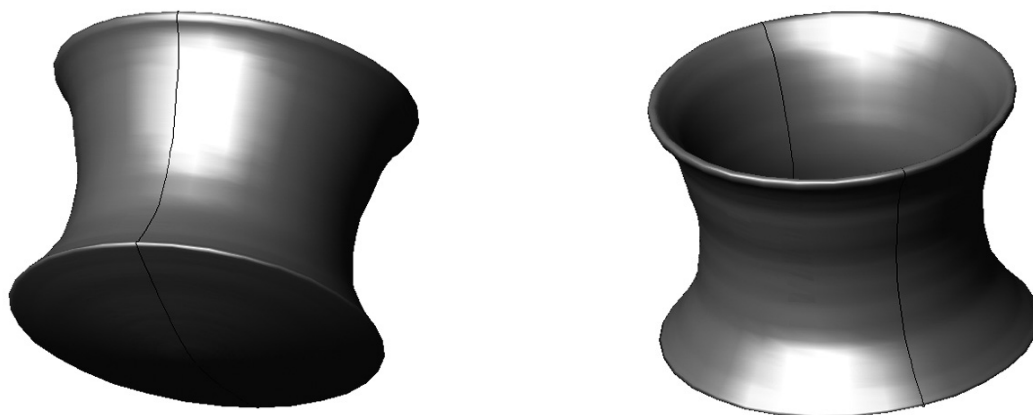


Fig. 10.—Modelo ideal del vaso, reconstruido mediante métodos geométricos en base a un sólido de revolución.

estos instrumentos se han utilizado fundamentalmente para obtener modelos tridimensionales del objeto que puede girarse, acercarse o alejarse, ver en perspectiva, etc. Sin embargo, se convierte en una herramienta de gran importancia en la investigación arqueológica para la obtención de los parámetros métricos y morfométricos del objeto, establecer las características métricas y geométricas del diseño, determinar la calidad del proceso de fabricación, etc.

En primer lugar, el modelo 3D se ha utilizado para realizar el cómputo de los parámetros métricos que permitan establecer un modelo cuantitativo fiable del objeto. El método clásico supone que el objeto (vaso, olla, cuenco, botella, etc.) es perfectamente simétrico, aún cuando esté incompleto, y se utiliza la parte de mayor perfección técnica para realizar un perfil a partir del cual se calculan las medidas necesarias. Este método no tiene en cuenta las diferencias que pueden obtenerse en las medidas en función de la zona que se utilice por lo que, dependiendo de la parte que se elija, pueden producirse diferencias en los resultados.

A partir del modelo 3D se ha extraído una muestra aleatoria de tamaño $n=16$ de puntos en la boca del vaso, calculando las distancias entre estos puntos y los homólogos en la carena para estimar la altura del cuerpo superior obteniéndose, con un nivel de significación $\alpha=95\%$, una estimación de la altura del cuerpo superior de 72.465 mm. Además, el coeficiente de variación de la altura es $CV=1.83\%$, indicando la existencia de una intencionalidad en la fabricación de la vasija que se lleva a cabo con gran habilidad. Este resultado apunta a la existencia de un patrón de manufactura bien definido, en la que la diferencia máxima en la altura del cuerpo superior del vaso completo es casi inexistente 2.59 mm.

Utilizando los puntos de la muestra anterior se ha podido estudiar también la existencia de una gran regularidad métrica se plasma también con respecto a la forma del vaso, obteniéndose un coeficiente de variación $CV=2.5\%$, lo que indica que el patrón de fabricación es de tipo morfométrico. Estos resultados permiten concluir que la ma-

nufactura del vaso se ha llevado a cabo con gran cuidado, y el artesano realizaba el trabajo procurando no desviarse de un patrón básico de manufactura. Además destaca la gran habilidad técnica existente en este periodo, lo que es un indicio de la probable estandarización de la producción cerámica de vasos carenados, aunque esta afirmación exigiría analizar otros vasos carenados de distintos yacimientos. Esta precisión en la manufactura se confirma al determinar los dos círculos ideales que determinan la boca y la carena del vaso: la distancia entre los centros de los círculos es casi inexistente (1.80 mm.), y la diferencia entre ambos radios es casi nula (1.43 mm.), confirmando la utilización de un patrón de diseño en la manufactura de la vasija.

La altura de la carena o cuerpo inferior se ha realizado de forma indirecta, ya que directamente es muy difícil de llevar a cabo al no disponer de puntos de apoyo en la superficie del vaso. La forma de hacerlo ha sido tomar una muestra aleatoria de puntos de la carena y medir la distancia lineal entre estos puntos y el centro del fondo de la carena, lo que proporciona una estimación de la altura $H_c=15.94$ mm. Con este resultado se puede estimar la altura total del vaso en 88.405 mm. con gran precisión, cantidad que difiere bastante de la medición directa de la altura sobre el objeto.

En base a los resultados morfométricos y el perfil del vaso proporcionados por el modelo realista virtual 3D se propone un modelo ideal de la vasija, que quizá podría corresponderse con el patrón ideal del vaso. El análisis de otros vasos carenados de otros yacimientos permitirá, en un futuro, comparar distintos diseños y establecer las semejanzas y diferencias entre ellos, proporcionando datos importantes para el estudio de las sociedades argáricas.

BIBLIOGRAFÍA

- BÖHLER, W., BORDAS VICENT, M., HEINZ, M., MARBS, A. y MÜLLER, H. (2004): "High Quality Scanning and Modeling of Monuments and Artifacts", *WSA2 Modelling and Visualization, WSA2.2 High Quality Scanning and Modeling of Monuments and Artifacts*, Athens, Greece, May 22-27, 2004, pp. 1-17.
- CONTRERAS, F., MOLINA, F. y ESQUIVEL, J.A. (1991): "Propuesta de una metodología para el estudio tipológico de complejos arqueológicos mediante análisis multivariantes", *Complutum* 1, pp. 65-82.
- CUADRADO, E. (1950): "Útiles y Armas de El Algar. Ensayo de tipología", *Crónica del I Congreso Nacional de Arqueología y V Congreso Arqueológico del Sudeste* (Almería 1949), Cartagena, pp. 103-126.
- DONEUS, M., NEUBAUER y W. STUDNICKA, N. (2003): "Digital Recording of Stratigraphic Excavations", *Proceedings of XIXth International Symposium CIPA 2003 New perspectives to the save cultural heritage, The CIPA International Archives for Documentation of Cultural Heritages* 19, pp. 451-456.
- ESQUIVEL, J.A. y CONTRERAS, F. (1984): "Una experiencia arqueológica con microordenadores. Análisis de componentes principales y clusterización: distancia euclídea y de Mahalanobis", *XIV Congreso Nacional de Arqueología e Informática*, pp. 133-146.
- GARCÍA, M. (1963): "El poblado agárico del cerro del Culantrillo, en Gorafe (Granada)", *Archivo de Prehistoria Levantina* X, pp. 69-100.
- HEISENBEISS, H., LAMBERS, K., SAUERBIER, M. y LI, Z. (2005): "Photogrammetric Documentation of an Archaeological Site (Palpa, Perú) Using an Autonomous Model Helicopter", *CIPA 2005 XX International Symposium, 26 September- 01 October 2005*, Torino, Italy (in press).
- KOLLER, D., TURITZIN, M., LEVOY, M., TARINI, M., CROCCIA, G., CIGNONI, P. y SCOPIGNO, R. (2004): "Proected Interactive 3D Graphics Via Remote Rendering", *ACM Translation Graphics* 23(3), pp. 695-703.
- LEVY, R. y DAWSON, P. (2005): "Reconstructing a Thule Whalebone House Using 3D Imaging", *IEEE Multimedia* 13(2), pp. 78-83.
- LORRIO, A. (1991): "Clasificación automática de formas cerámicas completas: un estudio comparativo de diversos métodos multivariantes", *Complutum* 1, pp. 99-112.
- LULL, V. (1983): *La «cultura» de El Argar*, Akal, Madrid.
- SEYMOUR, D. (1988): *The Geometric Design*, Dale Seymour Publications, Palo Alto.
- SOKAL, R.R. y ROHLF, F.J. (1982): *Biometry*, third edition, Freeman and Company, NewYork.
- VENABLES, W.N. y RIPLEY, B.D. (2002): *Modern Applied Statistics with S*, Springer Verlag, New York.