

MOLDES DE SILICONA PARA PIEZAS DE MADERA PROCEDENTES DE BARCOS SUMERGIDOS.

Textos: Belén Martínez Díaz¹
y Enrique Toledo Brasal²

Con este trabajo se pretende presentar una alternativa a la extracción de maderas del agua, haciendo moldes de silicona. Para ello, analizaremos primero las causas que nos han conducido a este planteamiento.

En la segunda parte expondremos la experiencia concreta de pruebas de moldes en el barco romano del siglo II en Grum de Sal (Ibiza, Baleares) durante la campaña de 1992, y sus resultados. Por último, ofrecemos tanto los datos técnicos de la silicona utilizada, como la bibliografía.

ANTECEDENTES

La accesibilidad al patrimonio histórico sumergido de nuestro litoral, en los últimos años, ha supuesto la incorporación de dos

nuevos tipos de yacimientos arqueológicos al conocimiento histórico: los fondeaderos y los barcos. Su análisis y el estudio de sus materiales están aportando datos hasta ahora desconocidos sobre las actividades del hombre -guerras, comercio y extracción de recursos alimentarios- realizadas “a través de” o “con el” mar. Pero también ha supuesto un reto para los restauradores integrados en los equipos de trabajo arqueológico, ya que los materiales obtenidos comportan nuevos problemas, desde el momento de su extracción, traslado al laboratorio, tratamiento, y conservación en su museo de destino.

Entre los años 1983 y 1986 realizamos la primera fase de la “Carta Arqueológica Submarina de Ibiza (Baleares)” contando siempre con el apoyo profesional de nuestro amigo Prof. Raúl Amitrano y con su presencia en la campaña de 1985, cuyos materiales quedaron bajo su tutela en la Escuela de Conservación y Restauración de Bienes Culturales; esta colaboración ha dado fruto no sólo en el conocimiento de sus alumnos a la problemática de estos materiales (Curso 1º Arqueología 85-86, 1987), (Medina et alii, 1990), sino sobre todo en importantes trabajos sobre criterios de actuación (Amitrano, 1990, y 1992) para los profesionales de la arqueología marítima.

La recuperación del casco de un barco o de las partes que se

conserven, y posterior tratamiento de restauración (Lopez de Roma, 1985; Perez de Andrés, 1992) requiere tal infraestructura, tanto de instalaciones, materiales y productos, como de medios humanos, que los costos que supondría en la mayoría de los casos una empresa de tal envergadura, son inalcanzables hoy por hoy, teniendo en cuenta las inversiones que se realizan en nuestro país en estos proyectos.

En cuanto a los problemas para la restauración de los materiales extraídos del mar y su acondicionamiento en los museos son numerosos pero ya han sido más frecuentemente tratados (Peterson, 1972; Pearson, 1984; Harrison, 1984; Pérez de Andrés, 1989 y 1991), y no vamos ahora a abundar en ellos.

Por todo lo expuesto anteriormente, nos propusimos en la campaña de 1992 realizar una serie de pruebas de moldes como una alternativa a la de extracción de partes del casco de un barco, o de elementos sueltos del agua.

Obteniendo unos moldes perfectos de estos elementos no sólo conseguiríamos una exposición sin problemas de mantenimiento, sino que también facilitaríamos al investigador un análisis minucioso de determinadas piezas constructivas, fundamentales para su conocimiento, evitando el riesgo de la inmersión y la limitación de permanencia en el fondo (para 24 ms.: 40 minutos).

EL BARCO ROMANO DE GRUM DE SAL

Se encuentra en el fondeadero del mismo nombre al sur del islote de Conejera. (Fig. 1). Este islote se halla al noroeste de la bahía de Sant Antoni. Es un lugar protegido, resguardado del levante y del Noreste por el llamado "Grum de Sal", barra de piedra caliza que entra en el mar; estos vientos son los peligrosos para la navegación en Ibiza, y también es posible lugar de aguada, ya que existe un pozo de agua dulce en una zona inmediata a este embarcadero.

El yacimiento arqueológico ocupa un área de unos 300 m², con una fuerte inclinación Norte-Sur y Este-Oeste, con unas profundidades comprendidas entre 1,5 ms. (costa muy accidentada), y 30 ms.

La superficie está cubierta casi en su totalidad de una pradera de posidonia con algunos claros de arena y cascajo menudo. Los materiales arqueológicos se encuentran bajo la posidonia, al igual que debió estar este barco mercante del siglo II, antes de ser retirada para las excavaciones realizadas en los años 62 y 63 (Vilar Sancho, 1963) y en posteriores expolios, que desde entonces, continúan hasta nuestros días.

El cargamento, parte del cual se encuentra depositado por su excavador, en el Museo Arqueológico de Ibiza, se compone en su totalidad de ánforas Dressell 14b y de gran

cantidad de tapas cerámicas de ánforas. (Fig. 2).

Los dibujos que entonces pudieron conseguir del casco del barco son insuficientes para el conocimiento de las características técnicas de esta embarcación, por ello nos planteamos en la segunda fase de la mencionada carta arqueológica -campanas 1991 y 1992-, incluir la documentación gráfica del casco, debido sobre todo al constante expolio que sufre, y a la reactivación del deterioro biológico que le ha supuesto perder la carga anfórica que le protegía.

Los trabajos de restauración³ funcionaron al mismo tiempo que los de documentación arqueológica, y los dos primeros problemas que nos planteamos fueron las zonas y los materiales para realizar los moldes.

Existen pocas experiencias en este tipo de procesos subacuáticos. Nuestras actuaciones en esta campaña se han centrado sobre todo en un estudio sistemático y un mejor conocimiento, tanto del material de moldeo y su comportamiento en medios subacuáticos, como en la manipulación de éste, ya que cualquier proceso en este medio, por sencillo que sea, duplica en dificultad a los que se realizan en superficie.

Existen en el mercado gran cantidad de productos de moldeo, así como materiales de reproducción cuya textura es similar a los originales. En

nuestro caso la elección de un material adecuado no nos supuso un problema grave. Se han desechado materiales en los que la reacción con el agua es imprescindible (escayola, alginato elástico, etc...) o aquellos en que es necesaria la evaporación de un disolvente como el caucho prevulcanizado en emulsión (latex). Tampoco aquéllos que se licuan con la acción de calor son adecuados para su manipulación en el medio subacuático. Por tanto, únicamente, podíamos optar por la elección de uno u otro material sintético, en este caso la silicona.

Este producto tiene las características adecuadas para su uso en un medio tan inadecuado como en el que nosotros vamos a trabajar:

- Reproduce el original con un máximo de fiabilidad.
- Se puede conseguir un tiempo adecuado de reticulación con el mayor o menor adición de catalizador.
- Una vez endurecido es muy elástico y por tanto puede ser extraído del original sin dificultad.
- No se adhiere
- Sobre todo reacciona en contacto íntimo con agua.

Por contra, posee una serie de características que hacen de él un material de difícil manejo en este elemento.

- Se trata de un líquido
- Es tóxico
- Su elasticidad, una vez endurecido, exige la

fabricación de un contramolde o cama.

LOCALIZACION DE LAS ZONAS DE ACTUACION

Nuestro primer paso a la hora de actuar sobre la estructura del barco consistió en la localización de las zonas en las que se iban a realizar las pruebas. En gran parte, al tener este trabajo carácter experimental, estuvimos supeditados al ritmo del trabajo de documentación arqueológica. Se delimitaron dos zonas, que por sus características, entrañaban distintos problemas a la hora de ejecutar el moldeo. La primera de ellas se localiza en el Norte de la estructura descubierta y corresponde a una zona entre varengas con poca inclinación y en muy buen estado de conservación, es decir, poco ataque de microorganismos y buen estado de la madera en general. La elección de una zona que en teoría resultara tan sencilla a la hora de actuar se explica por la necesidad de familiarizarnos con el material y encontrar una buena forma de aplicación, lo que facilitaría después la actuación sobre la segunda zona en la que las dificultades de ejecución de un molde aumentaban, ya que situada en el S-W de la estructura, correspondía a una madera (probablemente varenga) semianclada en el fango por lo que presentaba una de sus superficies con gran pendiente siendo el resto verticales; en ellas podríamos estudiar el proceso de sujeción del elastómero con la

adición de un espesante o armadura.

MUESTREO

Una vez elegidas las zonas sobre las que se realizarían las pruebas de moldeo, nuestro trabajo se centró en las inmersiones de días posteriores, en la realización de un muestreo sistemático con elastómero y distintas proporciones de catalizador. Este, realmente, ha sido el único parámetro variable ya que la profundidad (20-21 m) y la temperatura ($25 \pm 1^\circ \text{C}$) han permanecido apenas invariables, siendo otros factores inoperantes a la hora de trabajar en esta fase de muestreo, aunque en el momento de realizar las pruebas entró en juego otro factor, probablemente de igual importancia que el primero, que es la densidad de la mezcla.

Para las muestras se contó con pequeños recipientes del tipo de análisis clínicos (100 ml), en los que se transportaba la silicona hasta la excavación. Allí mismo se adicionaba el catalizador previamente dosificado en otro recipiente, ya que si este proceso lo realizamos en el laboratorio y por la distancia del lugar de trabajo, la silicona reticularía antes de su aplicación.

La primera muestra se llevó a cabo con 50 ml de elastómero con un 5% de catalizador. Esta proporción es la que recomienda el fabricante, por lo que fue la que decidimos tomar como

referencia. La aplicación no planteó problemas ya que se derramó el producto sobre una concavidad de la madera en la que permanecería 24 h. Tiempo que corresponde con la inmersión del día siguiente y suficiente como para que el producto reticule sin anomalías.

Una vez aplicada parte de la muestra (25 ml), se extrajo el resto para poder seguir directamente el proceso de reticulación en el laboratorio. Proceso que resultó normal en la muestra, no siendo así en la que habíamos aplicado sobre la superficie de la madera.

Observando, pudimos llegar a la conclusión de que el reticulado se había realizado con mucha más rapidez de lo previsto, ya que el elastómero no había grabado apenas superficie y no había sufrido escorrentías. Nuestra decisión consistió, por tanto, en realizar una segunda muestra con menor porcentaje de catalizador.

La segunda muestra aplicada consistió en 50 ml de elastómero con la adición de un 2,5% de catalizador. Nuestro objetivo era marcar unos parámetros entre los que poder controlar la velocidad de reticulación. La muestra fue aplicada igual que la primera vez, extraída y transportada parte de ella al laboratorio donde seguiríamos directamente el proceso. Efectivamente pudimos alargar con este porcentaje el tiempo de reticulación en un amplio margen, lo que probablemente se vería

confirmado con la extracción de la muestra del fondo.

Una vez examinada pudimos comprobar que realmente el grabado se había producido con exactitud y que la escorrentía no había sido excesiva. Aún siendo la experiencia satisfactoria se realizó una tercera con distinto porcentaje (3`5%), resultando de igual forma, con lo que ya teníamos una base sobre la que comenzar nuestras pruebas.

PRUEBAS DE MOLDE SUBACUATICO

Concluidas las etapas anteriores, marcadas las zonas y experimentado el producto, el paso lógico a seguir era una etapa de pruebas sobre distintas superficies.

El proceso comenzó preparando la zona a reproducir. Para ello se eliminaron elementos extraños como algas, fragmentos cerámicos, etc... y se rellenaron zonas de enganche con la ayuda de plastilina. Como dato a reseñar la plastilina se disgrega en contacto prolongado con líquidos por lo que se debe impermeabilizar. El proceso concluyó con la fabricación de un dique plástico fijado al fondo con pequeñas y finas puntas que no alteren la madera y elevado verticalmente con pequeñas boyas de corcho.

La primera prueba realizada sobre la superficie A se llevó a cabo con un porcentaje del 5% confiando que el propio peso de

la silicona obligara a ésta a depositarse y grabar fielmente la superficie. La aplicación se realizó de forma manual ayudados por espátulas. El proceso de aplicación se alargó a los 50 minutos que duraba nuestra inmersión, período en el que pudimos comprobar que la reticulación era demasiado rápida, impidiendo su manejo y por tanto restando calidad al molde. La reacción fue tan rápida que en el momento de abandonar el fondo, nuestro molde se había convertido en una masa amorfa y endurecida que raramente habría grabado la superficie. La extracción confirmó nuestra primera impresión, pudiendo comprobar que el producto no había grabado con nitidez.

Con los resultados obtenidos de esta primera experiencia, se hacía necesario utilizar un menor porcentaje de catalizador para evitar problemas de aceleración en la reacción de reticulación de la silicona. Así se hizo en nuestra siguiente prueba, bajando este porcentaje en la mezcla a un 3`5%. La aplicación se realizó manualmente dejando que la silicona se adaptara a los relieves de la superficie. Al aumentar el tiempo de endurecimiento y permanecer la silicona fluida durante un período mas dilatado, la decantación del producto hacía que este se depositara en las zonas mas bajas, por lo que la superficie a grabar resultaba ser menor de lo estimado. Después de realizada esta segunda prueba, se planteaba la necesidad de utilización de algún producto espesante. Se debía conseguir que el elastómero

permaneciera sin decantar sobre la zona de estructura que deseábamos reproducir. Para la realización de moldes, en superficie, en elementos verticales y para evitar que el producto descuelgue, se utilizan ciertos tipos de espesantes, cuya función no altera las propiedades del elastómero. Estos espesantes pueden ser: gel de sílice micronizado, fibra de vidrio, etc...

La tercera prueba efectuada se llevó a cabo adicionando a la mezcla elastómero-catalizador, una parte de fibra de vidrio con lo que atenuamos, en gran medida, la decantación del producto, consiguiendo que permaneciera estable sobre la superficie. Aunque los resultados tampoco resultaron ser los deseados debido a que la proporción de fibra de vidrio impedía que el elastómero se depositara sobre la superficie con facilidad, quedando zonas del molde en las que aparecía amalgamada la fibra junto a otras en las que se había completado el grabado.

Se llevó a cabo una cuarta prueba, en la que la mezcla fue espesada con menor cantidad de fibra, con ello se consiguió una mayor fidelidad en el molde

Esta pruebas son las llevadas a cabo durante el desarrollo de la Campaña y se verán complementadas por nuevas experiencias en cámara hiperbárica en el C.N.I.A.S. de Cartagena, junto con las pruebas "in situ" durante las próximas excavaciones.

NOTAS

¹ Arqueóloga del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Ministerio de Cultura. Madrid.

² Restaurador de la Diputación de Toledo.

³ Queremos agradecer desde aquí la colaboración a Luis Carlos Zambrana, licenciado en bellas artes.

CONCLUSIONES

Existen una serie de factores que han determinado en gran medida el desarrollo del trabajo:

- En primer lugar los problemas que planteaba el manejo de la silicona en un medio subacuático, lo que obliga a su casi nula manipulación, y en el caso de que ésta se haga necesaria, es imprescindible el uso de unos guantes protectores que eviten que el producto se adhiera.
- La actuación de la presión, que aunque en nuestras experiencias podemos tomar como constante (20-21 m), acelera la reacción de reticulación lo que hace imprescindible variar las proporciones de catalizador. Se intentará en próximas experiencias delimitar unos parámetros que recojan estas dos posibles variables presión-porcentaje de catalizador para lograr actuar adecuadamente en cada caso concreto.
- Otro dato importante a reseñar es la facilidad de decantación del producto debido a su estado fluido, lo que hace necesaria la utilización de un producto espesante.

DATOS TECNICOS

Al no existir proveedores en nuestro lugar de trabajo, tanto el material de apoyo, como los productos químicos, fueron encargados y enviados previamente.

Los recipientes de muestreo, mezclas y demás son de fácil adquisición en comercios del ramo y para el suministro de elastómero se contó con el asesoramiento de SILICONAS HISPANIA S.A.

Tanto para la realización del muestreo, como de las pruebas se utilizaron

- Recipientes adecuados que facilitaran el transporte y las mezclas.
- Recipientes de medidas graduadas.
- Espátulas plásticas.
- Plastilina, que previamente aislada, fue utilizada para el sellado de grietas y fracturas.
- Elastómero RTV-831 y Catalizador CR-01.

Características:

1. Antes de la catálisis

	RTV-831	CR-01
— Aspecto	Pasta fluida	líquido
— Color	Blanco gris	transparente.
— Densidad a 20°C g/ml Aprox 1'27	0'980	
— Viscosidad a 25° en m.a.s.(1) 20000	20	

2. Catálisis

— Tiempo de trabajo a 20°C.min	45'
— Tiempo de desmoldeo a 25°C	24h
— Dosificación SILICEX RTV-831	100
CATALIZADOR CR-01	5

3. Después de la reticulación

a) Características mecánicas medidas sobre película de 2mm

	<u>4 días</u>
— Dureza Shore A puntos, aprox.	8
— Resistencia a la rotura MP	1'5
— Alargamiento a la rotura %	300

(1) medida en un viscosímetro Brookfield a 25°, con Spindle 4 y velocidad 2'5.

Puede ser utilizado a temperatura ambiente durante unas dos horas.

Para más información sobre características técnicas de los productos se puede consultar con SILICONAS HISPANIA.

BIBLIOGRAFIA

- AMITRANO, R. 1990: "Restauración y arqueología submarina". *Pátina* 4: 3-15.
- AMITRANO, R. 1992: "Restauración y arqueología subacuática". *Cuadernos de Arqueología Marítima*, 1. Cartagena.
- AUTORES: Curso de Arqueología 85-86 1987: "Alteraciones sufridas en un conjunto cerámico "Dressel 20" procedente del medio marino y los efectos resultantes de un cambio ambiental". *Pátina*, 2: 45-49.
- GILROY, D. 1976: "The use of metal impregnated resins for replica and restoration work ". *ICCM*. Vol II, nºI.
- HARRISON, R.F. 1984: "Problèmes de muséologie posés par le patrimoine subaquatique": 139- 168 en *La Sauvegarde du patrimoine subaquatique*. *Musées et Monuments*, 4.
- LOPEZ de ROMA, A. 1985: "Conservación y tratamiento de maderas extraídas en un medio subacuático": 13-30, en *La madera en la conservación y restauración del patrimonio cultural*. Madrid.
- MAURON, G. 1983: "Aquis of silicone resins ". *Studies in Conservation* 28.
- MEDINA et alii 1992: "Tratamiento Anfora Dressel 20. II.". *Pátina* 4: 45- 55.
- MERRYL, D.F. 1980: "Silicone RSA`s: types, properties and uses " *Adhesives age*.
- PARDO JUEZ, A. 1991: "Técnicas de replicado para piezas paleontológicas" *Prensas Universitarias*, Zaragoza.
- PEARSON, C. 1984 "La conservation du patrimoine subaquatique": 81- 136, en *La Sauvegarde du patrimoine subaquatique*. *Musées et Monuments*, 4.
- PEREZ de ANDRES, C. 1989: "Arqueología subacuática y conservación". *Revista de Arqueología*, Nº 93. Madrid.
- PEREZ de ANDRES, C. 1991: "Conservación de materiales arqueológicos de procedencia subacuática", en *Jornadas de Arqueología Subacuática en Asturias*. Oviedo.
- PETERSON, M.L. 1972: "Materials from post-fifteenth century sites": 243-250, en *Underwater archaeology. Museums and Monuments XIII*.
- SEASE, C. "Tratamientos de primeros auxilios para los hallazgos excavados "- *La conservación en las excavaciones arqueológicas*, pag 41-62. *ICCROM*. Roma.
- THOMSON G, WERNER A.E. 1968: "Synthetic materials used in the conservation of cultural property. *UNESCO*, Paris.
- TOWNSEND, S.P. 1972: "Standard conservation procedures": 251-256, en *Underwater archaeology. Museums and Monuments XIII*.
- VARIOS AUTORES 1969: "La conservación de los Bienes Culturales". *UNESCO*. 1984: "Adhesifs et consolidants " *X Congrès International*. París, Sept. 1984. *ICCROM*. Roma.
- VILAR SANCHO, B. y MAÑA, J.Mª. 1964: "Informe sobre la Excavación Arqueológica en la Bahía de San Antonio Abad (Ibiza).", en *Noticiario Arqueológico Hispano VI*, 1962. Madrid: 177-188.
- VILAR SANCHO, B. y MAÑA, J.Mª. 1965: "Informe sobre la segunda Fase de Excavación Arqueológica realizada en aguas de la bahía de San Antonio Abad, de Ibiza.", en *Noticiario Arqueológico Hispano VII*. Madrid: 188-194.

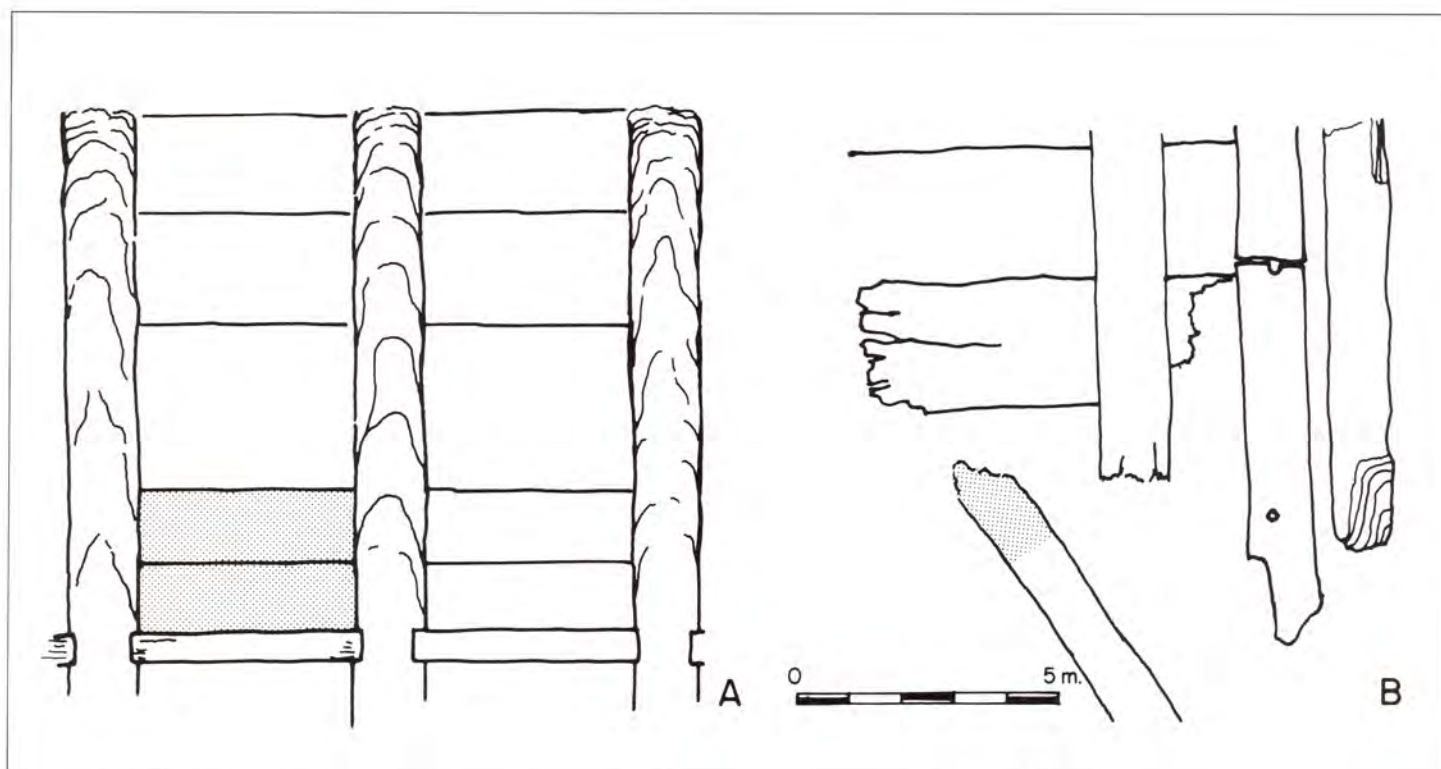


Foto. 1.- Zonas de muestreo.



Foto 2.- Isla Consejera. Ensenada de Grum de Sal. (Ibiza, Baleares).



Foto 3.- Vista general de las zonas elegidas para las pruebas.



Foto 4.- Sellado de figuras con plastilina.

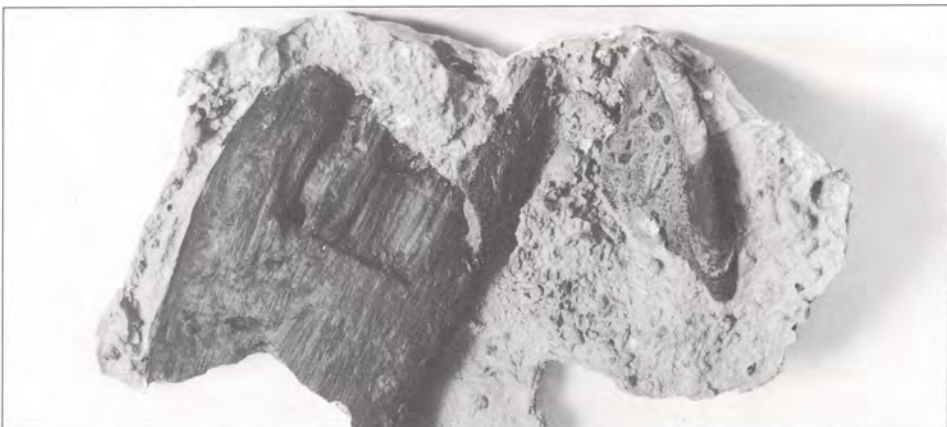


Foto 5.- Vaciado del molde obtenido.