

TEMA 1

MODELOS Y MEZCLAS EN EL MOLDEO DE PIEZAS

MODELOS PARA PIEZAS FUNDIDAS

Generalidades.

A pesar de la gran competencia con otros procedimientos de producción, en las fabricaciones más diversas se obtienen por procedimientos normales de fundición, una cantidad importantísima de piezas que requieren la construcción de modelos. La construcción de modelos, a veces poco conocida, tanto del fundidor que los emplea como utillaje, como el mecánico que los construye, está raramente definida por una especificación técnica completa y bien estudiada, que no pocas veces evitaría errores de interpretación y discusiones entre fundidores y modelistas.

El oficio de modelista está íntimamente vinculado con el de fundidor prácticamente en todas las operaciones y fundamentalmente en el moldeo.

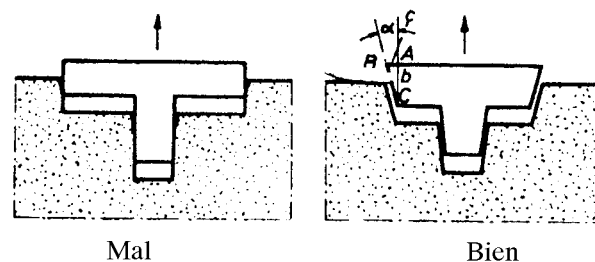
Para hacer una pieza hay que preparar, con materiales adecuados, un *molde* o reproducción en negativo de la misma y rellenar este molde con metal fundido. El metal, al enfriarse y solidificarse, tiene la configuración exacta del molde, aunque sus dimensiones son algo menores, como se verá más adelante.

Para obtener el molde hay que emplear un *modelo*, que es por regla general una fiel reproducción de la pieza (modelos al natural). Sin embargo, en algunos casos, como en el de los modelos simplificados, no parecen tener ninguna relación (esqueletos, terrajas, plantillas).

El modelo es un factor de mucha importancia en el proceso de fabricación y transmite sus características al producto final; por esta razón debe poseer unas propiedades determinadas, que iremos estudiando en el transcurso de la presente lección.

Requisitos que deben reunir los modelos.

Facilidad de desmolado: Hecho el molde, esto es, rodeado el modelo de los materiales de moldeo, hay que abrirlo, para lo cual se hacen los moldes en dos o más partes separables. El modelo debe ser de fácil extracción. El proyectista y el diseñador deben tener en cuenta esta circunstancia y establecer en sus diseños el ángulo de salida conveniente.



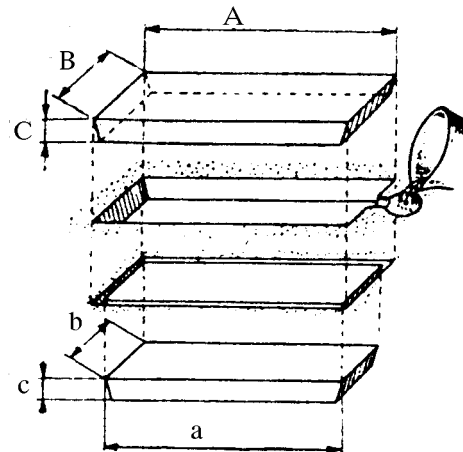
En la tabla I están indicados los valores de la salida a en mm o en tanto por ciento, y los ángulos de salida aconsejables.

Tabla I. Valores aconsejables para la salida

Altura del modelo [mm]	a [mm]	a [%]	α [E]
<40	0.5	1.25	1'30"
40-60	0.75	1.8-1.2	1'
60-120	1	1.7-0.8	40"
120-160	1.5	1.25-0.9	40"
160-200	1.75	1.1-0.9	40"
200-250	2	1-0.8	30"
250-300	2.5	1-0.8	30"
300-400	3	1-0.75	30"
400-500	3.5	0.9-0.8	30"
>500	4	<0.8	30"

Contracción: Cuando el metal líquido penetra en el molde comienza a enfriarse y se solidifica; al reproducir la forma del molde en el cual ha sido colocado tendrá unas dimensiones algo menores (fig. 1.2).

Teniendo en cuenta este fenómeno, el modelo debe construirse de acuerdo con el grado de contracción del metal que se emplea en la colada. La tabla II indica los valores medios de contracción de fundición de las aleaciones más corrientes.

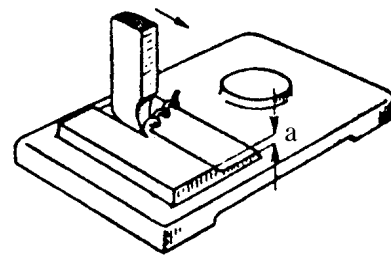


Significado de la contracción. Un modelo de dimensiones $A \times B \times C$ deja en la arena una huella o hueco de iguales dimensiones que el metal rellenará; pero al enfriarse, por efecto de la contracción asumirá las dimensiones $a \times b \times c$, menores.

Tabla II. Contracciones lineales medias de fundiciones de las aleaciones más corrientes.

Aleación	Dimensiones del modelo		Contracción [% o mm/m]
	piezas macizas [mm]	piezas con machos [mm]	
Fundición gris	hasta 600 de 630 a 1200 más de 1200	hasta 600 de 630 a 920 más de 920	10 8.5 7
Fundición gris de gran resistencia	hasta 600 de 630 a 1200 más de 1200	hasta 600 de 630 a 920 más de 920	13 10.5 8.5
Fundición blanca colada en arena			15 ... 16
Fundición blanca colada en coquilla			18
Fundición maleable espesores alrededor de:			
3 mm			13
10 mm			10
20 mm			7
Acero	hasta 600 de 630 a 1800 más de 1800	hasta 450 de 480 a 1200 de 1220 a 1675 más de 1675	20 15.5 13 11
Bonce mecánico con 10% de estaño			14
Latón con 37% de Zinc			16
Latón con 40% de Zinc			18
Aleaciones de magnesio			11 ... 13 ... 14
Metal blanco antifricción (aleación de plomo y estaño)			2 ... 3
Aluminio y sus aleaciones	piezas pequeñas piezas medanas piezas grandes	piezas pequeñas piezas medanas piezas grandes	13 ... 15 12 ... 13 11 ... 12

Útiles: Los modelos deben ser adecuados a los mecanizados y al uso que habrán de darse a las piezas. Si una pieza ha de emplearse en bruto, es decir, tal como queda después de desbarbada y limpia, el modelo no precisa una preparación especial. Pero si la pieza ha de ser mecanizada en una o más superficies, debe darse al modelo un espesor suplementario o de mecanización, que suele estar comprendido entre los 3 y 8 mm, aunque en las piezas de precisión puede quedar reducido a unas pocas décimas, mientras que en las piezas grandes (especialmente de acero) puede alcanzar los cm.



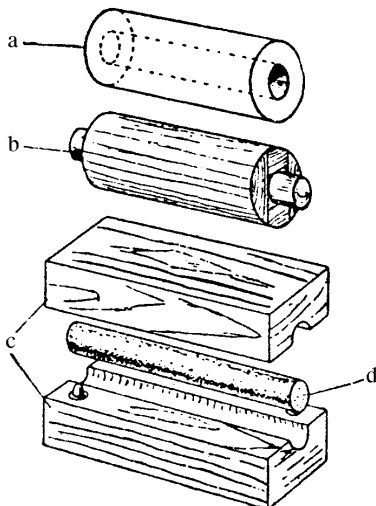
En la superficie que haya de ser mecanizada deberá dejarse cierto espesor suplementario de metal.

Clasificación de los modelos.

Los modelos de que hemos hablado para dar un ejemplo de sus propiedades fundamentales, son los *modelos externos*, por cuanto sirven para reproducir la forma exterior de las piezas que se desean obtener. Pero si hubiese que reproducir mediante fusión la pieza de la figura 1.4, y sólo se dispusiese del modelo externo, obtendríamos un molde que, relleno de metal, nos daría una pieza maciza, cuando la que tendríamos que fabricar es hueca.

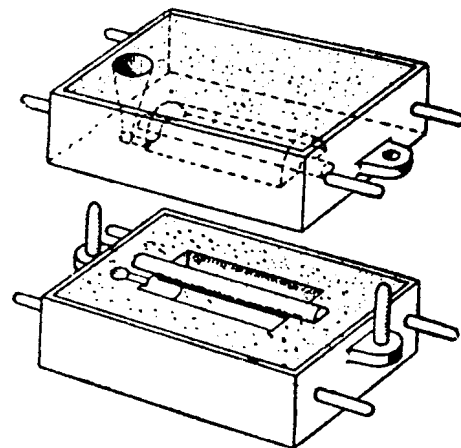
Claro está que, para obtener el hueco en la pieza, será necesario otro modelo especial llamado *macho* o *noyo*.

El molde, en este caso, tendrá el aspecto de la figura 1.5; el metal líquido rellenará solamente el espacio libre entre la huella del modelo y el macho, y la pieza resultará hueca.



Pieza de fundición a, modelo b, con macho d realizado en la caja de noyos c, de un cilindro hueco.

Fig. 1.4



Moldeo de la pieza anterior a punto de cerrar la caja. Obsérvese la posición del macho.

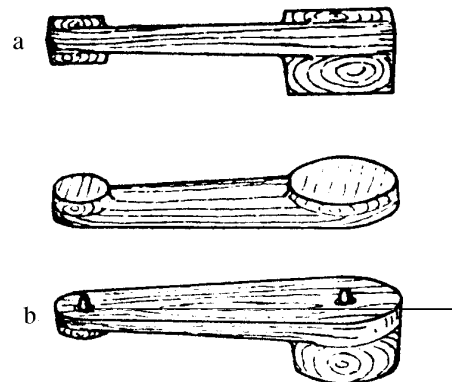
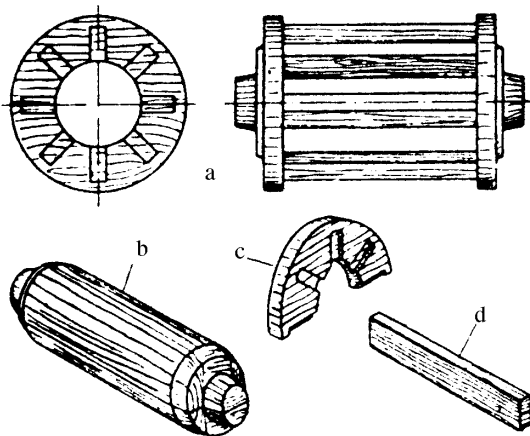
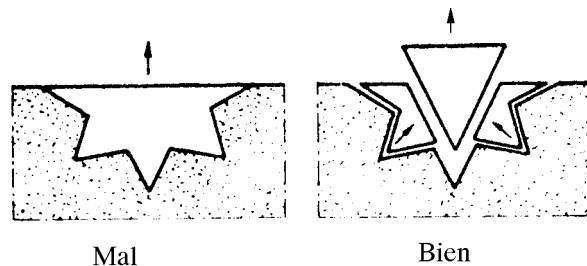
Fig. 1.5

Otra clasificación de los modelos puede ser la siguiente:

1) La pieza a obtener es maciza y presenta una sección de dimensiones máximas respecto a cualquier otra que le sea paralela. Tendremos entonces:

- Modelos al natural, enteros.
- Modelos al natural, divididos en dos o más partes;

éstos son, por regla general, más prácticos que los precedentes, por cuanto para obtener el molde no hace falta preparar una *falsa caja* que sostenga el modelo, sino que basta con apoyar una parte del mismo modelo sobre un *tablero o placa de moldeo*, si la partición se hizo por un plano.



2) La pieza a obtener, a pesar de presentar una sección máxima respecto a cualquier otra que le sea paralela, es hueca; en este caso el modelo puede ser todavía entero o dividido en dos o más partes, pero debe comprender una o más *cajas de macho*, es decir, modelos especiales que sirven para el moldeo de la forma interior de la pieza.

Naturalmente, los moldes deben proveerse de huellas adecuadas para apoyar y centrar el macho; en el modelo se disponen por consiguiente salientes llamados *portadas*, entregas o marcas, que dejan en el molde los huecos destinados a recibir y sostener el macho.

3) La pieza a obtener, llena o hueca, no presenta una sección máxima respecto a cualquier otra que le sea paralela, existiendo una o varias contrasalidas para la operación de desmodelado.

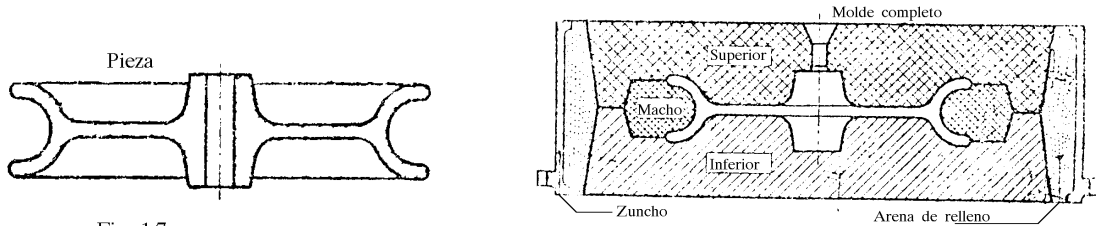


Fig. 1.7

Otra clasificación de los modelos se basa en los materiales empleados en su construcción:

1) Modelos de madera, muy baratos, de fabricación rápida, pero muy sensibles a la acción atmosférica, deformables, poco duraderos. Son adecuados para el moldeo de una o pocas piezas. Los modelos grandes sólo pueden construirse de madera por razones de economía.

2) Modelos metálicos, menos deformables, más duraderos, y muy adecuados para grandes series de piezas pequeñas o de tamaño medio, o para series repetidas en largos intervalos de tiempo.

3) Modelos de resinas sintéticas, cera, cemento, yeso, etc.

La elección del material para el modelo se realiza teniendo en cuenta el peso, la facilidad de trabajo, la inoxidableidad, las disponibilidades de materias primas, el número de piezas a obtener, el sistema de moldeo, el costo, etc.

Por otra parte, para facilitar el moldeo a máquina se utilizan también las *placas-modelo*, que son modelos incorporados a una base de apoyo, pudiendo ser de tres tipos:

a) Simples, cuando el modelo va fijado sobre una sola cara de placa. Las dos mitades en la misma placa (fig. 1.11 a).

b) Reversibles, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas a las dos caras opuestas de una misma placa (fig. 1.11 b).

c) De dos caras, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas cada una a su propia placa (fig. 1.11 c).

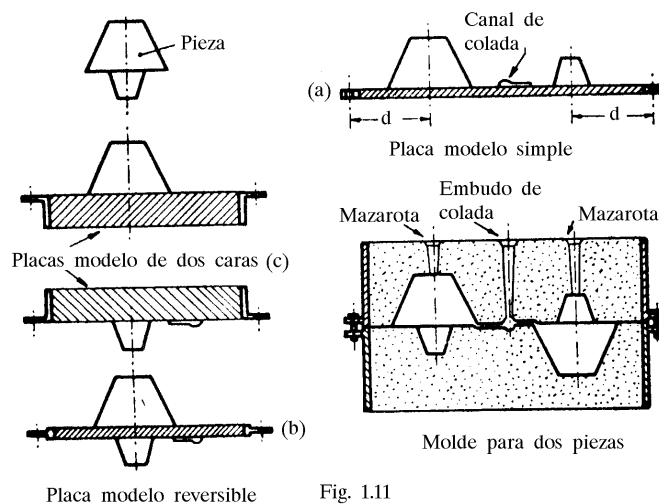


Fig. 1.11

Caja de machos.

Cuando para la solución del moldeo se haya previsto machos, tanto internos como externos, es preciso disponer en el modelo de las correspondientes portadas. Las mismas deben ser algo cónicas o troncopiramidales, dándoles a las del modelo unas décimas de milímetros de más respecto a las mismas en las cajas de machos, para facilitar la colocación.

A menudo la utilización del macho no responde sólo a la necesidad de crear huecos o entrantes, sino también a la de efectuar moldeos complicados con medios sencillos, hacer resaltar partes delicadas en los modelos grandes, reforzar los modelos delicados que, sin esta precaución, resultarían frágiles o deformables y evitar grandes salidas incompatibles con la naturaleza de la pieza.

La figura 1.13 representa una delgada tapa *a* para fundir en aluminio; el modelo a toda vista resultaría frágil; se construirá, por tanto, el modelo *b*, macizo, y la caja de machos *c*. El modelo resultará rígido y más duradero, y las piezas obtenidas serán más exactas.

La figura 1.14 representa en *a* un sector de engranaje que hay que fundir en hierro, con los dientes en bruto. Si los dientes se obtubiesen directamente con el modelo, para hacer posible el desmodelado, habría que darles una salida adecuada, con lo cual resultarían cónicos, por ligeramente que fuese. Para evitarlo se construirá el modelos como en *b*, es decir, con la marca de macho *c*, y se preparará la caja de noyos *d* para un cierto número de dientes, al objeto de obtener un molde donde los dientes, que no tendrán salida vertical, y resultarán cilíndricos.

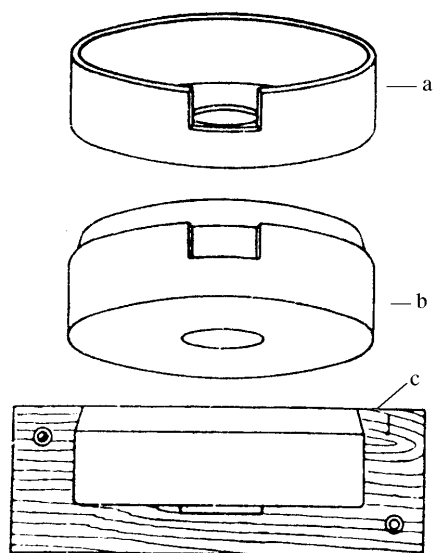


Fig. 1.13

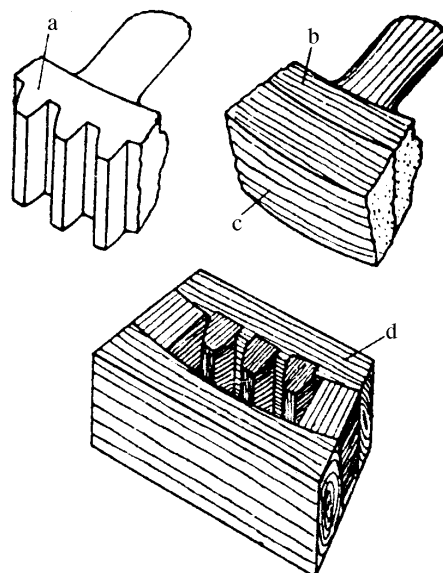


Fig. 1.14

ARENAS Y MEZCLAS PARA EL MOLDEO DE PIEZAS

Generalidades.

Uno de los principales procedimientos para el colado de piezas es el producir el negativo de las mismas en los llamados moldes perdidos (sólo se utilizan una vez); deben poseer una serie de cualidades que son inherentes a las misiones que tienen que cumplir:

- 1) Ser *plásticos*
- 2) Tener *cohesión y resistencia*, para poder reproducir y conservar la forma obtenida al



extraer el modelo.

- 3) Resistir la acción de altas temperaturas, es decir, ser *refractarios*.
- 4) Permitir la evacuación rápida del aire contenido en el molde y de los gases que se producen en el acto de la colada, por la acción del calor sobre el mismo molde, es decir, deben tener *permeabilidad*.
- 5) Disgregarse fácilmente para permitir la extracción y el pulimento de la pieza, es decir, deben ser *disgregables*.

Los materiales dotados de estas cualidades, que se encuentran en la naturaleza, son las *arenas de fundición*, constituídas por granos de cuarzo (bióxido de silicio, SiO_2 , muy refractario) y por la arcilla (silicato hidratado de aluminio, cuya fórmula aproximada es: $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que es el elemento de unión y confiere plasticidad y disgregabilidad al molde; la estructura granular propia de la arena asegura la permeabilidad.

Una primera clasificación de las arenas puede basarse en su contenido de arcilla; se distinguen cuatro clases:

- 1) Arenas arcillosas o tierras grasas, cuyo contenido de arcilla es superior al 18%.
- 2) Arena arcillosas o tierras semigrasas, cuyo contenido de arcilla va del 8 al 18%.
- 3) Arena arcillosas o tierras magras, cuyo contenido de arcilla va del 5 al 8%.
- 3) Arenas silíceas, cuyo contenido de arcilla es inferior al 5%.

En este último caso, la arcilla está considerada como una impureza.

Las *arenas naturales* tienen el inconveniente de ser muy irregulares en su composición, y por tanto en sus propiedades. Por otra parte, el constante aumento de las exigencias, en cuanto a calidad, de las piezas coladas y el uso, cada vez más extendido, de instalaciones mecánicas y automáticas de preparación de las arenas, están desplazando definitivamente el empleo de las arenas naturales, por las denominadas *arenas sintéticas* o *aglomeradas*, obtenidas mezclando sílice pura o casi pura con una serie de aglomerantes.

Aglomerantes y aglutinantes.

Los aglutinantes adoptados para la preparación de las arenas de moldeo y de las arenas para machos, o para reforzar arenas arcillosas naturales (dando origen a la arena semiaglomerada), pueden clasificarse en:

- 1) Aglutinantes inorgánicos de tipo arcilloso: arcillas y bentonitas.
- 2) Aglutinantes inorgánicos cementosos: cemento y silicatos.
- 3) Aglutinantes orgánicos: cereales, liquina, melaza, alquitrán, resina y aceites.

1) La *bentonita* se diferencia de la arcilla en que tiene una capacidad de absorción mucho más elevada (en el agua se hincha hasta 16 veces su volumen primitivo), y su poder aglutinante es 2 a 7 veces mayor que el de la arcilla.

La bentonita se emplea en una proporción del 2 al 4% del peso de arena (seca, se entiende); se añade después del 3 al 4% de agua y se amasa durante 5 a 15 minutos; se puede



introducir también en la mezcla un fijador de la humedad, dextrina, por ejemplo, en la proporción de 1 al 2%.

2) Entre los aglutinantes inorgánicos cementosos podemos citar el cemento *portland*, que se emplea en la proporción del 8 al 10%, en mezcla subhidratada (8% de agua) con arena silicea. En los moldes confeccionados con arena aglomerada con cemento, el endurecimiento se obtiene a la temperatura ambiente por el fenómeno del fraguado del cemento.

Consideraciones similares se pueden hacer a propósito del silicato de sodio que, por otra parte, altera sensiblemente la permeabilidad y el punto de sinterización o vitrificación de la mezcla.

El efecto aglutinante del silicato de sodio es debido a su descomposición y a la formación, por la acción del CO_2 del aire, de carbonato y sílice coloidal. La disgregabilidad de la mezcla se facilita añadiéndole serrín o harina de madera (aproximadamente un 2%).

Otro tipo de aglutinante que se ha difundido mucho, especialmente en el campo de la microfusión (moldeo de precisión), es el silicato de etilo.

3) Casi todos los aglutinantes orgánicos aumentan la cohesión y resistencia de la arena verde y arden a baja temperatura. Se adicionan a la arena silicea en cantidades que van del 1 al 3%, y pueden ser de diversos tipos.

Del grupo de los aglutinantes cereales citaremos la dextrina, la cual se extrae del almidón de los granos.

La dextrina se añade en la proporción del 2 al 2.5%, con un 2% de agua; se obtienen cohesiones en verde de 35 a 45 g/cm^2 y cohesiones en seco de 36 a 38 kg/cm^2 . Los machos han de cocerse de 180 a 200EC durante 2 a 4 horas.

Entre las resinas naturales recordemos la de pino, que se extrae con solventes de la madera o tratando al vapor la misma madera finamente triturada. De las resinas sintéticas, citaremos una categoría especial, la de las resinas termoendurecibles, que, a diferencia de las otras, en vez de ablandarse con el calentamiento y endurecerse con el enfriamiento sucesivo, se endurecen de modo permanente con exposiciones a temperaturas relativamente bajas de 100 a 150EC.

Los aceites se emplean especialmente en la preparación de arena para noyos. El prototipo de esta categoría es el aceite de linaza.

Los aceites confieren escasa cohesión a las arenas verdes y, en general, es necesario emplearlos juntamente con otros aglutinantes (dextrina o arcilla). Dan gran resistencia en seco al oxidarse en el estufado.

Se añaden en la proporción del 1.5 al 2%, con un 2% de agua, obteniéndose cohesiones de 30 a 35 g/cm^2 en verde y de 45 a 50 kg/cm^2 en seco. Algunas veces se substituye un 0.5% de aceite por un 1% de arcilla o de dextrina para mejorar las cohesiones en verde (debido a que

fluidifican mucho la mezcla). Se cuece de 220E a 240EC (2 a 4 horas).

Características físico-químicas de la arena.

Veamos cómo las características intrínsecas de la arena, esto es:

- a) análisis químico,
- b) contenido arcilloso,
- c) dimensión de los granos y su distribución, y
- d) forma de los granos,

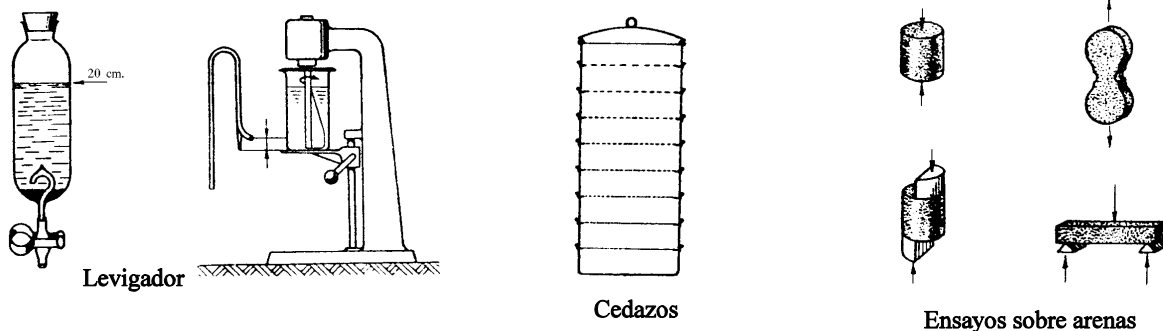
tienen una influencia directa sobre las propiedades técnicas de la misma arena.

a) Análisis químico. En las arenas arcillosas naturales, más que el análisis químico propiamente dicho, interesa el análisis racional, que tiende a establecer la composición de las arenas en su contenido de cuarzo, arcilla y feldespatos.

Es evidente la importancia de este análisis, que permite prever la refractariedad y la cohesión de las arenas sujetas a examen.

b) Determinación del contenido en arcilla. Se realiza con un levigador .

c) Tamaño y distribución de los granos. Para determinar el tamaño de los granos de una arena se efectúa el análisis granulométrico. Para este objetivo se procede, previamente, a la separación de los materiales arcillosos por medio de la levigación, después de lo cual el residuo lavado, compuesto solamente de granos de sílice, se deja secar, se pesa (100 g, por ejemplo) y se hace pasar a través de una serie de cedazos metálicos de mallas decrecientes. Se pesan las cantidades de arena contenidas en cada cedazo y se establece el reparto porcentual de los granos, que puede representarse en un diagrama similar a los de las figuras siguientes.



Las series unificadas de cedazos más usadas son las americanas de la A.F.S. (*American Foundrymen's Society*), constituida por once cedazos numerados correlativamente, cada uno de los cuales se caracteriza por un determinado tamaño de malla, y las Fischer, compuestas de siete cedazos correspondientes a las normas alemanas DIN.



Serie AFS		
Número de cedazo	Apertura de malla	Factor α
6	3.36	3
12	1.68	5
20	0.84	10
30	0.59	20
40	0.42	30
50	0.297	40
70	0.210	50
100	0.149	70
140	0.105	100
200	0.074	140
270	0.053	200
fondo	-	300

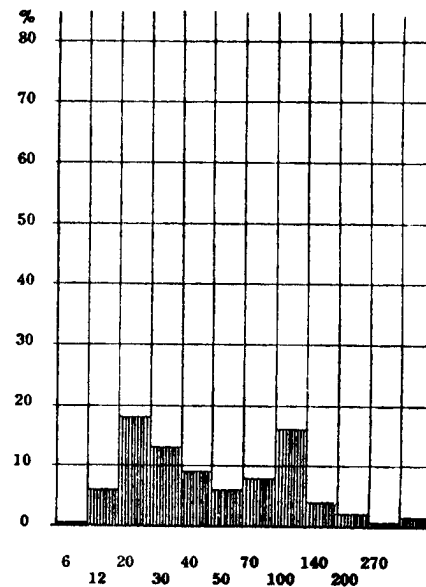
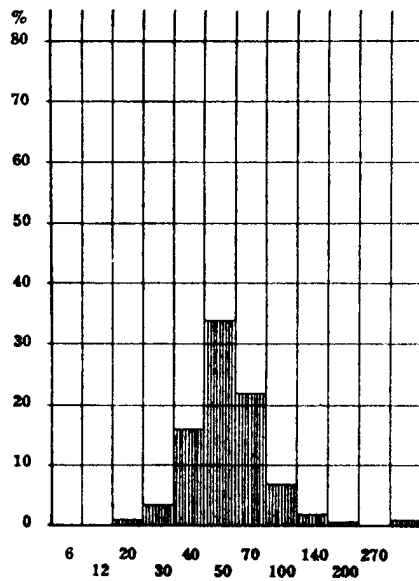
Según esto, las arenas se clasifican como sigue:

- Arena muy gruesa: índice A.F.S. inferior a 18 (granos comprendidos entre 1 y 2 mm).
- Arena gruesa: índice A.F.S. comprendido entre 18 y 35 (granos comprendidos entre 0.5 y 1 mm).
- Arena media: índice A.F.S. comprendido entre 35 y 60 (granos comprendidos entre 0.25 y 0.5 mm).
- Arena fina: índice A.F.S. comprendido entre 60 y 150 (granos comprendidos entre 0.10 y 0.25 mm).
- Arena finísima: índice A.F.S. superior a 150 (granos inferiores a 0.10 mm).

El análisis granulométrico nada indica acerca de la repartición de los granos en cada grupo contenido en un solo cedazo. Por consiguiente, dos arenas de igual granulometría pueden, en realidad, estar constituidas por granos de tamaños distintos.

Sin embargo, el índice de grosor mantiene su importancia porque sirve para juzgar una arena en relación con las exigencias de la superficie de la pieza que habrá que fundir.

Para mostrar esto se va a presentar el siguiente ejemplo, donde dos arenas de composición muy diferente dan un índice de grosor similar.



Generalmente, para afirmar el valor del índice de grosor suele añadirse la premisa de que un determinado porcentaje de granos (por ejemplo, 80 a 90%) esté concentrado en tres cedazos adyacentes.

d) Forma de los granos. La forma de los granos permite establecer el probable comportamiento de la arena; este examen se realiza en el microscopio.

Características técnicas de las arenas.

Las características técnicas de una arena que interesan más conocer y comprobar son:

- a) La refractariedad,
- b) la cohesión o resistencia,
- c) la permeabilidad, y
- d) la plasticidad y deslizamiento.

a) La refractariedad de una arena se determina por la temperatura a que puede someterse sin presentar signos de fusión. Como ya se ha dicho, la refractariedad viene asegurada por la sílice, cuyas características, por otra parte, resultan siempre modificadas por la presencia de otros elementos.

b) La cohesión de una arena es la consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y del porcentaje de humedad. La resistencia le permitirá soportar los esfuerzos durante la manipulación del molde y la presión del metal fundido. Para determinarla se emplearán ensayos de tracción, compresión, etc.



c) La permeabilidad es la propiedad que permite a la arena ser atravesada por los gases, así como la evacuación de éstos del molde en el momento de la colada.

La permeabilidad tiene una enorme importancia: si es escasa, la evacuación del gas resulta muy difícil o casi imposible, provocando la ebullición del metal líquido y la consiguiente formación de *sopladuras* en la pieza.

d) La plásticidad, el deslizamiento y la movilidad de una arena de fundición, gracias a los cuales llena todos los huecos del modelo y se desliza en la superficie del mismo, no necesariamente en la dirección del atacado.

Es evidente que cuanto mayor sea la capacidad de deslizamiento de la arena, tanto más fácilmente podrá ser comprimida en sus justos límites, mientras que, si es poco lábil, la dureza del molde en determinados puntos del mismo puede resultar insuficiente para resistir la acción mecánica del metal líquido, con posibilidad de defectos.

De esta forma se han descrito las características técnicas más importantes de una arena, examinando en particular la relación entre las propiedades intrínsecas de la misma. No olvidemos que sobre ellas influyen también la humedad, el atacado y el tiempo de mezcla; es decir, tres factores en los cuales, y hasta cierto punto, es posible intervenir directamente al objeto de desarrollar en la arena los valores que mejor satisfagan las exigencias de la fabricación.

La comprobación de estos valores debe realizarse periódicamente utilizando los aparatos adecuados.

Negros barnices de fundición.

Además de los componentes fundamentales, arena y aglomerantes, en la preparación de arenas se emplean lo que se denomina *negros de fundición*, que se dividen en:

- a) Negro mineral o de mezcla.
- b) Negro de estufa o recubrimiento.
- c) Grafitos.

El principal objeto de su empleo es compensar la dilatación de la arena y crear una capa aislante entre la arena del molde y el metal líquido a fin de impedir el contacto entre el metal y la arena.

a) *Negro mineral*, es polvo de hulla pulverizado y se añade a la *arena verde* en proporción del 3÷6%. En el momento de la colada arde y los productos de la combustión constituyen un velo protector entre el metal y la arena.

La finura del negro mineral tiene también mucha importancia, si bien no es siempre cierto que su grado deba ser el más elevado posible. En efecto: si un negro de grano demasiado grueso puede dar origen en la pieza a una superficie muy basta, un negro demasiado fino perjudica la permeabilidad de la arena y la compensación de las dilataciones. La solución ideal consiste en emplear un negro de granulometría similar a la de la arena con la cual se emplea, o poco más fina.



b) El *negro estufa* se emplea para barnizar las superficies de los moldes y de los machos en el moldeo en seco. Está compuesto por una suspensión fluida de grafito, negro vegetal (polvo de carbón de leña), arcilla refractaria y agua. El barniz así obtenido se extiende sobre la superficie del molde antes de someterlo al secado.

c) El *grafito* se emplea en polvo aplicándose en seco sobre la superficie del *molde verde*.

Los negros descritos se utilizan en la fundición del hierro, cobre y bronce principalmente. En la fundición de acero para moldes en seco, se utilizan barnices a base de harina de sílice con aglutinante arcilloso.

Composiciones de arenas más usuales.

a) Arena de contacto para moldeo en verde del hierro.		
Arena sílice (70-80 AFS)	100	kg
Bentonita sódica	6	kg
Cereal	1	kg
Hulla en polvo	5	kg
Agua	4 a 4.5	kg
b) Arena única para moldeo en verde del hierro.		
Arena vieja	80	kg
Arena sílice (70-80 AFS)	20	kg
Bentonita sódica	0.5	kg
Cereal	0.2	kg
Hulla en polvo	0.5	kg
Agua	4	kg
c) Arena de contacto para moldeo en verde del acero.		
Arena sílice (60-70 AFS)	100	kg
Bentonita sódica	6	kg
Cereal	0.5 a 1	kg
Agua	3.5 a 4	kg
d) Arena única para moldeo en verde del acero.		
Arena vieja	80	kg
Arena sílice (60-80 AFS)	20	kg
Bentonita sódica	0.5	kg
Cereal	0.2	kg
Agua	3.5	kg
e) Arena normal pra machos, de desmoldeado inmediato.		
Arena sílice (60-80 AFS)	100	kg
Bentonita	1	kg
Dextrina	2	kg
Aceite de linaza o similar	1.75	kg
Agua	3	kg
f) Arena al aceite autofraguante para estufado, para machos y moldes.		
Arena sílice (60-80 AFS)	100	kg
Aceite autofraguante	1.5 a 2	kg
Acelerante	5% sobre el aceite	
g) Arena a la resina furánica de caja fría, para machos y moldes.		
Arena sílice (60-80 AFS)	100	kg
Resina	2	kg

Catalizador	0.6	kg	
h) Arena al cemento, para machos y moldes.			
Arena sílice (50-60 AFS)	100	kg	
Cemento tipo portland	10	kg	
Agua	3	kg	
i) Arena al silicato-CO ₂ para machos.			
Arena sílice (60-80 AFS)	100	kg	
Azúcar	0.5	kg	
Silicato sódico, módulo 2.4		4	kg
j) Arena al silicato-CO ₂ para machos.			
Arena sílice (60-80 AFS)	100	kg	
Bentonita	2	kg	
Dextrina	0.5	kg	
Silicato sódico, módulo 2.4		5	kg

Preparación de las arenas de moldeo.

La arena de moldeo para la confección exclusivamente de moldes, se divide en:

- a) arena para moldeo en verde, y
- b) arena para moldeo en seco.

Con la primera se confeccionan moldes en los que se efectúa la colada sin someterlos a ningún secado. Con la segunda se confeccionan moldes que, antes de la colada, se someten a un secado cuya finalidad es la de aumentar la cohesión de la arena, al objeto de que soporte mejor la acción mecánica del metal fundido, acrecentar la permeabilidad y reducir el volumen de los gases que se producen en el curso de la colada.

Es evidente que el primer sistema tiene la ventaja de ser más económico y permite las producciones en serie y un empleo menor de utensilios (cajas de moldeo). Pero no todas las piezas pueden ser producidas con el moldeo en verde. Particularmente las piezas grandes son de difícil realización con este sistema.

Hay que hacer una posterior distinción entre la *arena de modelo* y la *arena de relleno*: la primera, como su nombre indica, se aplica en contacto inmediato con el modelo y, al formar la superficie del molde, sufrirá la acción directa del molde líquido. Por lo tanto, exige una comprobación cuidadosa y una preparación perfecta para garantizar la refractariedad, permeabilidad y cohesión más elevadas.

La arena de relleno sirve para completar el molde y no requiere tanto cuidado como la arena de modelo. Sin embargo, hay que evitar el error, muy frecuente, de no dedicarle ni la más mínima atención.

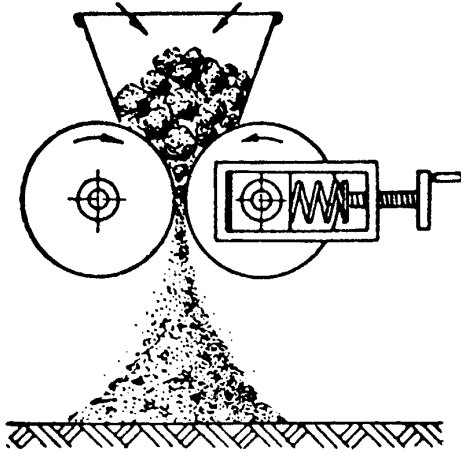
La preparación de la arena de moldeo se realiza de modo diverso en las distintas fundiciones según los materiales de que disponen, los objetivos a alcanzar y las costumbres. Normalmente se mezcla arena nueva con arena usada en anteriores moldeos, añadiendo los ingredientes adecuados.

La finalidad de esta preparación es la de obtener una masa homogénea, sin terrones, cuerpos extraños o polvo, compuesta solamente de granos de sílice separados unos de otros y recubiertos de una capa suficiente de arcilla humedecida u otro aglutinante, con la eventual adición de negro mineral.

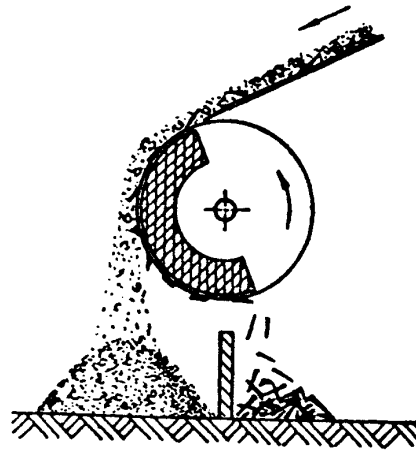
Para preparar una arena de moldeo se puede seguir la secuencia siguiente:

a) La arena usada procede del desmoldeo en masa heterogénea, reagrupada en terrones compactos en los puntos que estuvieron en contacto directo con el metal. Hay que reducir esta masa al estado granular, lo que puede realizarse introduciendo la arena en una *desterronadora*.

b) La arena usada contiene rebarbas, escamas y trozos de metal, sobre todo clavos de los que se emplean para reforzar el moldeo en las zonas más débiles. Es conveniente quitar estos fragmentos de hierro con un *separador magnético*.

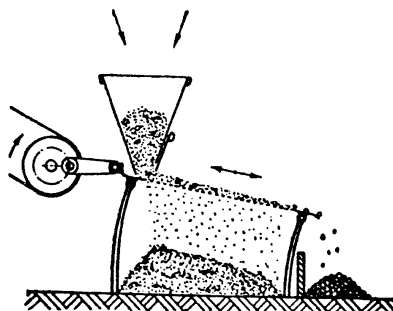


Desterronadora

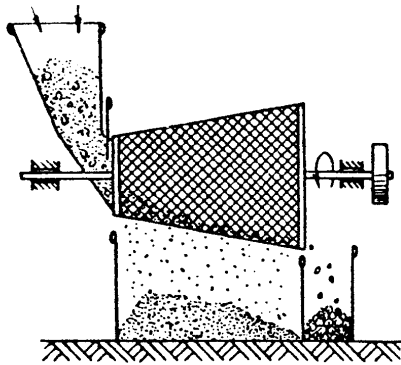


Separador magnético

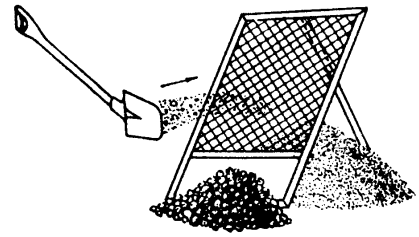
Para los fragmentos metálicos no ferrosos o cuerpos extraños, el único sistema de separación es la *criba*. Las cribas más usadas en los grandes talleres son las de rotación. En los talleres que se dedican preferentemente a producción de piezas de tamaños medianos se emplean cribas de zaranda. En uno y otro caso las mallas pueden ser de diversos tamaños, al objeto de proporcionar granos clasificados. En las pequeñas fundiciones se usa todavía la criba inclinada.



Criba de zaranda

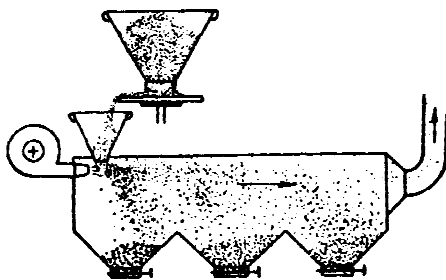


Criba de rotación

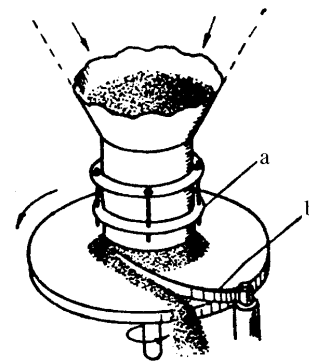


Criba inclinada

d) Cuando se desee eliminar el polvo de la arena se recurre al *extractor o ventilador*, en el cual la arena puede también clasificarse, ya que los granos gruesos quedan en la tolva inmediata al ventilador y los granos finos en la más lejana.



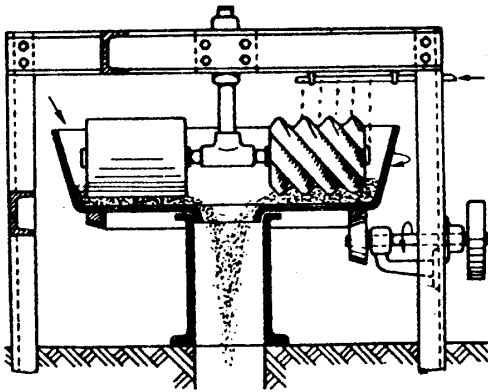
Extractor o ventilador



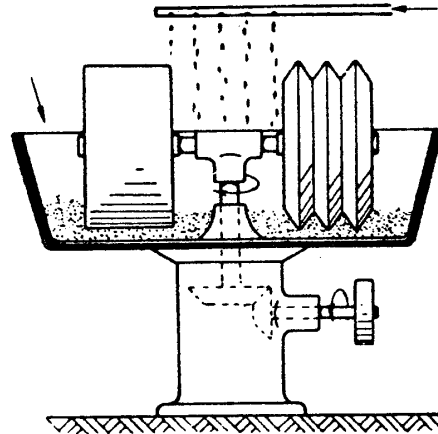
Dosificador

e) En este punto la arena usada es granular y sin cuerpos extraños. Hay que dosificarla para introducirla en la mezcladora con otra cantidad de arena nueva. El *dosificador* es corrientemente un disco, que gira lentamente alrededor de un eje vertical, colocado debajo de la tolva que contiene la arena.

f) La arena vieja y la nueva, dosificadas, se introducen en la *mezcladora-amasadora* (artesa giratoria y rodillos fijos; artesa fija y rodillos giratorios), cuya finalidad es la de mezclar los diversos ingredientes de la arena y especialmente garantizar la distribución uniforme del aglutinante en toda la masa, de modo que todos los granos queden recubiertos por igual.



Mezcladora-amasadora



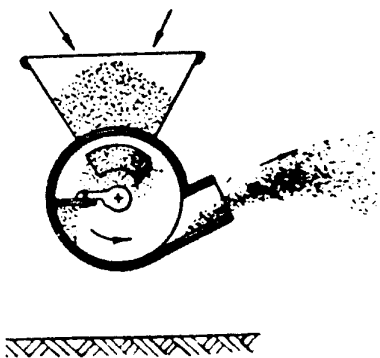
Mezcladora-amasadora

Cuanto más eficiente sea la mezcladora, tanto menor será la cantidad de aglutinante necesaria para obtener una cohesión determinada y, por lo tanto, la permeabilidad será mayor.

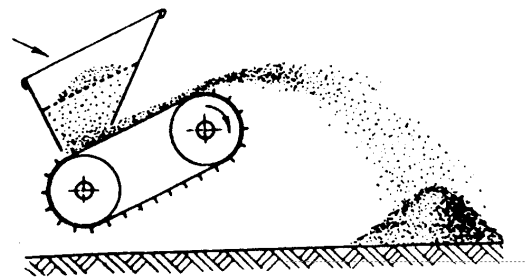
En la mezcladora, juntamente con la arena usada, se carga siempre arena nueva y, en la arena arcillosa, la cantidad precisa de agua. Si está destinada a moldear en verde, se añade también negro mineral. Cuando se prepara la arena silíceo aglomerada para machos, se añaden los aglutinantes, con agua o sin ella, y sin el negro de humo.

La arena, después de una elaboración de 4 a 10 minutos, se descarga a mano. En las máquinas de funcionamiento continuo la descarga se efectúa automáticamente.

g) Después de haber pasado por la mezcladora, la arena queda regenerada, es decir, cada grano está recubierto de arcilla húmeda o de aglutinante; para separar los granos uno de otro se hace pasar la arena por un *desintegrador*.



Desintegrador

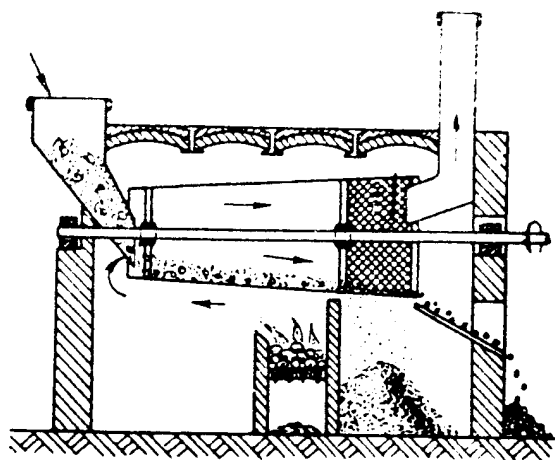


Desintegrador

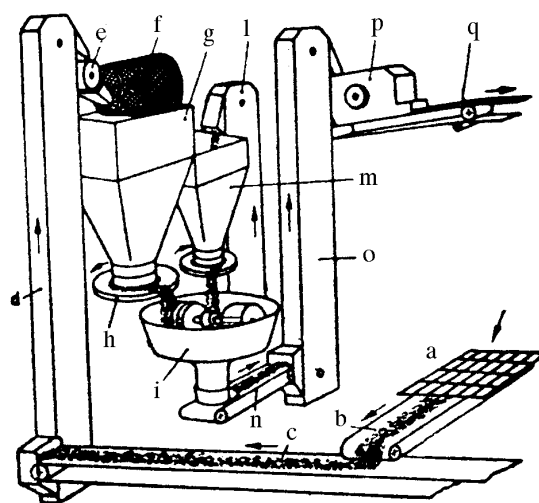
Estas máquinas se basan todas en el mismo principio: lanzar al espacio, por un medio cualquiera, los terrones de arena de moldeo que, por efecto de la resistencia del aire, se subdividan en sus elementos, es decir, los granos de sílice.

Después de esta operación la arena debe aparecer homogénea, ligera, harinosa, de color negro uniforme, fresca. También debe ser blanda al tacto, apretándola en el puño debe ceder sin apelotonarse, ni producir sensación de humedad. Los terrones han de resultar consistentes.

h) Algunas veces, especialmente en la preparación de arenas silíceas aglomeradas para machos, es necesario comprobar exactamente la cantidad de agua introducida en la mezcladora; para ello se precisa secar la arena en un *secador*. La figura esquemática representa una instalación automática para la preparación de las mezclas de arena.



Secador



Instalación automática