

# ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE SEPARADORES EN EL MOLDEADO DE ORIGINALES. EL BUSTO FENICIO DE PUIG DES MOLINS, IBIZA

Xavier Mas-Barberà<sup>1</sup>, Ana Rodríguez Izquierdo<sup>1</sup>, Stephan Króner<sup>2</sup>, Marisa Martínez Bazán<sup>3</sup> y María Teresa Doménech Carbó<sup>2</sup>

Instituto Universitario de Restauración de Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia

<sup>1</sup>Taller de conservación y restauración de elementos escultóricos y ornamentales

<sup>3</sup>Laboratorio de óptica y colorimetría

<sup>2</sup>Laboratorio de análisis físico-químicos y control medioambiental de obras de arte

AUTOR DE CONTACTO: Xavier Mas-Barberà, jamasbar@upvnet.upv.es

**RESUMEN:** *El presente estudio evalúa diferentes separadores de naturaleza orgánica empleados como protección en el proceso de moldeado de originales, en este caso, para su uso en la reproducción del busto femenino de terracota de Puig des Molins, Ibiza (Período púnico s.III a. C.). El empleo de un separador inadecuado podría provocar cambios cromáticos y la presencia de residuos en superficie de difícil eliminación. Para ello, se han ensayado diversos separadores (alcohol polivinílico “Gelvatol” de Agar Agar, látex “Látex de goma 602” de CTS, aceite emulsionante “Silical 100 destacante” de CTS y el Ciclododecano “CDD” de CTS) aplicados sobre probetas de características análogas al original. Asimismo, y tras la eliminación del separador y del elastómero, las probetas se han sometido a ensayo de envejecimiento acelerado por irradiación con luz UV durante 360 horas, cuyo único fin ha sido observar los posibles cambios cromáticos y/o modificaciones superficiales que éstas hubieran experimentado. Las diferentes probetas han sido observadas en el microscopio óptico (MO), en el espectrofotómetro visible (colorímetro) y en el espectroscopio infrarrojo por transformada de fourier (FT-IR). Los resultados obtenidos han demostrado que la bicapa látex/alcohol polivinílico presenta excelentes propiedades de trabajabilidad, fidelidad en la impronta, doble acción barrera/protección y reversibilidad, sin presencia de residuos. Por tanto, y para el presente caso de estudio, el uso de la bicapa se muestra como el separador más idóneo durante el proceso de moldeado.*

**PALABRAS CLAVE:** separadores, moldeado, terracota, reproducción, impronta, cambios cromáticos

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia ha sido habitual la ejecución de copias de objetos artísticos destinadas a desempeñar distintos cometidos (Macarrón y González, 1998: 39-44). En un principio, esta labor se consideró como una disciplina artística cuya función principal estaba reservada, bien a servir de modelo en el ámbito académico o bien, a uso escultórico-ornamental (Roig y Mas, 2007: 6-12). En la actualidad, la noción de copia o sustitución en el campo de la restauración de esculturas se halla estrechamente ligada al concepto de conservación (Bourbon, 1990; Mas, 2006). Este tipo de intervenciones garantizan la salvaguarda del objeto original a la vez que permiten al espectador admirar la obra en el emplazamiento primigenio para el que fue concebido. Aunque son frecuentes los casos de sustitución de la obra original por su copia, hemos de tener en cuenta que toda labor de conservación y restauración debe estar debidamente documentada y llevarse a cabo sólo cuando sea estrictamente necesaria (Brandi, 1999a). Por tanto, no debe practicarse de forma generalizada sino de modo selectivo y correctamente meditado. No por ello, ha de entenderse la sustitución del original como un atentado contra la autenticidad del arte, sino al contrario, la copia constituye un medio de conservación y difusión significativo que, además de garantizar en buena medida la supervivencia de la obra, es capaz de conservar

fielmente la información contenida en el original. “La copia contiene la materia prima de la información” (Pereira, 2008).

Son diversas las causas que hacen aconsejable la práctica de este tipo de intervenciones. El estado de alteración acusado de la obra suele ser uno de los motivos fundamentales para su traslado a fin de evitar las causas potenciales de los daños. Ya la Carta del Restauro de 1972 (art.7, 5) (Brandi, 1999b: 133) contempla la reubicación del original en un ambiente controlado cuando las condiciones de conservación lo exijan. Sin embargo, otros como la importancia del autor, su instancia histórica o su ubicación pueden determinar la elaboración de la copia.

Así pues, el caso que nos ocupa, un busto fenicio, se encuentra en un estado de conservación desafortunado siendo cuestionados los múltiples añadidos que presenta y requiriendo de una intervención, por lo que será en última instancia exhibido al público de un modo muy diferente al acostumbrado. Por este motivo, dada la extensa difusión de la obra (Almagro, 1980: 205; Picard: 1972: 87), y siendo una obra emblemática y muy representativa de este período, la copia se convertirá en una solución óptima que facilitará al espectador su comprensión, al mismo tiempo, que documentará el estado de la misma antes de su proceso de restauración.

Si bien, una buena copia debe cumplir como requisito principal, la reproducción fiel de la información contenida en el original (Pereira, 2005); valorando la función que desempeñe la obra, sus características y el entorno (temperatura, humedad...) donde se ubicará la nueva. Estos factores determinarán el procedimiento de elaboración del molde y la elección de los materiales necesarios para realizar la copia.

En general, suelen emplearse moldes de elastómeros silicónicos porque su capacidad de registro garantiza la fidelidad de la impronta, obteniéndose reproducciones idénticas al original. Además, otras propiedades como la resistencia al desgarro, la elasticidad o la durabilidad hacen aconsejable su uso (Midgley, 1993: 64-75; Pereira, 2008; Rosier, 1998: 63-83).

Debemos tener presente que el aspecto de mayor importancia en la realización de un molde no es otro que la elección del agente desmoldeante, separador o destacante más adecuado (Matteini et al., 1990: 138-147; Tossini, 1999: 178-190). Cada obra de arte es un objeto único y, como tal, requiere también de un separador apropiado que permita la creación de una capa interfaz de barrera entre la silicona y la obra con el fin de proteger la superficie sin causar deterioro alguno y facilitar su extracción (Manganelli, 1990: 148-149; Mas et al., 2006: 655-661).

Por tanto, el objetivo principal que se deriva de esta investigación es estudiar, a partir de tres técnicas analíticas avanzadas, las propiedades de cinco desmoldeantes susceptibles de ser empleados en la elaboración del molde sobre la obra.

## 2. LOS SEPARADORES

Tradicionalmente en la elaboración de moldes de objetos artísticos se han utilizado diferentes tipos de separadores (Santonja, 2007: 143-146). En función de las características del molde (material, procedimiento...) y las propiedades del modelo a reproducir (porosidad, textura...) se han usado frecuentemente sustancias jabonosas, productos oleosos (aceites, vaselinas y grasas), ceras, talco o barbotina... (Pereira y Olalla, 2008). En ocasiones, incluso se recomendaba la combinación de un tapaporos o barniz (p.ej. goma laca mezclada con alcohol) y un agente separador, que permitía impermeabilizar superficies porosas a la vez que facilitaba el efecto desmoldeante (Navarro, 2002: 158-160).

No obstante, en el ámbito de la conservación y restauración, se intenta prescindir de este tipo de materiales que suelen generar una alteración cromática y presencia y/o acumulación de residuos sobre la superficie de la pieza, modificando sus cualidades visuales/formales. Debemos recordar que la elección del desmoldeante es de suma importancia pues el proceso de realización del molde no deberá dañar nunca el original.

Las investigaciones más recientes en cuanto a los soportes pétreos se refieren se centran en el estudio de la aplicación del ciclodecano (CDD) (Brücke et al., 1999: 162-175; Maish y Risser., 2002: 127-137; Stein et al., 2000) como separador temporal en la realización de moldes sobre obras de arte. Este hidrocarburo cumple las expectativas que se derivan de un buen desmoldeante porque sublima sin necesidad de remoción y desaparece progresivamente sin provocar ningún tipo de daño en el original (Cagna y Riggiardi, 2006: 89-95).

Un estudio reciente (Rodríguez, 2008) ha permitido recoger un decálogo de propiedades a reunir por un buen desmoldeante y, son:

1. Creación de una película aislante –capa interfaz homogénea- que facilite la separación entre el molde y el modelo.
2. Compatibilidad del separador con el material constituyente del modelo-obra de arte.

3. Adaptación de la capa interfaz a la superficie del modelo.

4. Protección integral del modelo.

5. Facilidad y control en el método de aplicación.

6. Estabilidad química.

7. Creación de un film sutil que posibilite el registro fiel de los detalles del modelo.

8. Reversibilidad del separador tras el desmoldeo sin causar deterioro alguno en el original.

9. Ausencia de residuos. El agente-barrera ideal no debe precisar de remoción posterior. En el caso de permanencia de residuos que fuese posible su eliminación (no aconsejable para superficies alteradas, con policromía o extremadamente porosas).

10. Baja o nula toxicidad.

Los moldes de elastómeros silicónicos presentan unas propiedades excelentes y es por ello, que su uso en restauración se ha extendido de forma considerable. El esquema adjunto muestra las distintas partes que configuran el molde de elastómeros silicónicos (Ver figura 1).



Figura 1. Imagen general con luz visible del busto fenicio en su visión frontal y dorsal

## 3. MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN

### 3.1. La terracota estudiada

El busto femenino de terracota objeto de estudio (Ver figura 1) pertenece a una colección procedente del yacimiento de Puig des Molins en Ibiza (Islas Baleares), excavado entre 1903 y 1910. Fue legado por Martínez y Martínez ingresando en el Museo de Prehistoria de Valencia en el año 1937 (Servei d'investigació Prehistòrica, 1992). Las características de esta pieza, probablemente concebida como exvoto, revelan que su cronología se sitúa alrededor del siglo III a.C. -período púnico- (Almagro, 1980: 299-310; Aubet, 1983: 13-27).

Generalmente, la temperatura de cocción de estas terracotas oscilaba entre 700° y 950°C. Según el grado de temperatura que alcanzaran los hornos de cocción y la composición de las arcillas, la terracota adquiriría una tonalidad diferente; siendo las más comunes

en la cerámica ibicenca, las coloraciones rosáceas y rojas, marrones rojizos u ocre y las grisáceas en menor proporción. (Almagro, 1980: 17-24). El caso que nos ocupa, se trata de un busto de pequeñas dimensiones (23 x 19 x 7cm) realizado en barro de color rojizo y de perfil semicircular. Presenta una influencia claramente helenizante: los ojos almendrados se hallan tan sólo incisos, la nariz es recta y prominente, la boca apenas se dibuja, el cabello perfilado con bandas en zig-zag cae detrás de las orejas y por encima de la frente, rematado por un alto Kálathos o Polos adornado con una fila de cuentas de pasta vítrea. A ambos lados de la pieza, a la altura del cuello y, la parte inferior, pueden observarse perforaciones circulares que quizás desempeñaron la función de anclaje o suspensión de la pieza (Almagro, 1980: 205; Picard: 1972: 87). Por último, cabe mencionar que los orificios cercanos al cuello prenden unos abalorios que seguramente fueron un añadido posterior.

El estado de conservación del soporte muestra manchas de diversa índole localizadas a la altura del cuello, en el cabello así como en el rostro, abrasión y desgaste en áreas dispersas y una serie de reconstrucciones inadecuadas, que con los estudios radiográficos practicados en el Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia en noviembre de 2007 evidenciaron la presencia de yeso (Servei d'investigació Prehistòrica, 1992). La pieza ha sido intervenida actualmente por el Museo de Prehistoria llevando a cabo una consolidación previa a base de una resina acrílica y una serie de reconstrucciones volumétricas con vistas a la elaboración del molde (Ver figura 2).

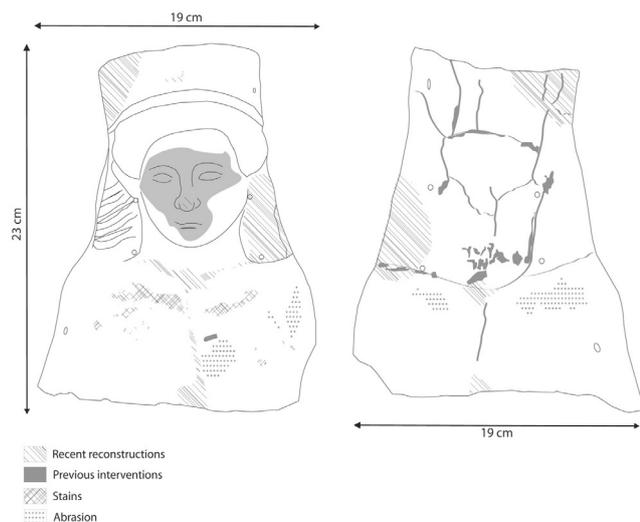


Figura 2. Cartografía de patologías. Estado de conservación

### 3.2. Elaboración de probetas de terracota

La elaboración de las probetas de terracota se ha realizado en base a las propiedades del original. Varios ensayos de acuerdo a las normas RILEM (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo y de Investigación para Materiales de Construcción, Sistemas y Estructuras) se llevaron a cabo (R.I.L.E.M.-I.1., 1980).

El ensayo de porosidad (Porosity accessible to water, Recomendaciones 25 PEM RILEM I.1.) se efectuó durante un período de 18 horas hasta masa constante. Tres fragmentos de la terracota original se sumergieron en un recipiente con agua desionizada, siendo pesados previamente (masa seca). Alcanzada la masa constante, se extrajeron los fragmentos del contenedor y se pesaron de nuevo (secándolos rápidamente con un paño) obteniendo así la masa húmeda. El volumen de las probetas se calculó a través del desplazamiento que sufre el agua al introducir la probeta en el

contenedor. Los valores de porosidad se calculan según la ecuación:  $\Delta P = \frac{M_T - M_0}{V} \times 100$ ; donde  $M_T$  es el peso (g) de la probeta en función del tiempo de inmersión,  $M_0$  es el peso (g) inicial de la probeta y  $V$  es el volumen ( $\text{cm}^3$ ). Los valores obtenidos indicaron que la terracota original ensayada poseía un porcentaje de porosidad elevado (32.27%). Esta prueba, se realizó posteriormente sobre tres fragmentos de las probetas de terracota escogidos al azar, con el objeto de comprobar que su porosidad fuese similar a la del original. El valor promedio de porosidad en las probetas fue de 28.61%.

El ensayo de la gota se efectuó según la normativa RILEM 1980 (Ensayo nº II, 8b), para observar la velocidad de absorción de la obra con vistas a la aplicación de los desmoldeantes. Éste consistió en aplicar una gota de agua desionizada mediante una bureta sobre la superficie del original y determinar el tiempo transcurrido hasta su completa absorción. Con estos datos se elaboraron toda una serie de probetas de terracota con propiedades análogas al original.

### 3.3. Materiales de moldeo empleados

#### Separadores

LÁTEX DE GOMA S 602. Se trata de un látex de goma natural con el que pueden obtenerse grosores consistentes. Presenta un aspecto líquido lechoso y contiene un porcentaje de amoníaco bajo. La goma obtenida es estable a la luz, al agua, transparente, flexible y elástica. Este producto es suministrado por CTS (CTS S.r.l., 2008).

Alcohol polivinílico GELVATOL. Es una resina obtenida por la saponificación del polivinilacetato. Presenta un aspecto de polvo blanco. Resulta insoluble en la mayoría de disolventes orgánicos pero es soluble en agua y dentro de ciertos límites en etanol y metanol. Forma películas estables y transparentes. Suministrado por Agar agar (GC Agar agar S.L., 2008).

SILICAL 100 destacante separador para moldes de la empresa CTS. Es un destacante a base de aceites emulsionados de secado natural que, aplicado sobre el objeto a reproducir, impide la adhesión con la silicona. Presenta el aspecto de líquido incoloro y posee un Ph entre 5 y 7.

Ciclododecano (CDD). Se trata de un hidrocarburo cíclico ( $\text{C}_{12}\text{H}_{24}$ ), químicamente estable, de consistencia cerosa, que posee la propiedad de sublimar (pasar del estado sólido directamente al gaseoso). Aplicado sobre la superficie de un objeto se vuelve hidrorrepelente. Es un producto proporcionado por la empresa CTS.

LAITEX ME-10. Es un compuesto a base de caucho natural. Su aspecto es líquido lechoso. Las películas resultantes son elásticas y resistentes. Puede emplearse un agente espesante si se desea obtener películas más gruesas. LAICRIL EA-1323 es un espesante acrílico de alta viscosidad. Es un producto suministrado por la empresa LAIEX S.L. (Laiex S.L., 2008).

#### Elastómero

Elastómero RTV silicónico 3483 de la firma Dow Corning (Dowcorning, 2008). Se trata de un caucho de silicona de color blanco con excelentes propiedades mecánicas, resistente y de elevada fluidez. Es un producto bicomponente, compuesto por una base fluida y un endurecedor, agente de curado SILASTIC 83, que al mezclarse catalizan a temperatura ambiente ( $22^\circ\text{-}25^\circ\text{C}$ ), mediante una reacción de condensación, alcanzando unas propiedades mecánicas óptimas frente al desgarro y flexión. Empleo del aditivo tixotrópico SILASTIC THIXO.

#### Resina de poliéster y fibra de vidrio

SIRESTER FS 9900/AR. Se trata de una resina de tipo semirígida y acelerada, que con la adición de un iniciador de reacción (PROMOX P200, peróxido de metil etil cetona), polimeriza a temperatura ambiente. Suministrada por la casa Cray Valley Iberica S.A.

Fibra de vidrio: Mat 300. Material suministrado por Glaspol Composites Valencia.

### 3.4. Instrumentación

*Espectrofotometría visible (Colorimetría).* El espectrofotómetro se ha utilizado para medir las coordenadas cromáticas de las probetas de terracota preparadas con los diferentes separadores, antes y después del ensayo de envejecimiento acelerado por irradiación con luz UV.

*Microscopía óptica (LM).* Se empleó para observar la superficie de las probetas y la evolución de la sublimación del CDD, así como para obtener fotografías de las mismas.

*Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).* Este método fue usado para comprobar la posible existencia de residuos derivados del empleo de los diferentes separadores en las probetas tras la realización del ensayo.

*Cámara de envejecimiento acelerado por irradiación con luz ultravioleta.* Se utilizó para determinar el efecto de la radiación ultravioleta sobre las probetas preparadas con los distintos separadores. Éstas permanecieron en la cámara durante un total de 336 horas, a 50°C.

## 4. METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN DE PROBETAS

Se realizaron unos estudios previos para determinar qué disoluciones de los desmoldeantes eran más idóneas en función de su aplicación y consistencia del film.

Se estudiaron un total de 18 probetas con dimensiones de 5 x 8 cm aprox.; tres probetas de látex puro, tres probetas de látex 1:2 diluido en agua destilada + PVOH "Gelvatol", tres probetas de PVOH "Gelvatol", tres probetas de Silical 100 destacante para moldes, tres probetas de CDD diluido en Xileno (50%) + látex puro (CTS) y tres probetas de CDD diluido en Xileno (50%) + látex puro (LAIEX).

Se efectuó la medición colorimétrica de cada una de las probetas previamente a la aplicación a pincel de los desmoldeantes. La Tabla 1 resume el método de aplicación y propiedades de cada desmoldeante ensayado.

Se aplicó la silicona RTV, con propiedades tixotrópicas, sobre los separadores, siendo eliminada a las 24 horas tras su vulcanización. Se hizo la remoción del PVOH, del Silical 100, y la eliminación mecánico-manual del látex. Las probetas se introdujeron en la cámara de envejecimiento por irradiación con luz ultravioleta durante 336 horas. Fueron examinadas visual y microscópicamente durante la primera semana de envejecimiento. Finalmente, se extrajeron de la cámara y se efectuaron nuevas mediciones colorimétricas. Se realizaron análisis por espectroscopía FTIR para comprobar la posible existencia de residuos en la superficie de las probetas.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Examen visual

Los resultados obtenidos mediante observación visual ofrecen una visión general acerca de las probetas que han experimentado modificaciones de color notables o por el contrario, pequeños cambios cromáticos; pero no permiten en ciertos casos, identificar con precisión qué grado de oscurecimiento manifiesta la superficie de la probeta.

Durante el proceso de experimentación se observó que las probetas sobre las que se aplicó Silical 100 (Ver figura 3, a y b) y PVOH presentaban valores mayores de oscurecimiento, mientras que las de

Látex (látex puro y látex 1:2 + PVOH) exhibían un oscurecimiento casi imperceptible para el ojo humano. Por otro lado, las probetas de CDD mostraban una modificación evidente, pero en cualquier caso inferior a las de Silical 100 y PVOH.

Cabe señalar, que en la aplicación del CDD influyen diversos factores como el método seleccionado, el disolvente elegido, o la disolución empleada (Muros y Hirx, 2004: 75-89; Stein et al., 2000). Cuando la concentración de CDD es menor, la red cristalina formada tiende a la heterogeneidad. Por el contrario, en disoluciones saturadas su aplicación resulta más homogénea (Maish et al., 2002: 127-137). También, debe tenerse en cuenta que la aplicación en frío del CDD se traduce en una menor penetración en la probeta y con altas temperaturas se acelera el proceso de sublimación.

Respecto al levantamiento de la silicona, se observó que se retiraba con facilidad de todas las probetas ensayadas, evidenciando que todos los separadores estudiados desempeñaron la doble acción de barrera y protección contra la migración de los aceites de la silicona. Sin embargo, algunos de ellos, como el PVOH y Silical 100, precisan de remoción química y por tanto, no podrían considerarse como agente separador ideal.

Extraídas las probetas de la cámara de envejecimiento por irradiación con luz UV se observó que las mismas se habían aclarado de manera notoria.

### 5.2. Microscopía óptica

La microscopía óptica constató que las probetas donde se aplicó látex puro según la solución comercial o diluido en agua y combinado con las capas de PVOH mostraron un oscurecimiento prácticamente inapreciable.

Por el contrario, las probetas de Silical 100 y PVOH presentaban una superficie claramente manchada. En el caso del CDD, las imágenes demostraron que la modificación de color en estas probetas aunque notable, era menor que las de Silical 100 y PVOH.

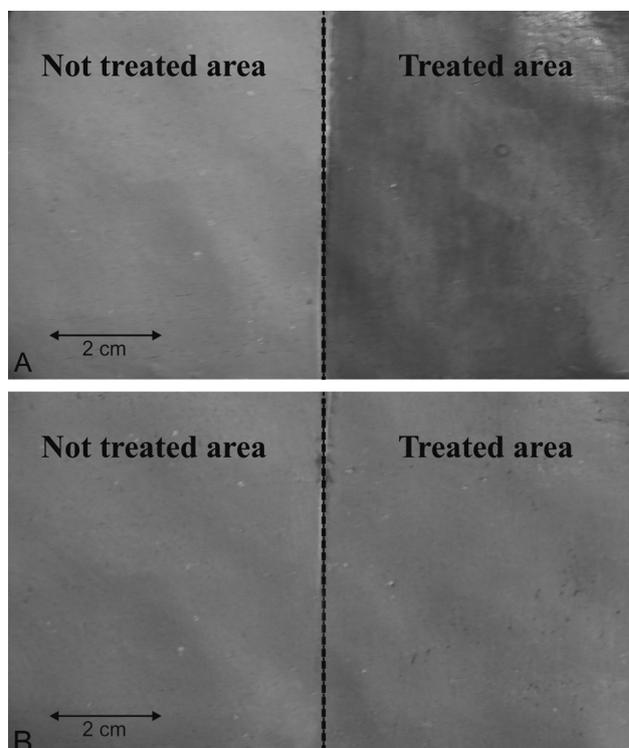


Figura 3. Silical 100 tras la retirada de la silicona (a) y tras la remoción química (b)

### 5.3. FTIR

Esta técnica analítica resulta de gran utilidad para observar la posible presencia de residuos en las probetas. Se han analizado muestras de cada uno de los productos desmoldeantes, de la silicona y del aditivo tixotrópico, así como de la propia terracota. Con objeto de comprobar si el producto penetraba o por el contrario permanecía en superficie, las muestras de las probetas se extrajeron a diferentes profundidades y en diversas áreas.

Los resultados obtenidos a partir de la espectroscopía FTIR han permitido establecer que:

- en las probetas donde se aplicó PVOH se observó residuo de alcohol en proporciones bajas en superficie y también en el interior. Es lógico que parte del alcohol penetrara en el interior de la probeta al llevarse a cabo la remoción.

- en las probetas donde se aplicó látex se distinguieron residuos de látex en muy baja proporción en superficie y a escasos milímetros de ella. El análisis FT-IR se practicó sobre las probetas sin realizar remoción. No obstante, la variación de color es apenas perceptible.

- en las probetas de CDD y látex (CTS), únicamente se ha observado residuo del látex en la capa más superficial, mientras que en el

interior de la probeta no se han detectado restos. Ello parece indicar que el CDD habría sublimado ya por completo y el oscurecimiento de la superficie respondería a manchas provocadas por el contenido amoniacal del látex.

- en las probetas resultantes de la combinación de látex 1:2 y PVOH no se detecta ningún residuo.

- en las probetas tratadas con Silical 100, se ha observado que tanto en la superficie como en el interior, existe residuo del agente separador. Sin embargo, la cantidad de residuo va disminuyendo conforme se profundiza.

- en las probetas sobre las que se aplicó la combinación de CDD y látex (LALEX) se observaron niveles bajos de residuo de látex en superficie.

En definitiva, todos los productos ensayados cumplieron el efecto barrera contra la migración de los aceites que contiene la silicona, puesto que el FTIR no identificó residuo alguno procedente de la silicona o del agente tixotrópico.

El espectro FTIR correspondiente a la probeta de látex 1:2 y PVOH, revela que no existe ningún residuo del separador. Esto indicaría que la combinación de ambos productos sería apta para la creación de la capa interfaz entre el elastómero silicónico y la terracota.

Por el contrario, la figura 4, corresponde a los espectros de la terracota virgen, el separador comercial Silical 100 y la probeta de Silical 100 tras la remoción, observándose con claridad que existe residuo del producto.

### 5.4. Colorimetría

Esta técnica permite cuantificar la diferencia cromática entre dos o más colores con gran exactitud (Martínez, 2007). La medición

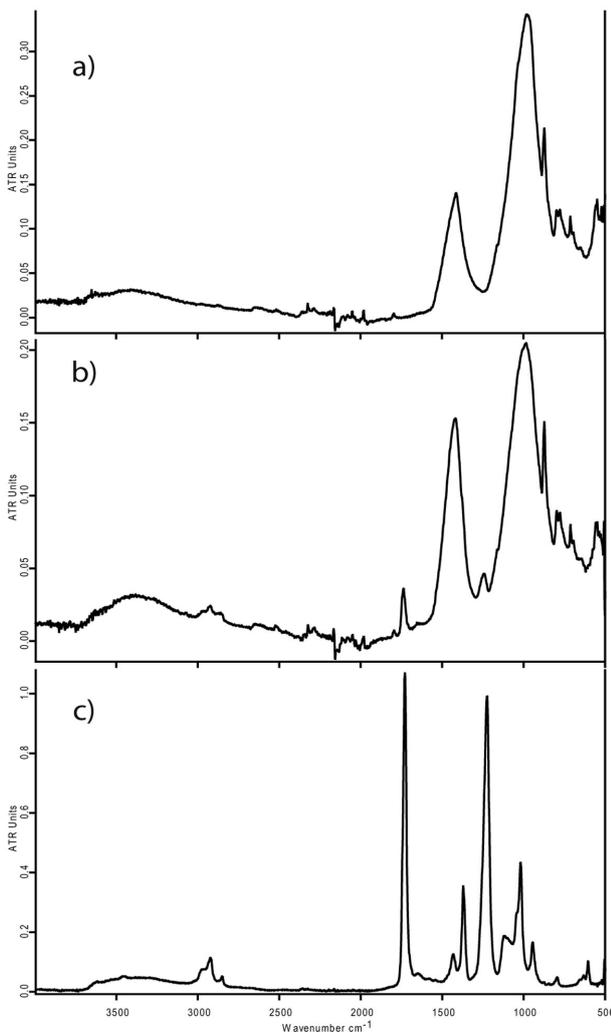


Figura 4a. Espectro FTIR de la terracota virgen

Figura 4b. Espectro FTIR de la probeta de Silical 100 tras la remoción

Figura 4c. Espectro de Silical 100 destacante para moldes

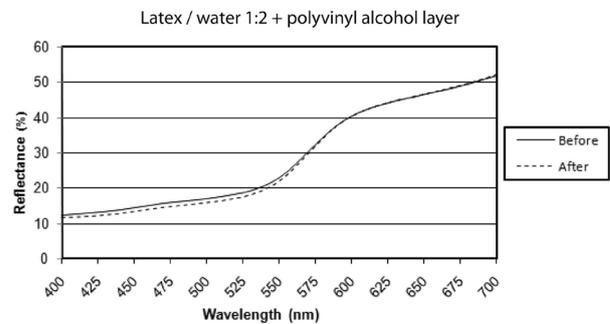


Figura 5. Espectro de la probeta de Látex 1:2 + PVOH

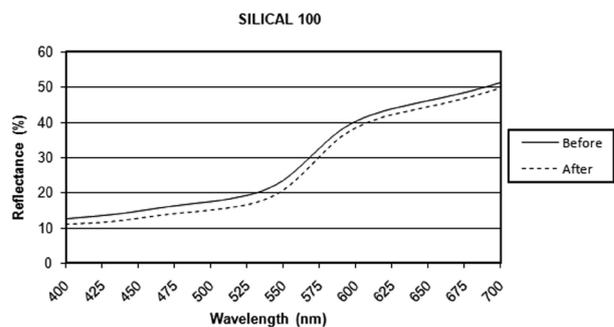


Figura 6. Espectro de la probeta de Silical 100

de los puntos-clave de las probetas se realizó antes de la aplicación del desmoldeante y después de su remoción, con el objetivo de evaluar el cambio cromático. Las mediciones se repitieron tres veces y se calculó la media y desviación estándar. La tabla 2 resume las coordenadas cromáticas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (según sistema CIELAB) y la variación de color total, obtenidas en las probetas de cada uno de los desmoldeantes estudiados sometidos a ensayo de envejecimiento acelerado por irradiación con luz ultravioleta. De este modo,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*(1)$  corresponden a las medidas tomadas sobre la probeta antes de la aplicación del desmoldeante y  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*(2)$ , a las adquiridas después de la remoción del mismo.

Los resultados cromáticos obtenidos indican que el látex puro ( $\Delta E^*=0.7$ ) y el látex aplicado en combinación con PVOH ( $\Delta E^*=0.8$ ) (Ver figura 20), muestran una modificación cromática imperceptible para el ojo humano, siendo su uso indicado como separador en este tipo de soportes de terracota. Las probetas en las que se aplicó la combinación de CDD y látex (LAIEX) exhibieron una variación de color total de 2.4, que se tradujo en un ligero oscurecimiento. Por el contrario, las probetas con CDD y látex (CTS), Silical 100 y PVOH presentaron un oscurecimiento mayor ( $\Delta E^*=3.3/3.4$ ).

Los gráficos espectrales muestran los cambios cromáticos experimentados por las probetas con la aplicación del desmoldeante. En la primera gráfica espectral (Ver figura 5, látex 1:2 + PVOH) se puede observar que apenas hay diferencias entre el espectro correspondiente a la probeta antes de aplicársele el desmoldeante (antes) y el de la probeta tras su aplicación y remoción (después). Sólo se aprecia un pequeño descenso en el intervalo de longitudes de ondas cortas y medias (azules y verdes), que al perder ligeramente cromatismo potencia las tonalidades cálidas (anaranjadas).

No obstante, tras la aplicación y posterior eliminación del látex 1:2 + PVOH se produce un imperceptible oscurecimiento de la muestra y, por ende, desestimable.

En cambio, el espectro correspondiente al Silical 100 (Ver figura 6) presenta el mayor de los cambios cromáticos sufridos por las probetas y, por tanto, perceptible. La remoción del desmoldeante produjo un descenso en la reflectancia a lo largo de todo el espectro (líneas casi paralelas), si bien algo inferior en la franja de los amarillos y los rojos.

Separador	Disolución	Textura	Aplicación
Látex	Puro	Homogénea, semitransparente	Rápida
<i>Bicapa:</i> Látex + PVOH "Gelvatol"	Látex: agua (1:2) 100g PVOH + 5cm <sup>3</sup> Alcohol etílico x 1l Agua	Homogénea, transparente	Regular
PVOH "Gelvatol"	12.5g PVOH + 0.625 cm <sup>3</sup> Alcohol etílico x 25 ml Agua	Homogénea, transparente	Rápida
Silical 100	Comercial	Transparente	Rápida
<i>Bicapa:</i> film CDD + capa Látex (CTS)	CDD50%Xileno + Látex Puro	Homogénea, opaca	Lenta
<i>Bicapa:</i> film CDD + capa Látex (LAIEX)	CDD50% Xileno + Látex Puro	Homogénea, opaca	Lenta

Tabla. 1. Desmoldeantes ensayados

PVOH = alcohol polivinílico, CDD = ciclodecano

Nombre	$L^*(1)$	$L^*(2)$	$\Delta L^*$	$a^*(1)$	$a^*(2)$	$\Delta a^*$	$b^*(1)$	$b^*(2)$	$\Delta b^*$	$\Delta E$
CDD + Látex (CTS)	58,78	56,93	-1,85	18,38	20,20	1,83	23,58	25,60	2,02	3,3
Látex +PVOH	58,35	58,8	0,42	18,35	18,9	0,56	23,51	23,9	0,41	0,8
Látex	58,76	58,3	-0,46	18,82	19,4	0,54	24,08	24,1	0,06	0,7
PVOH	59,05	57,11	-1,95	18,05	20,40	2,34	23,55	24,96	1,41	3,4
Silical 100	59,12	56,12	-3,00	18,19	19,46	1,27	23,38	24,18	0,80	3,4
CDD + Látex (LAIEX)	57,54	57,13	-0,40	20,14	21,71	1,57	24,68	26,44	1,76	2,4

Tabla. 2. Comparación de los valores de coordenadas cromáticas y color total de las probetas

PVOH = alcohol polivinílico, CDD = ciclodecano,  $L^*(1)$  = luminancia antes de la aplicación del desmoldeante,  $L^*(2)$  = luminancia después de la remoción del desmoldeante,  $\Delta L^*$  = incremento de luminancia,  $a^*(1)$  = coordenada cromática  $a^*$  antes de la aplicación del desmoldeante,  $a^*(2)$  = coordenada cromática  $a^*$  después de la remoción del desmoldeante,  $\Delta a^*$  = incremento de  $a^*$ ,  $b^*(1)$  = coordenada cromática  $b^*$  antes de la aplicación del desmoldeante,  $b^*(2)$  = coordenada cromática  $b^*$  después de la remoción del desmoldeante,  $\Delta b^*$  = incremento de  $b^*$ ,  $\Delta E$  = variación de color total

## 6. CONCLUSIONES

La elección del desmoldeante juega un papel fundamental en la elaboración del molde y depende en primera instancia de la naturaleza del original y el material de molde. El uso incorrecto del desmoldeante podría deteriorar el original.

El destacante idóneo deberá crear una capa interfaz entre el elastómero silicónico y el original, lo suficientemente fina como para no interferir en la textura del objeto y con la consistencia necesaria que posibilite el efecto barrera. En el caso de la terracota, la combinación del látex y PVOH resultó ser el desmoldeante que mejores resultados ofreció.

Tanto el látex diluido en agua en la proporción 1:2 como el látex puro tienen la capacidad de crear un film sutil fácilmente reversible. La elección del primero, responde a la necesidad de obtener una impronta lo más sutil posible. Además, la dificultad de aplicar el látex de manera homogénea aumenta cuando se lleva a cabo sin diluir.

Los desmoldeantes ensayados PVOH, Silical 100, CDD se desestimaron puesto que su aplicación genera cambios cromáticos en la superficie de la terracota. Los residuos del PVOH y el Silical 100 son más acusados. En ambos, la remoción del producto es una tarea lenta y en el caso del Silical 100 no se elimina fácilmente con agua ni es apto para piezas porosas como indica su ficha técnica.

El CDD tiene la propiedad de sublimar y aplicado sobre la superficie de un objeto se vuelve hidrorrepelente. Sin embargo, el CDD por sí sólo no actúa como agente separador; suele combinarse con el látex u otros productos para conseguir el efecto desmoldeante. Además, cada material precisa de la aplicación de un número determinado de capas de CDD en una proporción distinta hasta conseguir obturar el poro del material original. Aplicado sobre superficies porosas el número de capas debe aumentarse.

El látex aplicado sobre el CDD deberá contar con un espesor que impida la migración de los aceites de la silicona al objeto. El látex suministrado por la empresa "Laix" logra crear grosores considerables por la adición de un espesante acrílico de alta viscosidad. No obstante, el porcentaje de amoníaco de este látex es superior al que proporciona la empresa comercial CTS; con lo cual es menos recomendable porque puede manchar el original si la barrera creada por las capas de CDD no es la apropiada.

El control de la temperatura y grado de disolución de la mezcla será decisivo en la aplicación de los desmoldeantes. En el caso del CDD, además de la temperatura de la disolución, influye también la temperatura del ambiente; a temperaturas más altas, mayor velocidad de sublimación. Por otro lado, a mayor disolución del CDD mayor será la heterogeneidad de la capa y viceversa.

La observación visual combinada con la microscopía óptica ha facilitado una primera información general que, constatada por medio de la colorimetría (capaz de ponderar los cambios cromáticos que experimenten las probetas) y la espectroscopía FTIR (indicador de la presencia de residuos en las mismas), ofrece resultados ciertamente viables.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda prestada en el desarrollo de esta investigación al Museo de Prehistoria de Valencia, al Instituto de Restauración del Patrimonio y al Departamento de conservación y restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia. Así mismo, este trabajo ha sido financiado mediante los "Primeros proyectos de investigación I+D N° de referencia 3247\_2008," de la Universidad Politécnica de Valencia.

## BIBLIOGRAFÍA

Almagro Gorbea, M.J. (1980): 'Iconografía, significado y funcionalidad de las terracotas ibicencas', en *Corpus de las terracotas de Ibiza*, Biblioteca Praehistórica Hispana XVIII, Madrid, 299-310.

Almagro Gorbea, M.J. (1980): 'Técnicas para la fabricación de las terracotas', en *Corpus de las terracotas de Ibiza*, Biblioteca Praehistórica Hispana XVIII, Madrid, 17-24.

Aubert, M. E. (1983): 'Los ex-votos', en *El santuario de Es Cuiram*, Ibiza, 13-27.

Bourbon, M. (1990): 'Nuove esperienze sui calchi per conservazione', *Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di restauro di Firenze*, Edito da Vallardi i Associati, Firenze, 101-126.

Brandi, C. (1999): 'Carta del Restauro 1972', en *Teoría de la restauración*, séptima edición, Ed. Alianza, Madrid, 133.

Brandi, C. (1999): *Teoría de la restauración*, séptima edición, Ed. Alianza, Madrid.

Brückle, I., Thornton, J., Nichols, K. and Strickler G. (1999): 'Cyclododecane: Technical note on some uses in paper and objects conservation', *Journal of the American Institute for Conservation* 38 (2) 162-175.

Cagna, M. and Riggiardi, D. (2006): 'Control of sublimation time of Cyclododecane used as a temporary fixative', in the *Care of Painted Surfaces: Materials and methods for consolidation, and scientific methods to evaluate their effectiveness, to the Third International Conference, Colour and Conservation*, 10-11 November 2006, Ed. CESMAR7, Milan, 89-95.

*Catàleg Servei d'investigació Prehistorica* (1992): ficha técnica n° 4560, Diputació de València, Valencia.

CTS S.r.l. (acceso 30 junio 2008): <http://www.ctseurope.com/catalogo.asp?lingua=ESP>.

Dowcorning (acceso 4 julio 2008): <http://www.dowcorning.com/applications/search/default.aspx?R=2260EN>.

G.C. Agar agar S.L. (acceso 6 julio 2008): <http://www.agaragar.net/>.

Gorbea, M.J. (1980): 'Bustos', en *Corpus de las terracotas de Ibiza*, Biblioteca Praehistórica Hispana XVIII, Madrid, 205.

Laix S.L. (acceso 10 julio 2008): <http://laix.com/sectores/otros.html>.

Macarrón Miguel, A. y González Mozo, A. (1998): 'Las copias y reproducciones', en *La conservación y restauración en el siglo XX*, Ed. Tecnos, Madrid, 39-44.

Maish, Jeffrey P. and Risser, E. (2002): 'A case study in the use of cyclododecane and latex rubber in the molding of marble', *Journal of the American Institute for Conservation* 41 (2) 127-137.

Manganelli Del Fra, C. (1990): 'L'impiego di un elastomero fluorurato come distaccante nella realizzazione dei calchi', *Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di restauro di Firenze*, Edito da Vallardi i Associati, Firenze, 148-149.

Martínez Bazán, M.L. (2007): *Colorimetría aplicada al campo de la conservación y restauración*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Mas Barberà, X. (2006): *Estudio y caracterización de morteros compuestos, para su aplicación en intervenciones de sellados, reposiciones y copias, de elementos pétreos escultórico-ornamentales*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Mas Barberà, X., Grafiá Sales, J.V., Ortí Mateu, V., Roig Salom, J.L., Sanmiguel Sampedro, L. y Marco Gisbert, S. (2006): 'Aplicación de un nuevo material filmógeno como desmoldeante -interfaz soporte/elastómero- en la reproducción de piezas porosas', en *16th International Meeting on heritage Conservation*, 2-4 noviembre 2006, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia Vol. II 655-661.

- Matteini, M., Moles, A. y Tosini, I. (1990): 'Interazioni tra i materiali costitutivi dei manufatti e le sostanze utilizzate per il calco: controllo di alcune procedure', *Ministeri per i beni culturali e ambientali, Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di Restauro di Firenze*, Edito da Vallardi Associati, Firenze, 138-147.
- Midgley, B. (1993): 'Confección de moldes', en *Guía completa de escultura, modelado y cerámica. Técnicas y materiales*, segunda edición, Ed. Turson, Madrid, 64-75.
- Muros, V. and Hirx J. (2004): 'The use of cyclododecane as a temporary barrier for water-sensitive ink on archaeological ceramics during desolation', *Journal of the American Institute for Conservation* 43 (1) 75-89.
- Navarro Lizandra, J. L. (2002): 'Moldes y reproducciones', en *Maquetas, modelos y moldes*, Ed. Universitat Jaume I, Col.lecció treballs d'informàtica i tecnologia núm.4, Castellón, 158-160.
- Pereira, C. (2005): *Conservación Restauración de escultura contemporánea*, Universidad Complutense de Madrid.
- Pereira, C. (2008): 'Conservar La información. Clones y documentación', en *Congreso Criterios y Normativas en la Conservación del Patrimonio*, 4-8 febrero 2008, Instituto Valenciano de conservación y restauración de Bienes Culturales, Valencia.
- Pereira, J. (acceso 29 agosto 2008): 'Moldeo sobre materiales porosos usando siliconas e hidrocoloides como medio de protección', <http://www.curator.jpereira.net>
- Pereira, J. y Olalla, L. (acceso 28 julio 2008): 'Moldes', [http://usuarios.lycos.es/arqueo/conserva\\_restaura/moldes.htm](http://usuarios.lycos.es/arqueo/conserva_restaura/moldes.htm)
- Picard. C. (1972): *Figurines de terre cuite du Musée Prehistoria*, Archivo de Prehistoria Levantina XVIII, 87.
- R.I.L.E.M.-I.1. Reunion International des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les matériaux de et les constructions (1980): 'Porosity accessible to water', en *R.I.L.E.M. Commission pierres, Groupe 25 PEM. Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement. Protection et érosion des monuments*, Matériaux et Constructions 13, 214-216.
- Rodríguez Izquierdo, A. (2008): *Estudio y aplicación de separadores en el moldeo de originales. El caso de un busto fenicio de terracota*, Universidad Politécnica de Valencia.
- Roig Salom, J.L. y Mas Barberà, X. (2007): 'Introducción. Argumentación teórica', en *Métodos de sustitución, La copia escultórica*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 6-12.
- Rosier, P. (1998): 'Les matériaux', en *Le moulage*, Ed. Dessain et Tolra, Turin, 63-83.
- Santonja Jimeno, A. (2007): 'Agentes de desmoldeo', en *El prototipo como proceso del diseño industrial II. Moldes y reproducción de prototipos*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 143-146.
- Stein, R., Kimmel, J., Marincola, M. y Klemm, F. (2000): 'Observations on Cyclododecane as a Temporary Consolidante for Stone', *Journal of the American Institute for Conservation* 39 (3).
- Tossini, I. (1999): 'Il calco dei manufatti storico-artistici mediante elastomeri siliconici', *Rivista dell'Opificio delle Pietre Dure e Laboratori di restauro di Firenze* 11 178-190.

English version

TITLE: *Analysis and application of separators for moulding originals. The phoenician bust of Puig des Molins, Ibiza*

ABSTRACT: *This study assesses different organic separators used as protection in the process of moulding originals, in this case, for use in reproduction of the female terracotta bust in Puig des Molins, Ibiza (Punic age, 3rd Century B.C.). The use of an inappropriate separator could cause chromatic changes and the presence of residues on the surface which are difficult to remove. Different separators have been tested to this end (polyvinyl alcohol "Gelvatol" by Agar Agar, latex "Rubber latex 602" by CTS, emulsifying oil "Silical 100 destacante" by CTS and the Cyclododecane "CDD" by CTS) applied on test pieces with characteristics similar to the original. After elimination of the separators and the elastomer, the test pieces were furthermore subjected to accelerated ageing test by UV light irradiation for 360 hours, with the sole purpose of observing the possible chromatic changes and/or surface modifications that these had undergone. The different test pieces were observed under the optical microscope (OM) and the visible spectrophotometer (colorimeter) and in the infrared spectroscopy by Fourier transform (FT-IR). The results obtained have shown that the dual latex/polyvinyl alcohol layer has excellent workability properties, accuracy in the impression, dual barrier/protection effect and reversibility, without any presence of residues. Hence, for the present case studied, the use of the dual layer has come forward as the most ideal separator during the moulding process.*

KEYWORDS: *separators, moulding, terracotta, reproduction, impression, chromatic changes*