

TFG

MATERIALES Y TÉCNICA EMPLEADOS DURANTE EL MOLDEADO Y COPIA DE UNA ESCULTURA EN BRONCE DEL ESCULTOR PAUL TROUBETZKOY

Presentado por Paco Fernández Cañedo
Tutor: Xavier Mas i Barberà

Facultat de Belles Arts de San Carles
Grado en Conservación y Restauración de bienes culturales
Curso 2014-2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

El objeto de este trabajo es mostrar el trabajo de reproducción desarrollado en una escultura de bronce realizada por el escultor Príncipe Paul Troubetzkoy en París en 1906. Se trata de una pieza adscrita al movimiento impresionista. El propósito final es la obtención de una copia realizada a partir de un molde de elastómero RTV previamente realizado sobre el original. La copia se ha obtenido a partir de una pasta orgánica formada por un aglutinante termoestable y una carga de partículas inorgánicas consiguiéndose el mismo color, textura y peso que el original. Antes de proceder a la elaboración del mismo, se han realizado unas probetas con la intención de optimizar el material de acuerdo a las características del original. Tanto la elaboración del molde, como la preparación de la pieza se han realizado bajo parámetros de respeto a la obra e inocuidad.

Palabras clave: Troubetzkoy, molde, copia, elastómeros, resina de poliéster.

ABSTRACT

The object of this study is to show the reproduction work developed in a bronze sculpture by Prince Paul Troubetzkoy sculptor in Paris in 1906. Piece is attached to Impressionist movement. The final purpose is to obtain a copy made from a mold of RTV elastomer previously served on the original. The copy was made from an organic paste consisting of a thermosetting binding agent and a filler of inorganic particles achieving the same color, texture and weight as original. Prior to its preparation, test pieces were made with the intention of optimizing the material according to the characteristics of the original. Both the development of mold, such as the preparation of the piece has been made within the parameters of respect for the work and safety.

Keywords: Troubetzkoy, mold, copy, elastomers, polyester resins

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS.....	5
3. ESTADO DE LA CUESTIÓN	6
4. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1 CASO DE ESTUDIO.....	12
4.1.1 ESTADO DE CONSERVACIÓN	12
4.2. MATERIALES DE MOLDEO.....	12
4.3. MATERIALES DE REPRODUCCIÓN	13
4.4. METODOLOGÍA	13
4.4.1. PROCEDIMIENTO MOLDE	13
4.4.1.1. ESTUDIOS PRELIMINARES Y TOMA DE DECISIONES	13
4.4.1.2. PREPARACIÓN DEL ORIGINAL	14
4.4.1.3. PRIMERA CARA	15
4.4.1.4. PRIMER CONTRAMOLDE.....	16
4.4.1.5. SEGUNDA CARA	17
4.4.1.6. SEGUNDO CONTRAMOLDE.....	18
4.4.1.7. EXTRACCIÓN DEL ORIGINAL	19
4.4.2. PROCEDIMIENTO DE REPRODUCCIÓN	20
4.4.2.1. REPRODUCCIÓN DE PRUEBA	20
4.4.2.2. ELABORACIÓN DE UNA COPIA EN RESINA DE POLIESTER	20
4.4.2.3. TERMINACIÓN DE LA COPIA	23
5. RESULTADOS	24
5.1. RESULTADOS MOLDE	24
5.2. RESULTADOS DE LA REPRODUCCIÓN	25
6. CONCLUSIONES	28
AGRADECIMIENTOS	30
GLOSARIO.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXO	33

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este estudio se inicia a partir de un encargo del propietario de la obra al Instituto de Restauración de la Universidad Politécnica de Valencia, con la intención de obtener una copia de una escultura de bronce del escultor Paul Troubetzkoy.

La pieza es intervenida por un equipo de restauradores cuyo objetivo ha sido el respeto a la obra, inocuidad de los productos utilizados así como reversibilidad de los mismos de manera que no se vea alterada.

La obra tiene por título “Retrato de Pedro Gil Moreno de Mora” (Figura.1). Está realizada en bronce patinado en negro y se realizó en París en 1906. Sus medidas son 52x15x20cm, y fue fabricado en la fundición Valsuani, de la pieza.



Figura 1. “Retrato de D. Pedro Gil Moreno de Mora”

El artista y Joaquín Sorolla, mantenían una fuerte amistad y fue éste quien presentó a D. Pedro, un coleccionista catalán, que por aquel entonces vivía en París, cerca del estudio del escultor, sito en el barrio Bologne sur Seine.

D. Pedro¹ encargó dos esculturas. Una recostado sobre un sillón muy parecido a otra que el escultor había realizado a Joaquín Sorolla y, la que nos ocupa.

Con el fin de vender la obra mediante subasta en París, los propietarios, a requerimiento de la casa de subastas Tajan², han recabado la ayuda de la CAEM³ (Centro de Arte de Época Moderna), sito en Lleida, para realizar la expertización de la misma.

Paralelamente, se ha decidido realizar una copia de la obra en un material que imite el color, textura y peso, a partir de un molde que el equipo del IRP ha realizado dentro de unos criterios básicos de respeto a la obra en cuanto a los materiales utilizados.

2. OBJETIVOS

La reproducción de originales ha sido y es una solución para la conservación preventiva de obras de arte, garantizando la supervivencia de la obra y conservando la identidad formal de la misma. Las causas que suelen provocar la realización de una reproducción suelen ser el estado de alteración de la obra, la problemática en su ubicación original o por importancia del autor, de la obra, entre otros.

El objetivo primordial ha sido realizar un molde para obtener una copia, a partir de unos materiales que imiten las características (color, textura, brillo, peso) del objeto de este trabajo, el cual está realizado en bronce patinado en

¹ GRIONI, J.S. *Una amistad singular. El escultor príncipe Paul Troubetzkoy y Joaquín Sorolla y Bastida*. Pag 15-20

José Pedro Gil Moreno de Mora nació en París, ciudad en la que se formó como ingeniero y como artista grabador.

² Tajan es una casa de subastas sita en el número 37 de la rue des Mathurins , 75008 Paris

³El CAEM ofrece servicios de estudio, asesoramiento, valoración, tasación, conservación, restauración, autenticación y certificación de obras de arte.

negro. Se ha decidido por un tipo de producto atendiendo al tipo de material del original, y a la reproducción que se quería obtener.

Con el fin de evitar ocasionar cualquier tipo de daño a la obra, presente o futuro, se han tenido en cuenta tanto el empleo de materiales inocuos, como la elección de técnicas de aplicación del producto menos lesivas para la obra.

Otro objetivo se ha centrado en optimizar la pasta orgánica, a partir de probetas, con propiedades organolépticas afines al original.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El moldeado de originales lleva realizándose hace siglos como método de conservación y prevención de daños en obras que, por su ubicación (lugares con mucha humedad, riego, contaminación...), pudieran sufrir daños y por tanto que se desaconseje volver a ubicarlas en su lugar original.

En este caso, la sustitución del original por una copia no sólo no afecta a la comprensión de la obra sino que, si se trata de una buena copia, el resultado es el mismo.

Para la elaboración de copias, tradicionalmente, se han usado la técnica de la talla directa y más adelante, la del “sacado de puntos”⁴. La primera es la talla “a buena vista” por parte del escultor, sólo apoyado por el buen hacer del mismo. Para la técnica del sacado de puntos, se necesita de un utensilio que ayuda a la obtención de puntos sobre el original a diferentes alturas, que luego se trasladarán sobre el material a tallar. Una vez se ha obtenido el punto, se

⁴ MATIA, P.; BLANCH, E. *Procedimientos y materiales en la obra escultórica*. Pág. 22. Consiste en montar un bastidor o cruceta sobre el modelo con tres puntos de apoyo fijos, estos tres puntos se sitúan igualmente en el bloque de madera o piedra donde realizaremos la reproducción. Sobre este bastidor se monta un mecanismo con un brazo articulado que permite alcanzar cualquier punto del modelo a determinar y fijarlo para ser transportado a la reproducción.

marca con una señal. Cuántos más puntos se obtengan, más precisión se obtendrá en la copia.

Un método similar en su concepción es el pantógrafo. Consiste en un brazo articulado que por un lado se pasa el palpador (pieza que el operario hace pasar por la superficie del original) mientras que el otro extremo va tallando la pieza con una broca de devastar.

En el caso de copias que deban ser realizadas en materiales de colada (escayola, porcelana...) se han utilizado los moldes rígidos (escayola). Las piezas se obtenían mediante el vertido del material de colada en su interior, obteniendo piezas, macizas o huecas. Los moldes estaban generalmente formados por varias piezas dependiendo de la dificultad de los detalles del original. El material usado para su elaboración es escayola. Cuanta más dureza tenga la misma mayor número de reproducciones se podrán obtener. Dependiendo del número de contramoldes⁵, se hará la elección del tipo de molde final a elaborar. Los moldes se dividen en “a la italiana”, o “a la francesa”. El primero tiene seis contramoldes y el segundo no tiene un número fijo. Hay que utilizar un separador tanto en la elaboración del molde como en la obtención de reproducciones.

Si el objetivo es la obtención de un molde rápido, existen los moldes de apretón. Se llaman así porque para la obtención del molde se usa un material que pueda adaptarse a los volúmenes y formas del original mediante su aplicación con las manos en la superficie de la pieza. Los materiales usados suelen ser los modelables como la arcilla y la plastilina. Como elemento desmoldeante se usa talco en polvo espolvoreado por la superficie de la pieza. Otro tipo, más preciso, para tiradas muy cortas, en escayola o materiales de similar dureza, son la gelatina de pescado, el agar-agar⁶ (un extracto de alga) o el alginato cálcico⁷. Excepto este último, los otros se preparan en caliente, al baño maría (funden a 90°) y se aplican con pincel o en colada sobre el original. Deben ser reforzados con algún tipo de fibra, entre capa y capa, y es conveniente sujetarlos con un contramolde de escayola. Todos estos moldes sólo sirven para

⁵ NAVARRO LIZANDRA, J.L., *Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas*. Pág. 58

También llamado cajamadre o madreforma. Es un molde de moldes, contiene las pequeñas piezas que conforman el molde para evitar que caigan.

⁶ Es una gelatina vegetal de origen marino. El agar-agar se conoce como material para preparar moldes. Debido a su plasticidad, es capaz de reproducir formas con precisión.

⁷ PEREIRA UZAL, J. *Materiales y técnicas aplicados al moldeo y vaciado de obras de arte*. Pág. 77,78

Es una de las sales del ácido algínico proveniente de algunas variedades de algas

reproducciones en escayola o morteros. Es una buena opción si se busca algo rápido y económico.

Otra de las opciones son los moldes de látex amoniacal⁸. Su aplicación se puede hacer por baño o estratificada, es decir, mediante capas superpuestas, aplicadas con brocha. Debe usarse un separador o desmoldeante entre el original y el molde. Entre capa y capa debe dejarse un tiempo de secado de 30 a 40 minutos. Una vez terminado se cubre con un contramolde que contendrá el molde y evitará deformaciones.

En el proceso del vaciado⁹ del molde, es conveniente aplicar un tapaporos en la superficie del látex para evitar que el amoniaco presente en el mismo pueda inhibir la escayola.

Para el caso de piezas con mucha dificultad o gran cantidad de detalles, en los que se vaya a utilizar como material de colada la resina o epoxi, o se pretenda obtener una gran cantidad de copias, utilizaremos materiales como el caucho o la silicona. Las técnicas de elaboración pueden ser: en bloque o estratificadas.

Hay un tipo de silicona sólido reutilizable, Recusil 0404¹⁰ que se prepara en caliente y así se aplica por colada sobre el original (el cual previamente se ha introducido en una caja). El tiempo de trabajo es muy corto ya que está supeditado al tiempo de enfriamiento de éste. El original debe protegerse con un separador, en este caso, aceite. Al fundirse produce vapores tóxicos. No se debe usar con originales que no soporten las altas temperaturas a las que funde el caucho. En España se comercializó con el nombre de Plastoflex®, pudiendo ser reciclado para otros moldes. Hoy en día no se comercializa.

Más usado, es la silicona¹¹. Hay siliconas de colada, de sellar, silicona reutilizable, silicona tixotrópica, siliconas en pasta¹², de uso alimentario, transparentes y la usada para la obtención de piezas de fundición¹³. Los métodos de elaboración son o bien en bloque o estratificado. En los dos casos la silicona

⁸ PEREIRA UZAL, J. *Materiales y técnicas aplicados al moldeo y vaciado de obras de arte*. Pág 74 Látex para fabricación de moldes flexibles, mediante la técnica de capa sobre capa. Compuesto por una base amoniacal muy concentrada y agua, desprende un fuerte olor mientras se encuentra en estado líquido

⁹Obtención de la reproducción.

¹⁰Es un termoplástico vinílico que funde a 150°

¹¹ Por su composición química de Silicio-Oxígeno, es flexible y suave al tacto, no mancha, no se desgasta, no envejece y es resistente al uso que le den. Se adapta a multitud de formas por lo cual es ideal para moldes

¹² Silicona para aplicar por apretón. Dos componentes que se amasan. Usada generalmente por protésicos dentales.

¹³ Son un tipo de siliconas formuladas para resistir 294°C. Mold Max 60©

debe ser mezclada con un catalizador¹⁴ al tanto por cien que indiquen las instrucciones. Sin embargo en el caso del estratificado debe incorporarse un agente antidescolgante (tixotrópico¹⁵). La aplicación debe efectuarse con una brocha tipo paletina o con espátulas. Este tipo de silicona, tiene un tiempo de trabajo de varias horas y de vulcanizado total de 24 horas. Para el uso de este material debe utilizarse una bomba de vacío ya que debido a la alta densidad del mismo retiene una gran cantidad de burbujas en su interior, provocando menor resistencia y desgarros. En el caso de la silicona de sellar¹⁶, el tiempo de trabajo se reduce ya que lleva el catalizador y un acelerador.

Cuando se trata de reproducir una obra de arte, debido al cuidado extremo que el restaurador debe tener con la misma, es conveniente aplicarla mediante estratificado y no por colada.

Los moldes elásticos pueden combinarse con los rígidos, con el fin de ahorrar material. Las zonas planas, o de poca dificultad pueden obtenerse con resinas o escayola.

Por último, el último método, es la Técnica de prototipado rápido. Es una manera rápida de obtener una copia exacta tridimensional de un diseño generado mediante aplicación CAD¹⁷ en 3d. Hay varias tecnologías. La estereolitografía, es un procedimiento en el cual se solidifica una resina fotocurable (epoxi y resinas acrílicas) en estado líquido, mediante la acción de un láser ultravioleta. Esta solidificación se va realizando por capas hasta completar la pieza. La sinterización selectiva por láser es similar a la anterior pero cambia el material, siendo polvo que mediante un láser es sinterizado (calentado y fundido). También se va realizando por capas hasta completar la pieza. La fabricación por corte y laminado está basado en la creación de prototipos a través de la superposición y pegado de láminas de papel cortadas por láser. Por último el método de la deposición por hilo fundido consiste en la extrusión de una pequeña cantidad de un termoplástico (poliéster) a través de una pequeña boquilla formando cada sección y por tanto la pieza tridimensional.

Como ventajas, hay que destacar la precisión en la obtención del prototipo y que la pieza sobre la que efectuamos la copia no se manipula, evitando todo tipo de daños que un molde podría ocasionar. Como desventajas es el elevado coste de este tipo de impresoras (aunque los precios del mercado van

¹⁴ PEREIRA UZAL, J. *Materiales y técnicas aplicados al moldeado y vaciado de obras de arte*. Pág. 41 y 42

Agente de curado que provoca una reacción química que propicia el endurecimiento de la silicona

¹⁵ Agente que altera las propiedades de la silicona haciéndola más densa y espesa.

¹⁶ Usada para sellar e impermeabilizar, en fontanería o cristalería.

¹⁷ Computer Aided Design. Grupo de herramientas que permiten trabajar con formas tridimensionales

disminuyendo progresivamente), los materiales son caros y no son válidos para la realización de copias cuando éstas deban imitar perfectamente ciertos materiales. Esta máquina ha sido concebida para el diseño de producto, de prototipos generalmente. Aunque actualmente se están desarrollando impresoras de gran tamaño, usando materiales como la arena de sílice.

Otro aspecto tan importante como el material utilizado para la obtención de moldes es la elección del agente separador o desmoldeante. Su función es la de aportar una película aislante, que facilite la separación entre el molde y el original. Debe ser compatible con el material del modelo y debe protegerlo, no incorporar elementos extraños y residuos al mismo color, textura, entre otros. Debe ser fácil de aplicar y de controlar así como de eliminar después de ser usado. Otro aspecto importante es la toxicidad, que debe ser baja y, si es posible, inocua.

En la elección del mismo debemos tener en cuenta el tipo de material del original (madera, piedra, policromados), el estado de conservación (alteraciones y daños), que tipo de detalles presenta, la textura, la porosidad entre otros. Un aspecto a tener en cuenta es que el separador elegido no modifique la textura original del modelo, por tanto la aplicación debe ser sutil, pero efectiva.

El método de aplicación puede ser pincelado, en spray, aplicación de un film, inyectado, estampado...

En la elaboración de moldes tradicionalmente se han usado ceras, estearina¹⁸, aceites y jabones. Estos separadores se aplican sobre la superficie del original antes de proceder a la elaboración del molde. Suelen dejar residuos y manchas sobre las piezas además de incorporar elementos que podrían suponer daños en el futuro.

En restauración la elección del separador es fundamental ya que repercutirá tanto en la conservación de la obra, como en la calidad del molde. Cuanto más porosa es la superficie del original, más protección requerirá. Así evitamos que el material elegido para el molde penetre en los poros y dañe irreversiblemente la obra. Para ello se usa un producto como el ciclododecano¹⁹. Es parecido a la cera, no es tóxico y sublima a temperatura ambiente (pasa de sólido a gas sin

¹⁸ PEREIRA UZAL, J. *Materiales y técnicas aplicados al moldeo y vaciado de obras de arte*. Páginas. 132,133

Disolver la estearina a baño maría, retirar del fuego y añadir el petróleo. Mezclar bien. Guardar en frasco de vidrio bien tapado. Aplicar con pincel.

¹⁹ MAS-BARBERÁ, X. et al. *Estudio del ciclododecano como separador temporal en el proceso de moldeo de materiales pétreos macroporosos*. Páginas 279-284

pasar por líquido). Usa como diluyente un hidrocarburo como el White Spirit al 50%.

Como separadores para moldes realizados en silicona, látex o cualquier polímero, se usan desmoldeantes industriales y vaselinas. Según qué caso, en superficies lisas, sin porosidad acusada y sin demasiados enganches puede obviarse el uso del desmoldeante, dependiendo también de la forma de aplicación del polímero.

En cuanto al material usado para la reproducción, la elección está en función del resultado buscado: el tipo de material a imitar, textura, porosidad, color, lugar de ubicación de la obra...

Tradicionalmente, se han elaborado las copias mediante la talla directa o por sacado de puntos, sobre la piedra, madera... Con el uso de moldes, los materiales usados son morteros de cemento, yesos, resinas termoplásticas y termoestables.

Al hablar de morteros nos referimos a la mezcla de carga, con un elemento conglomerante (inorgánicos como la cal o el cemento u orgánicos como las resinas de poliéster) aditivos, como fluidificantes, pigmentos y un diluyente (en el caso de inorgánicos, agua y en el de orgánicos, disolventes orgánicos). La técnica de aplicación puede ser estratificada (con refuerzos de fibras vegetales, vidrio...) o por colada.

La dosificación determinará la resistencia, textura, color y dureza de la reproducción.

Las resinas de poliéster, a parte de la carga necesitan de un acelerador que marca el tiempo de reticulado y un catalizador que produce la reacción química necesaria para que esto se produzca. Al ser productos químicos hay que leer previamente las fichas de seguridad, para adoptar las medidas oportunas para su manipulación. Un aspecto importante a tener en cuenta es que si el acelerador y el catalizador han sido suministrados por separado, nunca juntarlos ya que hay riesgo de explosión. Este producto puede admitir una gran cantidad de carga, por tanto es aconsejable un amasado mecánico y una extracción previa del aire antes de su aplicación por colada. En el caso aplicarse por estratificado, no es necesaria.

Finalmente, la manera de elaborar una pieza por estratificado consiste en la aplicación de capas consecutivas que se van intercalando con fibra de vidrio, con el fin de fortalecer la pieza. Es laboriosa, se necesita de un lugar ventilado. La pieza adquiere gran dureza y escaso peso lo cual posibilita su manipulación. Otro método para reducir el peso es por volteo. La pieza obtenida es similar a una

pieza de porcelana, pero al no tener fibra de vidrio, es frágil. El método que se emplea es el “roto-volteo”²⁰.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 CASO DE ESTUDIO

El objeto de este trabajo es una escultura en bronce realizado por el escultor Príncipe Paul Troubetzkoy en París en 1906. Esta obra está adscrita al Impresionismo. La obra tiene por título “Retrato de Pedro Gil Moreno de Mora”. Está realizada en bronce patinado en negro y se realizó en París en 1906. Sus medidas son de 52x15x20cm cm, y fue fabricado en la fundición Valsuani, según reza en la inscripción en la base de la pieza.

4.1.1 ESTADO DE CONSERVACIÓN

La pieza no presenta ninguna patología. Es una pieza de bronce patinado en negro. Su estado de conservación es bueno ya que ha permanecido en unas condiciones de humedad y temperatura óptimas.

4.2. MATERIALES DE MOLDEO

En este apartado cabe destacar el uso de dos sustancias. Por un lado, la selección del separador, en este caso, dadas las propiedades de la pieza se empleó vaselina²¹ con base acuosa (vaselina filante medicinal). Por otro lado, los materiales necesarios para el copiado de la impronta del original fue vaselina con base de hidrocarburos. La primera se ha aplicado a la pieza de bronce con la intención de no introducir ningún tipo de residuo que pueda en el futuro ocasionar algún tipo de alteración. Un separador fácilmente reversible y nada tóxico.

En cuanto al material usado para el molde, se ha decidido por un molde elástico y más concretamente por silicona de colada (Silicona RTV 3481/981©) a la que se ha incorporado un agente tixotrópico, para proporcionarle propiedades de anti-descuelgue. De tal forma se ha podido aplicar a pincel y espátula. Esta silicona necesita de un agente de curado SILASTIC 81©. Hemos

²⁰PRIME RESINS. *Resources*. [consulta: 2014, junio, 21] Disponible en: <http://primeresins.com/resources/videos/>

Técnica de reproducción de piezas en hueco, mediante un proceso de giros a modo del volteado manual

²¹ En pasta de color blanco-translúcido. Aspecto graso, inodoro y untuoso al tacto. El principal uso de este tipo de vaselina es como separador de moldes de silicona realizados en dos partes, evitando que las partes se adhieran entre sí.

utilizado el suministrado por la casa a una proporción del 5%. Producto suministrado por GLASPOL COMPOSITES, S.L.

Para el contramolde hemos utilizado escayola del tipo Álamo 70©, reforzada con fibra de vidrio tipo MAT 300, y varillas de fibra de vidrio. Producto suministrado por GLASPOL COMPOSITES, S.L

4.3. MATERIALES DE REPRODUCCIÓN

Las reproducciones se han realizado en escayola Álamo 70© para las pruebas previas y en resina de poliéster con un agente anti descuelgue (sílice coloidal) para la copia definitiva. El catalizador ha sido el suministrado por, en este caso MetilEtilCetona (MEK) a una proporción del 2% (por cada 100 gr de resina usaremos 2 gr de catalizador)

Las cargas para la realización de la copia, se han realizado con un particulado de polvo de mármol del tipo impalpable y pigmento de grafito en una proporción de 1:1,5 (1 kg resina X 1,5 kg carga + pigmento suficiente para saturar la mezcla).

La fibra de vidrio es el de tipo MAT.

Productos suministrados por GLASPOL COMPOSITES, S.L.

4.4. METODOLOGÍA

4.4.1. PROCEDIMIENTO MOLDE

4.4.1.1. ESTUDIOS PRELIMINARES Y TOMA DE DECISIONES

Después de estudiar con detenimiento la pieza, se decide por un molde de silicona, aplicada a espátula con un desmoldeante a base de vaselina en lugar del método tradicional por colada. Este método consiste en el colado de la silicona en el espacio vacío generado entre el contramolde o caja y el original. Se ha decidido obviarlo por ser una técnica demasiado agresiva y poder ocasionar daños al original. El único pro, a favor de esta técnica es la posibilidad de extracción del aire previamente a su colado (mediante una bomba de vacío), minimizando la aparición de burbujas.

Se ha preparado una primera prueba con la vaselina, sobre el original con el fin de comprobar su inocuidad. Se ha preparado la silicona. Antes de ser cargada con tixotro, se ha usado una poca cantidad para elaborar unos burlones que más adelante se usarán en el molde.

Se ha aplicado la silicona en dos zonas, y a las 24 h se comprueba que se extraen fácilmente y que no hay rastro de la vaselina.

Se decide hacer el molde a dos piezas, con dos contra-moldes de escayola Exaduro©, reforzados con fibra de vidrio.

El primer paso antes de proceder, es la determinación de la línea que va a separar las dos mitades. Para ello elegimos la rebaba (poco visible) que aún se puede apreciar en el original, producto del molde original.

Para evitar que la reproducción pueda ser entendida como falsificación, se ha colocado una inscripción de plastilina en una zona de la peana poco visible, que reza “copia del original”.

4.4.1.2. PREPARACIÓN DEL ORIGINAL

Se ha decidido aplicar la silicona con espátula con la pieza en horizontal. Para ello, se ha usado una “cama”, consistente en una tabla de dimensiones superiores a la peana del bronce (10 cm por cada lado), que se ha forrado con film transparente. Sobre esta cama, se ha engatado el original, sujetándolo con bloques de poliespan, para evitar daños.

El paso siguiente es la creación del tabique que servirá de separación de cada una de las dos partes del molde. Se ha usado plastilina que se va sujetando a la pieza por la línea de rebaba que se ha decidido anteriormente. El tabique de plastilina debe tener un ancho suficiente para recoger la silicona, el burlón, y la escayola del contra-molde (entre 8 y 10 cm). (Figuras 2 y3)

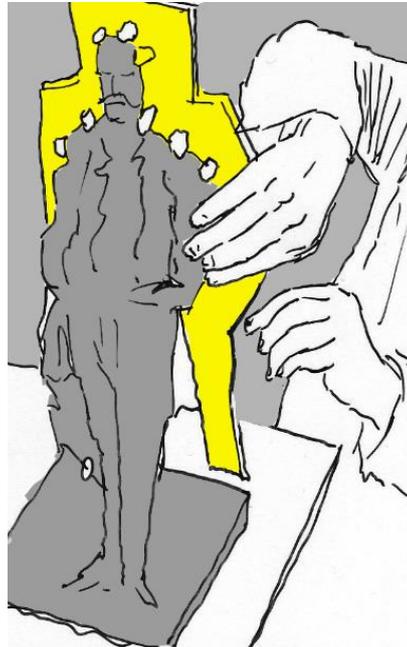


Figura 2. Colocación tabique separador



Figura 3. Tabique separador

4.4.1.3. PRIMERA CARA

Una vez realizado el tabique de separación se ha procedido a su colocación en horizontal.

Se ha aplicado una capa de vaselina con un pincel limpio como separador. Se ha preparado la silicona. La cantidad que se ha usado es de 1'5 kg. Para evitar que la silicona descuelgue, se ha usado un tixotrópico que no afecte al resto de propiedades excepto a su viscosidad. Se ha mezclado el catalizador (MEK al 5%) y se ha aplicado sobre la pieza con espátula, evitando rayar la superficie metálica. (Figura 4)

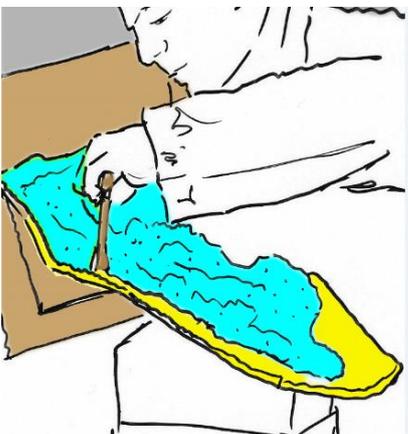


Figura 4. Aplicación de la silicona

Se ha procedido intentando llegar a todos los rincones, especialmente a los que puedan albergar burbujas. Una vez finalizado y mientras la silicona aún está mordiente, se ha colocado en el perímetro del molde, los burlones de silicona que han sido fabricado anteriormente, que servirán para facilitar el ajuste de la silicona al molde.

4.4.1.4. PRIMER CONTRAMOLDE

Transcurridas 24 horas, se ha realizado el contra-molde. Para ello se ha decidido por una escayola con gran dureza y resistencia mecánica, como es Exaduro©, reforzándolo con fibra de vidrio. (Figura 5)



Figura 5. Preparación de la cama para recibir el contramolde

Para evitar posibles enganches, se ha aplicado vaselina a la silicona y se ha dado una primera capa de escayola líquida. Una vez está mordiente esta primera capa, se ha aplicado la fibra de vidrio a la segunda capa. Las tiras de fibra de vidrio que previamente se han cortado, se han empapado con escayola líquida y se han colocado sobre ésta primera capa. (Fig.6)



Figura 6. Realización del contramolde. Aplicación con brocha

Dado que la pieza es más larga que ancha y en el proceso de manipulación de la misma podría fisurarse, se han colocado unas varillas metálicas como refuerzos desde la peana hasta el cuerpo, reforzando así la zona de las piernas, mucho más frágil. (Figura 7)



Figura 7. Refuerzo con varilla de fibra de vidrio del contramolde

4.4.1.5. SEGUNDA CARA

Transcurridas 24 horas, se ha girado la pieza, tumbándola horizontalmente y se ha quitado la plastilina. Con un hisopo en seco, se ha limpiado la superficie del bronce. (Figura 8.)

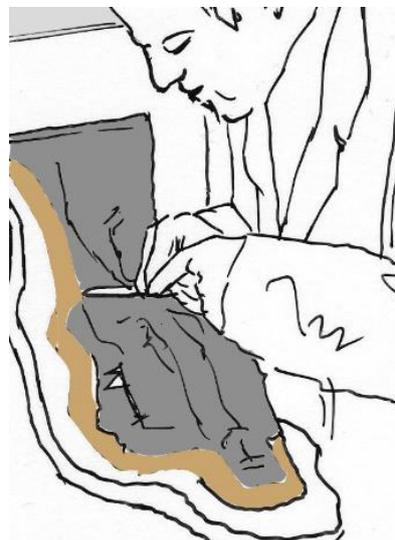


Figura 8.. Limpieza con hisopo

Una vez se ha realizado esta operación, se ha procedido primero a dar una capa de desmoldeante a toda la segunda cara. Se ha preparado la silicona de la misma forma que se ha hecho en la primera cara. Para esta cara se ha usado más cantidad de silicona debido a que hay más salientes y entrantes. Aproximadamente, 2 kg de silicona. (Fig. 9)

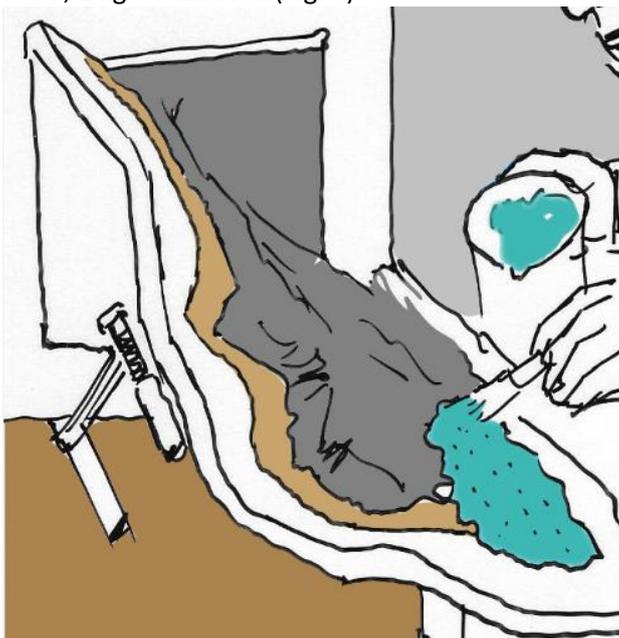


Figura 9. Aplicación de la silicona en la cara posterior

4.4.1.6. SEGUNDO CONTRAMOLDE

En este apartado se sigue el mismo procedimiento llevado en el capítulo 4. Para evitar que la escayola se desborde y poder trabajar con más comodidad se ha colocado un tabique perimetral de plastilina. (Figura 10)



Figura 10. Acabado del contramolde con paletina.

4.4.1.7. EXTRACCIÓN DEL ORIGINAL

Pasadas 48 horas, cuando la escayola ha endurecido se ha procedido a la apertura del molde. Con sumo cuidado, se ha colocado el molde en posición vertical, con la peana hacia abajo, sobre la mesa. Para proceder a su separación se han introducido en la junta varias cuñas de madera. Mediante golpes de mazo se ha ido abriendo la junta hasta su definitiva separación. (Figuras 11 y 12) Se ha separado el molde del original, extrayendo la silicona con cuidado de no ocasionar daños al bronce y al mismo molde. Una vez extraído el original se ha procedido a su limpieza con hisopo en seco.



Figura 11. Apertura del molde mediante el uso de cuñas



Figura 12. Apertura de los contramoldes.

4.4.2. PROCEDIMIENTO DE REPRODUCCIÓN

4.4.2.1. REPRODUCCIÓN DE PRUEBA

Antes de proceder a la obtención de la copia en resina, se han realizado varias pruebas con escayola con el fin de efectuar modificaciones en el molde si se necesitara. La escayola que se ha usado ha sido, Álamo 70©.

A partir de la reproducción obtenida, se ha verificado la presencia de burbujas las cuales se han identificado con el fin de proceder a su eliminación en el original. La presencia de estas burbujas es debida no sólo a la técnica de aplicación del producto así como a la imposibilidad de eliminarlas sino es con una bomba de vacío.

4.4.2.2. ELABORACIÓN DE UNA COPIA EN RESINA DE POLIESTER

Como el fin es obtener una copia lo más idéntica al original, se han realizado varias pruebas con resina, particulado de polvo de mármol del tipo impalpable y diferentes pigmentos (grafito, polvo humo...) en una proporción de 1:1,5 (1 kg resina X 1,5 kg carga + pigmento suficiente para saturar la mezcla). Se ha decidido por el pigmento de grafito, dado que consigue un acabado idéntico con la superficie del original.

Para la elaboración de la copia de resina se han usado los siguientes materiales: resina de colada, catalizador, probetas, pinceles, guantes, gafas, fluido tixotrópico para la silicona así como sílice coloidal para la resina, fibra de vidrio, así como máscara anti-gas con filtro de carbón y la cámara de extracción de gases.

Se ha utilizado una proporción de 1:1,5, por tanto 1 de resina y 1,5 de carga y el pigmento en cantidad suficiente para saturar la mezcla. Se ha preparado una cantidad superior de resina, con el fin de evitar contingencias que puedan surgir en el proceso.

PROPORCIÓN pasta orgánica:

1 PARTE RESINA + 1,5 PARTE ÁRIDO IMPALPABLE DOLOMÍA (300micras TODO A PESO) + GRAFITO (HASTA DARLE COLOR NEGRUZCO, 30 G) + FIBRA DE VIDRIO MAT 300G

El proceso de elaboración de la copia ha sido el siguiente.

Los moldes se han colocado horizontalmente para trabajar en una posición más cómoda. La primera capa se ha preparado con resina y sílice coloidal para evitar que descuelgue. Se ha aplicado a la impronta de los dos moldes y se ha dejado catalizar hasta el estado mordiente (al tocarlo con los dedos, marca la huella y no mancha). En este estado se ha aplicado la fibra de vidrio que previamente se ha cortado en trozos de diferentes tamaños. (Figura 13)



Figura 13. Elaboración de la copia mediante estratificación

En este estado se ha aplicado la segunda capa. El mismo procedimiento que la anterior.

La cantidad de resina usada ha sido de 2.5 kg.

El último paso ha sido la unión de las dos partes de resina obtenidas, que permanecen en los moldes. Para ello, se han unido los dos moldes, atándolos, con gomas y cuerdas de apriete. Se ha colocado todo el molde en posición vertical, con los pies hacia arriba.

Se ha preparado la resina, en la misma proporción pero sin tixotro y se ha procedido a colar, aproximadamente una cantidad de 1/3 del total del molde. Se ha volteado, haciéndolo rodar, con el fin de que la resina se introduzca por los huecos de la escultura. Para esta fase de colada se ha utilizado 2 kg, dejando 0,5 kg para retoques. (Figura 14)

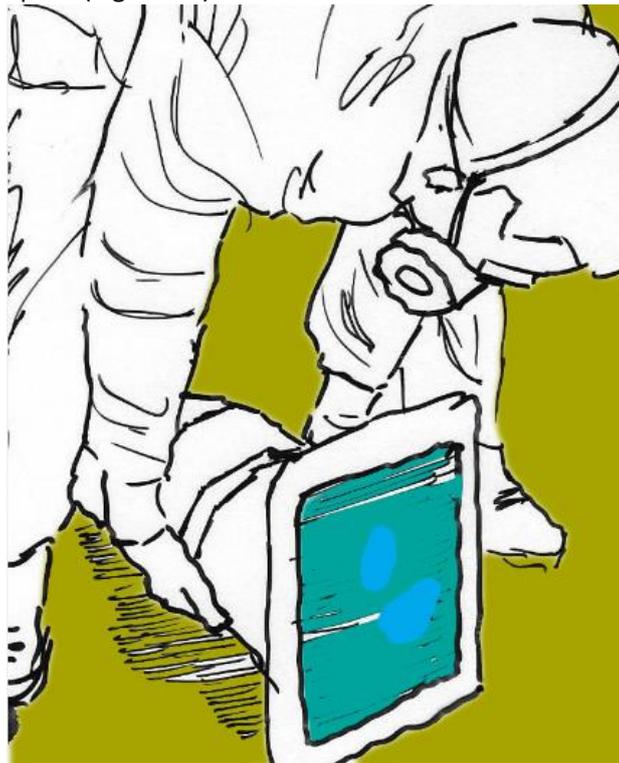


Figura 14. Unión de las dos partes mediante la técnica del volteo

Se ha dejado secar 24 horas, en la cámara de extracción de gases. Para evitar roturas se ha procedido al macizado de la peana dejando los huecos de las piernas libres con el fin de proceder a su relleno posterior. (Figura 15)

Tras 48 horas se ha procedido a la extracción de la copia del molde.

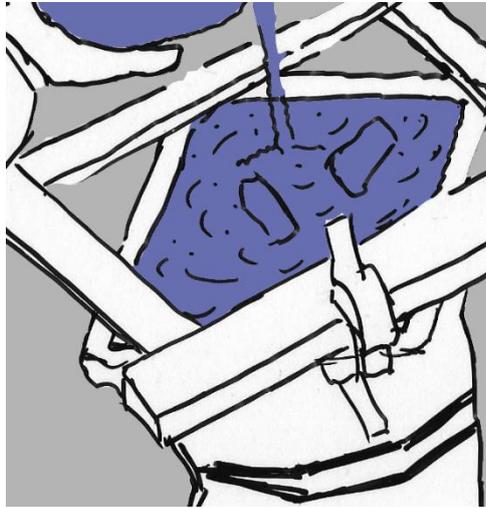


Figura 15. Macizado de la peana

4.4.2.3. TERMINACIÓN DE LA COPIA

La copia obtenida ha presentado algunas lagunas producidas por burbujas de aire que no han sido extraídas en el proceso de elaboración de la misma.

Éstas se han reintegrado volumétricamente utilizando la resina del mismo color que se ha guardado con anterioridad. Las otras burbujas positivas, se han eliminado con micro-motor y fresas de tungsteno.

La rebaba se ha eliminado con limas planas y de cola de ratón, así como lijas de agua en seco, imitando las formas así como las texturas del original. (Figuras 16 y 17)



Figura 16. Eliminación de rebabas con Micromotor



Figura 17. Eliminación de rebabas con limas

Con el fin de hallar el peso de la obra, en primer lugar se ha pesado el original y acto seguido la copia.

Se ha preparado el material que se ha introducido en la pieza que ha sido una mezcla de resina epoxi con carga pétreo (arena gruesa 1,2mm,). Se ha mezclado en proporción 1:9 (resina: árido, a peso).

Una vez se ha obtenido el peso, se ha pasado al acabado definitivo con cepillos de cobre, con el fin de obtener un buen acabado metálico.

En la parte inferior se ha colocado un fieltro de un color oscuro dando así por finalizada la presentación final de la pieza.

5. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS MOLDE

La elaboración del molde se ha completado sin apenas apreciar problemas. La aplicación de la silicona mediante pincel y espátula (Figura 18) ha posibilitado el control sobre la obra en todo momento aunque si bien es necesaria ciertas destrezas por parte del operario con el fin de evitar que la silicona comience a “tirar” con la consiguiente pérdida de tiempo y dinero. El aire contenido en el elastómero, así como su forma de aplicación ha producido algunas burbujas de aire en el molde, las cuales han generado algunas oquedades, que han producido la pérdida de algunos detalles de la escultura, aunque se han producido en partes no visibles de la misma. Para evitar que puedan aparecer positivadas en la reproducción se han tapado anteriormente a esta con un poco de plastilina.



Figura 18. Aplicación silicona con espátula



Figura 19. Aplicación del separador (vaselina)

El separador que se ha utilizado ha permitido la separación de los diferentes moldes con mucha facilidad así como su eliminación. (Figura. 19) En cuanto al contramolde se puede destacar el refuerzo incorporado a través del sistema de varillas de fibra de vidrio así como la aplicación de fibra de vidrio tipo Mat, entre capa y capa de escayola (Figura 20). Dado el tamaño del molde, su forma y grosor podría haberse partido en la manipulación, en cambio con este refuerzo garantizamos su estabilidad. Por el contrario ha sido un lastre en los momentos de volteo debido a su peso (Figura 21). Para futuras reproducciones habría que pensar en un contramolde de resina ya que los tornillos de sujeción son mucho más eficaces que las gomas y posibilitan mayor seguridad en la reproducción. El aligeramiento de peso también ayuda al operario a prevenir problemas musculares derivados de su manipulación.



Figura 20. Aplicación de varillas de vidrio al contramolde



Figura 21. Obtención de la reproducción técnica del volteado

5.2. RESULTADOS DE LA REPRODUCCIÓN

Para la obtención de la copia se ha procedido a la realización de copias de prueba. La primera se ha realizado en escayola Álamo 70©, con el fin de comprobar los posibles fallos que se hayan podido derivar del molde (burbujas en zonas de difícil acceso) (Figuras 22 y 23)



Figura 22. Elaboración de la copia de prueba



Figura 23. Extracción copia de prueba

La segunda es la copia en resina con fibra de vidrio. Se ha esmerilado con una punta abrasiva y microtorno así como diferentes lijas y limas (Figuras 25 y 26)



Figura 24. Elaboración de la copia en resina de poliéster con fibra de vidrio en dos mitades huecas.



Figura 25. Limado de la copia en resina



Figura 26. Microtorneado

Para conseguir el acabado final se ha utilizado una punta de hilos metálicos de color bronce, que han proporcionado unos acabados metálicos muy efectistas. Aunque en un principio se pensó en dar una pátina metálica, los resultados obtenidos han sido completamente satisfactorios.

La copia se ha realizado hueca (Figura 24), con la intención de introducir un material que nos proporcionase el peso exacto de la misma. La precisión ha sido casi milimétrica.

6. CONCLUSIONES

Como hemos dicho anteriormente, la realización del molde está supeditado al tipo de material a reproducir, peso, textura, color... En este caso, la decisión de elaborar el molde, mediante estratificado, en lugar de por colada ha sido un acierto dado que el proceso, se ha controlado en todo momento. El gasto de material se ha minimizado en comparación con el de colada aunque el de mano de obra ha aumentado. El separador, al no ser tóxico no ha añadido ningún tipo de alteración a la obra. Se ha retirado con un hisopo en seco.

Las pruebas, así como la pieza final, han sido entregadas al cliente y el molde ha sido inutilizado (Figuras 27, 28, 29, 30 y 31)



Figura 27. Vista anterior del original y de la copia (Imagen cedida por X. Mas)



Figura 28. Vista posterior del original y de su copia (Imagen cedida por X. Mas)



Figura 29. Detalle de la copia (Imagen cedida por X. Mas)



Figura 30. Detalle de la copia (Imagen cedida por X. Mas)



Figura 31. Detalle de la copia (imagen cedida por X. Mas)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Xavier Mas, y a todos sus colaboradores, por la confianza depositada en mí y, por haberme hecho partícipe en el desarrollo de este proyecto de intervención.

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación “La prevención en escultura y ornamentos en Patrimonio Cultural. Aplicación del sistema bicapa en el proceso de moldeado y preparación de morteros orgánicos en la reproducción” (HAR2011-29538), Ministerio de Ciencia e Innovación Español.

GLOSARIO

Agar agar. Es una gelatina vegetal de origen marino. El agar-agar se conoce como material para preparar moldes. Debido a su plasticidad, es capaz de reproducir formas con precisión.

Aglomerante. Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por mecanismos exclusivamente físicos.

Catalizador. Agente de curado que provoca una reacción química que propicia el curado del poliéster o el elastómero.

Ciclododecano. Hidrocarburo que tiene la capacidad de sublimar a temperatura ambiente (pasa del estado sólido a gas directamente).

Contramolde. Molde que contiene y sujeta otros moldes más pequeños

Desmoldeante. Agente antiadherente que permite extraer una pieza de su molde.

Elastómero. Conjunto de materiales que formados por polímeros que se encuentran unidos por medio de enlaces químicos adquiriendo una estructura final ligeramente reticulada. La principal característica de los elastómeros es su alta elongación o elasticidad y flexibilidad que disponen dichos materiales frente a cargas antes de fracturarse o romperse. Se dividen en termoestables (al calentarlos no se transforman) y termoplásticos (al calentarlos se deforman)

Molde. Es un conjunto de piezas acopladas que previamente ha obtenido la impronta o detalles de un cuerpo sólido.

Moldeado. Realización del molde sobre un cuerpo sólido con el fin de usarlo para la obtención de copias del mismo.

Rotomoldeo. Procedimiento de reproducción de copias por la técnica de colada. Consiste en el volteado mecánico en varias direcciones para facilitar el reparto del producto dentro del molde

Silicona. Es un polímero inorgánico que tiene una gran elasticidad y resistencia a la rotura.

Tixotrópico. Es la propiedad de algunos productos que se manifiesta por el cambio de viscosidad.

Vaciado. Elaboración de la reproducción o reproducciones a partir de un molde.

Volteado. Procedimiento de elaboración de reproducciones a partir de un material que ha sido colado (en líquido).

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- CHAVARRÍA, J. *Moldes*. Barcelona: Ed: Parramón, 2003
- DÍAZ, S.; GARCÍA, E.; *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación y restauración del patrimonio metálico*. Madrid: Ed. Ministerio de Cultura, 2011
- IGLESIAS, J. *Actas de los XIII cursos monográficos sobre el patrimonio histórico: (Reinosa, julio-agosto 2002)*. Cantabria: Universidad de Cantabria, 2003
- MARCOS, C.; AGUILAR, J. *La Fundición artística en la universidad española: la docencia, año 2006*. Ed. Grupo de Investigación Nuevos Procedimientos Escultóricos, 2007
- MATÍA, P. et al. *Procedimientos y materiales en la obra escultórica*. Madrid: Ed. Akal, 2009
- NAVARRO LIZANDRA, J.L. *Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas*. Barcelona: Ed. Universitat Jaume I, 2005
- PEREIRA UZAL, J. *Materiales y técnicas aplicados al moldeo y vaciado en obras de arte*. Ed. Rough Media, 2010
- ROZO, A. *Moldes y reproducciones en la escultura*. Caldas: Ed. Universidad de Caldas, 2006
- SERRA, E. *Guia de l'escultor per a escultors novells*. Barcelona: Ed. Universitat Barcelona, 2010
- VVAA. *Procedimientos y materiales en la obra escultórica*. Madrid: Ed. Akal, 2009.

CATÁLOGOS

- HAIM, DOMINIQUE; NIEBLA, A; NIEBLA, J. 1952. La Baigneuse. En: *Fernand Léger. El cubista afable*. [Catálogo], Girona: Ed. Unicaja, 2008.
- SLADMORE. *Prince Paul Troubeztkoy. The Belle Epoque captured in bronze*. [Catálogo]. Londres: Ed. Sladmore gallery, 2008.

REVISTAS

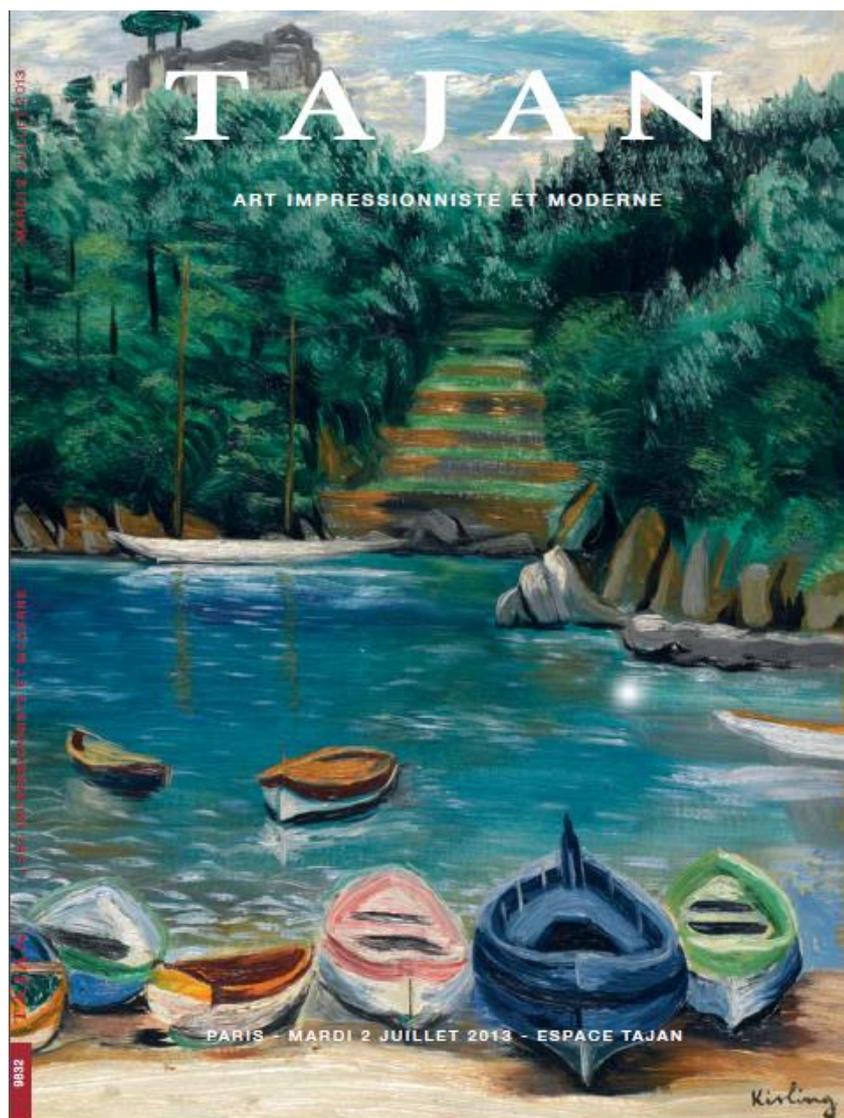
- ABERASTURI, A. et al. Réplicas paleontológicas. En: *Kausis*. Revista de la escuela taller de restauración de Aragón. Departamento de educación, cultura y deporte del gobierno de Aragón. Junio 2010, ISSN: 1885-6071

GRIONI, J.S. Una amistad singular. El escultor príncipe Paul Troubetzkoy y Joaquín Sorolla y Bastida. En: *Goya. Revista de arte*. Fundación Lázaro Galdiano, 2001, ISSN: 00172715

MAS-BARBERÀ, X. et al. Estudio del ciclododecano como separador temporal en el proceso de moldeado de materiales pétreos macroporosos. En: *Arché*. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, num. 6 y 7, 2011 y 2012, ISSN: 1887-3960

ANEXO

Portada del catálogo de la casa de subastas





57 — PRINCE PAUL TROUBETZKOY (1866-1938)
 PORTRAIT OF PEDRO GIL MORENO DE MORA
 Épreuve en bronze à patine noire
 Inscrit "A Pedro Gil / Paul Troubetzkoy / Paris 1906"
 Porte le cachet de fondeur Valzani
 HAUT 52 CM



30000/40 000 €

L'œuvre sera incluse au catalogue raisonné actuellement en préparation par Monsieur John S. Gioni

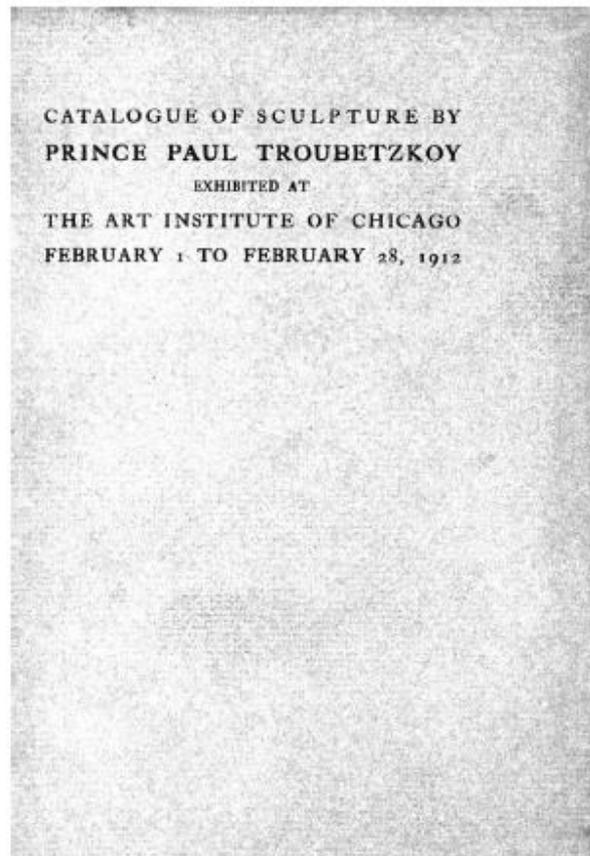
Provenance :
 Collection particulière, France

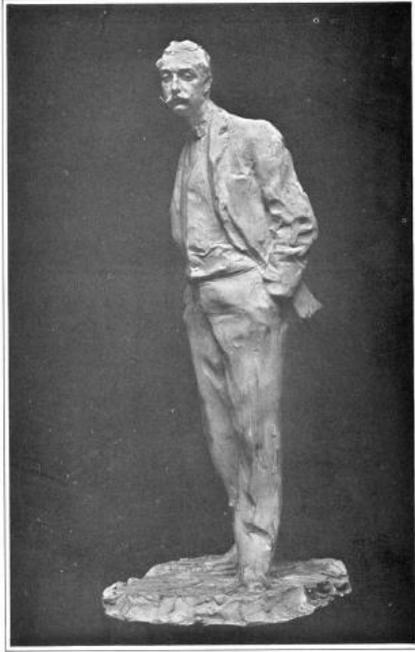
Bibliographie :
 - GIONI, JOHN S. - "Una entidad singular. El escultor príncipe Paul Troubetzkoy y Joaquín Sorolla y Bastida", Goya
 - Revista de arte, nº 280, January - February 2001, pp. 15-20

Troubetzkoy et le peintre espagnol Joaquín Sorolla ont entretenu une grande amitié avec Pedro Gil, un collectionneur issu d'une famille catalane prospère qui s'installe à Paris quand Troubetzkoy s'installe son atelier à Boulogne-sur-Seine. Gil a posé pour deux statues, un personnage debout et un modèle assis sur un canapé, ce dernier étant semblable au portrait en bronze de Joaquín Sorolla curieusement conservé dans le Museo Sorolla (Madrid).

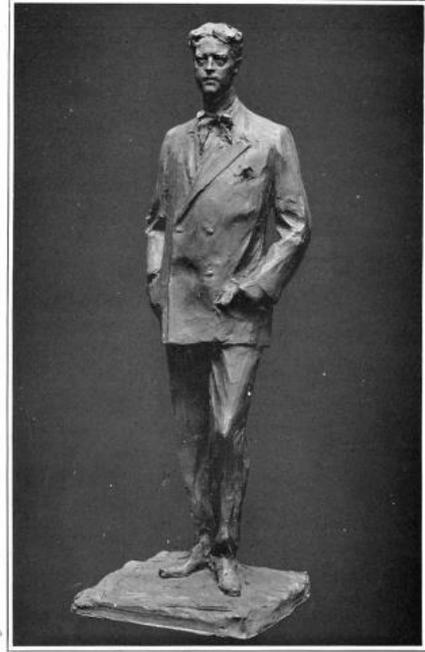


Catálogo de la exposición de Chicago en 1912





Signor Giulio Savarese



Mr. William K. Vanderbilt