

## TÉCNICA DE LA ESTRATIFICACIÓN MANUAL APLICADA A LA ESCULTURA: MOLDES Y CONTRAMOLDES

Sergio García Diez

Departamento de Escultura, Universidad Politécnica de Valencia. España. Correo electrónico: [sgd-78@Hotmail.com](mailto:sgd-78@Hotmail.com)

Recibido: Octubre de 2009; Aceptado: Diciembre de 2009

### RESUMEN

En el presente trabajo se pretende abordar la técnica de estratificación inherente a un material industrial: el poliéster, y su aplicación al ámbito de la creación escultórica. Para ello será necesario, en primer lugar conocer unas pautas o consideraciones de la técnica, y después hacer un recorrido visual de éstas en la elaboración de moldes y contramoldes destinados a la reproducción seriada de obras de arte.

**Palabras claves:** escultura, poliéster, técnica, moldes, reproducción.

### ABSTRACT

In the present work is tried to approach the technology of stratification inherent in an industrial material: the polyester, and your application to the area of the sculptural creation. For it will be necessary, first to know a few guidelines or considerations of the technology, and later to do a visual tour of these in the production of molds and counter molds destined for the serial reproduction of art works.

**Key words:** sculpture, polyester, technology, molds, reproduction.

### 1. INTRODUCCIÓN

La principal problemática en el proceso de estratificación concierne a la distribución homogénea de resina y fibra, a una óptima impregnación, adherencia y compactación total de los elementos citados con la finalidad no solo promover la densidad sino de reducir la porosidad. Todos ellos son aspectos cruciales a fin de garantizar que nuestro FRP, materializado como escultura o molde, persista a través del tiempo y soporte los continuos usos a los que esté sometido. En lo referente al desarrollo del trabajo para lograr un FRP de calidad, destinado por ejemplo como escultura expuesta al exterior, cabe comentar que debe prevenirse a toda costa que las fibras afloren en la superficie, lo que sin duda alguna fomentaría el deterioro avanzado del material por efecto de los agentes medioambientales. Precisamente el triunfo de un FRP se logra mediante un trabajo meticoloso procurando dar un espesor suficiente a la primera capa de resina y esperar a que el estado de gel sea lo suficiente idóneo como para que al adherir las fibras, no traspasen este primer “velo” y entren en contacto directo con las paredes del molde. De la misma manera, recurrir a la aplicación de un *Gel-Coat* o un *Top Coat* nos ahorraría muchos problemas.

La técnica manual de estratificación a molde abierto o “*lay up*”, en sinopsis se basa en lo siguiente:

- Limpieza del molde o superficie y aplicación de los correspondientes lubricantes o agentes desmoldeantes como ceras o película de alcohol polivinílico en solución.

- Aplicación del *Gel coat* o de una primera capa de resina reactiva (pigmentada o no). Ésta asimismo puede ser tixotrópica.
- Cuando la resina alcance el estado de gelificación y se presente pegajosa al tacto, se aplican capas de fibras adaptándolas correctamente a la forma del molde o del modelo original si deseamos realizar un molde sobre éste. Obligatoriamente serán bien impregnadas de resina mediante brochas o rodillos metálicos, la cohesión entre resina y fibra habrá de ser total.
- Si se desea se puede aplicar en el interior u exterior, una fina película de resina reactiva para sellar.
- Tras el endurecimiento de la escultura totalmente, se extrae del molde; Si se trata de un molde, las piezas se han de despegar del modelo a reproducir, con suma cautela. Con nuestro FRP sólido, solo queda repararlo, aplicar un agente de adhesión que facilite la adherencia de la pátina, y por último aplicar ésta (estas dos operaciones, únicamente si se diese el caso).

Merece tenerse en consideración que el efecto de eventuales golpes o caídas de nuestra obra, son transferidos de la resina a las fibras; por lo tanto de la correcta adhesión entre los dos componentes dependerá el buen funcionamiento del FRP que esté conferida. Una deficiente impregnación conllevará inevitablemente la obtención de piezas con porosidad o fibras que afloren en su superficie, como ya hemos comentado, esto aumentará las posibilidades de una mayor degradación y efecto antiestético del material. La presencia accidental de vacíos en el interior del FRP, causada por una escasa capacidad de impregnado por parte de la resina y por un deficiente recubrimiento de las fibras, puede reducir notablemente las propiedades mecánicas del manufacturado. Puede dar lugar a un deterioro (por golpes o agentes medioambientales) o rotura prematuros de nuestra escultura.

Desde nuestro punto de vista, los motivos por cuales se acude a la estratificación para la ejecución de esculturas y moldes responden a la necesidad artística de:

- Querer obtener una materialización escultórica grande, ligera, resistente, duradera y poseedora de una apariencia peculiar.
- Pretender que la superficie de nuestra obra imite la apariencia de un material pesado mediante la consecución de un efecto superficial acabado hormigón por ejemplo o por el contrario jugar con la traslucidez que otorgan la resina y las fibras lo que daría una presencia inmaterial o volátil a nuestra creación.
- Que sea fácil de manipular y que pueda ser enviada y transportada minimizando costes a exposiciones, salas cubiertas o al aire libre.

Resulta, por lo tanto, concluyente que el éxito del final del procedimiento dependerá inequívocamente de:

- Una correcta planificación, es decir, de las consideraciones previas sobre el material y la reproducción seriada de esculturas mediante la utilización de moldes flexibles o de FRP, o la producción de una pieza única y original.

- Una coherente selección del material, de las herramientas, de los desmoldeantes y de la correcta aplicación de tales elementos.

- El conocimiento y experiencia precisos con el material y técnicas de aplicación a emplear por parte del escultor que lo realiza.

- Una eficiente ejecución del molde (perfecto captador y contenedor de la forma).

- Esmerada y concienzuda labor de estratificación siguiendo algunas pautas generales sobre el diseño de la pieza; la industria del plástico cuenta con programas informáticos capaces de predecir y anticipar de que manera puede fallar un material; nosotros, que no gozamos de esa tecnología en nuestro estudio solo podemos sustentarnos en una serie de directrices para la obtención de una buena pieza:

1. El espesor deberá ser tan reducido como sea posible pero dentro de la resistencia requerida; esta condición es indispensable ya que de esta forma no solo se ahorrará material, sino que los tiempos de curado y de espera para poner nuestra escultura en servicio serán más breves.

2. Indispensable dotar de un grosor igual a todo el estratificado, si bien el regresamiento excesivo en algunas partes no sólo conlleva un desperdicio inútil de material, al enfriarse tras el endurecimiento, se generaran contracciones, alabeos, tensiones internas y grietas en nuestra escultura o molde. La explicación se encuentra en el efecto que provoca la desigual concentración de resina en unas partes mas que en otras, esto provoca una reacción exotérmica de diferente intensidad, como consecuencia el calor provocará contracciones más acusadas en unas partes más que otras (véase la Figura 1). Asimismo se percibirá que las partes gruesas tardan más en enfriarse y experimentar una mayor contracción que las delgadas que están a su lado, que se enfrián más rápidamente. Además de esto, cabe añadir que la contracción de la pieza vendrá determinada también por otros parámetros como la perdida de disolventes de la resina, plastificantes y humedad durante el moldeo. Estos problemas de contracción serán tenidos en cuenta tanto en la ejecución de moldes y contramoldes como en la elaboración de piezas moldeadas.

El dato que recogemos es de sumo interés, ya que nos puede ser de utilidad vital cuando manufacturemos esculturas o moldes alargados, los autores *Richardson* y *Lokensgard* lo especifican diciendo que los polímeros reforzados con fibra se contraerán más a lo largo del eje transversal al flujo que en sentido longitudinal [1].

3. En la medida de lo posible, se procurará que los pliegues y cantos tengan radios amplios, de este modo evitamos el puenteo provocado por las fibras, ya que la propia rigidez de estas dificulta

un correcto acoplamiento a ángulos muy rectos y a esquinas pronunciadas.

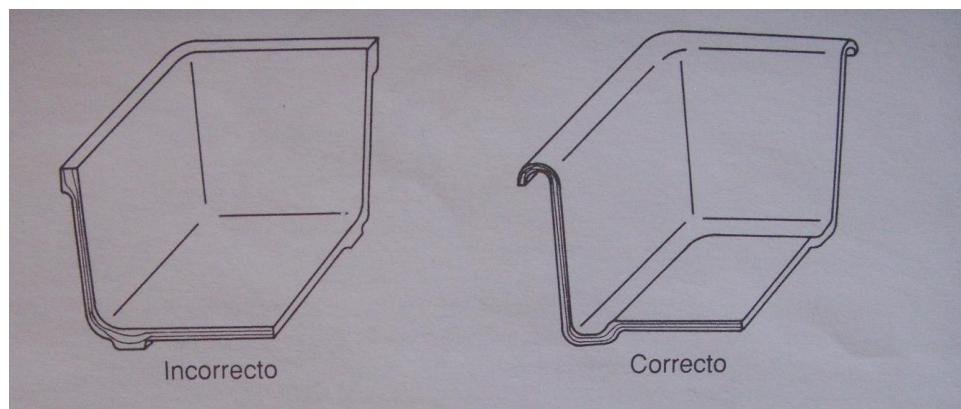


Figura 1. La acumulación excesiva de resina en determinadas partes del molde provoca tensiones y alabeos.

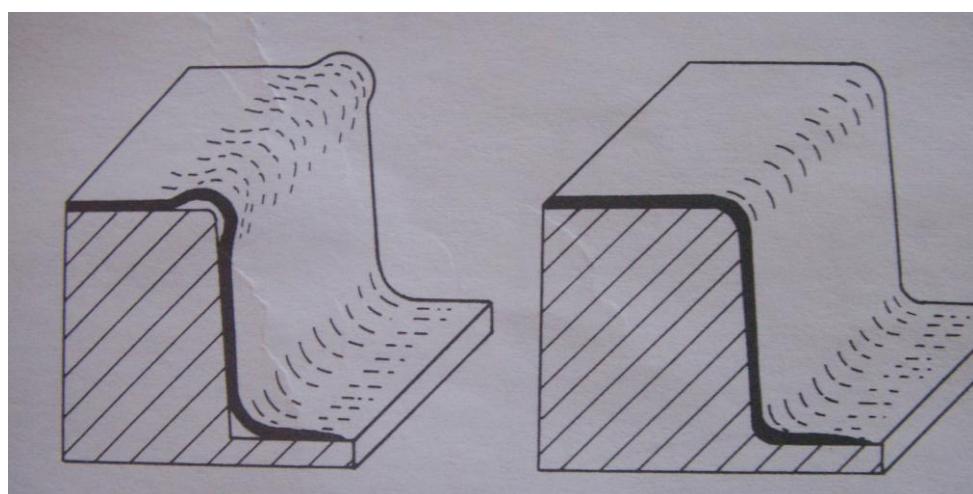


Figura 2. Se deberán evitar en la medida de lo posible los ángulos y bordes pronunciados.

4. Las grandes superficies planas tienden a abombarse y distorsionarse, a este efecto acoplamos al estratificado nervaduras de refuerzo a base de poliéster y fibras de vidrio, cartón, madera, cañas de bambú, etc. En cuanto al diseño de las nervaduras, *Richardson* y *Lokengard* ofrecen el siguiente dato y que merece ser tenido en cuenta:

5. De una tarea de desmoldeo impecable.
6. Del tratamiento superficial elegido.

Como se puede apreciar en la Figura 3, efectuar algunas pruebas de FRP con diferentes capas de fibra de vidrio nos simplificarán la tarea de plantear el grosor del estratificado para conferir futuras esculturas, moldes y contramoldes. Podemos corroborar que cada una de las pruebas que aquí se muestran son acompañadas de un número que indica los estratos de fibra de vidrio que se han aplicado.



Figura 3. Cuatro muestras de FRP, cada una con un número determinado de estratos de fibra de vidrio.

En las Figuras 4 y 5 podemos constatar la diferencia de translucidez que existe entre aplicar un solo estrato de fibra de vidrio, o por la acumulación de cuatro; esto quizá sea de interés para aquellos artistas que opten por la luz natural o artificial como elemento que entre en escena en la conformación de su obra.



Figura 4. Translucidez perceptible a través de un FRP de poliéster y un estrato de fibra de vidrio.

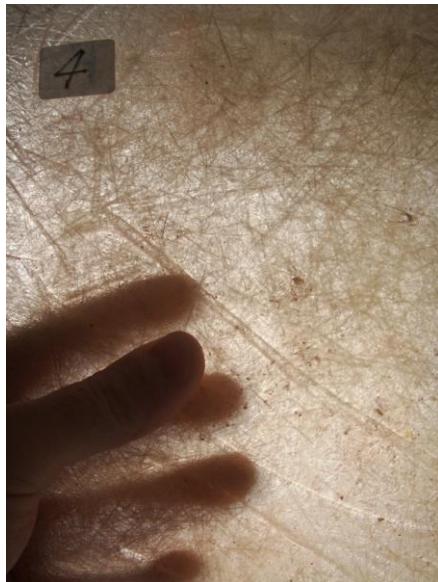


Figura 5. Translucidez perceptible a través de un FRP de poliéster y cuatro estratos de fibra de vidrio.

Las resinas de poliéster se utilizan en agricultura reforzadas con fibra de vidrio para la fabricación de placas destinadas a invernaderos pues además de haberse obtenido una excepcional rigidez, las fibras de vidrio contribuyen a una mejor difusión de la luz, creando en el interior del invernadero una iluminación uniforme de ahí que sea un excelente material sustitutivo del vidrio. Sabiendo esto, ¿Porqué no embeber las fibras de vidrio en una matriz de poliéster transparente para poder utilizar la luz como elemento compositivo? Está por consiguiente aceptada y comprobada la eficiencia de los FRP como medio para que el artista exteriorice sus reflexiones de forma libre y creativa.



Figura 6. Robert Morris "The Fallen and the Saved (1994)". Instalación piezas en fibra de vidrio en la Williamson Gallery.

En virtud de ello el minimalista *Robert Morris* dirige su actividad conceptual y estética aprovechando cualidades de los FRP como la ligereza para la realización de grandes piezas que conforman sus instalaciones, y la traslucidez para facilitar al espectador una visión tanto externa como interna de la obra; es posible, en conjunción con la luz que penetra en las entrañas de la materia, poder observar el positivo (réplica) y el negativo (molde) (véase la Figura 6).

**2. Técnica del moldeado y contramoldeado: descripción.** El punto anterior lo hemos dedicado enteramente a describir los parámetros esenciales para la consecución de un positivo en resina de poliéster. Debemos afrontar asimismo la elaboración de negativos con este material porque

las ventajas de un molde o un contramolde en poliéster reforzado son obvias:

- Peso específico muy reducido.
- Fácil traslado y manipulación.
- Elevadísima resistencia mecánica.
  - Escaso módulo de elasticidad, particularmente favorable para absorber golpes y vibraciones.
  - Gran estabilidad dimensional, sin deformaciones por variaciones de temperatura y/o humedad.
  - Resistencia a los agentes atmosféricos, químicos y al envejecimiento y por lo tanto, prácticamente ninguna necesidad de mantenimiento.
  - Dependiendo del tamaño, pueden ser realizados rápidamente y puestos en servicio de inmediato.
  - Pueden reproducir cualquier forma y textura con máximo celo, dentro de muy estrictas tolerancias.

**2.1. Técnica del moldeado.** El modelo original sujeto de moldeo consiste en una Venus de escayola a partir de la cuál se pretende obtener un número determinado de réplicas. Nuestro objetivo es someter al poliéster para lograr elaborar un molde fiel, robusto, indeformable y resistente que soporte los rigores del desmoldeo y la extracción de las réplicas.

La descripción metodológica se emprende valorando dos aspectos, el primero responde al elevado índice de contracción que presentan las resinas de poliéster, el segundo tiene que ver con el elevado índice de deformación de estas resinas. Por lo que al efectuar el molde, esa contracción reduce su tamaño, y la deformación experimentada sería transmitida inevitablemente a las réplicas. Experimentando hayamos varias opciones, la mejor sin duda alguna se encuentra mezclando resina de poliéster con dosis de resina epoxídica, poseedora de estas características: excepcional resistencia y durabilidad de las tareas de desmoldeo (posibilidad de obtener un número más alto de réplicas). Contracción reducida (molde más preciso). Permite una mejor acabado. Excelentes propiedades

fisico- químicas. Del mismo se puede aplicar un *Gel-coat epoxy* que puede ser cargado con sílice coloidal.

Las fases preparatorias se acometen aplicando sobre la superficie de la pieza a moldear un sellador de poros: dos, tres o más manos de barniz, gomalaca o un esmalte sintético que se pulirá hasta lograr un característico brillo espejo; una vez esté seco se aplicarán posteriormente los agentes desmoldeantes: ceras y PVA (alcohol polivinílico). Necesitamos subrayar que la superficie del modelo no deberá presentar ninguna imperfección, ni partículas o pelos adheridos en la capa exterior, sin duda alguna estos serían irremediablemente reproducidos por el molde y transmitidos posteriormente a las réplicas.

La planificación estriba en un análisis y estudio formal del modelo original para diseñar estratégicamente el despiece del futuro molde. Se traza con un lápiz, rotulador o tiza las partes exactas en que se dividirá éste. Sobre tales trazos se establecen pistas o divisiones con láminas de barro o plastelina (véase la Figura 7). Percíbase en la figura mostrada los orificios en las láminas de barro: son las llaves que harán que cada tasel encaje a la perfección.



Figura 7. Planteamiento de los taseles mediante tiras de barro.

El procedimiento es totalmente similar a la realización de un positivo en FRP. Tras la aplicación sobre la superficie del área a tratar de los pertinentes agentes de desmoldeo: en este caso alcohol polivinílico y cera, con un pincel o brocha como si de pintura se tratase, se procede con la aplicación de una película de *Gel Coat* procurando que cubra y registre toda forma y detalle correctamente.



Figura 8. Las piezas del molde se realizan de una en una.

Conociendo ya la técnica de estratificación abordamos la manufacturación del molde de la siguiente forma: en el preciso instante en que la capa de *Gel Coat* esté gelificando, se aplican los oportunos refuerzos (fibras, *mats*, *rovings*, etc.) que dependerán obviamente de la forma y el tamaño del molde (véase la Figura 8).

Acto previo a finalizar el último estrato de poliéster y fibra, recomendamos la incorporación de algunos pernos, bulones, marcos, cañas u otra piezas para conformar un armazón de refuerzo. En cuanto unos taseles sean finalizados, eliminamos las láminas de barro para sobre las áreas del modelo original que quedan por moldear y en el perfil de los otros taseles realizados, aplicar agentes desmoldeantes para continuar manufacturando el resto de forma análoga a los anteriores. En el preciso momento en que todos han sido efectivamente ejecutados y el estratificado ha curado, incidimos con un taladro practicando los agujeros en los que situaremos unas arandelas y unos pernos de  $\frac{1}{4}$  de pulgada que servirán como medio de unión para todos los taseles del molde. Asimismo se optimizamos las piezas recortando y lijando con papel de lija o una lijadora automática los bordes.

La ligera contracción experimentada por las resinas facilitará la extracción del molde. Introduciendo en las líneas de separación de cada tasel una cuña o una herramienta fina, y efectuando golpes flojos de martillo pero intermitentes, conseguiremos despegar eficazmente cada tasel y desarmar de uno en uno este “puzzle”. El proceso ha culminado con éxito, los taseles encajan a la perfección como ya hemos constatado y la obtención de la primera réplica ha verificado que el molde esta ya en óptimas condiciones (Figura 9) para cumplir sin problema la misión para la que fue concebido.



Figura 9. Molde y réplica, ambos en poliéster.

Sin embargo no todo acaba ahí, durante el uso, varios factores contribuyen a disminuir la vida del molde si pretendemos obtener réplicas asimismo realizadas en poliéster reforzado:

- La agresividad del estireno de las resinas de poliéster.
- El calor extra que se agregase al molde en presencia de bajas temperaturas.
- La acción abrasiva de las fibras de vidrio.
- El desgaste ocasionado por el choque térmico entre superficies derivados por la reacción exotérmica.
- Estos materiales poseen una escasa conductividad calórica, lo que conlleva una distribución irregular de la temperatura.

Indudablemente deseamos que aumente la durabilidad de nuestros moldes para que sean más rentables, por ello podemos acudir a técnicas utilizadas industrialmente y que consisten en el metalizado del interior de los moldes procediendo de tres modos diferentes:

1. Sea por deposición o proyección directa a pistola de una fina capa de níquel, latón o cromo.
2. Por deposición de metales diversos, convirtiendo previamente conductora de la electricidad la superficie misma de la matriz, por lo general de resina epoxi cargada con grafito en polvo o microesferas de vidrio plateadas.
3. Aplicando directamente sobre el modelo en yeso, madera, u otro material., provisto de un apropiado film separador, una capa de aproximadamente 1, 2 a 1,5 mm de espesor de una aleación metálica de bajo punto de fusión, sobre la cuál se realiza a continuación el correspondiente estratificado, el cuál quedará fuertemente adherido a la capa metálica.

Visualícese la figura 10. Los artistas falleros se sirven de estos moldes de poliéster para la producción de varias réplicas en cartón fallero o mismamente en poliéster. La deposición de cartón fallero requiere indispensablemente que el molde esté totalmente exento de humedad, por lo que, los moldes tradicionales de escayola además de ser más pesados, absorbían la humedad del cartón con lo cuál, nuevamente debían ser puestos a secar antes de comenzar nuevamente a depositar cartón húmedo. Evidentemente, utilizar el poliéster como recurso supuso un gran avance dado que anuló todos esos inconvenientes.



Figura 10. Moldes de poliéster, utilizados para obtener réplicas en cartón fallero.

**2.2. Técnica del contramoldeado.** En esencia, un contramolde realizado en escayola, es pesado, quebradizo, pero claramente más económico; por el contrario los contramoldes en plástico reforzado presentan el inconveniente de que son más costosos, pero son más duraderos, ligeros, seguros y fáciles de manipular. La técnica reseñada sigue el mismo proceso que hemos descrito en el punto anterior, solo que esta vez la técnica de estratificación manual se ejecuta directamente sobre el molde flexible ya curado. Como ya sabemos, las láminas flexibles no tienen utilidad alguna si se deforman; un contramolde sirve de soporte para que las láminas del material flexible se acoplen a él y mantengan la forma reflejada por el modelo original.

A esto conviene añadir un dato ofrecido por *Leiva del Valle*, en cuya tesis doctoral afirma que la resina de poliéster que se emplea comúnmente es la de tipo ortoftálico. No se necesita mayor calidad puesto que va a servir únicamente como soporte de la silicona. [3]

Ejemplificamos la elaboración de un sencillo contramolde conformado por una única pieza sobre el relieve mostrado en la Figura 11, modelado en barro y de grandes dimensiones, (1m x 1m). Sobre este relieve se ha elaborado un molde flexible en *silycaucho*; obviamente necesitamos un

contramolde que lo contenga; la forma cuadrangular dada por el relieve, sumado a que aquí se eliminaron todos sus entrantes intrincados con la adicción extra de materia flexible, nos posibilita realizar el contramolde de una única pieza conformando así a una gran caja rígida y ligera que nos permitirá una fácil y cómoda manipulación en las labores de transporte y obtención de réplicas. Será suficiente con un estratificando de tres capas de fibra de vidrio para conseguir la rigidez requerida para que el contramolde soporte el peso de la lámina de materia flexible; Se adosará en el exterior de nuestra “gran caja” una estructura que aporte la rigidez necesaria y que evite una inminente rotura o deformación. Tal estructura puede estar integrada por cañas de bambú o por varillas de tetracero fuertemente unidas mediante soldadura y por fibra impregnada de resina (Figura 12).



Figura 11. Modelo original modelado en barro.



Figura 12. El molde silicona es contenido en el contramolde, sin que este suponga un aumento sustancial de peso.

La tanto extraordinaria como excepcional ligereza y rigidez que los estratificados en poliéster confieren a los contramoldes hacen que los que deban ser realizados en gran formato recurran a esta materia para facilitar su transporte y manipulación. En la actualidad los contramoldes prestan sus servicios en multitud de ámbitos artísticos: apréciese en la Figura 13 un

contramolde en poliéster reforzado obtenido a partir de una escultura en cemento de 5 metros de altura, precisamente aquí es donde más se harían evidentes los contratiempos derivados de aplicar la técnica para manufacturar un contramolde en escayola. En lo que se refiere a la Figura 14, visualizamos un contramolde de poliéster utilizado en fundición artística para la elaboración de modelos en cera. Tras instaurar la fina capa de cera, se vierte en el interior chamota refractaria, tras la solidificación de ésta, se quita el molde y se habrá obtenido una réplica en cera del modelo original. Cabe decir, el peso total que suponen todos estos materiales simultáneamente es considerable, pero aún sería más desmesurado si el contramolde fuera realizado en escayola.



Figura 13. Contramolde de poliéster y fibra de vidrio confeccionado a partir de una escultura de hormigón de 5 metros de altura.



Figura 14. Contramolde de poliéster y fibra de vidrio utilizado en los procesos de fundición artística “a la cera perdida”.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Richardson y Lokensgard “*Industria del plástico*”. Editorial Paraninfo. Madrid, 2002.
- [2] Leiva Del Valle A “*Fundición a la cera perdida, una fusión con la obra escultórica de Manolo Valdés*”, Tesis doctoral. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia, 2001.