

# Moldeo a terraja de una hélice (Parte I)

Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez.  
Universidad Politécnica de Madrid

## 1. INTRODUCCIÓN

En muchos casos de producción de piezas que tienen forma de cuerpos de revolución, es ventajoso recurrir al procedimiento de terraja para la elaboración de los moldes. Éstos se obtienen mediante tablas-terrajadas perfiladas, girando alrededor de un eje o desplazándose sobre guías; es lo que se denomina genéricamente “moldeo a terraja”. La cavidad del molde se obtiene rascando con esta herramienta la arena de moldeo previamente atacada, o nivelando con ella la mezcla previamente rellena y compactada.

El moldeo a terraja se emplea habitualmente para piezas que tienen la forma de un cuerpo de revolución (bujes, cilindros, tubos, poleas, volantes, etc.), como también para aquéllas cuyos contornos se obtienen por brochado a tracción de la terraja por una guía (terrajadas de brochar o rasquetos). Para el moldeo con ayuda de terrajas no se emplean modelos, cuya fabricación requiere muchas horas de trabajo y considerable gasto de madera. En contrapartida, para la elaboración del molde se consume más tiempo que para el moldeo con modelos y además es una especialidad que sólo está al alcance de moldeadores altamente cualificados. Por esta razón el moldeo con terraja es poco utilizado y sólo se aplica en piezas unitarias o en series muy cortas.

En esta monografía se hace una descripción del método de moldeo a terraja, enunciándose, además, algunas aplicaciones concretas, como son la fabricación de campanas, recipientes grandes o hélices de buques, por citar algunos. Como se ha

dicho anteriormente, suelen ser piezas grandes, unitarias o en series muy cortas. El tamaño de las piezas hace que los modelos sean muy caros; como, por otra parte su precio incide sobre el costo de una sola pieza o grupo pequeño de piezas, la repercusión desfavorable en el coste final de fabricación es inmediata. El moldeo a terraja resuelve este problema de una forma bastante satisfactoria.

Aquí se comenzará tratando el proceso y equipos puestos en juego en el moldeo a terraja, partiendo del estudio de los materiales para modelos. Después se pasará a tratar algunas aplicaciones concretas, terminando con la descripción pormenorizada del proceso de moldeo de una hélice de buque.

## 2. MODELOS

Es sabido lo que significa un modelo en la fundición. Generalizando se puede decir que un modelo es todo objeto o sistema que se utiliza para formar un molde con su misma forma y verter en la cavidad resultante el metal líquido que ha de reproducir la figura pretendida.

### Materiales para modelos

Partiendo de este principio genérico se pueden desglosar los diversos grandes grupos en que se encuadran los materiales para modelos:

- Modelos de madera.
- Modelos de metal.

- Modelos de resina (plástico).
- Modelos de otros materiales.

### La madera

Por ser la madera un material fácil de trabajar, desde la antigüedad se ha utilizado como base para la construcción de modelos y, a pesar de todos los adelantos de la industria, no ha sido sustituida totalmente por los otros materiales. No obstante, a pesar de que la madera se utiliza masivamente en utillaje de fundición, tan sólo se considera su empleo en pequeñas series ya que no es rentable para grandes tiradas. Haciendo abstracción de los modelos para moldeo directo, que son los más utilizados en la práctica de taller, en lo que sigue se tratarán los sistemas de terraja, calibre y rasquete, casi siempre de madera.

Antes de entrar en los modelos como tales, es conveniente esbozar sucintamente qué es la madera y de qué maderas se dispone concretamente en España para la fabricación de modelos.

La madera es una materia orgánica, fibrosa, que se obtiene del tronco y rama de los árboles; por tanto es una materia viva, sujeta a movimientos, contracciones y dilataciones, puntos éstos a tener muy en cuenta para la confección del modelo. Sobre un corte transversal del tronco (Figura 1) se pueden ver las partes que lo componen:

A) Médula o corazón, zona central del árbol. Es de

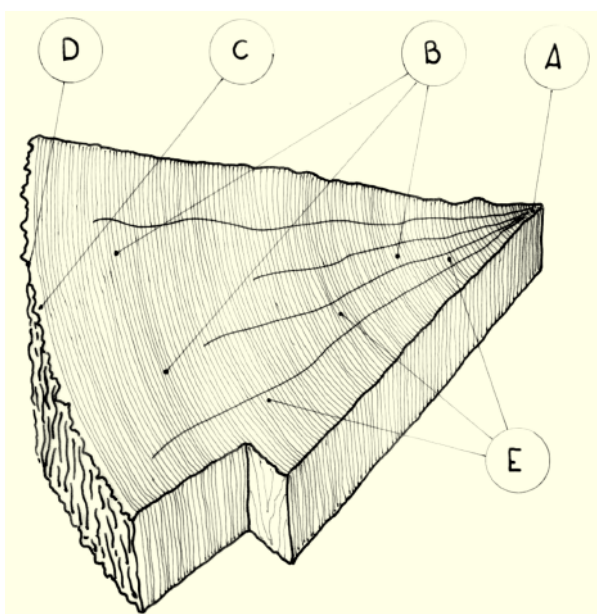


Figura 1. Morfología del corte de la madera.

materia esponjosa, sin cuerpo rígido y carente de fuerza.

B) Duramen, que es la masa utilizable como madera. La componen las diversas capas que en el transcurso del tiempo han ido leñificando.

C) Albura, o capas formadas en los años últimos de vida del árbol. No ha adquirido solidez suficiente y es de consistencia blanda; no utilizable como madera para estos usos.

D) Corteza. Es la cubierta del árbol, que se desprende fácilmente del tronco y no tiene utilidad en el tema objeto de este estudio.

E) Anillos anuales, que son las líneas concéntricas con la médula. Asimismo son las distintas capas que durante cada año de vida del árbol nacen como albura y en ella se mantienen hasta leñificarse y pasar a ser duramen. Estos anillos forman el ve-teado de la madera. El número de anillos anuales es una medida de la vida empleada por el árbol para formar la madera.

La proximidad de unos anillos a otros es una medida de las características de la madera; así pues, el árbol de crecimiento rápido tiene unos anillos muy distantes entre sí, generando una madera blanda. Por el contrario, la presencia de anillos anuales muy próximos entre sí determina la formación de una madera dura.

Habiendo contracción por desecación en todas las direcciones, debe tenerse muy presente que la contracción menor se da en el sentido longitudinal de la fibra, con un valor máximo del 1,5%, seguida por la que se da en el sentido radial de los anillos, con un valor que oscila entre 2 y 6%. La máxima contracción se tiene en el sentido longitudinal del anillo anual, la cual llega hasta el 12%.

En la Figura 2 se pueden observar esquemáticamente las deformaciones sobre una sección ideal transversal y las variaciones reales que se obtendrían. Éstas son más ostensibles en las maderas blandas que en las duras, puesto que al estar más distantes los anillos anuales tienen mayor espacio entre ellos, con poca resistencia que neutralice el movimiento natural.

Con estas ligeras nociones de lo que es la madera, se puede sacar consecuencias sobre las que se deben emplear en la fabricación del modelaje, especialmente en aquellos casos en que es muy importante el factor dimensional. Está claro que hay que

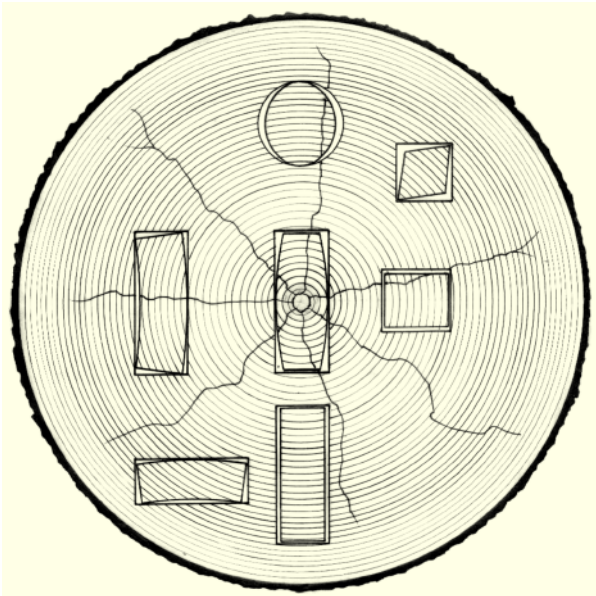


Figura 2. Variación de la madera al secarse.

emplear maderas poco deformables o combinaciones de maderas que neutralicen mutuamente sus deformaciones.

Hoy día es muy práctica la madera contrachapada, una vez desaparecido el problema del descolado de las láminas que la componen; y es que actualmente las colas empleadas en la fabricación son poco alterables por la humedad de la arena de moldeo y la temperatura ambiente. Con el empleo de maderas contrachapadas, que se fabrican en una amplia gama de espesores, se tiene resuelto uno de los principales problemas, ya que estas maderas son inamovibles dimensionalmente y sirven como base magnífica para el montaje del modelo. Tan sólo presentan problemas en sus cantos, pero con un trabajo esmerado y una buena impregnación quedan solventados totalmente.

### El diseño

Capítulo muy importante a pesar de que raras veces se puede intervenir en él; lo que se puede hacer es indicar al proyectista de una pieza o componente de máquina las correcciones que son muy importantes para el fundidor, sin que por ello afecten al funcionamiento de las piezas durante su vida en servicio.

Con ello se consigue que al proyectar cualquier máquina o útil no sólo se tenga en cuenta el aspecto de funcionalidad, resistencia y maquinado (que generalmente es lo que se respeta), sino también el

moldeo y colada. Así, el fundidor se encuentra a diario con piezas de espesores dispares, ventanas, tabiques, etc. Con una reestructuración del diseño se evita el riesgo de grietas y rechupes, un buen número de cajas de machos y piezas sueltas, que sólo conduce a encarecer tanto el modelo en sí como el moldeo, la relación peso neto/peso bruto y el total inútil de carga fría del horno.

### 3. EQUIPOS DE TRABAJO

Este método de moldeo tiene tres variantes que son la terraja, calibre y rasquete. Las tres están en un mismo capítulo, ya que en síntesis son el mismo sistema. Se busca conseguir un modelo en arena de moldeo (casi siempre arena aglutinada o "negra") y con él actuar como si de un modelo directo o convencional se tratase. Naturalmente, las

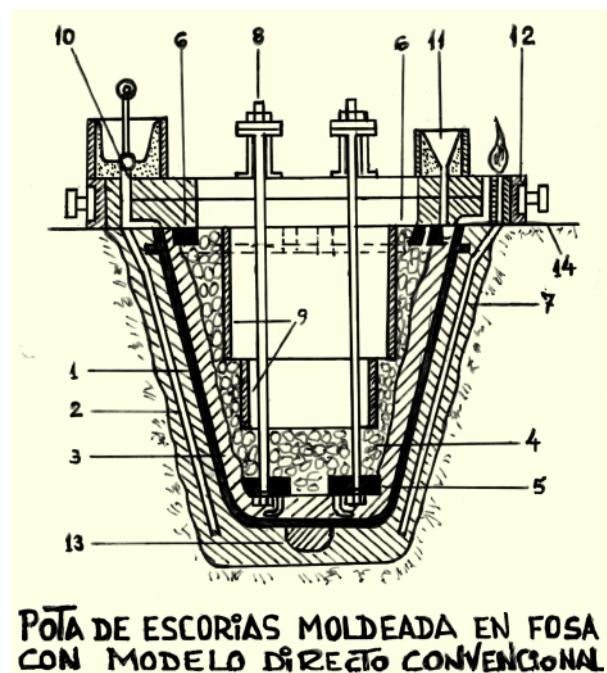


Figura 3. Moldeo en fosa con modelo convencional.

1. Pieza fundida.
2. Respiros.
3. Capa de arena al cemento.
4. Relleno de coque o arena vieja.
5. Macho plano inferior.
6. Macho superior.
7. Tubos de acero.
8. Tornillos de fijación.
9. Virolas de forma.
10. Bebedero.
11. Embudo-alimentador.
12. Caja superior.
13. Macho guía.
14. Piso del taller.

cosas no son tan sencillas como parece, ya que estos procedimientos conllevan una serie de operaciones que ha de realizar el moldeador, y para las que precisa gran habilidad y perfecto dominio de su especialidad. Esto, como resulta lógico esperar, encarece el trabajo.

En la Figura 3 se puede ver el conjunto de molde para obtener una pota de escoria fabricada en arena al cemento con el sistema convencional de moldeo en fosa con modelo ("modelo directo"). En el dibujo los elementos representados son:

En la Figura 4 se tiene el método de fabricación del macho para este tipo de piezas con el sistema, también convencional, de moldeo en caja de machos. Más adelante se verá cómo se fabrica este tipo de piezas con el sistema de moldeo a terraja.

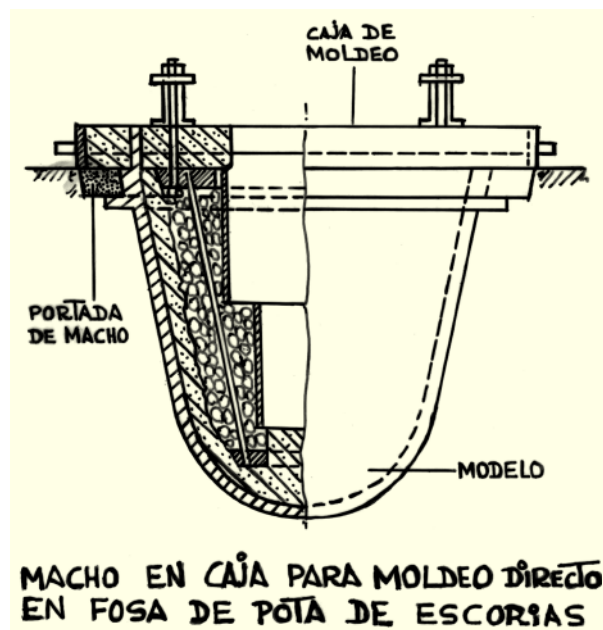


Figura 4. Macho en caja para el molde anterior.

Para aterrajarse necesitan equipos y útiles de moldeo especiales para estos menesteres, que se tratan a continuación.

### 3.1. Equipo para terraja

En síntesis, una terraja es una pieza plana en cuyo giro rasca la arena de moldeo apisonada, dejando un hueco que va a constituir la cavidad de molde correspondiente a la pieza a obtener. Este equipo consta de los siguientes elementos:

### Árbol de terrajado (Figura 5)

Es una barra cilíndrica rectificada, mecanizada con una conicidad en uno de los extremos para su colocación segura y exacta. Las dimensiones de esta barra varían según el tamaño de la pieza a fabricar; su diámetro es normalmente de 30, 40 ó 50 mm, llegando a tener 60 mm o más en algunos casos. Su longitud es función del diámetro; el único condicionante es que el árbol a utilizar no fleje en el trabajo de aterrajado.

Si se procura respetar el diámetro y grado de conicidad para los distintos árboles se consigue unificar el enclavamiento de los mismos, sea cual fuere el diámetro que interese utilizar.

El posicionado del árbol ha de ser totalmente vertical para garantizar la obtención de unas juntas de

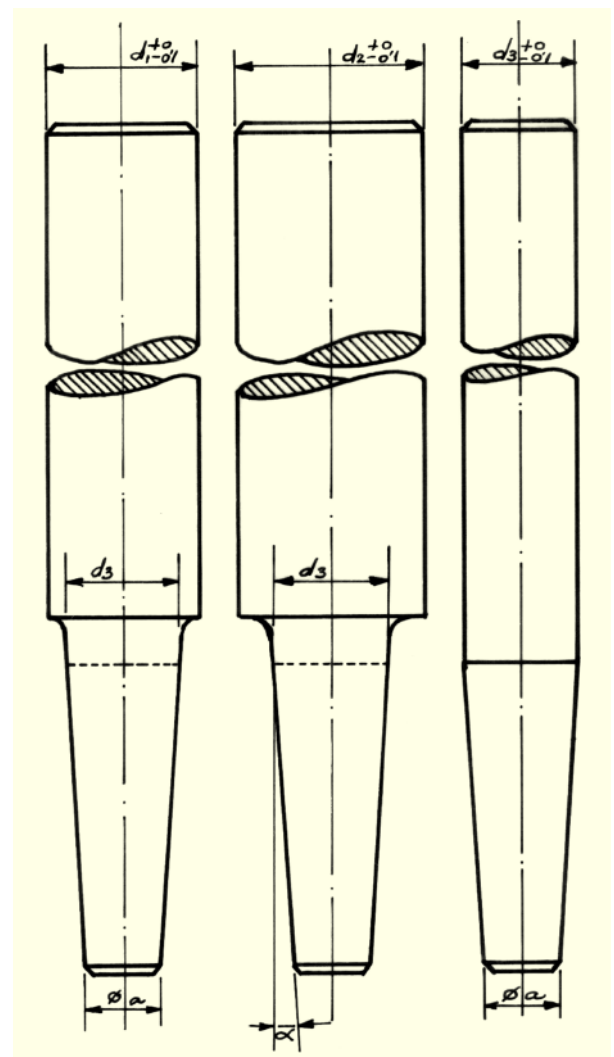


Figura 5. Árboles de terraja.

caja perfectamente horizontales y un cierre hermético perfecto. El conjunto de las piezas que forman el útil de aterrajado queda como se verá en la Figura 9. En ella puede apreciarse la misión de cada una de las piezas y la oportunidad de los consejos indicados en el despiece.

**Rangua (Figura 6)**

También llamada “muñonera”. Es una base, generalmente de fundición, en la que se empotra el árbol y queda colocado verticalmente, listo para el aterrajado. Para ello lleva un alojamiento con la misma conicidad que el extremo inferior del árbol. Algunas ranguas tienen un sistema de rodamientos que facilita el giro del árbol. Esta pieza se sitúa toda ella empotrada y con la entrada del árbol algo más baja que el suelo; normalmente se deja en lugares perfectamente señalizados en posición de trabajo.

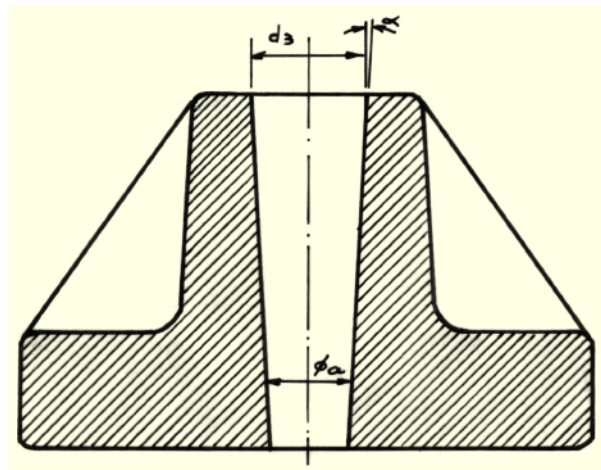


Figura 6. a. Rangua.

Para posicionarla se incrusta en un agujero en el piso del taller perfectamente asentada. Después se coloca arena de moldeo a su alrededor y se apisona. En algunos talleres la rangua se coloca sobre una pieza de fundición dúctil llamada “punto”, representada en la Figura 7.

**Collarín**

También llamado “anillo”. Es un casquillo de retención cuyo diámetro interior es equivalente al exterior del árbol, con algo de holgura para su fácil situación. Va provisto de un tornillo para su bloqueo por el árbol; es el que ha de servir de referencia fija de altura para el aterrajado (Figura 8). El torni-

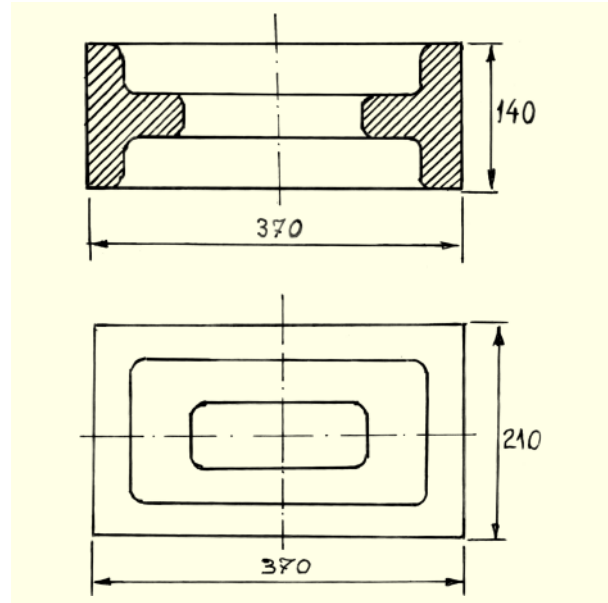


Figura 6. b. Punto de rangua.

llo prisionero puede ser de bronce todo él o llevar la punta de este material, ya que un tornillo de acero duro fijado repetidamente sobre el árbol pue-

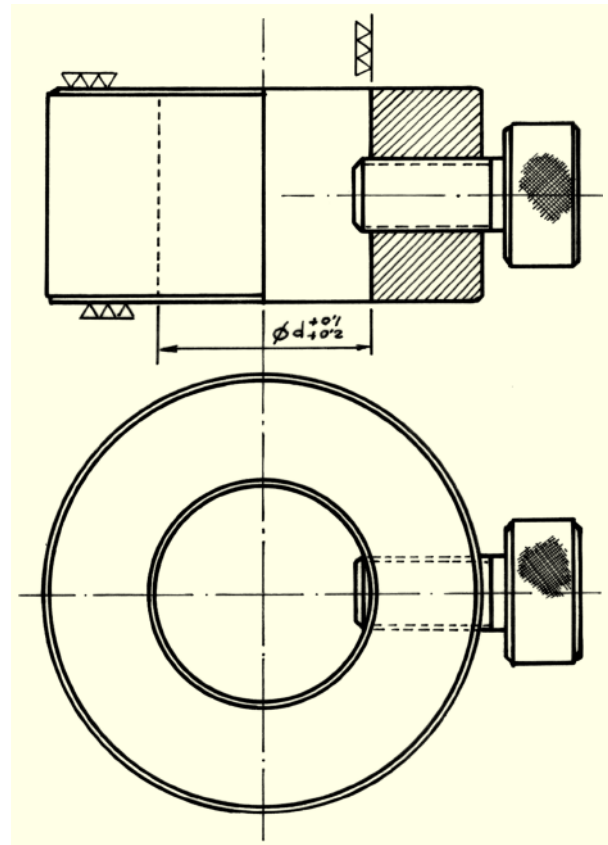


Figura 7. Collarín.

da dañar a éste. Este anillo fija la altura a la que ha de quedar la terraja durante el trabajo.

### Abanico

También llamado “bandera” o “grillete”. Es el soporte en que ha de montarse la terraja propiamente dicha para hacerla girar sobre el árbol (Figura 9). Tiene su apoyo sobre el collarín, para lo cual ha de ir dotado de un asiento plano. Hay un alojamiento para el árbol y un sistema de amarre, formado por taladros o ranuras, para la sujeción de las terrajas a utilizar. Como puede verse en la figura, el abanico está descentrado para que la terraja sujeta a él gire centrada.

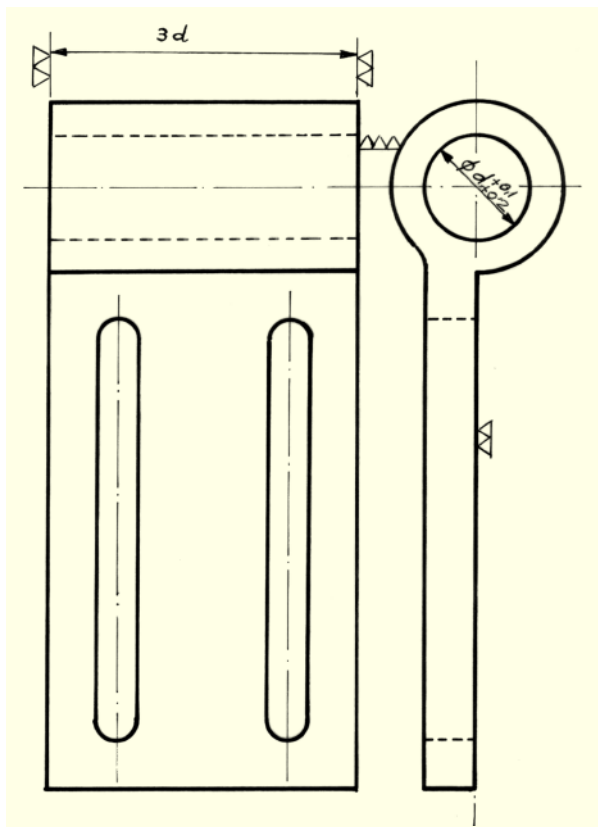


Figura 8. Abanico o bandera.

### Terraja (figura 10)

También llamada “plantilla”. Es una tabla de madera dura, de 25 a 40 mm de espesor, con el borde perfilado y protegido, en algunos casos, por una delgada chapa de acero para reducir el desgaste. Las partes salientes delicadas que podrían romperse se hacen de chapa fuerte y se atornillan a la terraja. Si el moldeo ha de repetirse varias veces puede ser de

gran utilidad reforzar el bastidor y los bordes de la plantilla con una delgada plancha de acero.

Una vez enunciados los componentes necesarios para aterrajear solamente falta la terraja propiamente dicha. En general, se prepara este sistema para cuerpos de revolución o, al menos, una parte de ellos. Así pues, la terraja constituye el perfil generatriz que, al girar apoyada en el árbol, desarrolla el cuerpo en el espacio. Pues bien, el volumen de la caja o foso se rellena previamente de arena de moldeo que se ataca; al girar, la terraja corta el exceso de arena, quedando una falsa pieza o “modelo” en arena. Viene a ser el equivalente, en moldeo convencional con modelo sólido, a las “falsas” de escayola utilizadas cuando la separación no es plana y no permite, en consecuencia, un modelo partido.

### 3.2. Equipos especiales de aterrajado

Además de este sencillo aparato que acaba de describirse, las fundiciones que han de utilizar a menudo el moldeo a terraja disponen de otros imple-

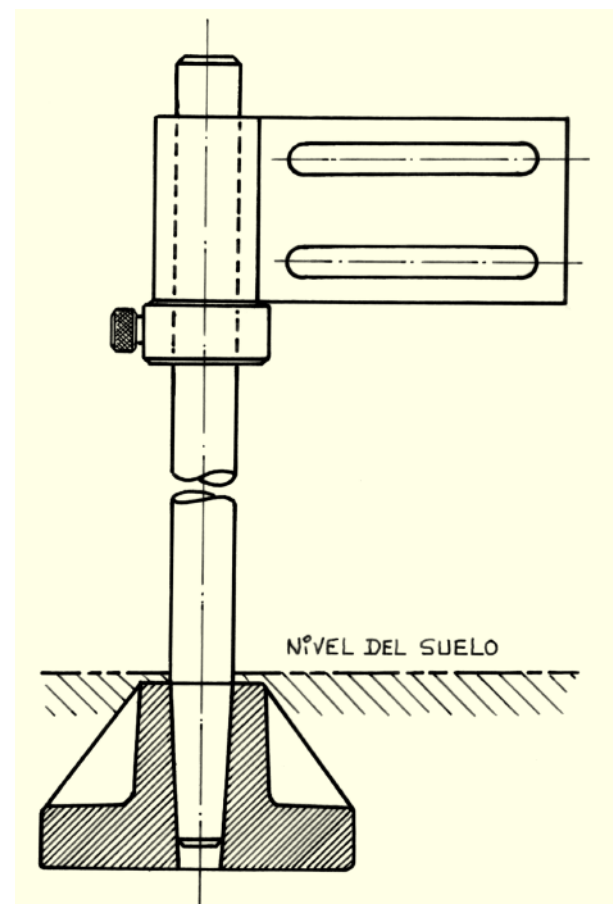


Figura 9. Conjunto de terraja.

mentos para realizar moldes más complicados. Los principales son:

a) Aterrajado en elipse. Por efecto de la rotación sobre el árbol, va girando un piñón que mediante un tornillo excéntrico, mueve un cursor de la posición del semieje grande a la del semieje pequeño. Cambiando la excentricidad del tornillo se pueden describir elipses de características dimensionales distintas.

b) Aterrajado en espiral. Por medio de una manivela se hace girar la bandera; paralelamente la terraja se aproxima o se aleja del centro una distancia constante en cada vuelta, describiendo, por lo tanto, una espiral.

c) Aterrajado en hélice. Además de circularmente, la bandera puede desplazarse verticalmente sostenida por un contrapeso. La punta de la terraja o de la bandera va siguiendo un perfil helicoidal y lo reproduce en el molde.

d) Terrajas universales. La bandera puede desplazarse vertical u horizontalmente, manteniéndose en contacto, por medio de dos ruedas cursoras, con una leva vertical y una horizontal. Cambiando las levas, se pueden obtener perfiles distintos.

Si se quiere dar mayor solidez a estos aparatos, se les aplican soportes que pueden fijarse en la pared o en el suelo.

### 3.3. Generalidades sobre el moldeo a terraja

Si se trata de obtener una pieza cóncava se procede de la siguiente forma general:

- Se prepara el macho mediante una primera terraja, cuyo perfil reproduce el contorno interno de la pieza. Va ser la parte baja o semimolde inferior.
- Se ataca arena y se aterraja un falso modelo encima del macho, mediante una segunda plantilla de perfil correspondiente al contorno externo de la pieza.
- Para evitar que el falso modelo quede adherido al macho, se interpone entre ambos arena quemada o una hoja de papel fino.
- Se sitúa una caja alrededor del falso modelo, y después de haberlo recubierto con una hoja de papel se ataca arena.
- Se levanta dicha caja; se extrae, o se rompe, el falso modelo. Queda la parte alta o semimolde superior.
- Se completa el molde practicando los canales de colada y respiraderos.

- Se vuelve a colocar este semimolde en su sitio.
- Si es necesario, se procede al secado del molde; los moldes pequeños en estufa aparte y los grandes mediante soplante de aire caliente.

Más adelante se dan ejemplos que ayudan a comprender las notas anteriores. Cuando se moldea “en verde”, los moldes no se secan, motivo por el cual este procedimiento es más rápido y económico que el “seco”.

Este método presenta los siguientes inconvenientes:

- Recrecimiento de la pieza, debido a la presión ejercida por el metal fundido contra las paredes del molde.
- Sopladuras motivadas por falta de permeabilidad.

Hoy día las arenas de fraguado en frío han solventado estos problemas.

## 4. EJEMPLOS PRÁCTICOS DE MOLDEO A TERRAJA

A continuación se van a presentar ejemplos de moldeo a terraja de algunas piezas corrientes.

1) Volante de inercia:

Se trata el moldeo de una pieza de geometría sencilla, como puede ser un volante de inercia. En la Figura 11 se tiene el croquis de la pieza a obtener; en él se aprecia el perfil exterior, que es la primera silueta que se ha de tallar en el aterrajado. Ha de tenerse en cuenta que, puesto que la terraja ha de girar a tope de árbol, hay que prever en la altura del árbol de la pieza la correspondiente a la guía. Asimismo, se debe dejar paso para el amarre de la bandera, el paso del collarín y el tornillo de bloqueo, ya que éstos permanecerán solidarios al árbol; al mismo tiempo, dejar libres los taladros o ranuras de anclaje de la terraja a la bandera.

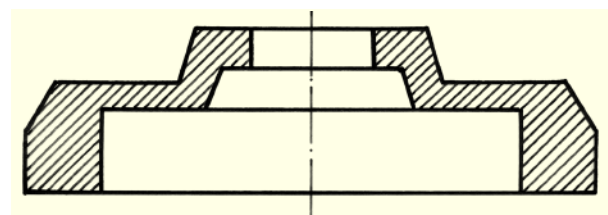


Figura 10. Croquis de la pieza a obtener.

(Continuará)

# Moldeo a terraja de una hélice (Parte II)

Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez  
Universidad Politécnica de Madrid

También es conveniente repasar el canto superior de la terraja que no ha de emplearse para nada en el aterrajado, disponiéndolo de forma que quede a  $90^\circ$  con el eje del árbol; ello va a servir para verificar con un nivel la horizontalidad de bandera y terraja.

El trazado de la plantilla debe hacerse sobre la parte izquierda del eje del dibujo (Figura 12), ya que el trabajo de aterrajado debe hacerse girando la terraja con la mano izquierda, para tener en la derecha la herramienta y lanzar arena según vaya siendo preciso.

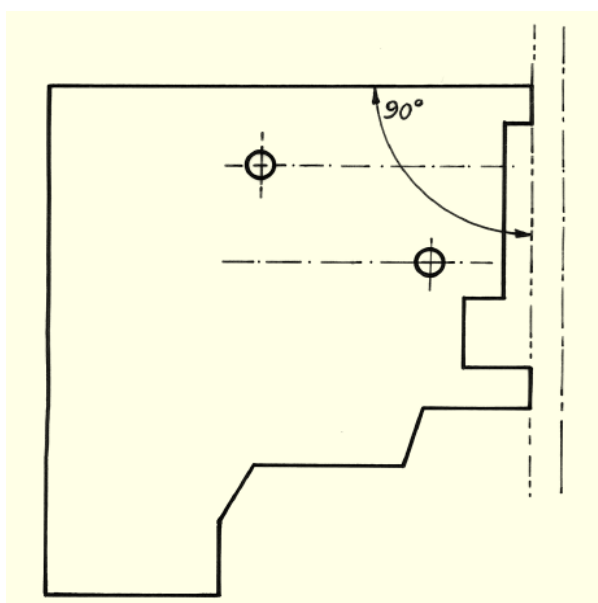


Figura 11. Trazado de plantilla para la pieza anterior.

Ya que el material normal de empleo para este sistema de modelaje son las tablas de pino, el modelista no tiene necesidad de perfilar todo el canto de ellas, y con 4 - 5 mm tiene suficiente. El resto del canto se achaflana para dar salida al sobrante de arena y no provocar un apilado excesivo (Figura 13). Estos desahogos de corte han de hacerse en todo el perfil de la pieza.

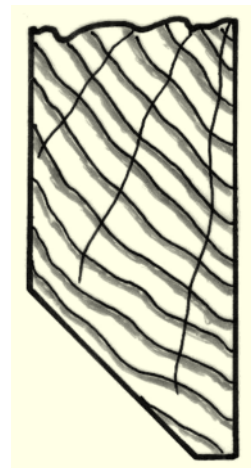


Figura 12. Tabla de plantilla.

Una vez posicionada la plantilla o terraja de la pieza se procede a confeccionar la parte interior. Algunos modelistas adoptan el sistema de cuchillas, que consiste en una doble tabla atornillada a la tabla principal por la cara de empuje, dejando entre el perfil de ella y el nuevo perfil determinado por la cuchilla, el espesor de la pieza (Figura 14). Otros por el contrario, prefieren hacer una doble tabla; y en la segunda de ellas perfilan la parte interior de la pieza con los mismos principios que la tabla del exterior (Figura 13b). Una tercera versión es de otros que perfilan el exterior y el interior empleando la misma tabla, en cantos opuestos y haciendo de este modo una tabla única reversible, según la fase a ejecutar, tal como se ve en la Figura 13c.

Cualquiera de estos procedimientos es igualmente



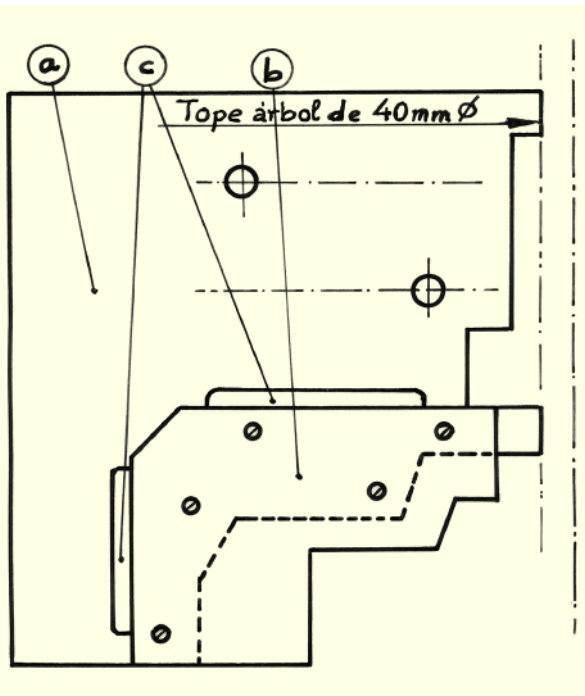


Figura 13a. Cuchilla para moldeo de interior.

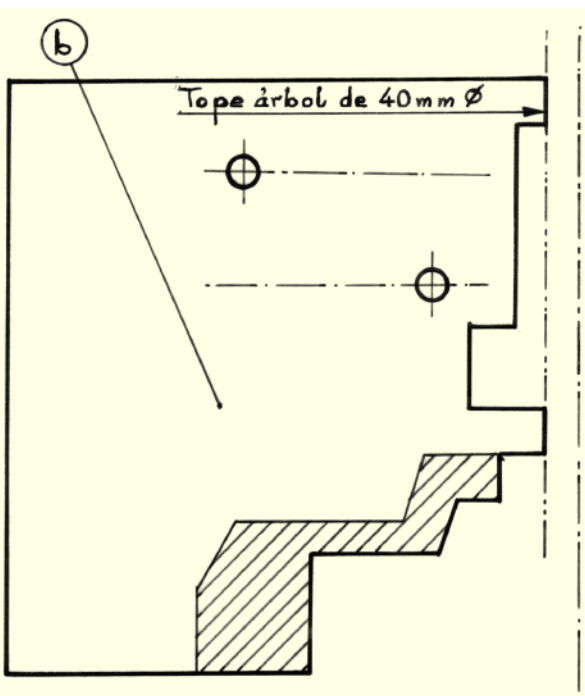


Figura 13b. Segunda tabla para moldeo de interior.

bueno para el fin perseguido y cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes. El método (14) de cuchillas es más económico en cuanto que la tabla principal es una sola; adicionalmente, el moldeador ve

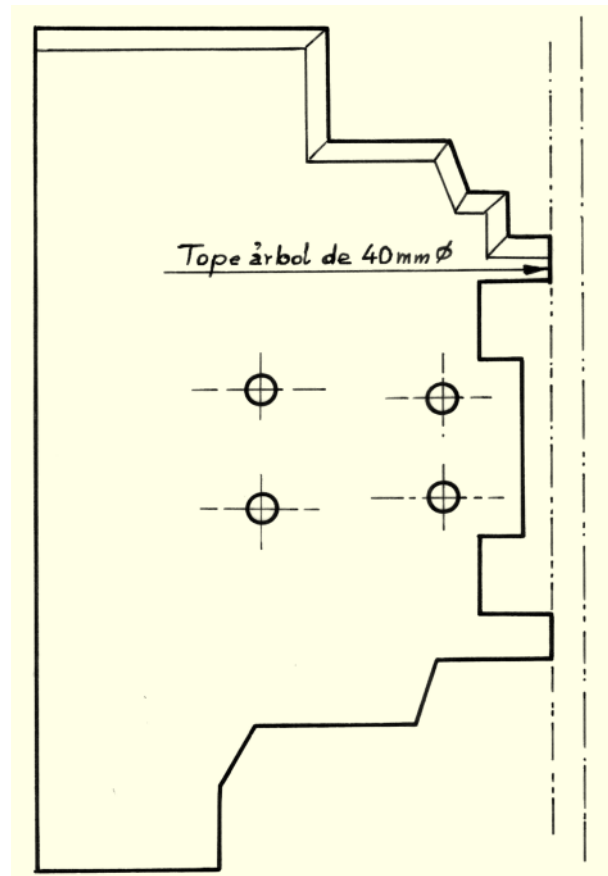


Figura 13c. Tabla única reversible para interior y exterior.

más claramente la pieza a conseguir, pero tiene como inconveniente que, al poner la tabla con el canto de corte en sentido positivo de trabajo, la cuchilla tiene que colocarla al contrario con el fin de que el eje se mantenga (Figura 14) y el aterrajado con la cuchilla para el vaciado interior se ejecuta en sentido inverso. Para este sistema es necesario tener la cuchilla en madera dura y resistente al desgaste (haya, encina, roble, etc...).

El método (15) de dos tablas es más caro en cuanto a madera empleada. No obstante, permite un cierto trabajo en serie, ya que cuando termina de utilizarse la tabla del exterior, puede desmontarse o trasladarse sin soltarla de la bandera a otro árbol y comenzar un segundo se-

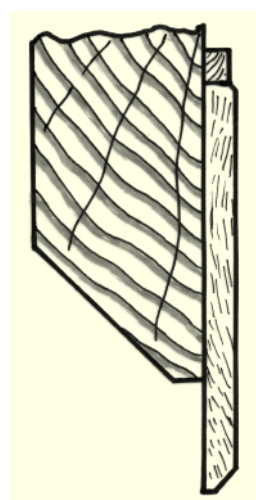


Figura 14. Tabla y cuchilla de plantilla.

mimolde, mientras otro moldeador, con la segunda tabla elabora el semimolde de interior.

El método (16) con tabla reversible, tiene por inconveniente el no poder nivelarla al carecer de canto horizontal superior y también la necesidad de utilizar una pieza de madera excesivamente ancha y, por tanto, con mayor posibilidad de deformación. En cambio, tiene la ventaja de un perfecto almacenaje. El inconveniente de no poder nivelar queda absorbido por la propia tabla, al tener más distantes los puntos de contacto con el árbol y por tanto con mayor capacidad de estabilizar.

El sistema de moldeo a terraja (14) recibe el nombre de “método indirecto” porque con la primera terraja se prepara el falso modelo del semimolde superior. El “método directo” (15) consiste en preparar separadamente, con dos terrajas, los semimoldes superior e inferior; en general, este último no es de resultados tan precisos como el método indirecto.

En cualquiera de los tres casos, el sentido de la fibra de la madera debe ponerse correspondiendo a la cota mayor de la tabla. Es muy conveniente proteger el canto de corte de la terraja con fleje de acero de unos 0,5 mm de espesor, ya que esta práctica da mayor vida al equipo y se consigue una mayor exactitud.

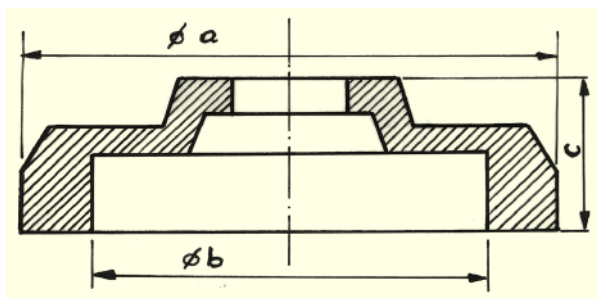


Figura 15. Verificación dimensional.

Todas las terrajas deben llevar dibujado sobre una de las tablas un esquema de la pieza a conseguir, acotado en todos los sentidos (Figura 17), para facilitar la comprensión y el trabajo del moldeador. Así, se suele anotar:

- Diámetro a obtener con la tabla del exterior ( $\phi a$ ).
- Diámetro a conseguir con la correspondiente al interior ( $\phi b$ ).
- Altura (C).

Es aconsejable que la terraja vaya acompañada de una galga de comprobación de diámetro (Figura 18). Se trata de una pieza fina de madera, de 8 a 12 mm de espesor, que tiene una longitud total igual al diámetro de la pieza. Cuenta con un hueco central para el árbol de aterrajado. Con ello se aleja el riesgo de una deficiente medición por el moldeador.

## 2) Piezas irregulares

Cuando la pieza va provista de nervios, orejetas, estómagos, ventanas o cualquier otra forma que no sea de revolución perfecta, se preparan los apliques sueltos aparte y el moldeador los estampa o moldea en el lugar indicado en el trazado.

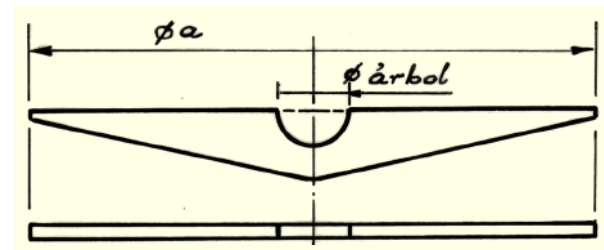


Figura 16. Galga para verificación de diámetro.

Se puede trabajar también con dos o más árboles. Esto es válido en piezas que no constituyen una sola figura de revolución, sino que presentan varias zonas locales de revolución. La Figura 19 representa lo que podría ser, por ejemplo, una bañera. En el caso que se muestra en la figura se montan rangos con sus respectivos árboles de terraja a la distancia entre centros marcada en el trazado, con la ayuda de una plantilla provista de dos taladros para el paso de los árboles. Se pone una caja de moldeo de dimensiones suficientes como para albergar sobradamente la pieza a fabricar y en ella se ataca una masa de arena destinada a dar forma al perfil exterior. Para mejor entendimiento, en esta descripción se le llamará “caja A”.

El modelista ha preparado previamente un doble juego de terrajas de igual modo que si se tratara de dos piezas de revolución completas situadas una al lado de la otra. Después se aterreja con cada una de las plantillas los dos extremos respectivos de la pieza maciza preparada al efecto. Es decir, quedarían dos huecos de planta circular, posicionado cada uno de ellos en un extremo de la pieza. Posteriormente, con la ayuda de una regla y espátula, trabaja el centro de la masa hasta unir los puntos

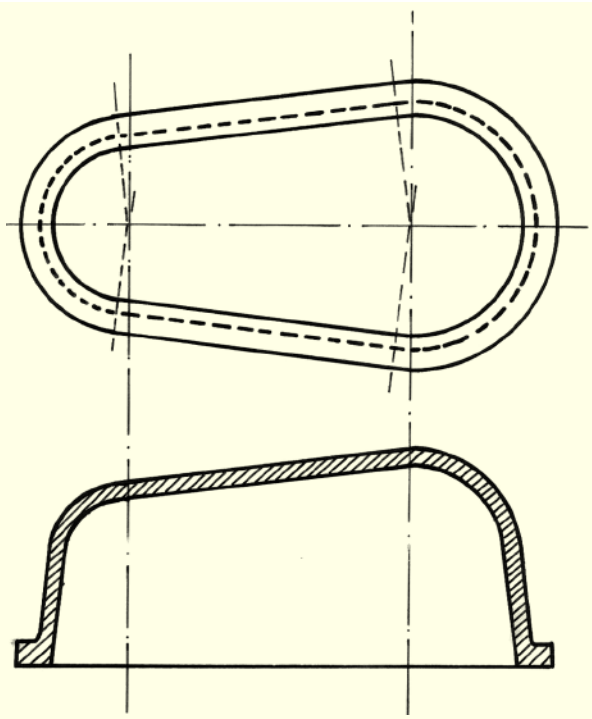


Figura 17. Moldeo de piezas especiales.

correspondientes en las zonas aterrajadas (o sea, los dos huecos cilíndricos).

De esta forma, el moldeador ha trabajado con la “caja A” y las plantillas de medidas exteriores para obtener lo que en taller se llama una “falsa” o falso modelo. Es lo que se podría llamar “semimolde A”. Sobre él monta otra caja, a la que se llama “caja B”. Pone papel fino o polvos separadores y ataca arena hasta enrasar el borde.

Con esto ha atacado el “semimolde B”, que va a constituir la parte alta del molde total y tendrá además, el macho de la pieza. Después desmodela, es decir, eleva el semimolde “B” y lo separa del “A”.

Una vez terminadas las operaciones anteriores, el operario vuelve sobre el semimolde “A”. Manteniendo los mismos árboles de terraja que tenía colocados, posiciona las banderas con unas plantillas que tienen ahora las dimensiones exteriores de la pieza. Con estas plantillas aterraja los dos semicilindros culminando la operación con el corte de la parte recta de unión de ambos.

Finalmente se extraen los modelos de bebederos, mazarotas y respiros. Se pinta y flamea, se cierran los semimoldes y se grapan o cargan, con lo cual el molde terminado ya está listo para colar.

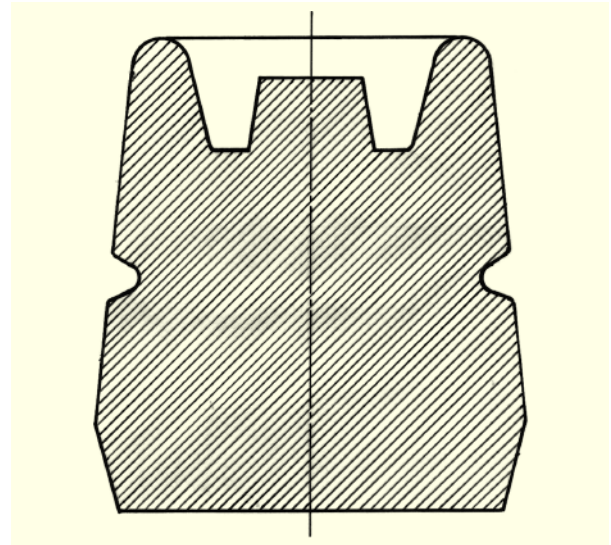


Figura 18. Macho fabricado con calibre.

### 3) Macho fabricado con calibre

El calibre está basado en el mismo principio que la terraja, con la variante de que el modelista prepara todo el conjunto de útiles para aterrajar so-

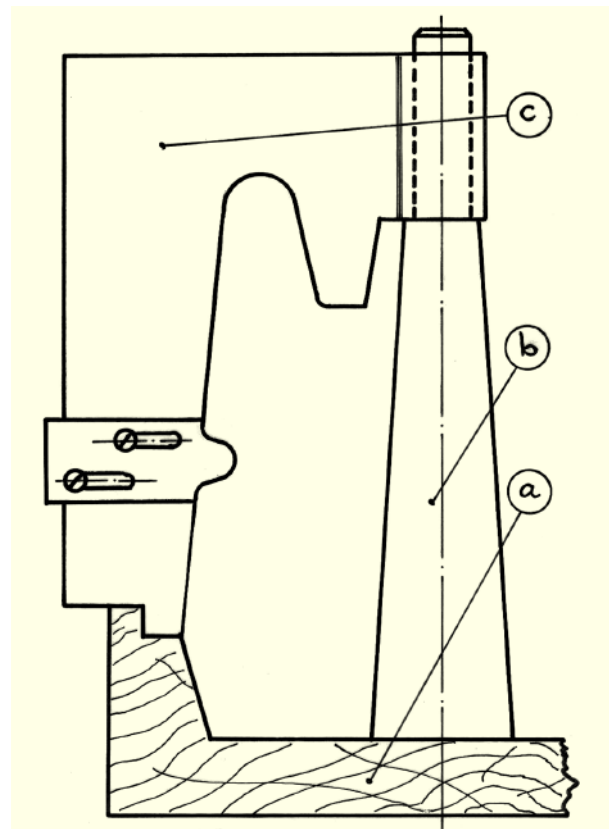


Figura 19. Calibre para el macho anterior.

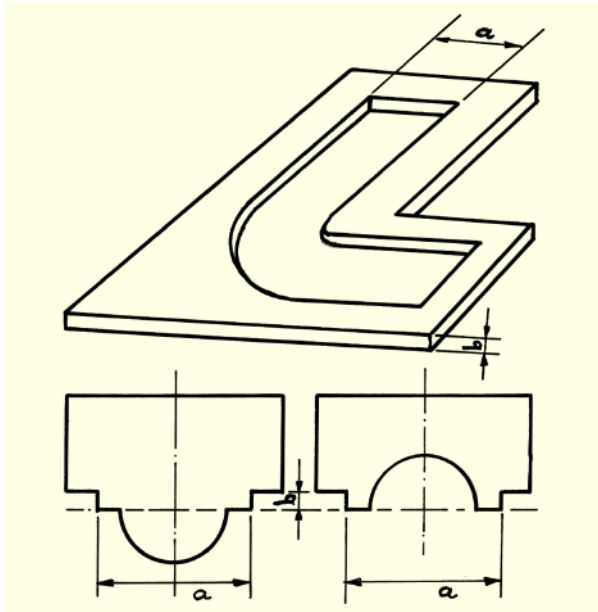


Figura 20. Equipo para moldeo por rasquete.

bre un tablero o media caja, ya que se utiliza preferentemente para la fabricación de machos. Un ejemplo es la ejecución del macho representado en la Figura 21, para lo cual se prepara un alojamiento inferior cónico (que hace lo que la rangua en el moldeo a terraja) sobre un fondo desmontable y sobre éste se monta un árbol y la tabla de rascado correspondiente. En este caso todo puede ser madera, ya que no se precisa otro material más rígido (Figura 21).

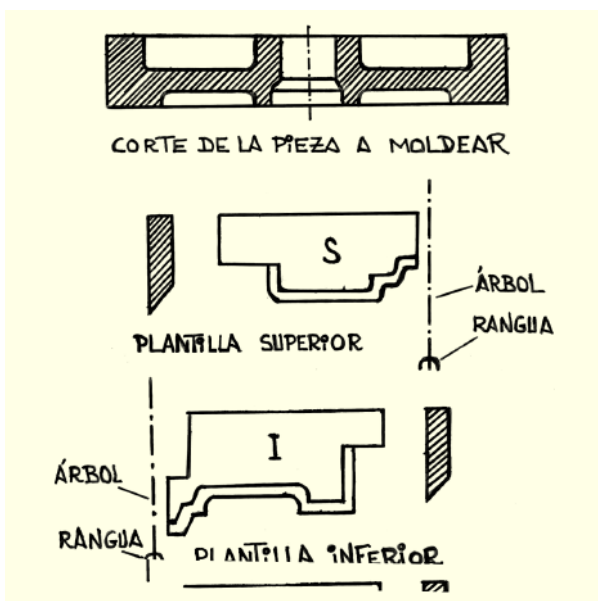


Figura 21. Moldeo con calibre en caja (1).

4) Moldes y machos fabricados por rasquete

El rasquete o brochado a tracción es un proceso muy semejante a los anteriores, con la variante de que éste trabaja en horizontal y la guía del perfil a obtener se prepara mediante una silueta (Figura 22). Sobre ella se hace deslizar el perfil deseado, obteniendo una huella en positivo o negativo, según el tipo de plantilla que se utilice.

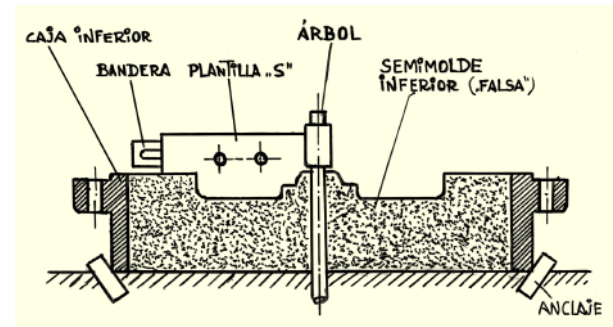


Figura 22. Moldeo con calibre en caja (2).

Al moldear con terrajas de brochado a tracción la arena atacada se retira con las terrajas, que deslizan sobre un marco. En el molde también se puede elaborar el macho con ayuda de terrajas. De esta manera no hay necesidad de hacer el molde y la caja de macho. Este método se utiliza para fabricar moldes de piezas grandes (tubuladuras, tubos acodados de gran diámetro, etc.).

5) Moldeo de un volante grande en cajas con calibre

En el conjunto de figuras que siguen se muestra esquemáticamente el procedimiento de moldeo de un volante de tamaño grande. En la Figura 23 se tienen los croquis de la pieza y las terrajas con las que se va a moldear; S es la terraja para el contramolde o "falsa" del semimolde superior e I la terraja para el se-

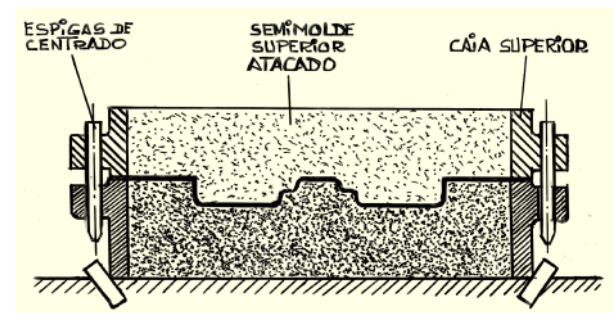


Figura 23. Moldeo con calibre en caja (3).

mimolde inferior (1). A continuación se tratan las sucesivas fases del proceso:

En la Figura 24 se ve el atacado y aterrajado, con la plantilla S, de lo que va a ser el contramolde sobre el que después se va a atacar el semimolde superior (Figura 25). Puede verse que las cajas están inmovilizadas con estacas o artificios similares para que no haya posiciones erróneas de la rangua y árbol de terraja. Una vez separados ambos semimoldes, se quitan del superior los modelos de bebederos, mazarotas y respiros, y se pinta y flamea si fuera preciso.

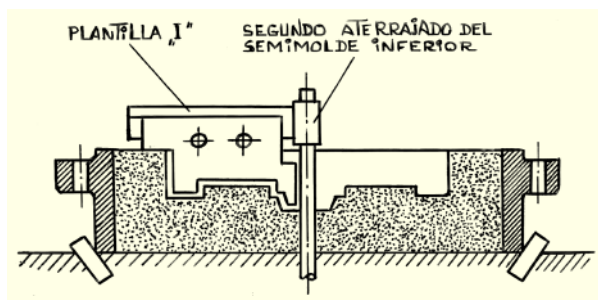


Figura 24. Moldeo con calibre en caja (4).

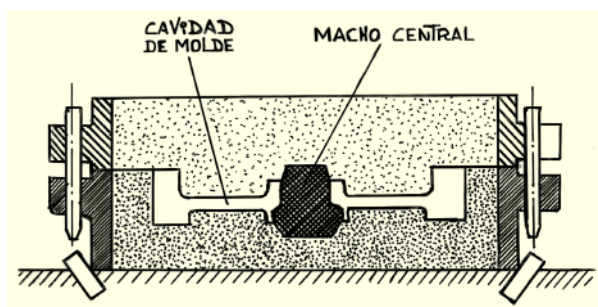


Figura 25. Moldeo con calibre en caja (5).

En la Figura 26 se muestra el segundo aterrajado, ahora con la plantilla I, del contramolde antes descrito, para convertirse en el semimolde inferior. Se pinta y flamea, y se coloca el macho central y los

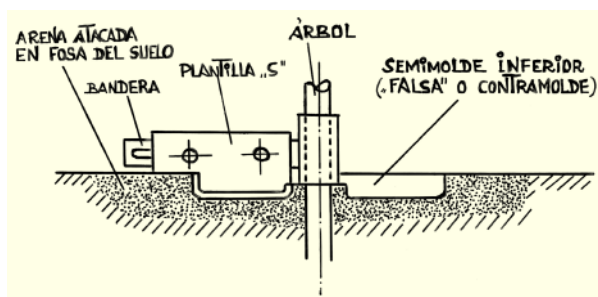


Figura 26. Moldeo con calibre en el suelo (1).

machos periféricos para el dentado en bruto de colada, si se tratara de una rueda dentada. Después se cierran ambos semimoldes, se grapan y cargan, con lo que ya está el molde listo para colada (Figura 27).

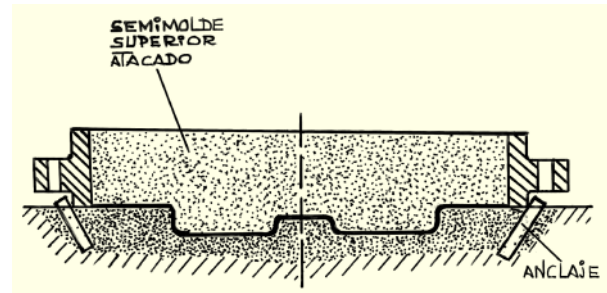


Figura 27. Moldeo con calibre en el suelo (2).

Antes de todas y cada una de las operaciones de moldeo hay que verificar que la bandera y terraja están perfectamente horizontales. Para ello es preciso utilizar un nivel de burbuja.

#### 6) Moldeo de un volante grande en el suelo con calibre

El procedimiento es el mismo que en el ejemplo anterior, con la diferencia de que ahora el semimolde inferior está constituido por el suelo en lugar de una caja de moldeo. Las operaciones son:

Se coloca la rangua, perfectamente atacada y aplomada en el suelo del taller. En ella se implanta el árbol de terraja y el resto de los componentes de la misma. Las plantillas son las mismas que en el caso anterior. Con la plantilla S se aterreja lo que inicialmente va a ser el contramolde o falso modelo del semimolde superior (Figura 28).

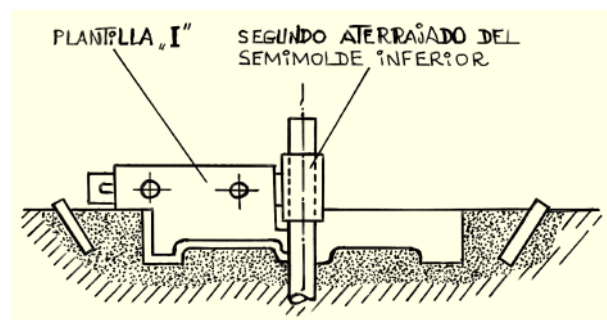


Figura 28. Moldeo con calibre en el suelo (3).

(Continuará)

# Moldeo a terraja de una hélice (Parte III)

Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez.  
Universidad Politécnica de Madrid

Se retiran los elementos del conjunto de terraja, se repasa, pinta y flamea. Se implanta el macho central y los periféricos de dentado en bruto de colada, si los hubiera. Finalmente se cierra con el semimolde superior, que se carga con pesas. De esta forma, el molde queda listo para colar (Figura 31).

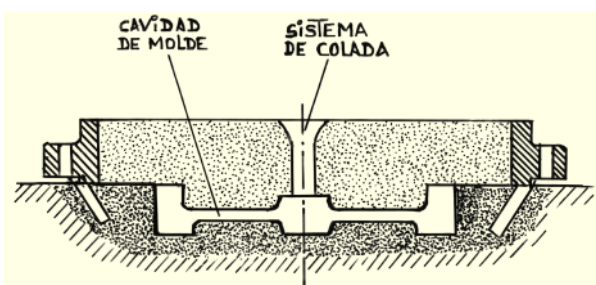


Figura 31. Moldeo con calibre en el suelo (4).

## 7) Moldeo de un cilindro en fosa con calibre

En la Figura 32 se ve el conjunto de molde terminado de un cilindro hueco de grandes dimensiones.

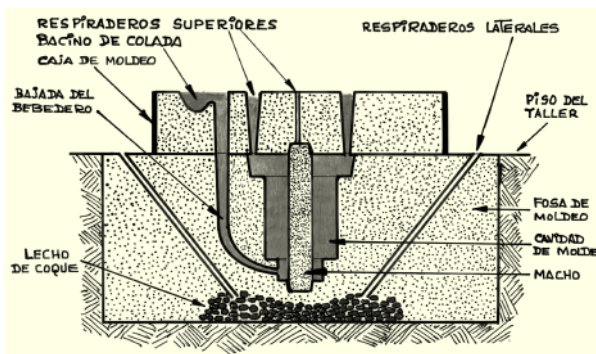


Figura 32. Moldeo en fosa y colada por sifón.

nes fabricado en fosa a terraja o calibre. Los pasos a efectuar son prácticamente los mismos que los descritos en ejemplos anteriores, por lo que no se abunda en explicaciones. Solamente hay que resaltar la precaución de vigilar el posicionamiento concéntrico del macho central. Una variante de matiz sería la sustitución de la colada en cuerno (sifón) a fondo por un sistema de lluvia o cortina.

## 8) Moldeo de una campana en fosa a terraja

Las cuatro figuras que siguen describen gráficamente el proceso. Se trata de obtener una pieza cóncava, con sólo un macho central, cual es una campana de iglesia. Como material de molde y macho se emplea arena de fraguado químico en frío (cemento o resinas).

Fase (1). Una vez excavado y enfoscado el foso, con la rangua colocada sobre el punto, afirmada y aplomada, se implanta el árbol de terraja y se ataca arena de moldeo hasta llenar el foso y complementar con más arena el volumen de lo que sería el macho en un moldeo convencional. Se coloca la plantilla, perfilada según el contorno interno de la pieza, se aterraja el macho y se espera el tiempo de fraguado (Figura 33), con lo que se ha completado la Fase (1).

Fase (2). Una vez fraguada la arena del macho aterrajado en la fase anterior se colocan papeles separadores para evitar que se pegue lo que viene después. Sobre ella se ataca arena aglutinada (arena "negra") de moldeo, o más consistente, y se aterraja ésta, empleando la plantilla segunda o de exterior. Se obtiene así el "falso modelo" o contramolde

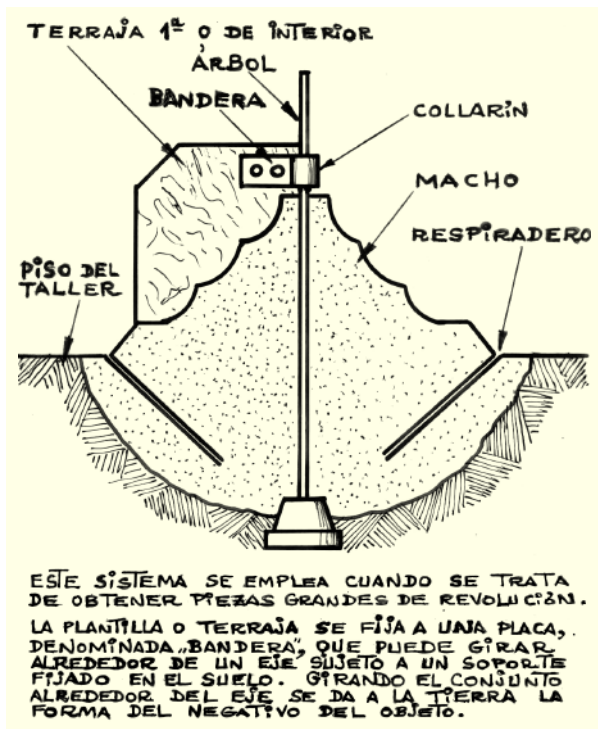


Figura 33.

de la campana. Una vez fraguado este falso modelo (si se hizo con arena química) se colocan sobre él papeles separadores, como se hizo con el macho (Figura 34).

Fase (3). Se quita el árbol de terraja y demás elementos. Se coloca la caja superior, convenientemente centrada con estacas que se clavan en el pi-

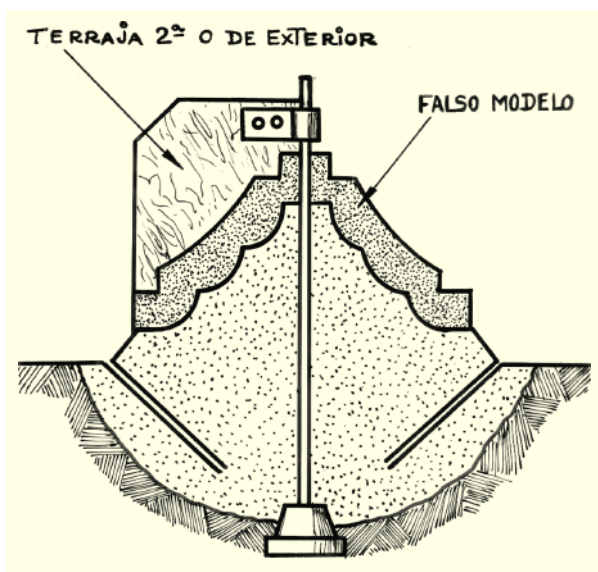


Figura 34.

so del taller (en la figura no aparecen). Si se considera más favorable, en esta fase se colocan los respectivos modelos de bacino (artesa, cubeta) de colada, bebederos y respiraderos. Se ataca arena en la caja y se deja fraguar, con lo que se obtiene el semimolde superior (Figura 35).

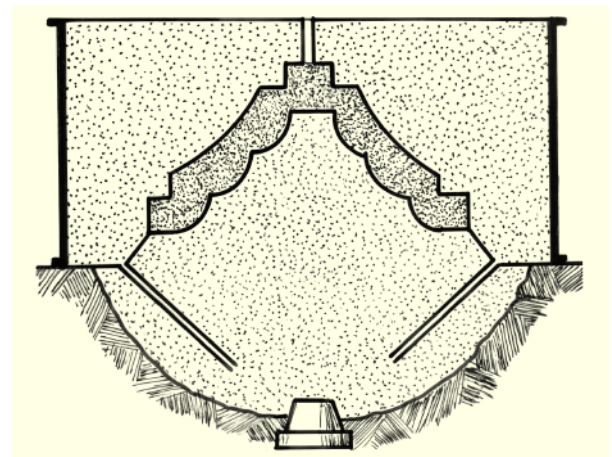


Figura 35.

Fase (4). Con la arena ya fraguada se levanta el semimolde superior y se coloca invertido sobre bases situadas en el suelo del taller. Se extrae o rompe el "falso modelo". Si no se hizo en fase anterior se practican los canales de colada y respiraderos. Se tapan los orificios que ha dejado el árbol de terraja. Se pintan ambos semimoldes con pintura refractaria al alcohol isopropílico y se flamean. Se cierra el molde, cargando encima las pesas que se estimen necesarias. El molde ya está listo para colar (Figura 36).

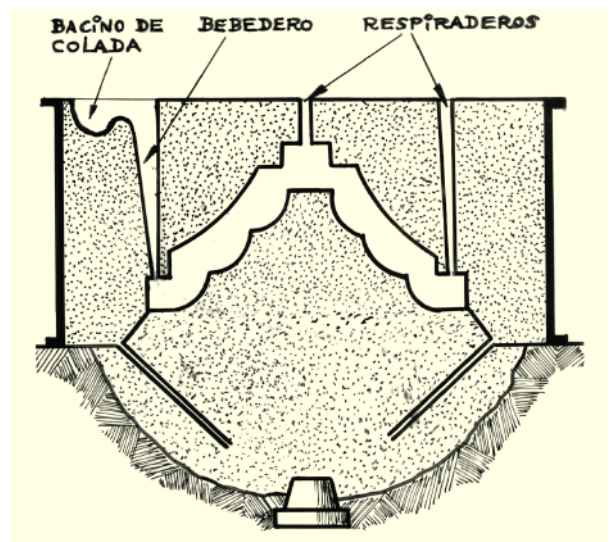


Figura 36.

9) Moldeo de una campana en fosa con terraja

En las Figuras 3 y 4 se vió la obtención de una pieza cónica (pota de escorias para una fábrica siderúrgica) elaborada por moldeo directo a partir de modelo sólido y caja de machos convencional. Ahora se considera el moldeo de otra pieza similar (campana de iglesia) con el molde y macho logrados por moldeo a terraja.

En la Figura 37 se representa el conjunto del molde, una vez colado. Es una fosa semipermanente con el refuerzo de mampostería obligado para soportar las elevadas presiones originadas por piezas de gran peso. En el lado izquierdo de esta figura se tienen los siguientes elementos:

1. Pieza fundida.
2. Macho
3. Macho-galleta.
4. Arandela de fijación.
5. Mampostería fija.
6. Masa atacada permanente.
7. Macho en costra de arena-cemento.
8. Bebedero único.

Y en el lado derecho de la figura se tiene:

1. Pieza fundida.
2. Macho de hierro.
3. Macho-galleta.
4. Tubo de acero.
5. Mampostería.
6. Masa permanente.
7. Coque o arena vieja.
8. Virolas de forma.
9. Tornillos de amarre.

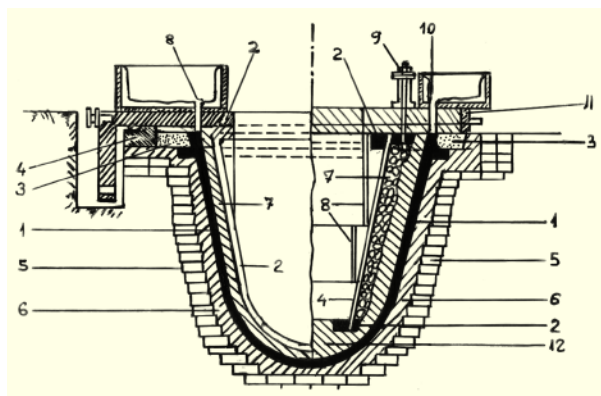


Figura 37.

10. Bebedero.

11. Caja superior.

12. Costra de arena - cemento.

En la Figura 38 se representa la solución para la obtención del macho sobre el suelo, con terraja exterior, con arena al cemento. El macho tiene una armadura de soporte que le sirve tanto durante su elaboración, como durante las maniobras de transporte e implantación en el molde. Los elementos que aparecen en ella son:

1. Forma previa de fundición (cuchilla protectora).
2. Cartabón.
3. Cáscara de arena - cemento.
4. Respiros.
5. Armazón de refuerzo.
6. Taladros para bebedero.
7. Árbol de terraja.
8. Bandera.

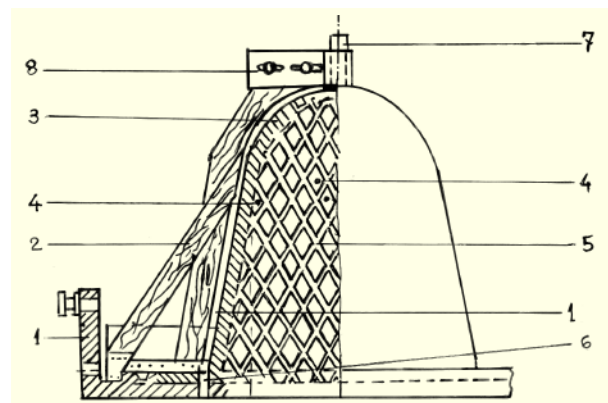


Figura 38.

Las operaciones de producción son aproximadamente las mismas que las revisadas en casos anteriores, por lo que no se vuelve sobre ellas. Únicamente hay que tener presente el hecho de que se trata de un molde muy grande y, en consecuencia, los materiales y operaciones sufren sollicitaciones más exigentes.

Como puede verse, en párrafos anteriores se cita la arena al cemento como material de molde y macho. Es lógico suponer que una arena aglomerada con resinas realizaría la misma función.

## 5. MATERIALES DE MOLDEO

A lo largo del tiempo se han empleado tres tipos de



materiales para la elaboración de piezas fabricadas por un tipo tan especial de proceso como es el de moldeo a terraja. Por orden cronológico son:

- Barro y otros materiales arcillosos, utilizados en épocas muy antiguas, aunque todavía de actualidad en algunas fundiciones de campanas.
- Arenas naturales, arenas sintéticas aglutinadas con bentonita, arena al silicato-CO<sub>2</sub> y arena aglomerada con cemento. De empleo a mediados del siglo XX.
- Arenas aglomeradas con aceites o resinas de fraguado en frío. Empleadas en la actualidad con exclusión de cualquier otra.

### 5.1. Moldes de barro

El moldeo con barro se utilizó mucho para el trabajo en las antiguas “funderías”. Se emplea aún en algunos talleres para producir piezas coladas con formas simétricas o que, en general, se puedan “barrer” con una terraja. Como se ha mencionado en anteriores ocasiones, la economía en cuanto a modelos hace este método atractivo, particularmente en la industria pesada de piezas grandes, tales como turbinas, rotores, hélices, etc. Los modelos sólidos empleados en moldeo directo se sustituyen por las terrajas; en el trabajo de piezas grandes es a veces necesario un equipo pesado de fundición que comprende gruesas placas-base (ranguas y puntos) para las terrajas, necesarias para asegurar rigidez suficiente en las diferentes fases de construcción del molde.

Las mezclas refractarias de barro de moldeo suelen estar constituidas por arena con barro y un aglutinante, y se preparan en un mezclador de los empleados para morteros. Su consistencia puede variar cuando llegan al moldeador desde la pasta natural fuerte muy aglutinada, hasta un lodo fluido empleado para la pintura final del molde.

En estas tareas son importantes la rapidez y la resistencia, por lo que muchos moldes, una vez terminados, se transportan a una estufa para secarlos o, si son demasiado grandes, se secan in situ con soplantes de aire caliente. Cuando los pesos de materiales llegan a ser excesivos para un molde de barro, éste se construye dentro de un foso, como se ha visto en epígrafes anteriores.

### 5.2. Arena al cemento

Aunque las arenas aglomeradas con silicato sódico y sobre todo, los aceites de fraguado en frío, han

desplazado a las mezclas antiguas basadas en aceites naturales de estufado, la arena aglomerada con cemento aún tiene aplicación, especialmente cuando hay dificultades de aprovisionamiento de aquellos aglomerantes modernos (en algunos países hay grandes dificultades para adquisición de resinas autofraguantes). A pesar de su antigüedad se emplea todavía para usos concretos, como hélices de buques, camisas de motores marinos, soportes y bancadas de máquinas grandes, piezas hidroeléctricas, etc...

El origen de esta técnica se remonta hasta el año 1897, en que R. Moldenke y J. Smith, de Pensilvania (EEUU), emplearon una mezcla de arena aglomerada con cemento Portland para la obtención de machos destinados al moldeo de fundición gris. A pesar de los buenos resultados obtenidos, el sistema no se extendió ni se aplicó en gran escala en aquella época.

Otra técnica interesante se dio a conocer a primeros del siglo XX y representaba una solución intermedia entre el molde permanente “cerámico” y el molde convencional. Este método estaba basado en la obtención de un molde previo o “antemolde”, rígido y duradero hasta cierto punto. El antemolde conformaba la pieza, recibiendo un delgado revestimiento de barro o masa (lo que en la tecnología actual sería una cáscara), que había que renovar después de cada colada. Más o menos es lo que hoy día recibiría la denominación de “molde semipermanente”.

Exponente mejorado de esta técnica fue el “procedimiento rápido de moldeo de Gäbel”, el cual tenía como base el empleo de una arena reforzada con cemento para la construcción de aquellos “antemoldes” en sustitución de las obras de albañilería, hierro fundido y masas especiales de moldeo con que inicialmente eran construidos. Este antemolde lo obtenía aproximando su contorno al de la pieza a moldear, mediante una caja auxiliar de madera o chapa, de forma que entre ambos quedaba un espacio de 30 a 50 mm de espesor, y atacándolo con el material de cemento reforzado indicado, o bien constituyendo un bloque de hormigón permeable a los gases.

Como material de moldeo del espacio intermedio (“cáscara”), que como se indica se intercalaba entre el modelo y el antemolde, se acostumbraba a emplear para piezas pequeñas, arena aglutinada de moldeo, y para las grandes, arena aglomerada con cemento. Como puede deducir-

se, el procedimiento era sólo aplicable a partir de un número de piezas que fuera compensatorio de los gastos iniciales de construcción del citado antemolde.

Resumiendo, en un proceso convencional de moldeo la parte fija permanente se construía atacando tierra de relleno arcillosa. Por el contrario, en el procedimiento de Gäbel, esta parte del molde se obtiene fabricando un bloque de arena de cemento y reforzada o de hormigón permeable. Estos materiales resisten la colada de un gran número de piezas, renovándose sólo la capa de arena de contacto. Las ventajas del método estriban en la reducción del número de horas de moldeo por pieza, posibilidad de emplear mano de obra menos especializada y los reducidos gastos de preparación y transporte de los materiales del molde.

El “procedimiento rápido de moldeo” de Gäbel ha seguido desarrollándose con nuevos perfeccionamientos, ampliando las fronteras de su aplicación frente a otros métodos, sean antiguos o modernos.

Posteriormente, a finales del año 1920, el ingeniero francés J.B. Durant, de Marsella, utilizó con análogos objetivos que los anteriores, una mezcla constituida por 86 % de arena sílice libre de arcilla, 14 % de cemento y una cantidad de agua calculada en un 70 a 80 % sobre el total de cemento aglomerante. Con estas mezclas se fabricaron en aquella época moldes y machos que sin grandes trabajos de atacado exhibían unas cifras de permeabilidad y propiedades mecánicas extraordinariamente elevadas.

Este sistema se distinguía sustancialmente de las demás técnicas, porque rellenaba totalmente el molde con arena de cemento, no utilizando por tanto, otro material de moldeo.

Posteriormente, F. Gödel, de la S.A.J.H. Reinecker, de Chemnitz, introdujo el sistema en su fundición. Gödel modificó algo el procedimiento, pues a diferencia del proceso Durant no rellenaba el molde totalmente con arena de cemento, sino que atacaba una delgada capa o costra de 25 a 30 mm de espesor sobre el modelo de la pieza, utilizando las cajas normales de moldeo. Después, al igual que en el sistema usual, rellenaba el espacio entre aquella capa de arena y la caja con arena arcillosa de moldeo de relleno, atacada con pisonos de aire comprimido.

Este sistema se distinguía por el empleo de arena de cemento junto a tierras húmedas arcillosas. Se extendió por Alemania; no obstante, y según las referencias, por su dificultad de secado, incompatibilidad de las tierras empleadas, inconvenientes de colada y calidad de las piezas obtenidas, entre otras, no alcanzó gran arraigo en las fundiciones.

La plenitud de la técnica se obtuvo cuando K. Ingendahl tuvo la acertada idea de sustituir la arena arcillosa por un material seco y mucho más permeable, como es la arena sílice suelta y sin atacar, o cualquier otro producto libre de arcillas y aglomerantes, cual es el caso de la arena de río, tierras de infusorios, granalla metálica, escoria o roca molida hasta tamaño de granza, coque menudo no válido para cubilote, etc... Este sistema fue introducido por su descubridor en la casa Schie, de Dusseldorf, elaborando los moldes sin apisonado mecánico o manual, incluso en piezas que llegaban a las 60 t de peso, con alturas de molde de varios metros y por lo tanto sufriendo elevadas presiones metalostáticas del hierro líquido.

Evidentemente, la arena sílice suelta como material de relleno ha resultado ser un excelente medio transmisor de la presión metalostática al elemento resistente (caja de moldeo, fosa de colada, etc...) a la vez que aporta una permeabilidad insuperable para que los gases y vapores de la colada salgan al exterior sin entorpecimiento.

Asimismo, y en relación con el método de Gödel anteriormente reseñado, el sistema Ingendahl presentaba la ventaja de que el material de relleno y la arena de cemento tienen la misma base, arena de cuarzo, y por lo tanto el sistema puede recuperar sin grandes gastos los materiales de desmoldeo. Bien para adicionarlos como componente básico de la arena de cemento nueva, o bien para formar la arena de relleno regenerándola con pequeñas aportaciones de cemento y arena base nueva, además de agua. Por otra parte tiene la enorme ventaja sobre el sistema Gödel de no comunicar humedad al molde.

Dadas sus ventajas, este procedimiento se extendió rápidamente, alcanzando su mayor desarrollo a partir de los años 40 del siglo pasado, introduciéndose en numerosas fundiciones europeas de hierro, acero y metales.

El sistema de moldeo con arena al cemento presentaba aún grandes dificultades. Entonces se

creó una comisión, con el objeto de estudiar a fondo esta técnica, en la Verein Deutsche Gießereifachleute (Unión de Fundidores Alemanes). Este equipo realizó el trabajo con la colaboración de importantes fundiciones alemanas que desde años poseían experiencia teórico-práctica en la materia. Fue misión de la comisión la elección de la arena de cemento más favorable, así como arenas base, pinturas de modelos, condiciones tecnológicas de los mismos y otras particularidades, aunque de manera especialísima de los problemas inherentes al procedimiento. Estos trabajos fueron parcialmente ejecutados por dicha Comisión y dados a conocer en su Informe no. 16 leído en la Junta General de la Unión de Fundidores Alemanes los días 27 a 29 de Septiembre de 1951, estudios que continuaron posteriormente.

El uso de las arenas al cemento fue introducido en España por los señores Barbero Luna y Tallada Cabello, en los Talleres de Fundición de la Factoría de Manises de la Empresa Nacional Elcano, a mediados del año 1951. Después al parecer, abandonaron esta solución, debido a dificultades de orden técnico. En otras fundiciones de Galicia y País Vasco se adoptó y adaptó esta técnica para el moldeo de piezas grandes o relativamente grandes como camisas de motores, hélices, bancadas de máquinas-herramienta, turbinas hidroeléctricas, piezas de desgaste para maquinaria, etc...

Hoy día el moldeo con arena al cemento permanece solamente en países poco industrializados en los que se encuentran grandes dificultades de aprovisionamiento de las resinas autofraguantes actuales.

### 5.2.1. Preparación de la arena

En la monografía "Fabricación de Camisas de Motores Diesel" se trató exhaustivamente este apartado de las características y preparación de la arena al cemento, por lo que no se abunda demasiado en el tema.

La arena sílice base es la misma que para las actuales arenas aglutinadas sintéticas ("arena en verde") o aglomeradas ("moldeo químico"), tanto en composición como granulometría. La mezcla se compone de:

Arena de sílice	90%
Cemento Portland	10%
Agua	~ 7% sobre total

El malaxado suele hacerse en un molino de dos rodillos, con rejas curvadas y rasquetos. En algunos casos se usan batidoras de machos o incluso hormigoneras.

### 5.2.2. Ventajas de la arena al cemento

- Autonomía absoluta del taller en cuanto a su emplazamiento dentro de los mapas de tierras naturales de moldeo, por ser una tierra sintética cuya base principal está constituida por arena de sílice corriente, económica y de fácil adquisición.
- Menor coste por kg del material aglomerante, cemento, frente a otros productos y baratura de equipo de preparación, ya que basta una hormigonera.
- Características mecánicas superiores a la arena aglutinada, tanto natural como sintética y disminución del trabajo y tiempo de atacado del moldeador.
- Innecesidad del empleo de clavos, puntas de darta, etc..., como asimismo de la operación de "pinchado", prácticas estas usualmente precisas con las tierras convencionales, reducción o supresión de armazones, barras, ganchos, etc..., empleados para el armado del molde o machos; a veces, supresión total de ellos.
- Sustitución de oficiales moldeadores por una mano de obra menos cualificada.
- Los trabajos de desmoldeo y desarenado de machos de las piezas fundidas, así como su limpieza y rebarba, se reducen drásticamente.
- Compensación aproximada entre el juego dado al molde en la extracción del modelo y la contracción experimentada por el mismo debida a la retracción del fraguado, lo cual produce una invariabilidad de dimensiones del molde, y por lo tanto gran exactitud de la pieza fundida.
- Reducción de defectos superficiales en la pieza fundida dadas las óptimas características de la mezcla de arena y de los regulados coeficientes de expansión y contracción.
- En algunos casos supresión de cajas de moldeo, ya que el molde fraguado posee la resistencia necesaria para soportar la presión metalostática a que está sometido durante la colada. Mazas rotas, respiros, canal de colada, etc..., se pueden colocar fácilmente y donde se precise, ya que

no existe impedimento alguno por enrejados de cajas.

- Su propia lentitud de fraguado alarga su vida de banco y permite trabajar sin prisa en el moldeo de piezas grandes. Esta circunstancia es favorable en un procedimiento lento, como es el de terraja que se trata en este artículo.

### 5.2.3. Desventajas de la arena al cemento

- Necesidad del empleo de arena de cuarzo lavada, con una cantidad baja de arcilla, para evitar alteraciones en el fraguado.
- Escasas características en verde que origina dificultades en la extracción del modelo y en el resanado del mismo molde.
- Resulta muy aconsejable la utilización de materiales de relleno y evacuación de gases exentos de humedad, como también es necesario el control de humedad de la mezcla preparada, so pena de tener que proceder a un indeseable estufado posterior.
- Conveniencia de empleo de modelos más fuertes y con mayor salida, originado todo ello por la contracción del molde resultante de la retracción de fraguado.
- Mayor entretenimiento del equipo y material de moldeo, así como necesidad de mayor área de moldeo, ya que por su secado al aire se precisa aparcar los moldes 5 – 8 días antes de su preparación y cierre.

### 5.3. Arena aglomerada con resinas autofraguantes

Son mezclas de arena sílice con combinaciones de dos o tres componentes, según las marcas. Su fraguado es en frío, con una velocidad y vida de mezcla que son función de los porcentajes de los aditivos endurecedores. La arena aglomerada con resinas de fraguado en frío ha desplazado casi totalmente a los otros tipos de mezclas, entre ellas la de cemento.

#### 5.3.1. Procesos autofraguantes

Los procesos autofraguantes, también denominados No Bake, consisten en una mezcla de arena, resina y catalizador, la cual pasado un tiempo, endurece sin aporte de calor. Se obtiene así un molde o macho capaz de soportar los embates del metal fundido.

Las características y propiedades adecuadas para el moldeo químico son:

- Que no exista reacción de la arena con el metal, en lo que se llama reacción metal molde.
- Elevada productividad del proceso.
- Buenas características mecánicas en frío.
- Facilidad de recuperación de la arena usada tanto mecánica como térmicamente.
- Facilidad de desmoldeo y limpieza de utillaje.
- Ausencia de problemas medioambientales.
- Suficiente permeabilidad para la evacuación de gases.
- Facilidad y duración de los moldes y machos almacenados.
- Emanaciones gaseosas no peligrosas para el ambiente de trabajo en las operaciones de preparación, colada y desmoldeo.
- Suficiente duración de vida de la arena preparada.
- Baja reactividad con las impurezas presentes en la arena (especialmente si es recuperada).

Los procesos autofraguantes más importantes en las fundiciones son:

Fenólica – Catalizador ácido.

Fenólica – Isocianato – Piridina.

Fenólica alcalina – Éster.

Furánica – Catalizador ácido.

Silicato de Sodio – Éster.

#### 5.3.2. Aglomerantes

Los materiales empleados como aglomerantes se encuentran en un estado líquido más o menos viscoso. Pueden ser resinas orgánicas:

Fenólica.

Fenólica – Uretano.

Fenólica alcalina.

Furánica.

o aglomerante inorgánico (Silicato de Sodio-CO<sub>2</sub>).

En cuanto a su carácter químico pueden ser ácidos, neutros y alcalinos. Ello influirá en sus posibilidades de reutilización tras su recuperación (mecánica o térmica). Se elaboran a partir de materias primas como, fenol, formol, urea, alcohol furfurílico, etc.

(Continuará)

# Moldeo a terraja de una hélice (Parte IV)

Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez.  
Universidad Politécnica de Madrid

Hay que partir de la base de que los aglomerantes son un mal menor, que no hay más remedio que utilizar. Durante la colada se descomponen y desprenden gases y otros productos nocivos para la limpieza. Por ello, es fundamental emplearlos en la menor cantidad posible (resina, activador y catalizador). Dicha cantidad depende principalmente de:

- 1) Granulometría y calidad de la arena, que vienen determinadas en gran medida por su contenido de finos. Cuanto más grueso es el grano más fácil es envolverlo con el aglomerante y para un volumen dado, menos aglomerante se necesita cuanto mayor sean los granos que lo definen. En otras palabras, la mayor dificultad la plantean los finos que hay en la arena.
- 2) Forma del grano. El grano puede clasificarse en redondo y angular. Cuanto más redondeado sea el grano, menor es la cantidad de aglomerante necesario para recubrirlo. A igualdad de porcentaje de aglomerante y de diámetro medio de los granos de arena, la resistencia es mayor cuanto más redondeado es el grano.
- 3) Viscosidad del aglomerante. Cuanto menos viscoso sea, más fácil será recubrir el grano.
- 4) Calidad de la máquina mezcladora.
- 5) Mantenimiento de la máquina mezcladora.

### 5.3.3. Catalizadores

La resistencia del molde o macho viene determinada por la resina empleada. La resistencia máxima

se alcanza no antes de 24 horas después de la preparación de la mezcla. Mediante el empleo de catalizadores rápidos es posible llegar a esta resistencia mucho antes.

Los catalizadores tienen la importante misión de aumentar la velocidad de polimerización de los aglomerantes. La temperatura de la arena, la del modelo, y la temperatura ambiente actúan de forma sinérgica con el catalizador. El agua actúa de forma opuesta a estos factores.

Se debe considerar la acción de ambos tipos de factores para determinar el tipo y cantidad de catalizador a emplear, de modo que la velocidad de reacción sea adecuada, ya que de ello dependen las características que tendrá el macho o molde. Por ejemplo, si la polimerización es muy rápida, se produce un endurecimiento también rápido y el molde se vuelve friable.

## 6. FABRICACIÓN DE UNA HÉLICE A TERRAJA

### 6.1. Dibujo y construcción de hélices

#### Fundamento

La hélice puede definirse como un artificio que transforma el movimiento giratorio en rectilíneo. No es más que una variante del tornillo (en realidad, nació como una derivada del tornillo de Arquímedes) adaptada a la circunstancia especial de trabajar en una tuerca fluida, que determina cierto resbalamiento axial, por lo cual la superficie de apoyo ha de ser discontinua.

Así pues, los filetes discontinuos del tornillo quedan reducidos a unas pequeñas porciones que toman, en cambio, gran desarrollo en el sentido del radio. En la Figura 39 comparamos en este sentido una hélice con un tornillo. (Aunque se han buscado tipos que acusan especialmente la semejanza, ésta subiste en todas las hélices y tornillos).

En el caso de la hélice, estos movimientos, es decir, el giratorio y el rectilíneo en que se transforma, vienen a ser el del árbol del motor y el de avance del buque, respectivamente. Entonces se puede decir que la hélice es el dispositivo que transforma la potencia del motor en velocidad de avance de la embarcación.

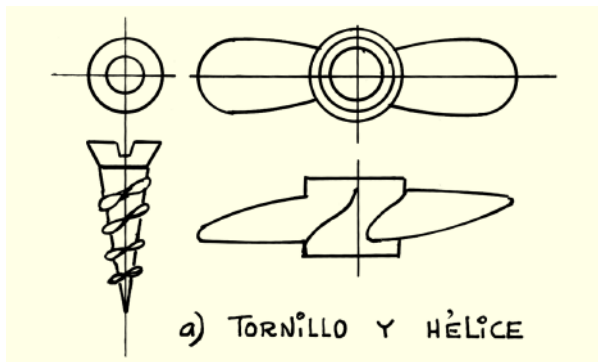


Figura 39.

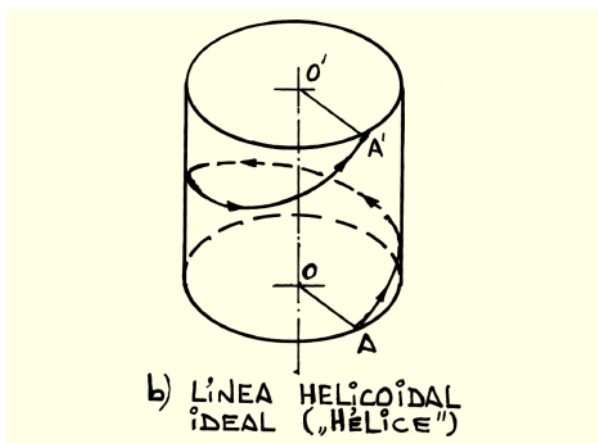


Figura 40.

### Geometría de la hélice

La arista exterior del filete del tornillo es una línea geométrica perfectamente definida. Esta línea es la que describiría un punto "A" (Figura 40) al girar alrededor del eje O-O' con velocidad uniforme y trasladarse al mismo tiempo paralelamente a dicho e-

je, con velocidad también uniforme. La línea así descrita, por composición de los dos movimientos, se denomina "hélice" o línea helicoidal ideal.

El punto A describe la línea A-A'. Si se considera el movimiento de la línea O-A, en la misma forma hasta llegar a ser O-A', las diversas posiciones de la misma forman una superficie que se apoya en una "hélice" exterior y se denomina "superficie helicoidal". Las caras de trabajo de los filetes de los tornillos son superficies helicoidales (Figura 41).

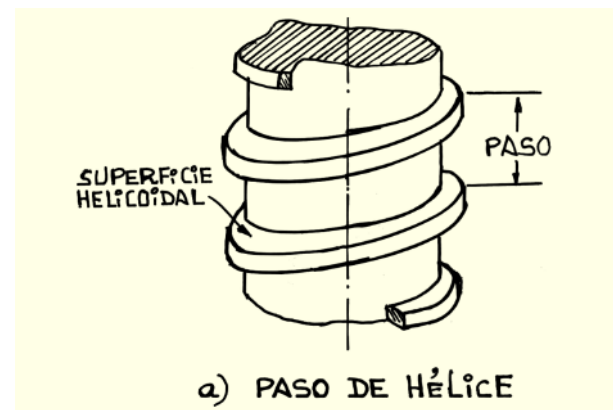


Figura 41.

Ya se ha dicho que en la hélice el filete queda sustituido por trozos de forma especial, las palas, cuya superficie de trabajo ha de ser también una superficie helicoidal. Por Física se sabe también que la distancia A-A' que recorre verticalmente el punto generador en una revolución completa es lo que se denomina "paso". Al hablar de paso en una hélice, hay que referirse naturalmente al paso de la línea helicoidal exterior en que se apoya el radio generador para dar lugar a la superficie helicoidal, aún cuando de ésta exista sólo un corto segmento (Figura 38b).

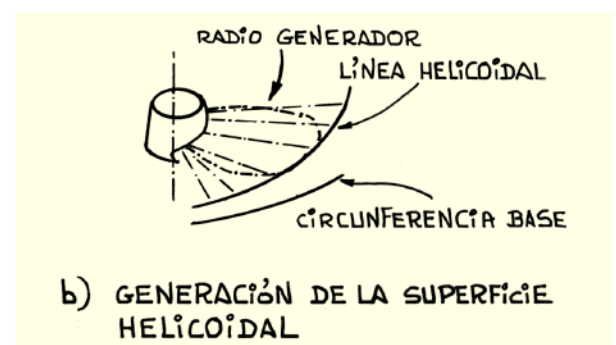


Figura 42.

Aquellas hélices en las que todos los puntos del radio generador, o generatriz, se desplazan distancias iguales en una revolución se llaman hélices de "paso constante". Si el avance no es igual para todos los puntos del radio, se llaman de "paso variable". Se llama diámetro de la hélice al del círculo descrito por el radio O-A en su giro; es decir, en una hélice real, el doble de la distancia del eje al punto más alejado de las palas.

### Dibujo de la hélice

Si una hélice hubiese de responder sólo a un diámetro y a un paso determinado (que son sus principales dimensiones), bastaría para definir una hélice dibujar la forma de la pala a "recortar" sobre la superficie helicoidal e indicar el diámetro y el paso además del número de palas. Sin embargo, en la práctica aparecen otras características que deben detallarse también en el plano. Éstas son, aparte del núcleo central que une las palas entre sí y con el eje que les da movimiento, las que se deducen de las siguientes consideraciones:

Las palas de una hélice son indudablemente construídas para realizar un trabajo y por tanto no pueden limitarse a una superficie helicoidal, sino que han de tener el espesor necesario para resistir el esfuerzo a que están sometidas en su trabajo. Este espesor no es constante, puesto que los esfuerzos tampoco son uniformes, y por esto la pala también es más gruesa en la raíz que en la extremidad (Figura 43). Por otra parte, si a un radio determinado el espesor fuera constante en todo el ancho de la pala, una sección dada según B-B' tendría forma rectangular; y considerando el movimiento de la hélice en el agua es evidente lo hidrodinámicamente desfavorable de esta forma. Por ello, la forma de la sección radial de la pala ha de ser lo más

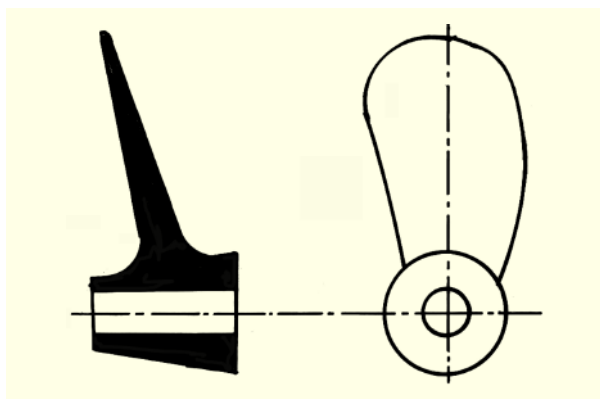


Figura 43.

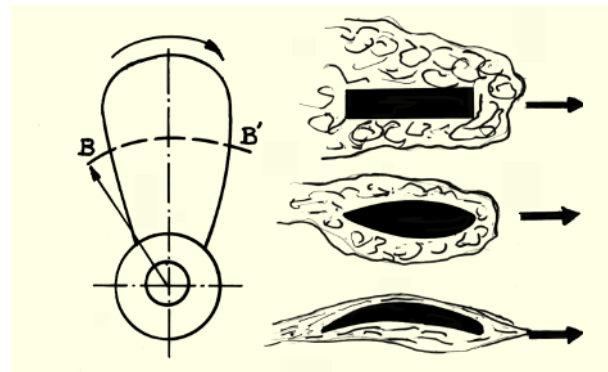


Figura 44.

favorable posible para su movimiento en el agua (Figura 44).

Hasta ahora se ha considerado la línea o radio generatriz como una recta normal al eje. En la práctica se ha comprobado que es más favorable hacer la generatriz en forma de recta inclinada en relación con el eje de giro o bien como una línea curva o mixta (Figura 45). En la Figura 46 se muestra un croquis en perspectiva que explica por sí mismo cómo se han trazado las diversas figuras que aparecen en el plano de una hélice, así como el plano que acompaña y sobre el cual se ha moldeado la hélice.

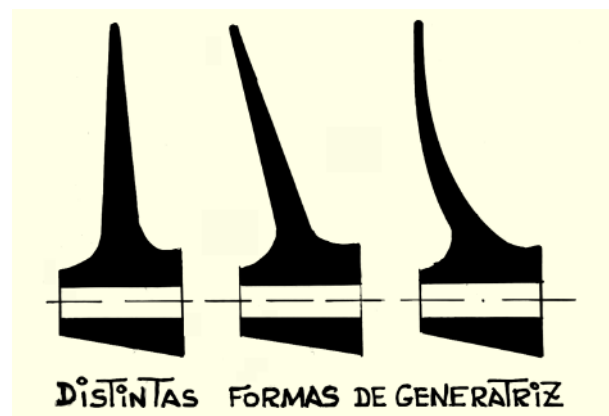


Figura 45.

### 6.2. Observaciones sobre el moldeo de hélices

Como se indicó anteriormente, las palas son la parte esencial de la hélice. Por esto el plano de la hélice se refiere casi exclusivamente a las palas. También por este motivo se debe poner el mayor cuidado en el moldeo de las mismas. Dando por suficientemente conocida la marcha general del

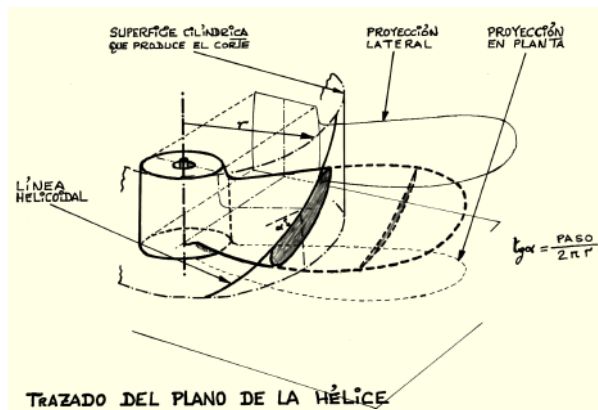


Figura 46.

trabajo de moldeo, incluido el aterrajado, sólo se hacen observaciones sobre algunos detalles que ayudan a una interpretación más exacta de los planos:

### Diámetro:

Para que la hélice salga de fundición con el diámetro exactamente de acuerdo al plano, se traza el contorno de las palas sobre la tierra ya aterrajada, con el radio aumentado respecto al del plano en porcentaje correspondiente a la contracción que sufre el material al enfriar después de la colada. Este radio debe tomarse en dirección perfectamente horizontal. Las chapas de terraja deben construirse de forma que dibujen una circunferencia con un diámetro 6 - 10 cm mayor que el de la hélice.

### Paso:

Se consigue con las chapas de terraja, las cuales se construyen como se indica en la Figura 47. Estas chapas forman una circunferencia cerrada cuyo diámetro debe ser, como se ha dicho, 6 - 10 cm mayor que el de la hélice. La longitud de la circunferencia se divide en tantas partes iguales como palas tiene la hélice (cuatro en este caso). Sobre cada una de estas partes se construye un triángulo rectángulo, siendo un cateto la base y teniendo el cateto vertical una longitud igual al paso dividido por el número de palas (cuatro). Las hipotenusas de estos triángulos son iguales entre sí, y marcan los segmentos de línea helicoidal sobre la que ha de deslizarse la generatriz para dar la línea y superficie helicoidal, tal como se ve en la misma figura.

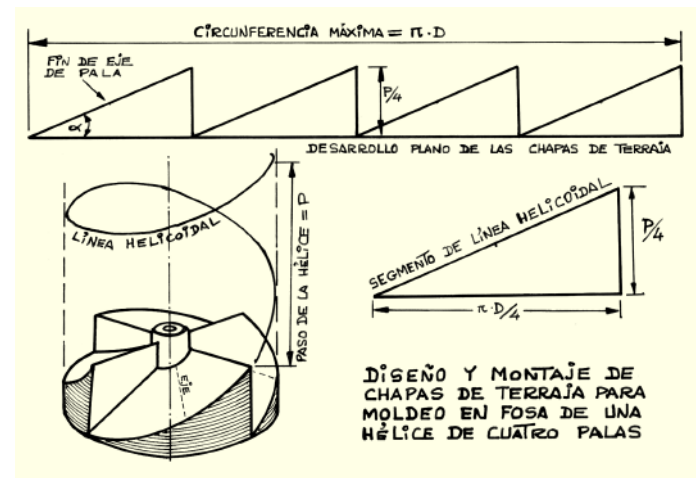


Figura 47.

### Generatriz:

En los planos de hélices se dan las cotas para el trazado de esta línea, según la cual se ha de construir una plantilla que es la que apoyándose en las chapas de terraja, y girando sobre el eje, forma la cara de empuje en la tierra.

### Espesores de la pala:

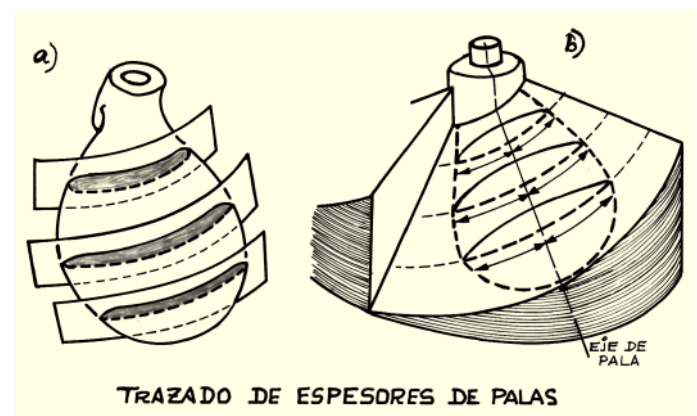


Figura 48.

Es ésta, como se ha dicho, la parte más delicada de la construcción de la hélice. Se definen en los planos por medio de secciones de la pala por superficies cilíndricas de radios dados (Figura 48a). Estos cortes se sitúan sobre la superficie aterrajada (Figura 48 b) en la posición que se indica en el plano, referida al eje longitudinal de la pala. Uniendo los extremos de los cortes por una línea continua, se tiene ya sobre la tierra el contorno de la pala y su situación.



### 6.3. Marcha seguida en el moldeo de la hélice

Aquí se describe la fabricación de una hélice propulsora para un buque medio. Las características principales del motor y la hélice son las siguientes:

- Máquina a vapor triple expansión.
- 252 HPe a 120 rpm.
- Número de palas 4.
- Diámetro 2.450 mm.
- Paso constante 2.900 mm.
- Razón de superficie 0,46.
- Peso neto aproximado 900 kg.

Las figuras 49, 50, 51, 52 y 53 están tomadas del plano principal de la hélice. Para simplificarlas se han suprimido en ellas muchas cotas y ejes que en copia reducida harían muy difícil la visión del dibujo.

En la Figura 49 se tiene un corte de la pala con las secciones de la misma; también puede apreciarse la inclinación que se ha dado a la pala en relación al eje de giro de la hélice.

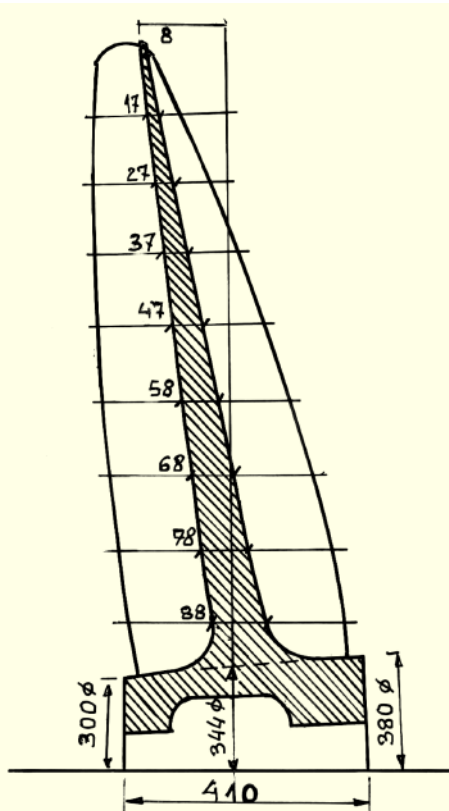


Figura 49.

En la Figura 50 se muestran las posiciones y curvatura de los espesores de la pala: Estos espesores, que se elaboran con chapa de plomo, van a tener una importancia primordial en el moldeo de la pieza a fabricar.

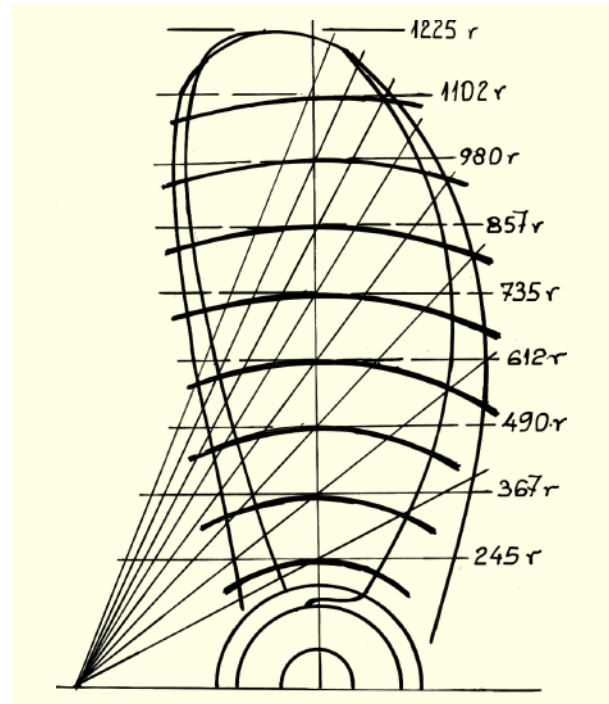


Figura 50.

La Figura 51 permite ver los perfiles de los espesores en cada una de las secciones de la pala. Para no complicar el dibujo se han omitido algunas cotas.

En la Figura 52 aparecen los elementos de la terraja. Arriba se tiene la terraja (plantilla), con los puntos en que van los alambres que marcan la posición de los perfiles de plomo. Abajo se ve la bandera deslizando, alrededor de su árbol, apoyada sobre los triángulos del foso.

En la Figura 53 se representa la posición del núcleo con respecto a los demás elementos del foso de moldeo.

#### 6.3.1. Preparación del foso y terraja

A partir del plano se calculan las dimensiones del foso de colada, añadiéndole al diámetro el 1% de la contracción. Por ejemplo, para un diámetro final de 2.450 mm resulta un diámetro de foso igual a:

$$2.450 + 24,50 = 2.474,50 \text{ mm}$$

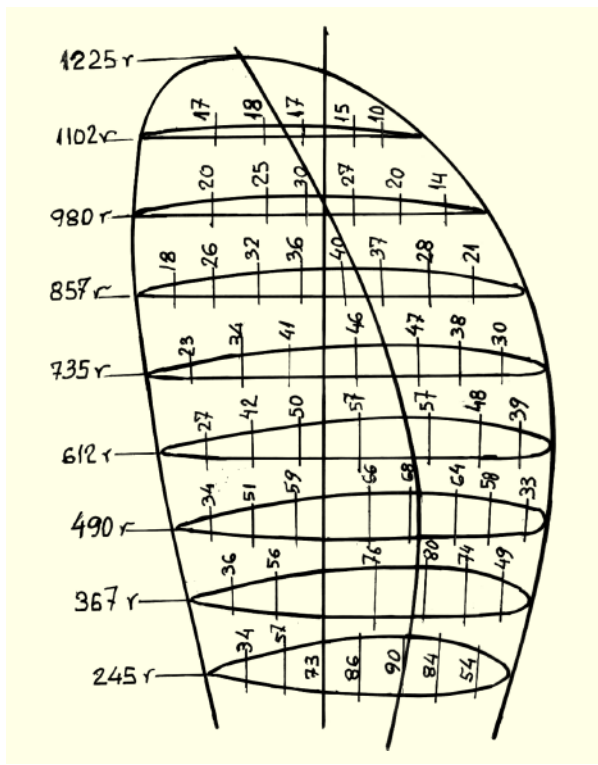


Figura 51.

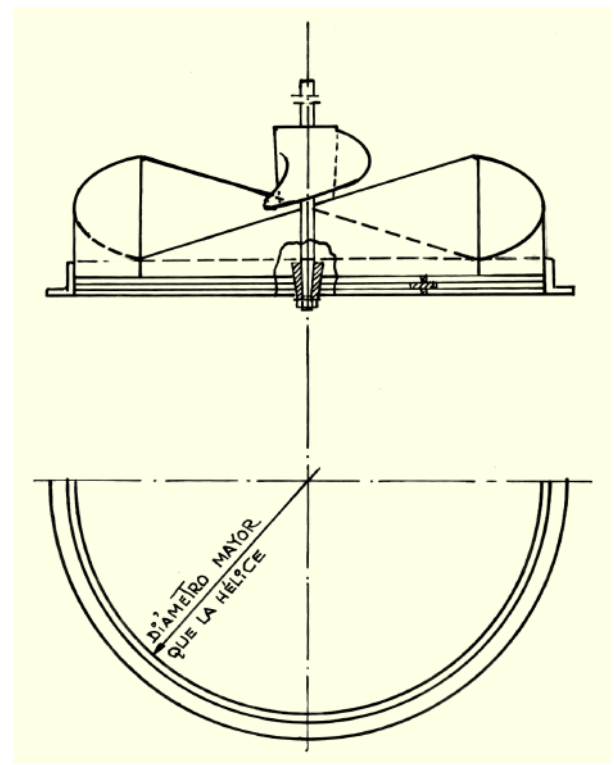


Figura 53.

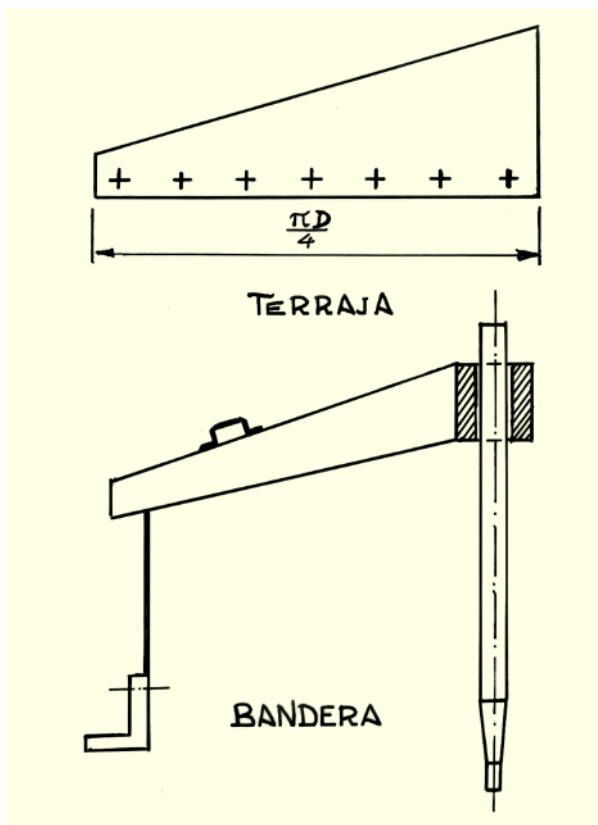


Figura 52.

Se preparan las chapas; como se ha visto son cuatro palas, y por tanto son cuatro los dientes. La altura del diente es el paso dividido por el número de palas. Se dispone un anillo que por ser hélice de paso constante también tiene una altura constante. Sobre él se apoyan los dientes de chapa, sujetos firmemente al anillo (soldados o atornillados). El eje de la pala va al centro de la hipotenusa de cada diente, dotado de una muesca para facilitar posicionamientos en operaciones posteriores.

Después se cierra el anillo con las chapas y se coloca en el foso. Éste se ha excavado en el suelo de taller. En el fondo se dispone una cama de coque para asegurar permeabilidad y salida libre de los gases producidos en la colada. Hasta ese lecho se hacen llegar tubos de hierro de 100 mm de diámetro interior que inciden oblicuamente, como se vio en las Figuras 32 a 36 inclusive. Estos tubos son los que en la colada hacen de respiraderos de los gases procedentes de los cuatro moldes inferiores ("bollos") de cada pala.

Sobre el coque se ataca arena aglutinada de moldeo ("arena en verde") y en el centro se coloca el "punto" en el que se aloja y sujeta la rangua que a su vez es el alojamiento del árbol de terraja. En el centro de la rangua está el taladro donde se aloja el

extremo inferior del árbol de terraja, un redondo de 80 mm que gira loco sobre unos cojinetes. El objeto de hacer tan grueso el árbol es evitar que se cimbrée, ya que esto daría lugar a que la hélice no tuviera las dimensiones exactas.

Previamente, en el taller de modelos o de mantenimiento se ha preparado la terraja o plantilla en la que se marcan las rayas que determinan las posiciones futuras de los espesores de las palas. En cada raya hay una muesca en la que se sujeta y sobresale un alambre fuerte que, al girar la plantilla sobre el molde inferior ("bollo") deja marcadas en él las posiciones exactas de los espesores de las palas de acuerdo a las medidas de la Figura 50. La plantilla tiene una longitud algo mayor que el radio de la virola a la que están sujetos los triángulos rectángulos de terraja.

### 6.3.2. Atacado del semimolde inferior

Este semimolde inferior o parte baja, está constituido por todos los elementos preparados en el foso de moldeo. Se colocan tableros que hacen de encofrado contra el cual atacar los bollos. La parte inferior de ellos puede elaborarse, para ahorrar cemento, con arena aglutinada con bentonita ("arena en verde"), la cual tiene la siguiente composición:

Arena sílice	90%
Bentonita	6%
Polvo de hulla	4%
Agua sobre el total	6%

La arena sílice base es arena de playa pasada por un tamiz de una malla por mm<sup>2</sup> para eliminar desperdicios, a la vez que uniformizar el tamaño de grano. El agua se aumenta o disminuye, a tenor de la humedad, con el fin de tener siempre el mismo porcentaje, que se aprecia al tacto además de por análisis de rutina. Hay que evitar cuidadosamente que se mezcle la arena de bentonita con la de cemento, puesto que se impediría el reciclado de ésta.

Se había repartido el coque en el foso, como se ha dicho anteriormente. Sobre él papeles y encima una capa de arena aglutinada que se aterraja horizontalmente para que quede lisa. Los bollos se elaboran uno a uno, atacando arena en el volumen entre el suelo y las tablas de encofrado. Se pasa la bandera, con movimientos simultáneos de giro y descenso, de manera que su extremo va siempre apoyado sobre el diente de chapa. Así el bollo tiene el perfil y la altura justa que le marcan los dientes (Figura 54).

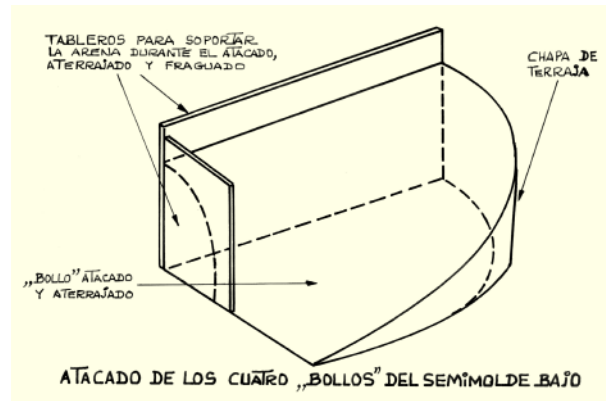


Figura 54.

Se apisona la arena y se echa sobre ella una capa de arena al cemento de unos 30 cm de espesor, la cual tiene la siguiente composición porcentual:

Arena sílice	90%
Cemento	10%
Agua sobre el total	6,75%

Esta arena sílice base es la misma que la empleada para arena sintética (la aglutinada con bentonita); la humedad depende también de la que la propia arena tenga, aproximándola lo más posible a la fórmula de la arena. Los resanados de roturas que eventualmente se produzcan se hacen perfectamente, untando con una lechada de agua y cemento las partes dañadas y aportando a los lugares faltos de dichas roturas arena al cemento de la fórmula enunciada anteriormente. El malaxado se hace en un molino de dos rodillos, con dos rejillas curvadas y dos rasquetos. El tiempo de malaxado no llega a tres minutos.

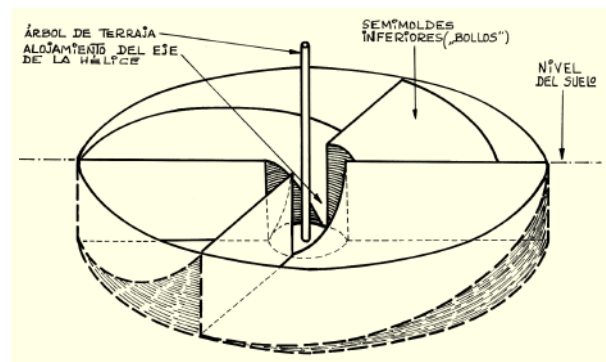


Figura 55.

(Continuará)

# Moldeo a terraja de una hélice (y Parte V)

Por Enrique Tremps Guerra y José Luis Enríquez.  
Universidad Politécnica de Madrid

La arena cemento se deposita sobre el bollo proyectándola con la mano y pasando la plantilla hasta que la altura de la capa de cemento sea tal, que enrase con los dientes de chapa. Así se opera para todos y cada uno de los cuatro bollos. El foso de colada terminado queda finalmente, como aparece en la Figura 55.

Antes de dejar fraguar hay que alisar la capa de arena cemento con la paleta, pero sin apretar. Luego se raya en cada bollo con un alambre el que va a ser eje (generatriz) de la pala. Para ello se hace descansar el extremo de la terraja sobre la muesca de la chapa y apoyándose en la propia terraja a guisa de regla, se traza la generatriz.

Se colocan los alambres en la terraja (plantilla) y se desliza ésta sobre los bollos. Con ello quedan marcadas las posiciones futuras de los perfiles que van a determinar los espesores (Figura 56). Después, con un regla de dos puntas se ve si las distancias entre dos puntos de la generatriz que intersectan las rayas homólogas de cada dos palas son iguales. De no ser así se corrige, ayudándose de la regla de puntas, hasta que las distancias respectivas sean iguales (Figura 57).

Así se consigue que las puntas de las palas estén en el sitio que les corresponde, puesto que una vez fundida la hélice cualquier error ya no tendría remedio. La figura citada describe esquemáticamente cómo se efectúa este trazado de verificación dimensional previa del molde.

A continuación hay que efectuar en el núcleo la

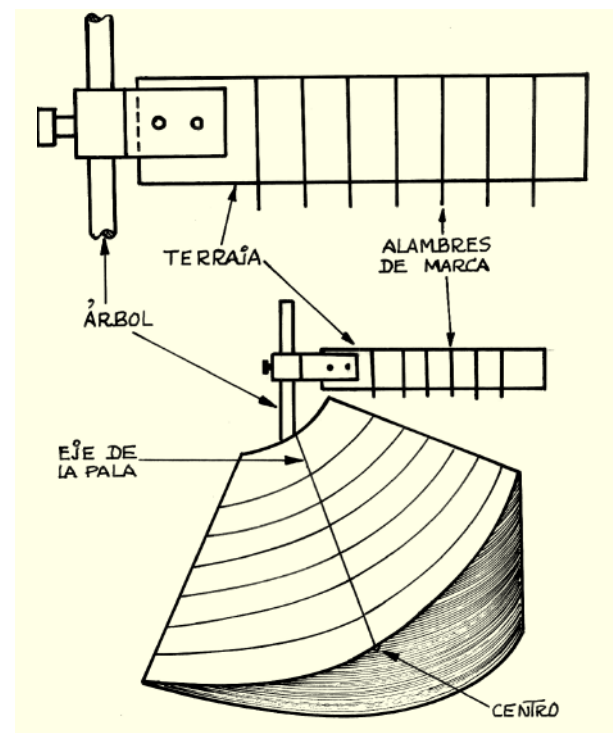


Figura 56.

determinación del origen de las generatrices de las palas, por medio de un punzón que se va pasando alrededor de él. Este punzón se había colocado fijando el tornillo deslizante de trazar a la altura debida. El núcleo de madera se coloca en su hueco de forma tal que la línea trazada sobre él coincida exactamente con el extremo u origen de todas y cada una de las cuatro generatrices (Figura 58).

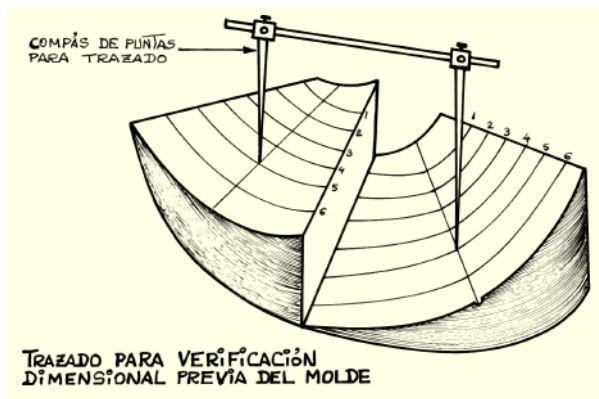


Figura 57.

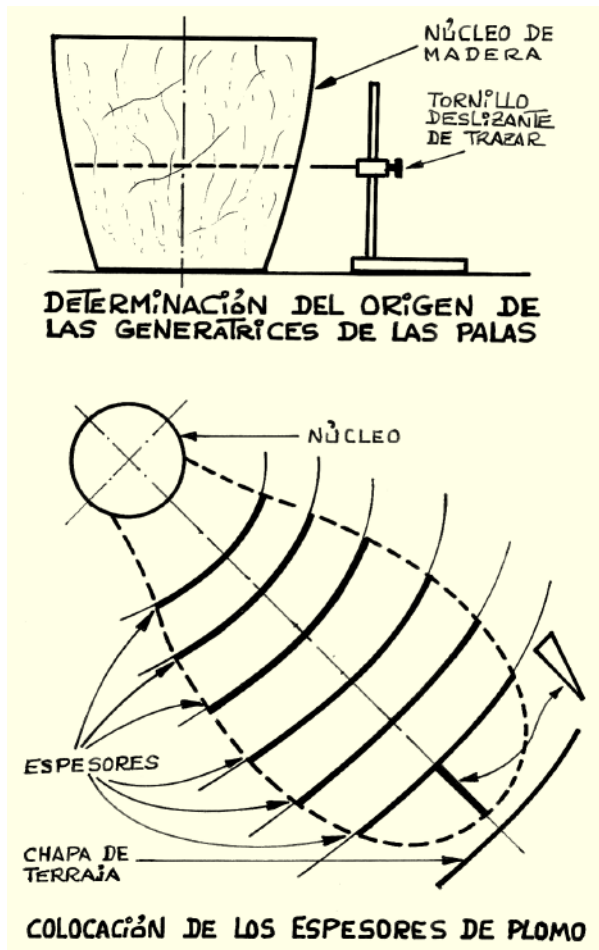


Figura 58.

Completada esta operación se van colocando los espesores de plomo, curvándolos de forma que coincidan con las marcas que habían sido grabadas anteriormente en la superficie del bollo con la terraja y sus alambres. Para que no se caigan, estos perfiles se sujetan con clavos pinchados en el ce-

mento. Entre el perfil más externo y el borde se pone una plantilla que determina la forma del borde exterior de la pala y con ella se dibuja su contorno. Perpendicularmente al último perfil se coloca uno en forma de triángulo rectángulo de baja altura, que marca la disminución de espesor de la pala hacia su extremo. Este perfil se clava en el cemento, previa marcación exacta de su posición. Todo ello puede verse en la parte inferior de la misma (Figura 58). Seguidamente se clavan puntas en ese borde.

Se continúa clavando puntas todo alrededor de la forma de la pala y se coloca arena cemento que hace de filete o muro exterior de la cavidad de la pala. Se clavan otras puntas en los espacios entre los espesores para que den sujeción a la arena que a continuación va a constituir el "modelo" o positivo de la pala (Figura 59).

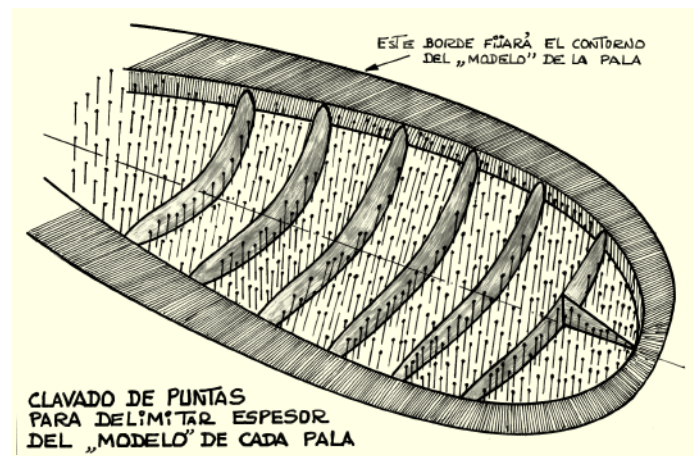


Figura 59.

Se hace este modelo con arena aglutinada sintética ("arena en verde") que se aplasta con los dedos hasta llenar el volumen hueco entre los espesores y después se completa aplastando con un mazo - atacador pequeño.

Este falso modelo puede elaborarse también con arena aglomerada con cemento o resina, pero tomando la precaución de que no sea tan "fuerte" que haga problemática su rotura. Se pasa una regla metálica en dirección normal a la generatriz y se marcan los bordes con cuidado, aprovechando las puntas que se clavaron en los bordes de arena - cemento. Así se hace hasta que aparezcan visibles las aristas de los espesores de plomo (Figura 60). Las puntas que sobresalgan se sacan. Una vez hecho esto se extraen los espesores y se finaliza el a-

cabado de la arena que hace las veces de "modelo" o positivo de la pala.

### 6.3.3. Atacado del semimolde superior

En la misma Figura 60 se muestra el siguiente paso, que es la colocación de un encofrado de chapa sobre todos y cada uno de los bollos. Se rodea la forma de la pala con una pared de chapa bien apuntalada y sujeta con barras de redondo a cuyo alrededor se ataca tierra de moldeo hasta enrasar con el piso del taller. Quedan pues, cuatro huecos, correspondientes a cada una de las cuatro palas.

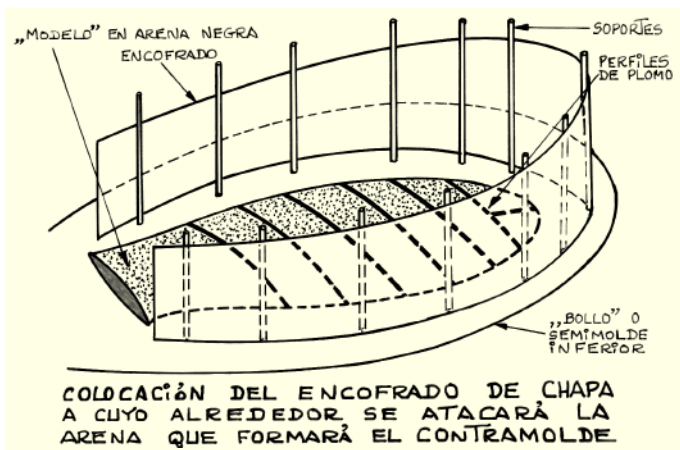


Figura 60.

Se iguala y alisa el suelo para que asiente bien sobre él la caja de moldeo que se va a colocar sobre ella. Se quitan barras y chapas, y se termina el hueco rascando con una regla metálica la arena, de forma que el hueco sea más ancho en su parte superior (que "tenga salida").

Esta salida va a evitar que al levantar el bollo superior una vez moldeado (Figura 61), se rompa la arena y se destruya la cavidad. Luego se golpean las paredes para que al atacar los bollos de cemento aquéllas no se pandeen, sino que queden duras y rígidas. También se pulveriza agua para que la tierra se humedezca y se pueda alisar.

Simultáneamente con la preparación del molde se han construido en el taller correspondiente las armaduras de los cuatro bollos superiores. Están formadas por barras de 15 mm de diámetro, sujetas entre sí por alambre de 1 mm y soldadas. Las barras en forma de codo tienen por objeto, además dar sujeción al bollo, facilitar su enganche a la grúa y ahorrar movimientos (Figura 61 ya vista).

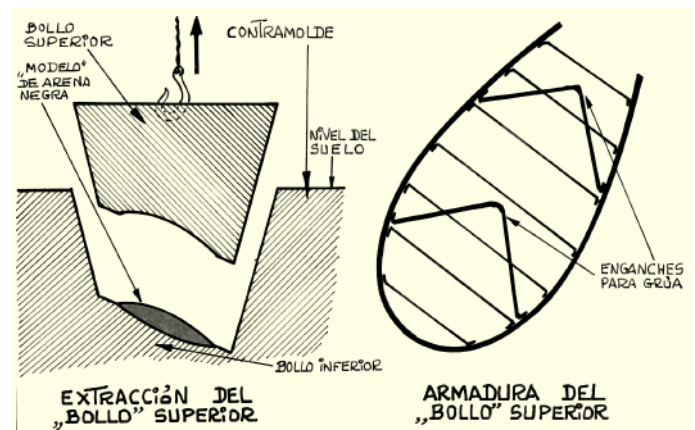


Figura 61.

Luego se recubren las paredes con papeles clavados con puntas. Se espolvorean polvos separadores o arena quemada en el fondo de la cavidad.

Estos polvos separadores pueden prepararse con arena procedente del taller de rebarba mezclada con plombagina. Se colocan en cada pala tres tubos (o palos) de 20 mm de diámetro y se pone la armadura. Estos tubos son los que, una vez extraídos, dejan el hueco para los respiros de salida de gases. Antes de poner la armadura ha sido necesario, lógicamente, poner una capa de arena cemento, que constituye la capa de contacto del bollo superior, y sobre la que descansa la armadura. Esta capa se ataca suavemente.

Sobre la capa de contacto se coloca un relleno de trozos de coque (o machos desmoldeados) del tamaño de un puño y se pone un respiro, que sólo llega al centro del bollo superior, para salida de gases del mismo (Figura 62). Se ponen ganchos verti-

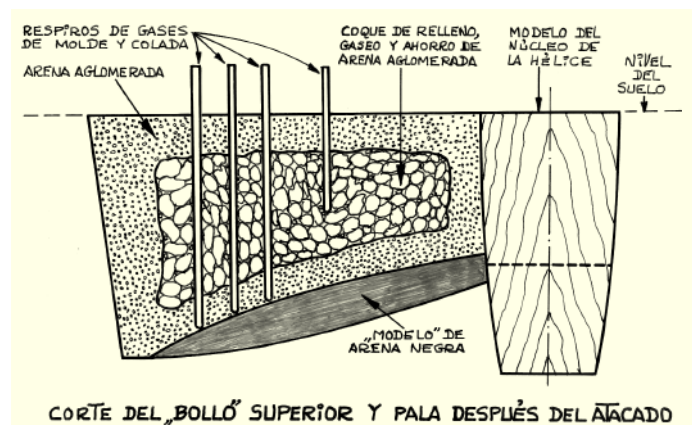


Figura 62.

cales en la periferia del bollo, fijados a la armadura por su parte inferior. Los ganchos son de 300 mm de longitud y 10 mm de diámetro. Después se alisa con una regla metálica y se hacen sendos orificios para dejar visibles los codos para enganche por la grúa.

Finalmente se sacan los respiros, cuyos huecos se tapan con papeles para que no caiga nada dentro de ellos (Figura 62). De esta forma, se tienen ya los cuatro bollos superiores (Figura 63) que son el equivalente de lo que sería semimolde superior en un proceso convencional de moldeo con modelo sólido. El foso en esquema se ve en la Figura 64.

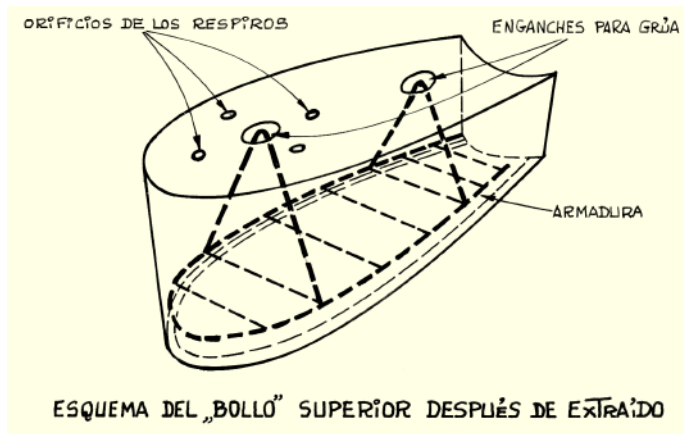


Figura 63.

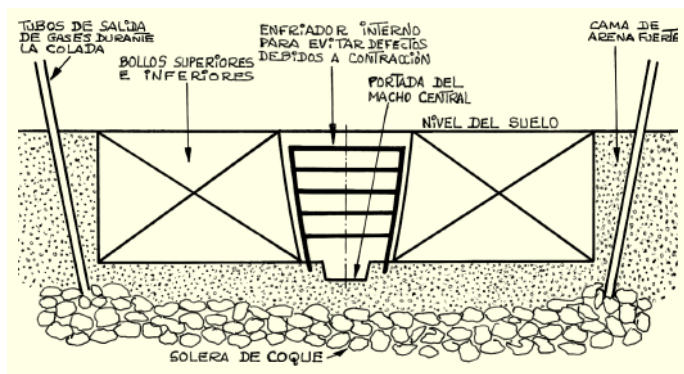


Figura 64.

A continuación hay que moldear el conjunto del sistema de colada, filtro y alimentación que, como es lógico, están alojados en cajas de moldeo, dos como mínimo.

Sobre el modelo del núcleo, y con perfecto sistema de agarre y centrado, se coloca el modelo de la mazarota que tiene la forma de un tronco de cono in-

verso. El círculo inferior de la mazarota, que es el de menor diámetro, coincide con el círculo superior, que es el mayor diámetro, del núcleo del eje de la hélice. También se colocan palos en los cuatro respiros de todos y cada uno de los cuatro bollos superiores en la colada.

Se coloca una o varias cajas de moldeo de unos 2.500 x 2.500 x 330 mm, sobre el piso del taller (Figura 65). Las alturas de estas cajas deben ser tales que la suma de ellas sea lo más igual posible al tronco de cono de la mazarota. Antes de seguir hay que poner los ganchos que, colgados de la armadura de las cajas, van a dar sujeción a la arena que se ataca en ellas.

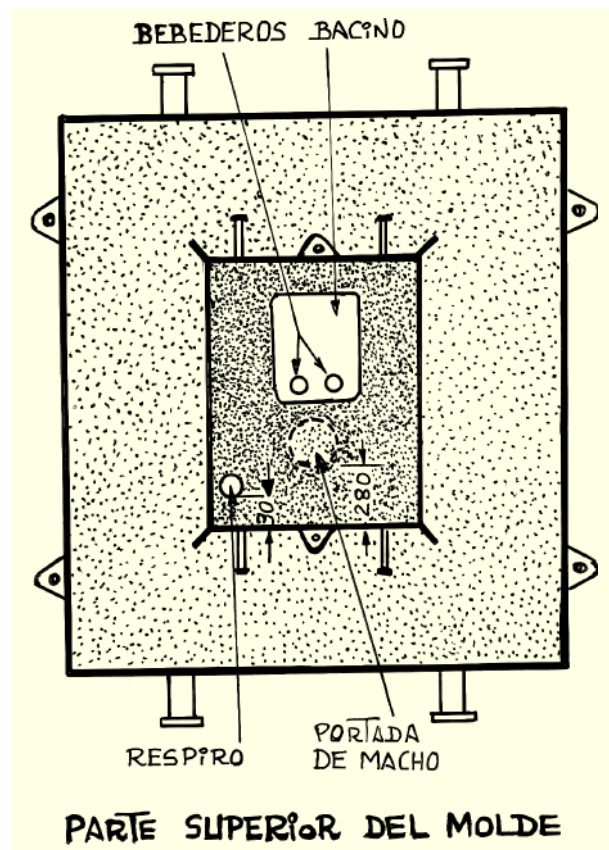


Figura 65.

Para ahorrar arena cemento se coloca un encofrado o virola de chapa concéntrica a la mazarota y se ataca arena de cemento entre ésta y la virola hasta enrasar con el borde. Se quita la virola y se completa el atacado de la caja de 2.500 x 2.500 con arena aglutinada de relleno. Resulta obvio que la caja ha de disponerse con un sistema que garantice su colocación precisa cuando el molde se abra para pre-

parar, y se vuelva a cerrar para colar. Una vez atacada la arena, se alisa, se termina la separación y se deja fraguar.

Con esto ya se ha completado el moldeo de lo que, hablando en términos de procesos convencionales con modelo, sería el semimolde superior. A continuación hay que moldear el sistema de colada, alimentación y respiros.

En la fabricación de esta hélice se adopta el sistema de colada en cortina, el cual ya se explicó exhaustivamente en la monografía sobre camisas de motores, por lo que no se insiste sobre ello.

Se coloca otra caja (o cajas) idéntica a la anterior y perfectamente guiada con ella. Sobre el modelo de la mazarota ya posicionado se sitúa el modelo del macho filtro ("galleta") para la colada en cortina. El diámetro exterior de esta galleta (figura) ha de ser algo mayor que el máximo de la mazarota para que asiente con seguridad sobre él. El modelo está constituido por dos piezas semicirculares de madera. Como bien se puede suponer, el hueco dejado por este modelo una vez extraído va a ser el asiento del macho - filtro (galleta) para colada en cortina.

Sobre el modelo de la galleta, y concéntricos con él se colocan, de abajo arriba, los modelos del canal anular distribuidor y de la portada superior del macho central, todos ellos guiados y centrados entre sí y con el de la mazarota troncocónica.

Para no tener que atacar tanta arena, la parte superior del molde que alberga el sistema de colada y respiros puede hacerse con cuatro cajas de 1.200 x 700 mm, perfectamente guiadas, tal como se ve en la figura.

A continuación se colocan los tubos que forman los modelos de las entradas y salidas que aún quedan por practicar. Éstos son: Una o dos bajadas del bebedero; salida de gases del macho central; salida de gases de colada y salida de caldo final rebosante por la mazarota. Se ataca la arena hasta enrasar, se alisa y se deja fraguar. Es conveniente mover algo los tubos o palos para tener algo de holgura que facilite su extracción después del fraguado.

Simultáneamente se moldea, si no es adquirido prefabricado, el bacino, artesa o cubeta de colada. Si es moldeado, y no prefabricado, es aconsejable elaborarlo con ladrillo y mortero refractario o arena muy fuerte. No olvidar que los orificios de salida han de coincidir, en posición y dimensiones, con los bebederos practicados en la caja superior, y que llevan el

caldo hasta el canal distribuidor emplazado sobre la galleta - filtro de colada en cortina.

El bacino ha de estar dotado de artificios de atrape de escoria. También se cuenta con tapones de bebederos y su accionamiento de apertura mediante palancas, similar al de las buzas de cuchara de acerías.

Para evitar erosiones y arrastres durante la colada es cada vez más frecuente la tendencia a elaborar los tubos por los que circula el caldo, con manguitos refractarios cerámicos en lugar de arena de moldeo. Es una práctica copiada de la disposición de los fosos para colada de acero en lingoteras en estrella en las acerías de laminación, antes de la aparición de las actuales máquinas de colada continua.

#### 6.3.4. Preparación y cierre del molde

Pasado el tiempo de fraguado comienzan las operaciones de preparación y cierre del molde para colada. En primer lugar, se extraen los palos o tubos que han servido de modelos para los diferentes respiros. Se levantan las cajas superiores, se invierten y se colocan sobre unos tacos para que no toquen el suelo. Se sacan de ellas los modelos del macho - filtro para sistema de colada en cortina, canal distribuidor y portada superior del macho central. Se pintan con pintura flameable al isopropílico para moldeo en verde la cavidad de colada, bajada del bebedero y, en general, todas las zonas que van a estar en contacto con metal líquido.

Se extrae el modelo de la mazarota troncocónica y se levanta la caja que lo contiene, depositándola sobre unos tacos en posición directa. Se pinta y flamea. De esta forma queda a la vista la parte del molde que está alojada en el foso. Con el puente grúa se sacan los cuatro bollos, se invierten, pintan y flamean. Se extrae el modelo del núcleo y el que hace la portada inferior del macho central. Se retira la arena que hizo de positivo o "modelo" de las cuatro palas. Se sacan las puntas, y se retoca, resana y pinta el semimolde inferior incluido en el foso.

Mientras, en el taller de machos se ha elaborado el macho - filtro y el macho central. También ha de estar listo el enfriador interno. Las dimensiones del macho filtro son tales que entre éste y el central quede una holgura o clareo de 10-15 mm. Ambos machos deben estar, como es lógico, protegidos con pintura refractaria flameable.

A continuación viene el cierre del molde. Se coloca



y asegura el enfriador, cuyo objeto es acelerar el enfriamiento de la zona masiva del núcleo y evitar rechupes y grietas de contracción. Está formado por barras metálicas de 16 mm de diámetro, soldadas entre sí formando un cesto (Figura 66). Se bajan y colocan los cuatro bollos, tal como se ve esquemáticamente en la figura.

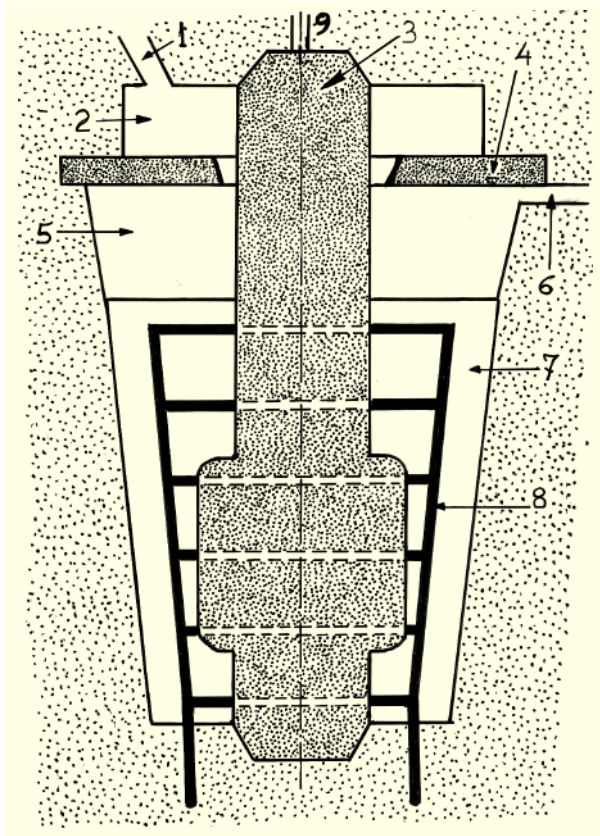


Figura 66.

Se baja la caja inferior y se ponen el macho central, primero, y macho - filtro, después, verificando su perfecto centrado, así como estanqueidad (utilizando masilla o cordones de hermeticidad) que evite fugas de caldo por las separaciones. Se voltea la caja superior y se coloca, con las mismas precauciones, sobre la inferior. Es conveniente que ambas cajas tengan armaduras de refuerzo y agarre de ganchos. Se engrapan y se ponen sobre ellas las pesas que haya menester. Más o menos 1.750 kg por cada pala, apoyadas en unos raíles que a su vez asientan sobre las cajas.

### 6.3.5. Colada y desmoldeo

Finalmente, se pone el bacino de colada, con idén-

ticas precauciones de estanqueidad, trampas de escoria, etc...El conjunto queda como se muestra en la Figura 67. Las salidas pueden ser libres o tener un sistema de taponado análogo al de buza-tapón, accionado por palanca, de las cucharas de acería. Este último método garantiza entrada de caldo libre de escoria al molde y, a la vez, adecuada presión de llenado. En este caso, se llena el bacino de metal líquido y, sin parar de alimentar con la cuchara, se abren los tapones y se sigue colando hasta que salga caldo por los respiros.

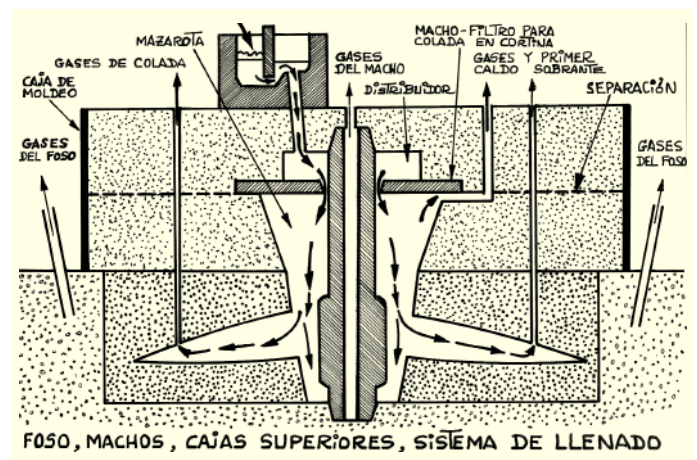


Figura 67.

El sistema de colada es tal que pasan por él 1.000 kg de metal cada 20 segundos, aproximadamente. Se deja enfriar varios días y se desmoldea y rebarba. La mazarota puede cortarse en un torno al aire.

## BIBLIOGRAFÍA

- “Técnicas de Moldeo con Arenas Aglomeradas con Cemento”. J. Tallada Cabello y L. Barbero Luna. Instituto del Hierro y el Acero, año IX, núm. 43, Febrero 1956, Páginas 146-168.
- “Tecnología de la Fundición”. Edoardo Capello. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1971.
- “Tecnología de la Fundición”. Domenico Luchesi. Editorial Labor, S.A., Barcelona, 1973.
- “Tratado Práctico de Fundición”. E. D. Howard. Aguilar, S.A. de Ediciones, Madrid 1962.

## 9. AGRADECIMIENTO

Los autores del presente trabajo desean hacer constar, una vez más, su agradecimiento al Dr. Jordi Tartera Barrabeig, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por la revisión y corrección del texto, especialmente por la aportación del capítulo que trata de las arenas aglomeradas con resinas.