

# Tema VI: Conformación por Moldeo (I)

Escuela Universitaria de Diseño Industrial:  
Procesos Industriales

# Índice

---

## Fundición

Fundamentos

Procesos de Fundición

Molde desechable y modelo permanente

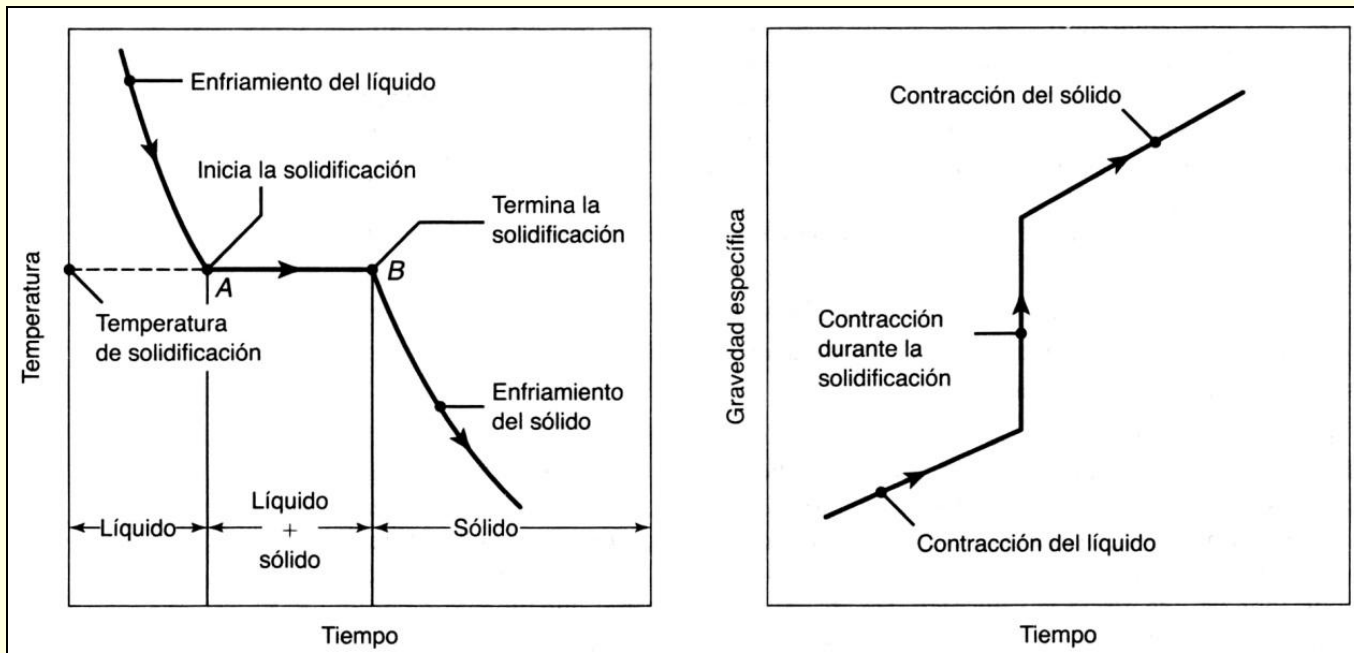
Molde desechable y modelo desechable

Molde permanente

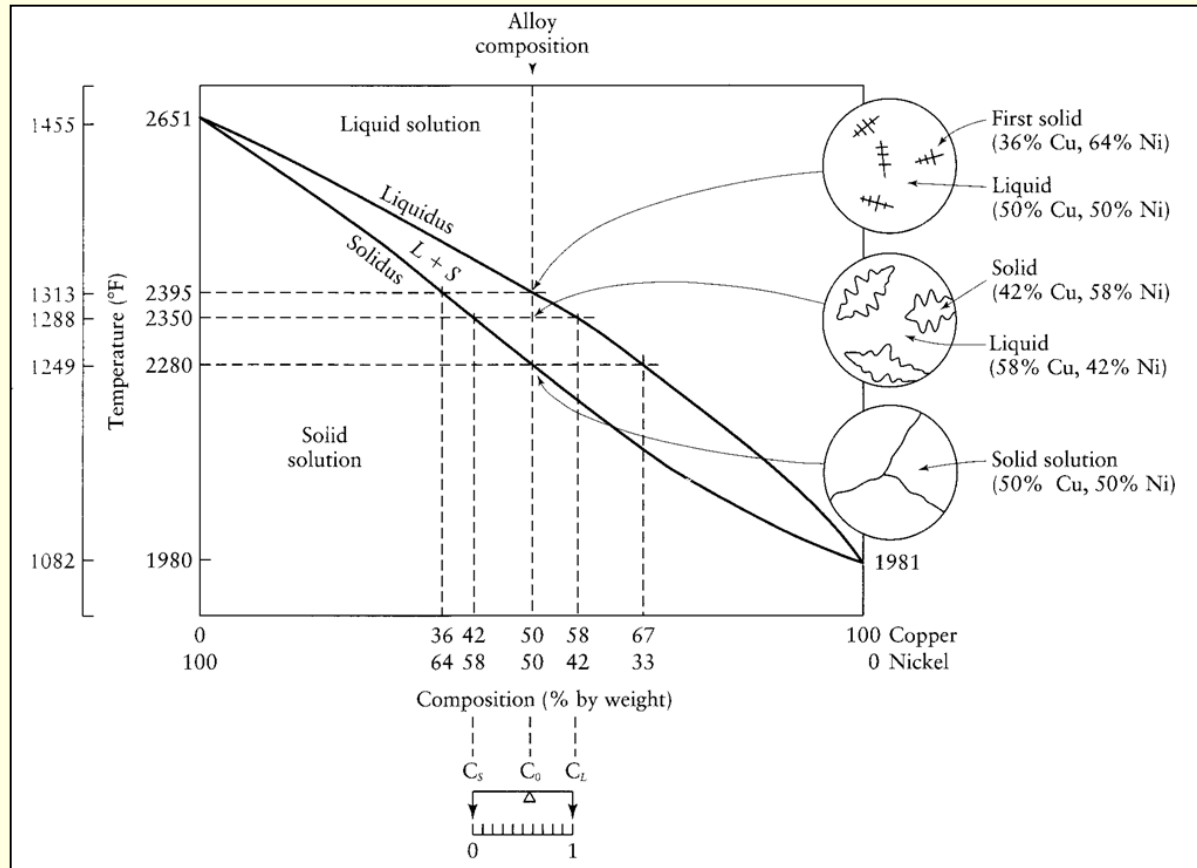
Práctica de la fundición

# Solidificación de metales puros

El enfriamiento de un metal puro presenta unas temperaturas de comienzo y final de fusión claramente definidas. Durante el proceso parte del material se mantiene líquido y la temperatura permanece constante hasta que toda la masa se ha solidificado.



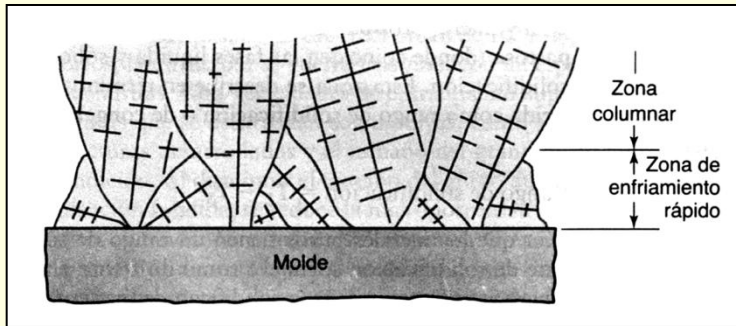
# Solidificación de aleaciones metálicas



Las aleaciones son soluciones sólidas formadas por, al menos, dos fases: el “solvente” que contiene al “solute”.

No presentan un único punto de fusión.

# Estructura de las fundiciones

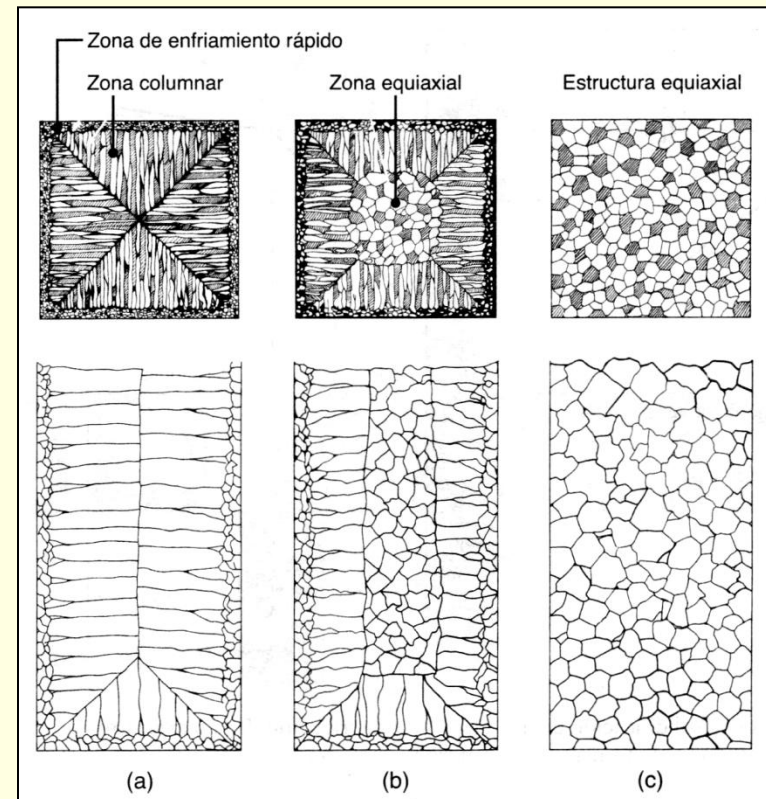


En un metal puro, la solidificación comienza en las paredes y avanza hacia el centro formando columnas.

En las aleaciones, *al solidificar una fase antes que la otra*, entre las columnas quedan zonas con material líquido de la otra fase.

Así, surge una estructura esponjosa arborescente: las **dendritas**.

Su desarrollo está afectado por la velocidad de enfriamiento y la segregación.



# Tamaño del grano

Baja velocidad de enfriamiento → Dendritas gruesas → Fragilidad

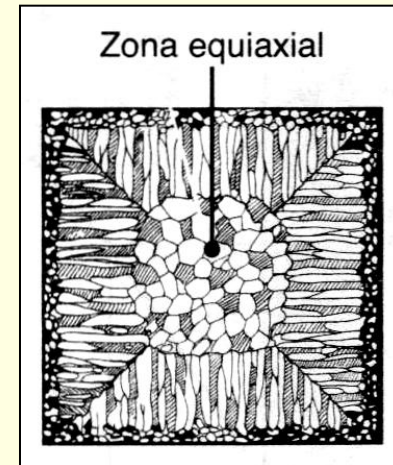
Alta velocidad → Afino de grano → Más ductilidad y resistencia  
Menos microporosidad  
Isotropía

Microsegregación: migración de los elementos de aleación desde el centro hacia la superficie.

Macrosegregación:

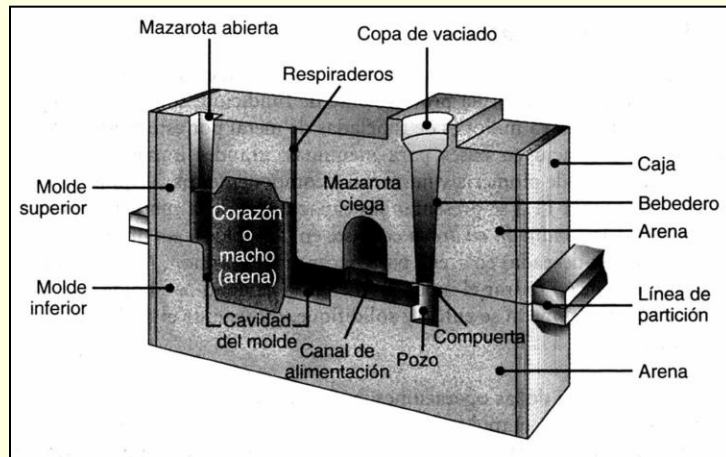
- Normal
- Inversa

Segregación gravitacional



# Parámetros del proceso

## Colabilidad



Componentes del sistema:

- Pieza
- Caja
- Bebederos
- Rebosaderos
- Canales de colada

## Contracción térmica

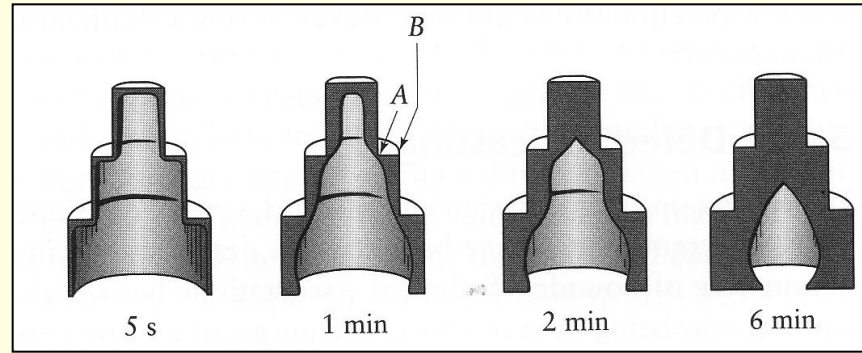
La contracción tiene lugar en tres etapas:

- Antes de la solidificación
- Durante la solidificación
- Durante el enfriamiento en fase sólida.

Material	Contracción volumétrica (%)
Aluminio	6,6
Acero al C	2,5-3
Cobre	4,9
Fundición gris	-2,5

# Parámetros del proceso

## Velocidad de solidificación



El tiempo de solidificación es proporcional al volumen  $V$  y al área de la superficie de la pieza.

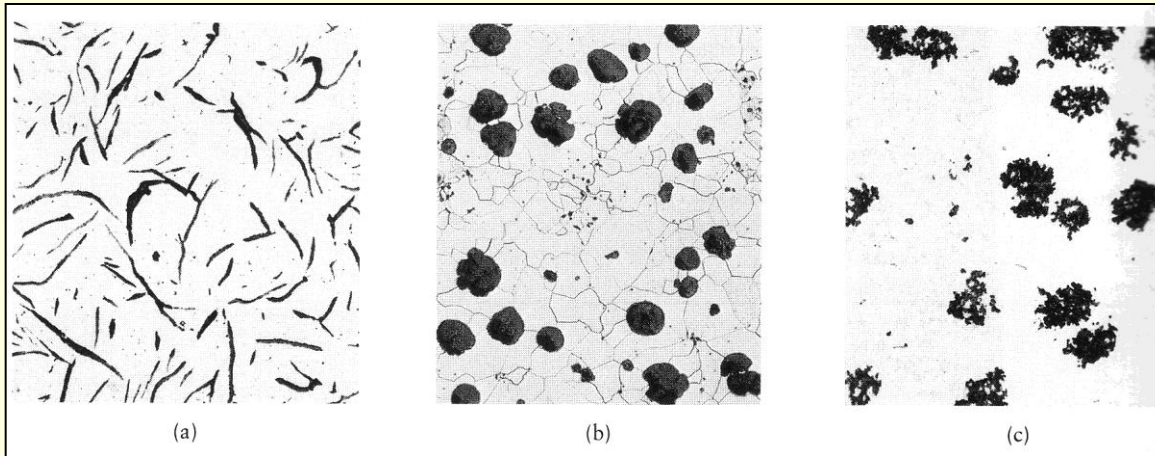
$$T = C \left( \frac{V}{A} \right)^2$$

Regla de Chvorinov



# Materiales para moldeo

## Aleaciones ferrosas



- Fundición gris (a)
  - F. nodular (b)
- F. blanca
  - F. maleable (c)
- Aceros

## Aleaciones no ferrosas

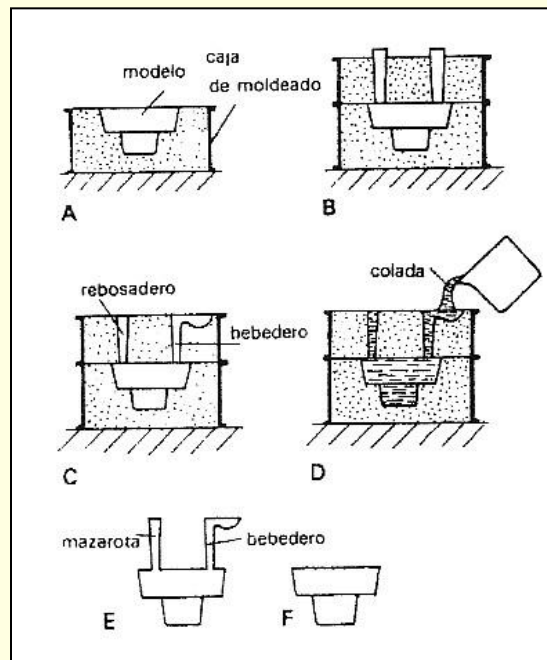
- Aluminio
- Cobre
  - Bronces y Latones
- Magnesio
- Zinc y Níquel

# Clasificación de las fundiciones

Con molde desechable o perdido	Modelo permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fundición en arena</li> <li>-Moldeado en cáscara</li> <li>-Moldeado en yeso y cerámica</li> <li>-Moldeado en vacío o contra la gravedad</li> </ul>
	Modelo desechable	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Moldeado con espuma perdida</li> <li>-Moldeado a la cera perdida</li> <li>-Moldeado Mercast</li> </ul>
Con molde permanente		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fabricación de lingotes</li> <li>-Fundición en coquillas               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fundición por gravedad</li> <li>-Fundición a baja presión</li> <li>-Fundición a alta presión (inyección)                   <ul style="list-style-type: none"> <li>*En cámara fría</li> <li>*En cámara caliente</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

# Fundición en arena

Consiste en colocar un modelo en arena, dándole la forma de la pieza a fundir incorporando los canales y las aberturas, rellenar la cavidad con metal fundido, dejarlo solidificar y romper el molde de arena para retirar la pieza fundida.



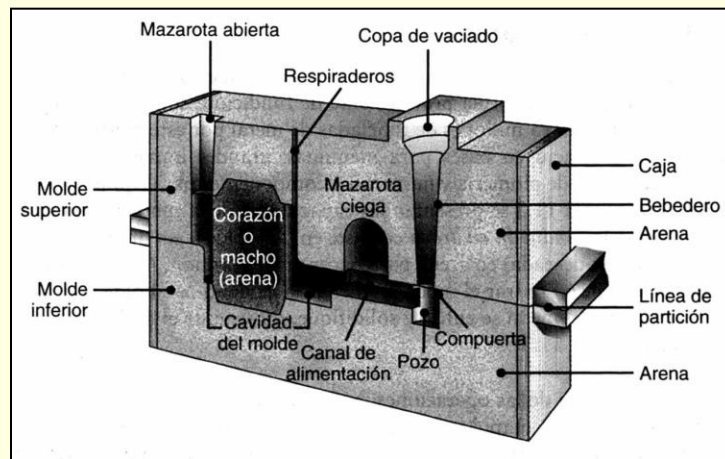
**Arena:** mezcla de materiales con base de Sílice,  $\text{SiO}_2$  + aglomerantes. Debe ser fina para obtener un buen acabado superficial. Además, debe permitir la evacuación de gases.

Tipo de arena:

- Normal o natural.
- Sintética.

# Fundición en arena

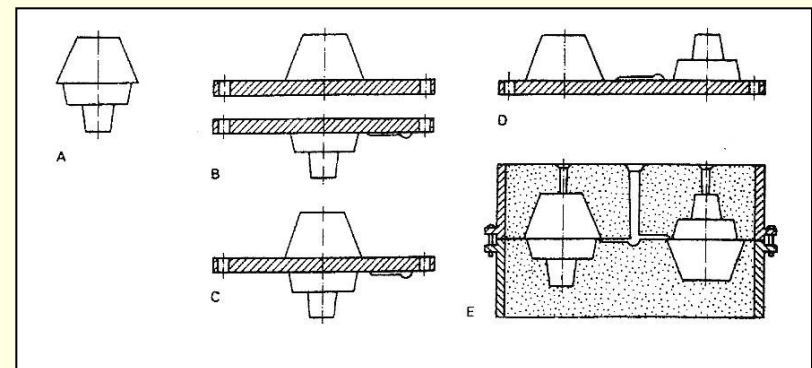
**Moldes.** Se caracterizan según la arena empleada y según el método de preparación.



- **En verde:** emplea arcilla húmeda; es el más barato. Ojo al vapor.
- **Secados:** se cuecen en hornos.
- **Caja fría:** emplea aglutinantes que no necesitan ser calentados.
- **Al CO<sub>2</sub>:** arenas extrasilicosas que curan al reaccionar con el gas.

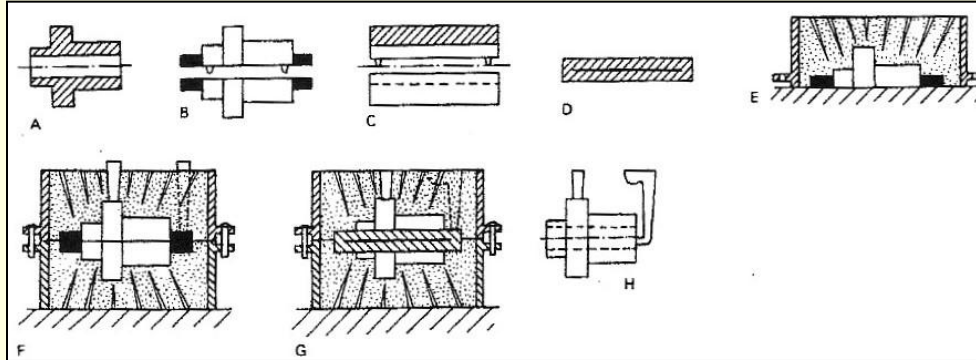
**Modelos.** Se fabrican de madera, plástico o metal. Pueden ser:

- De una pieza
- Partidos
- Placas



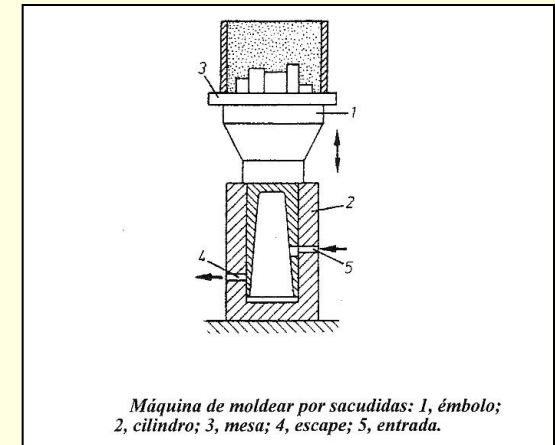
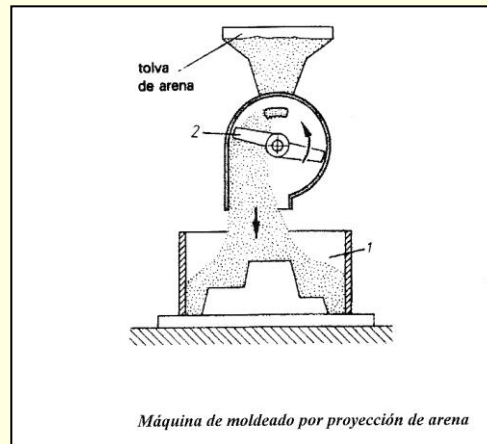
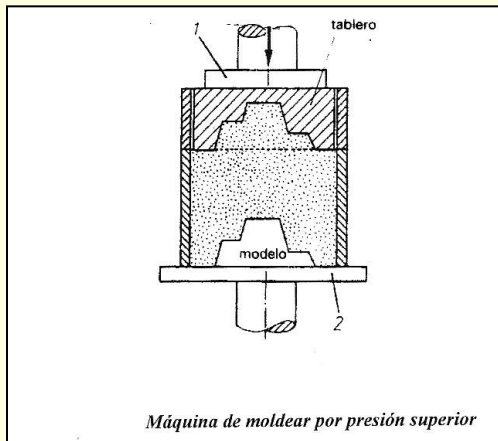
# Fundición en arena

## Moldeado con machos



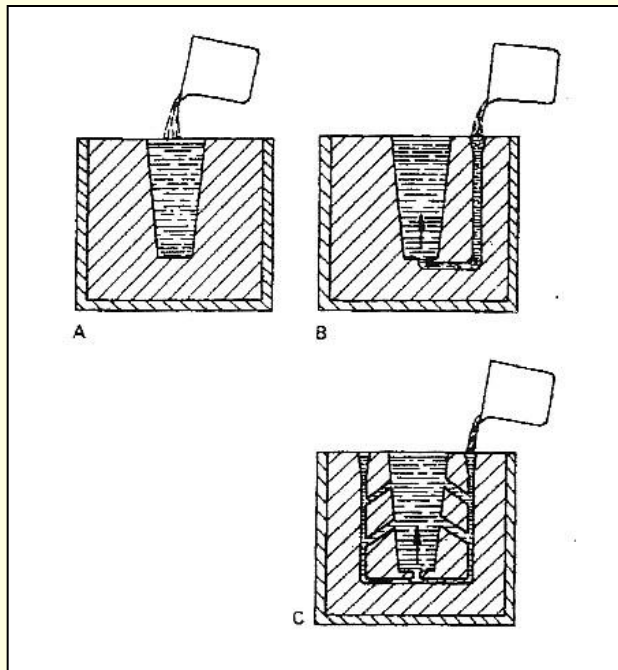
Fundiciones con cavidades o pasadizos interiores requieren el uso de **machos** o **noyos**. Suelen ser de mezclas de arenas.

## Máquinas de moldeo

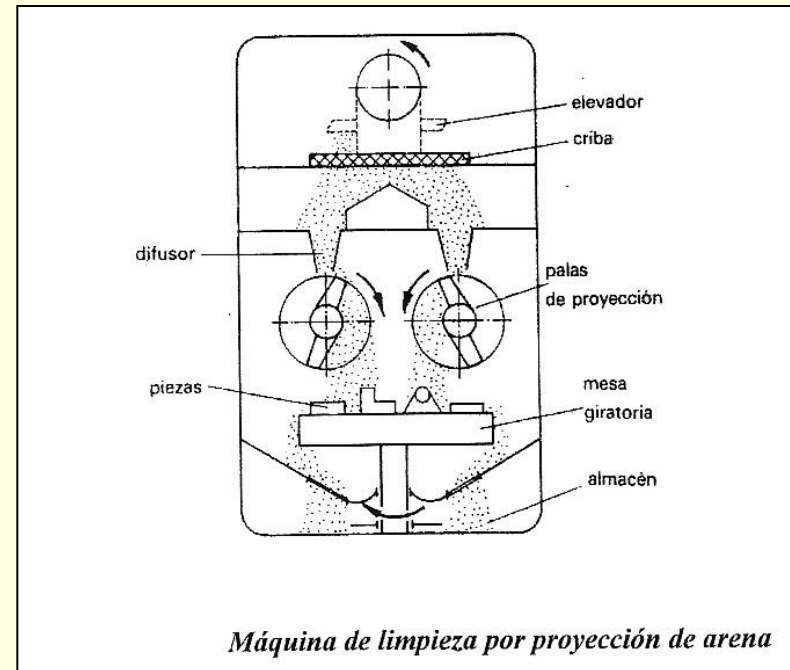


# Fundición en arena

## Colada y limpieza



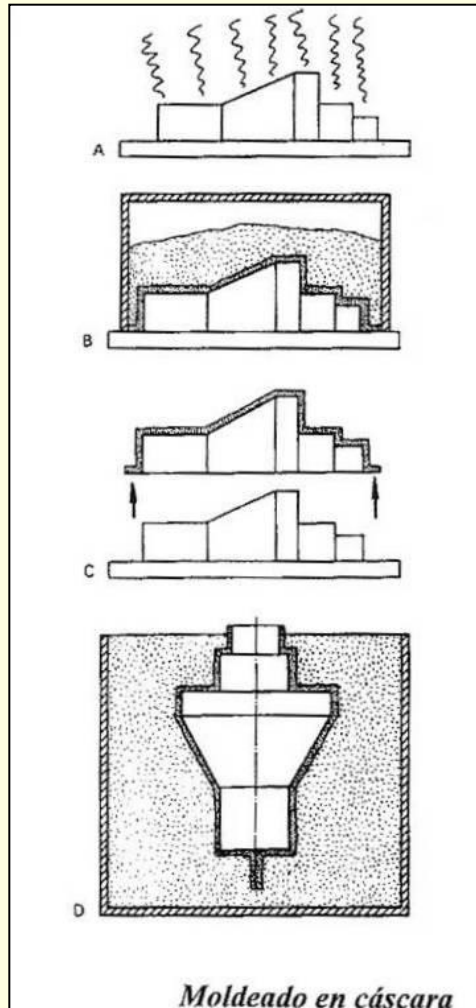
- Colada directa
- Colada en sifón
- Colada lateral



*Máquina de limpieza por proyección de arena*

La arena y láminas de óxidos adheridas son extraídas por vibración o por proyección de arena.

# Moldeado en cáscara



- Un modelo de aleación de Fe o Al al que se ha aplicado una capa antiadherente (silicona o parafina) se calienta hasta 175-370°C.
- Se mete en una caja de moldear con arena que contiene una resina fenólica.
- La resina en contacto con la pieza caliente se endurece.
- Se obtienen dos mitades que quedan separadas por una cáscara de 5 a 7 mm de espesor.

# Moldeo al yeso y cerámico

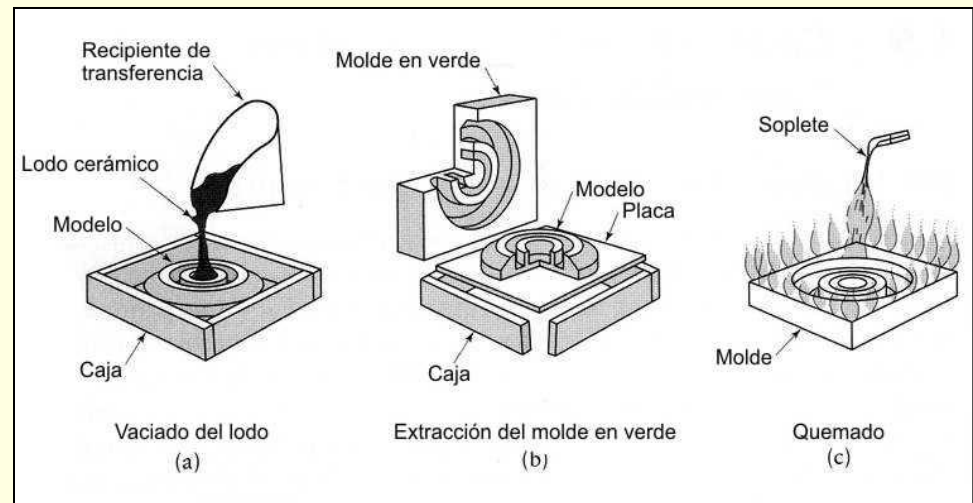
“Fundiciones de precisión” por su exactitud dimensional y buen acabado.

## Moldeo al yeso

Con yeso se obtienen componentes de cerraduras, válvulas, herramientas y elementos decorativos. El molde es de yeso con talco y sílice. Los modelos suelen ser aleaciones de Al, plásticos termoconformados, latones o aleaciones de Zn.

## Moldeo cerámico

Los materiales del molde son refractarios (circonio  $ZrSiO_4$ , óxido de Al y Sílice) para soportar elevada temperatura. El modelo es de madera. Así se obtienen hélices, herramientas de corte, troqueles y piezas de hasta 700 kg.





# Fundición al vacío

También se conoce como fundición contra la gravedad.

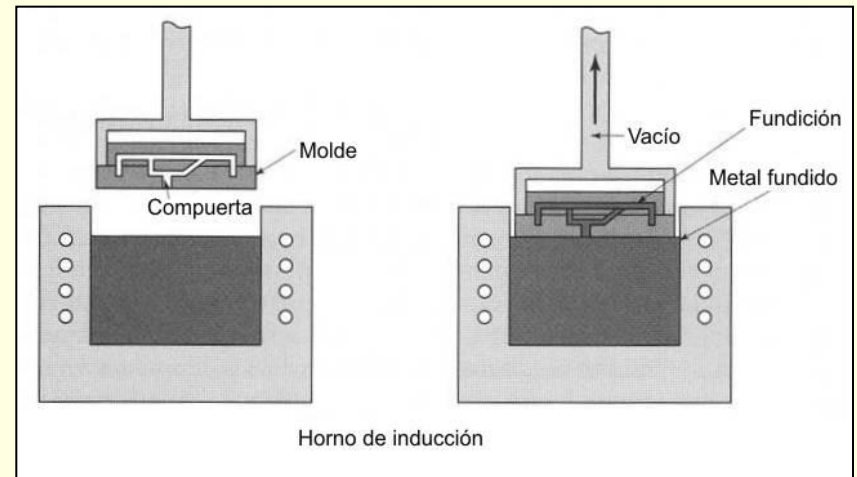
El molde es una mezcla de uretano y arena.

Se introduce parcialmente en el horno con el metal fundido.

Se provoca un vacío que introduce el metal fundido por la abertura inferior del molde.

El procedimiento se aplica para formas complejas de poco espesor.

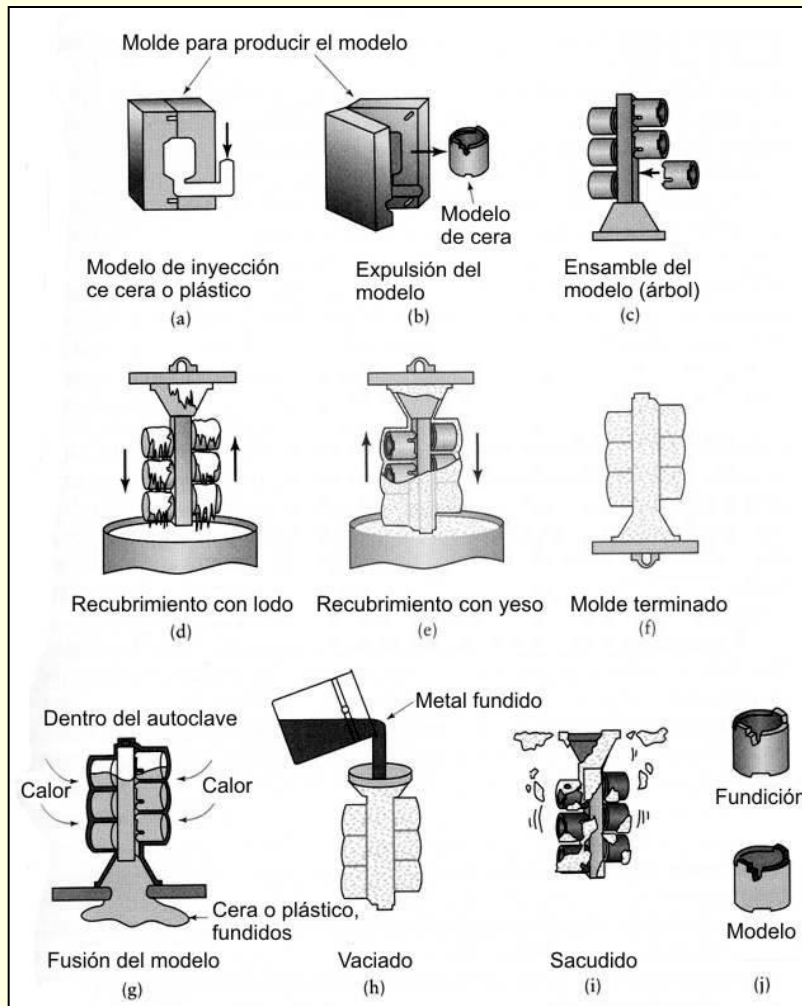
Se pueden obtener fundiciones de aceros inoxidable y aceros al alto y bajo Carbono de hasta 70 kg de peso.



# Clasificación de las fundiciones

Con molde desechable o perdido	Modelo permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fundición en arena</li> <li>-Moldeado en cáscara</li> <li>-Moldeado en yeso y cerámica</li> <li>-Moldeado en vacío o contra la gravedad</li> </ul>
	Modelo desechable	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Moldeado con espuma perdida</li> <li>-Moldeado a la cera perdida</li> <li>-Moldeado Mercast</li> </ul>
Con molde permanente		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fabricación de lingotes</li> <li>-Fundición en coquillas               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fundición por gravedad</li> <li>-Fundición a baja presión</li> <li>-Fundición a alta presión (inyección)                   <ul style="list-style-type: none"> <li>*En cámara fría</li> <li>*En cámara caliente</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

# Fundición a la cera perdida



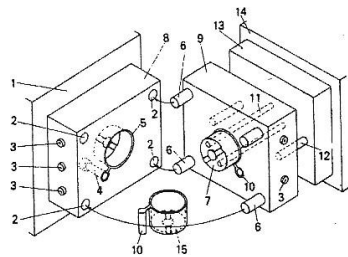
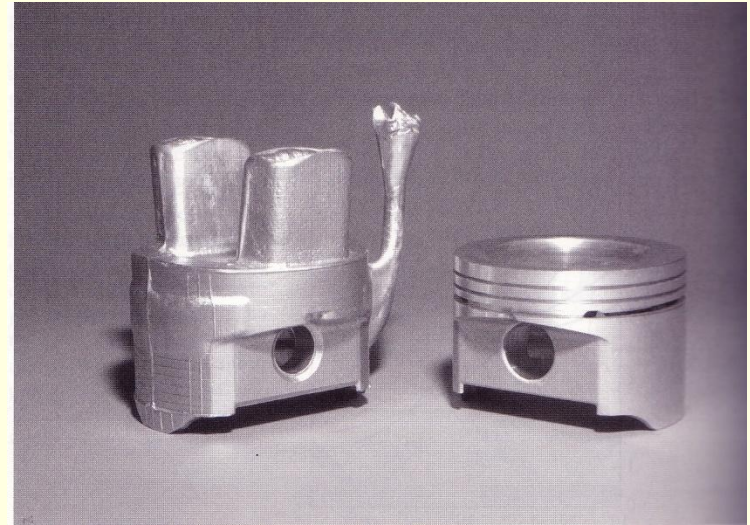
1. Fabricar el modelo de la pieza en latón o bronce.
2. A partir de él, se funde un molde con una aleación de bajo punto de fusión al Bi-Sn.
3. Se fabrican modelos de cera o poliestireno.
4. Los modelos se montan en racimos.
5. Se les da un baño cerámico y se enarenan.
6. Los racimos se meten en cajas de moldeo.
7. En una estufa a  $100^{\circ}\text{C}$  se funde la cera y se cuecen los moldes en hornos a  $1000^{\circ}\text{C}$ .
8. Se cuela el metal en el molde.
9. Tras solidificar, se rompen los moldes y se pasa a limpieza.

# Clasificación de las fundiciones

Con molde desechable o perdido	Modelo permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fundición en arena</li> <li>-Moldeado en cáscara</li> <li>-Moldeado en yeso y cerámica</li> <li>-Moldeado en vacío o contra la gravedad</li> </ul>
	Modelo desechable	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Moldeado con espuma perdida</li> <li>-Moldeado a la cera perdida</li> <li>-Moldeado Mercast</li> </ul>
Con molde permanente		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fabricación de lingotes</li> <li>-Fundición en coquillas               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fundición por gravedad</li> <li>-Fundición a baja presión</li> <li>-Fundición a alta presión (inyección)                   <ul style="list-style-type: none"> <li>*En cámara fría</li> <li>*En cámara caliente</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

# Fundición en moldes permanentes

Los moldes metálicos (coquillas) se fabrican de metales que mantengan su resistencia a elevadas temperaturas: acero, bronce, aleaciones de metales refractarios o grafito. La cavidad del molde, bebederos, etc. se maquinan en el molde y forman parte de él.



*Componentes de una matriz para fundir a presión.  
1, parte fija de la máquina; 2, taladros de guía; 3, orificios de refrigeración; 4, bebedero; 5, hueco del molde; 6, pivotes de centrado; 7, macho; 8, matriz fija de cubierta; 9, matriz móvil de eyección; 10, mazarota; 11, barras expulsoras; 12, punzón; 13, placa de eyección; 14, carro móvil; 15, pieza obtenida.*

Los machos y noyos suelen ser de metal (fundición gris, acero al bajo carbono) o un compuesto de arenas. Las matrices incluyen los eyectores mecánicos. Con este sistema se obtienen culatas de motores, pistones, engranajes, etc.

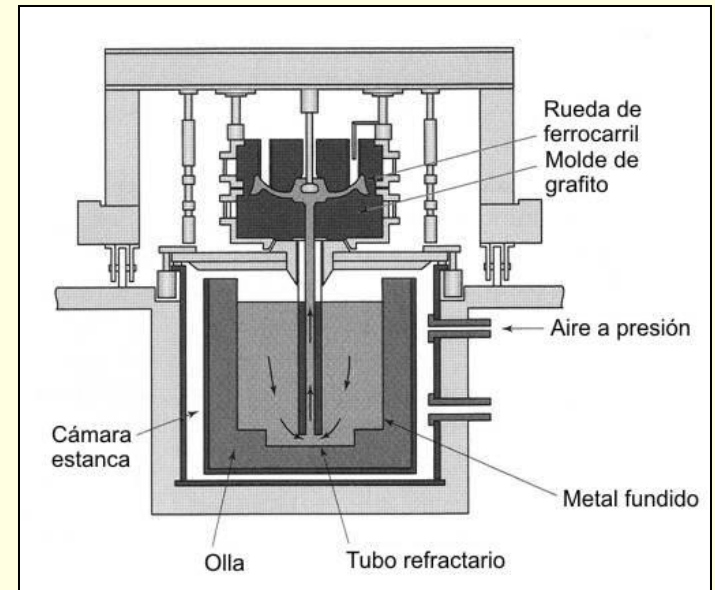
# Fundición a baja presión

La colada no se realiza por gravedad sino que se inyecta a presión. La presión es ejercida por un gas. A veces también puede ser ayudada por un vacío en la cámara. De esta manera se pueden fundir piezas complicadas con aristas pronunciadas y espesores mínimos.

El vacío ayuda a la evacuación de gases y produce una fundición con menos porosidades.

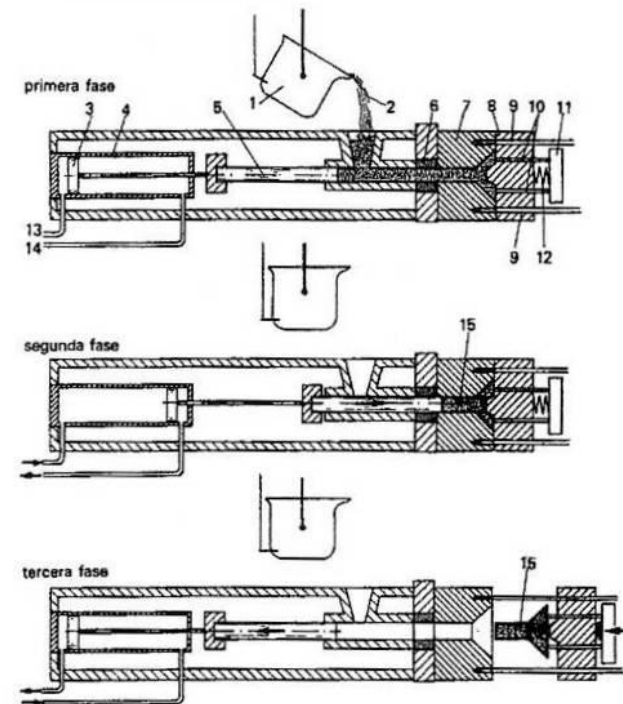
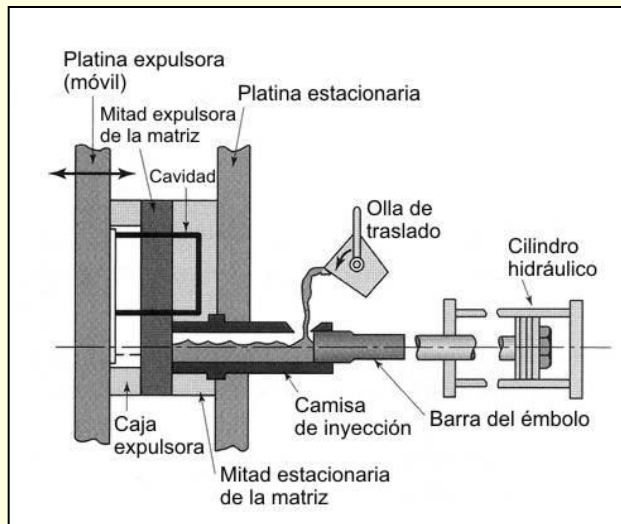
Las superficies resultantes son limpias y sin defectos.

El material resulta más compacto.



# Fundición a presión en cámara fría

El metal fundido se vierte en una cámara fría. Se introduce en la matriz a 20-70 MPa. Se aplica a aleaciones de elevado punto de fusión como las de Al, Mg y Cu.



*Proceso de fundición a presión con dispositivos de colada e inyección horizontal: 1, depósito; 2, líquido; 3, Émbolo; 4, cilindro; 5, vástago de presión; 6, casquillo de guía; 7, matriz fija; 8, matriz móvil; 9, varillas de guía; 10, varillas expulsoras; 11 placa expulsora; 12, muelle; 13 y 14, entrada y salida del circuito hidráulico; 15, pieza a obtener.*

# Fundición a presión en cámara caliente

La cámara de presión se encuentra dentro del recipiente de metal fundido. El metal fundido debe ser tal que no ataque a los materiales de la cámara. Se aplica a aleaciones de Sn, Pb y Zn.

El rango de presiones llega hasta los 35 MPa, con una media de 15 MPa. El metal se mantiene a presión hasta que solidifica en la cámara.

