

TECNOLOGÍA

Soluciones e

IMPLEMENTACIÓN



PROCESOS DE
FUNDICIÓN

METAL
VIDRIO
POLÍMEROS



Fundamentos de FUNDICIÓN

Proceso de manufactura donde el material de inicio se encuentra en estado líquido o condición muy plástica.

Secuencia:

- 1) Vaciar el material fundido en un molde con la forma de la pieza
- 2) Esperar a que solidifique
- 3) Retirar la pieza del molde
- 4) Postproceso*



Fundamentos de FUNDICIÓN

Consideraciones generales:

- Flujo de material
- Diseño en sistemas de alimentación
- Tiempo de solidificación
- Materiales de la pieza y el molde



A close-up photograph of a metal casting, likely an engine block, showing a grid of circular openings. The metal has a rough, cast texture. The openings are arranged in rows and columns. The text 'FUNDICIÓN METÁLICA' is overlaid on the left side of the image.

FUNDICIÓN METÁLICA

Ventajas de la **FUNDICIÓN**

- Formas complejas
- Piezas de forma neta
- Piezas de gran volumen
- Fácil masificación
- Variedad de materiales



Desventajas de la **FUNDICIÓN**

Limitación propiedades mecánicas

- Dimensionales
- Porosidad
- Defectos superficiales

Seguridad de los operarios y medio ambiente.



Clasificación de los procesos de fundición

Fundición de molde desechable y modelo permanente

Fundición en arena

Molde en cáscara

Fundición en molde de yeso

Fundición en molde cerámico

Fundición de molde y modelo desechable

Fundición de modelo evaporable

Fundición por revestimiento

Fundición de molde permanente

Fundición de molde permanente

Fundición al vacío

Fundición hueca por escurrimiento

Fundición a presión

Fundición en dado

Fundición centrífuga

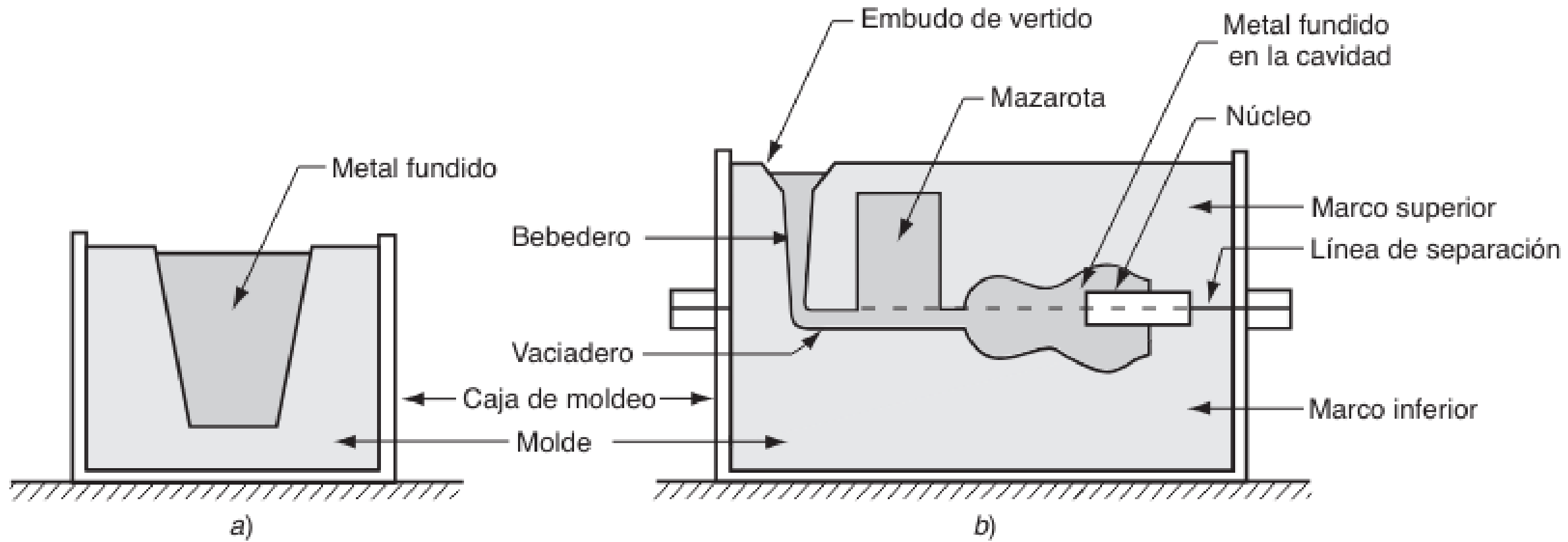
Fundición por dado impresor y formado de metal semisólido

Operaciones de fundición con molde compuesto



MOLDES

Partes y consideraciones



- a) molde abierto es tan sólo un contenedor con la forma de la pieza que se desea
- b) molde cerrado, en la que la forma del molde es más compleja y requiere un sistema de paso (pasaje) que conduzca a la cavidad.

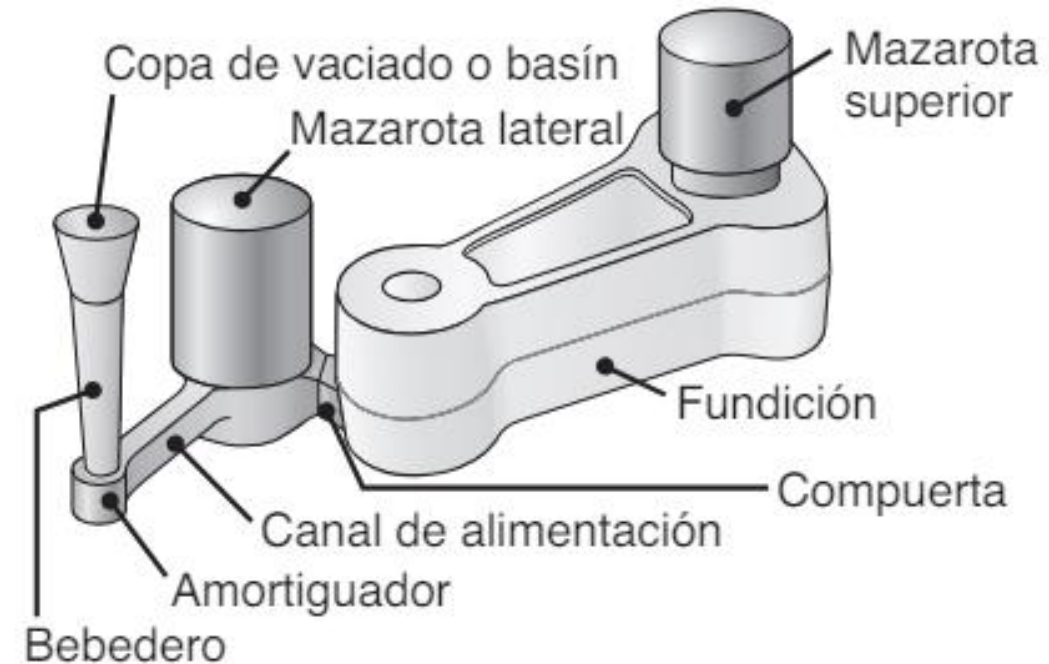
PIEZA MOLDE CERRADO

Cuenta con todas las partes y requerimientos para la fundición y fluidez continua.

Además de un acabado superficial mejorado

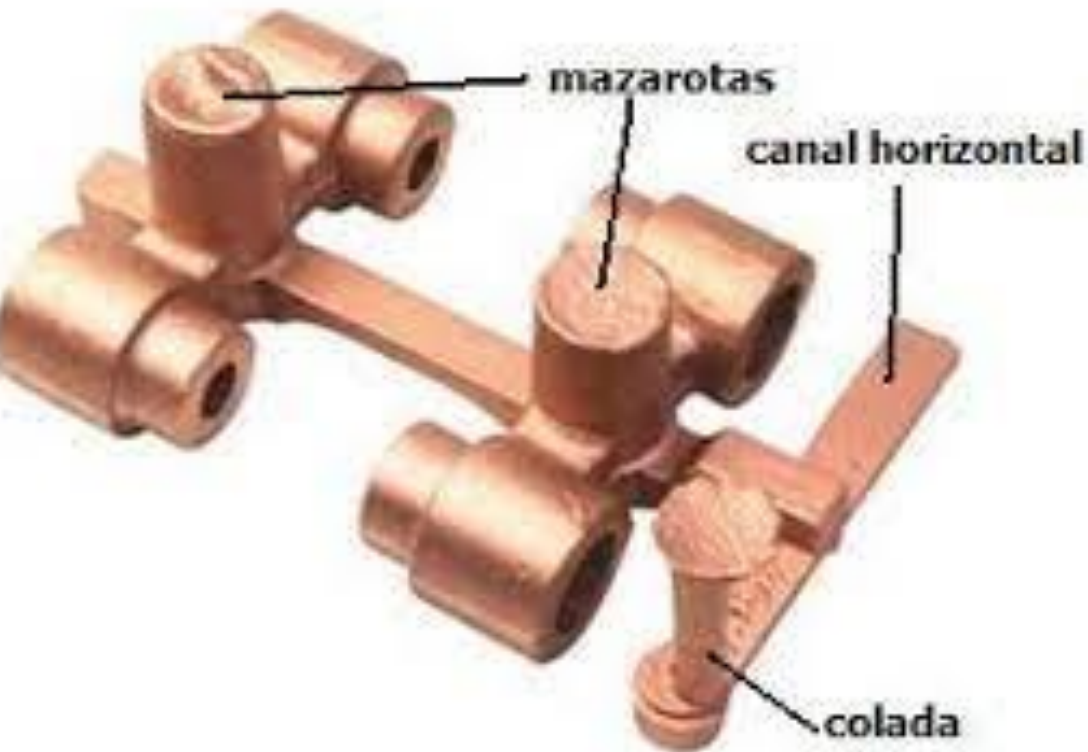


Consideraciones en la **PIEZA**



- Ángulos de desmolde
- Ejes de partición
- Mazarotas
- Copa de vaciado y bebedero
- Canales de alimentación
- Espesores

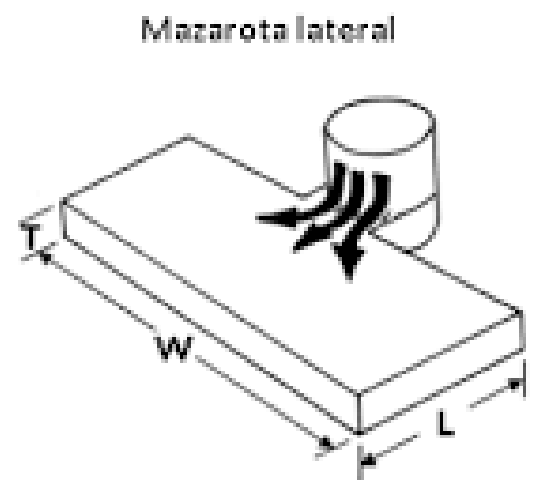
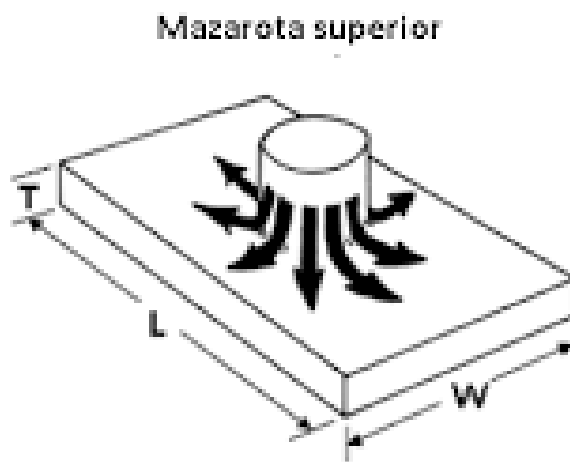
Consideraciones en la **PIEZA**



Mazarotas:

También llamadas *Feeders* son depósitos de metal fundido para suministro del metal fundido necesario con el objetivo de evitar porosidad superficial excesiva debido a la contracción térmica.

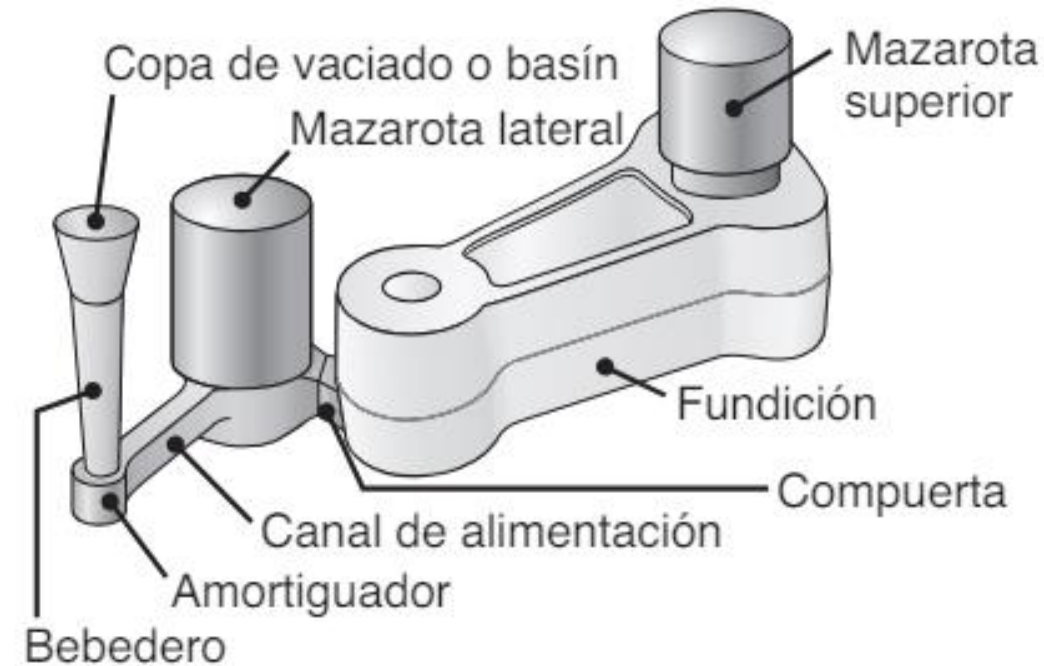
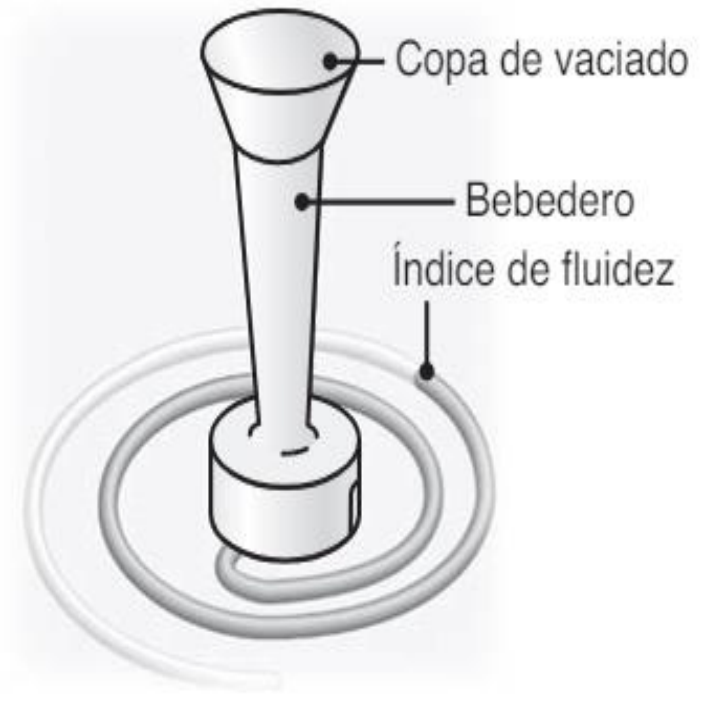
Dependiendo del modelo se pueden incluir una o más de estas cavidades.



Consideraciones en la **PIEZA**

$$\frac{A_1}{A_2} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

La velocidad de vertido se denota por el volumen de la pieza, buscando no perder la fluidez



El diseño y las dimensiones del bebedero, de los canales de alimentación y la mazarota afectan la fluidez.

Consideraciones en la **PIEZA**

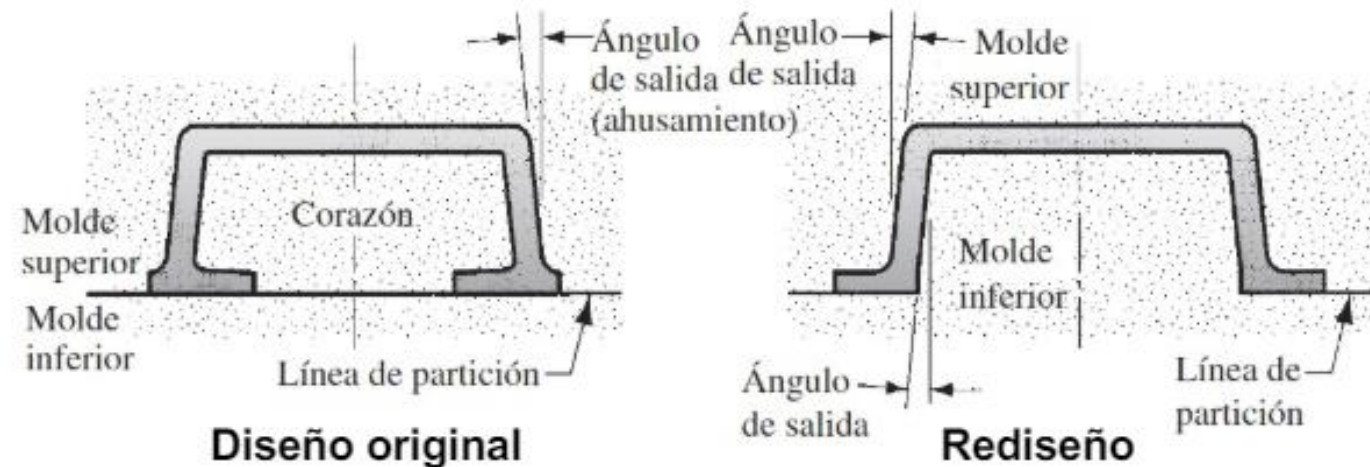
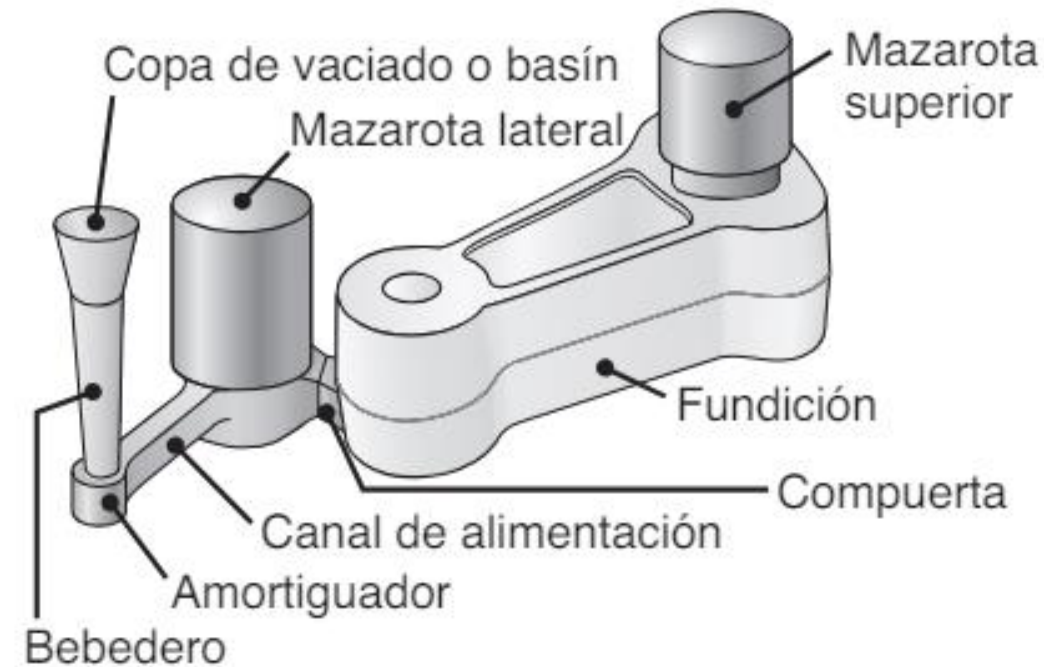
Evitar los cambios de dirección bruscos

Evitar cavidades y piezas “cerradas”

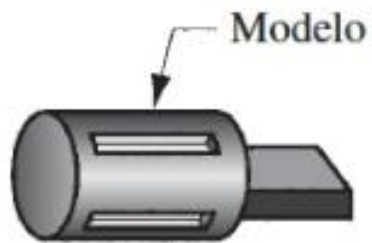
Sobredimensionar

Utilizar amortiguadores de caída y presión.

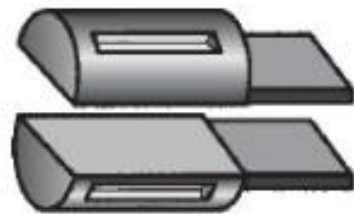
Mantener aristas redondeadas



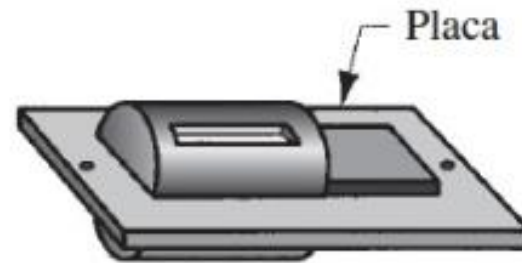
Distintas formas de molde.



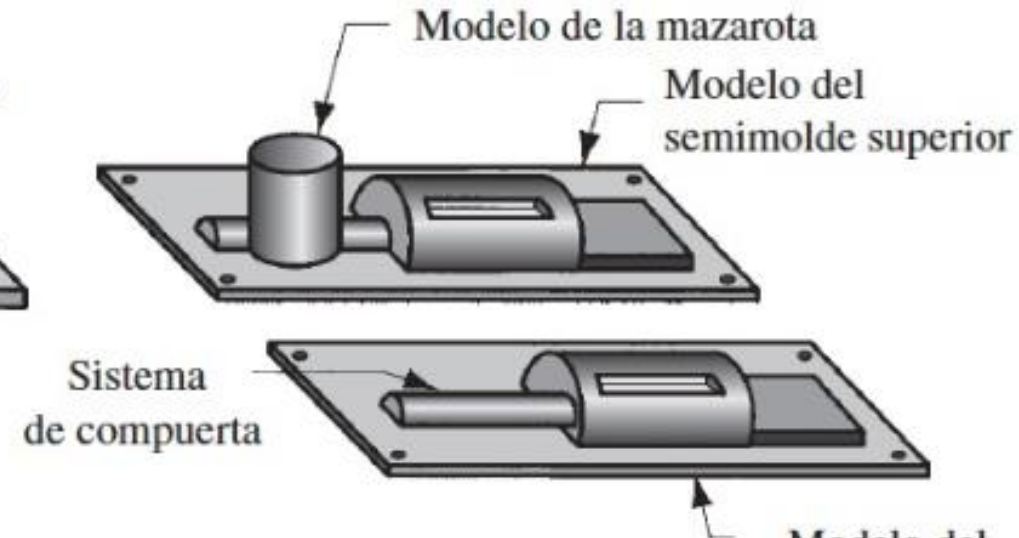
Modelo sólido



Modelo dividido

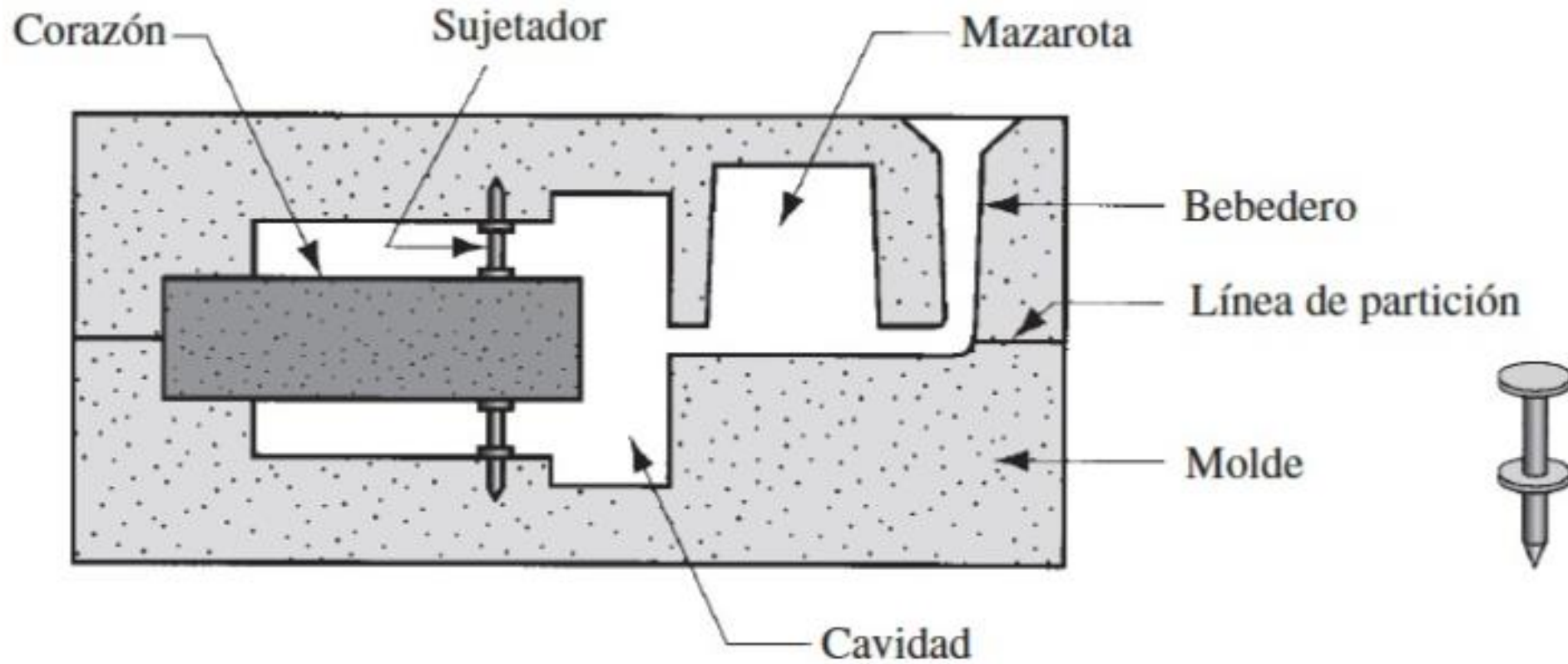


Modelo de placa

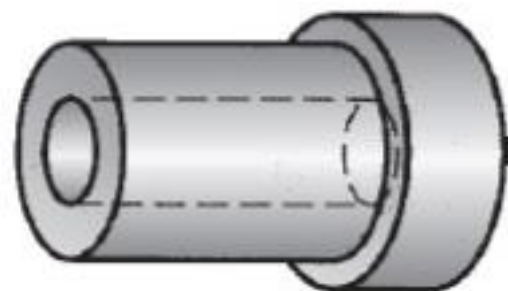


Modelo para semimoldes superior o inferior

Corazón dentro de la cavidad del molde



Sujetador

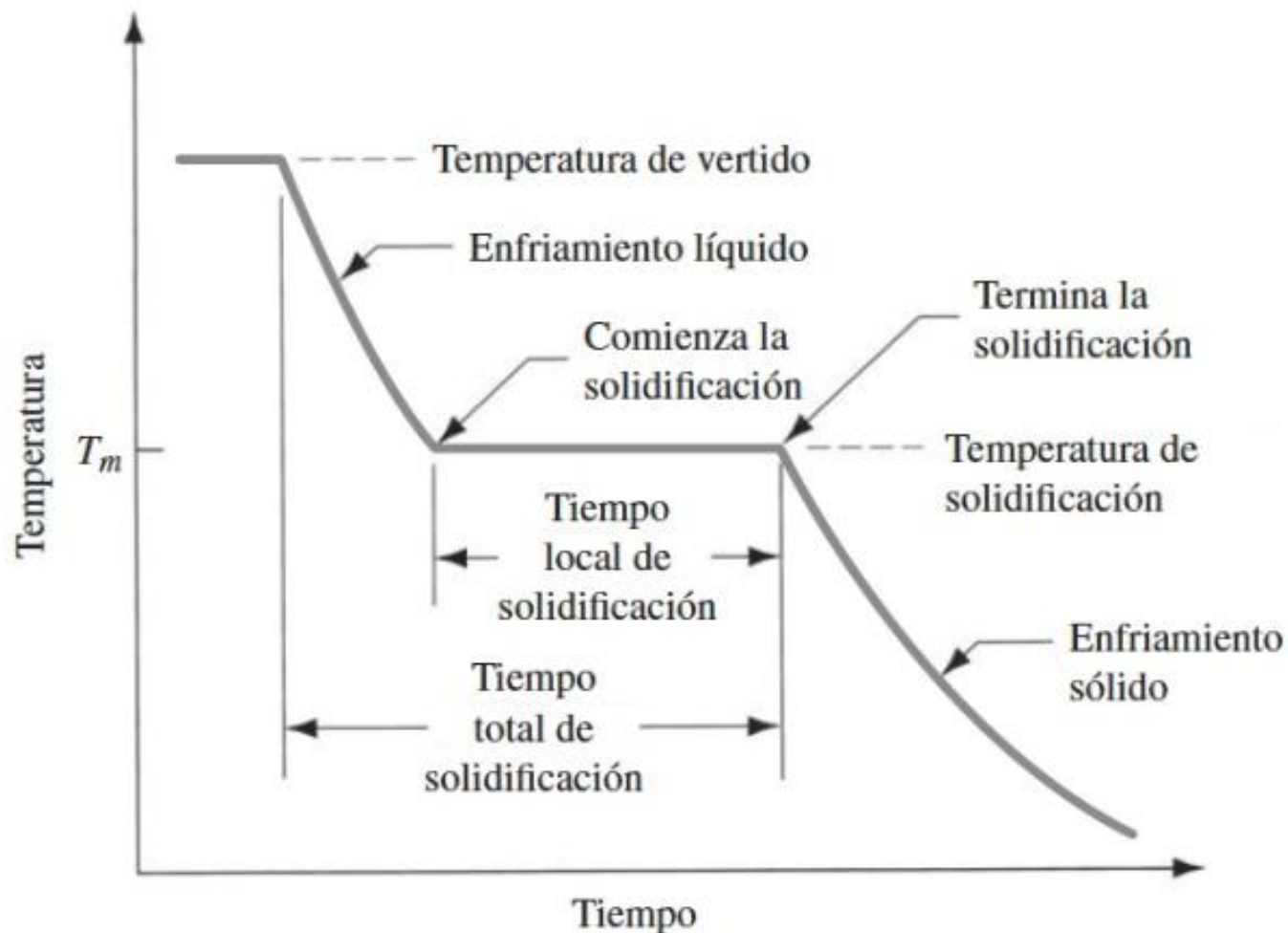


Fundición con
cavidad interna

Consideraciones en la **SOLIDIFICACIÓN** y **ENFRIAMIENTO**

Un metal **puro** se solidifica a una temperatura constante igual a su punto de fusión, el cual es el mismo punto de **fusión**.

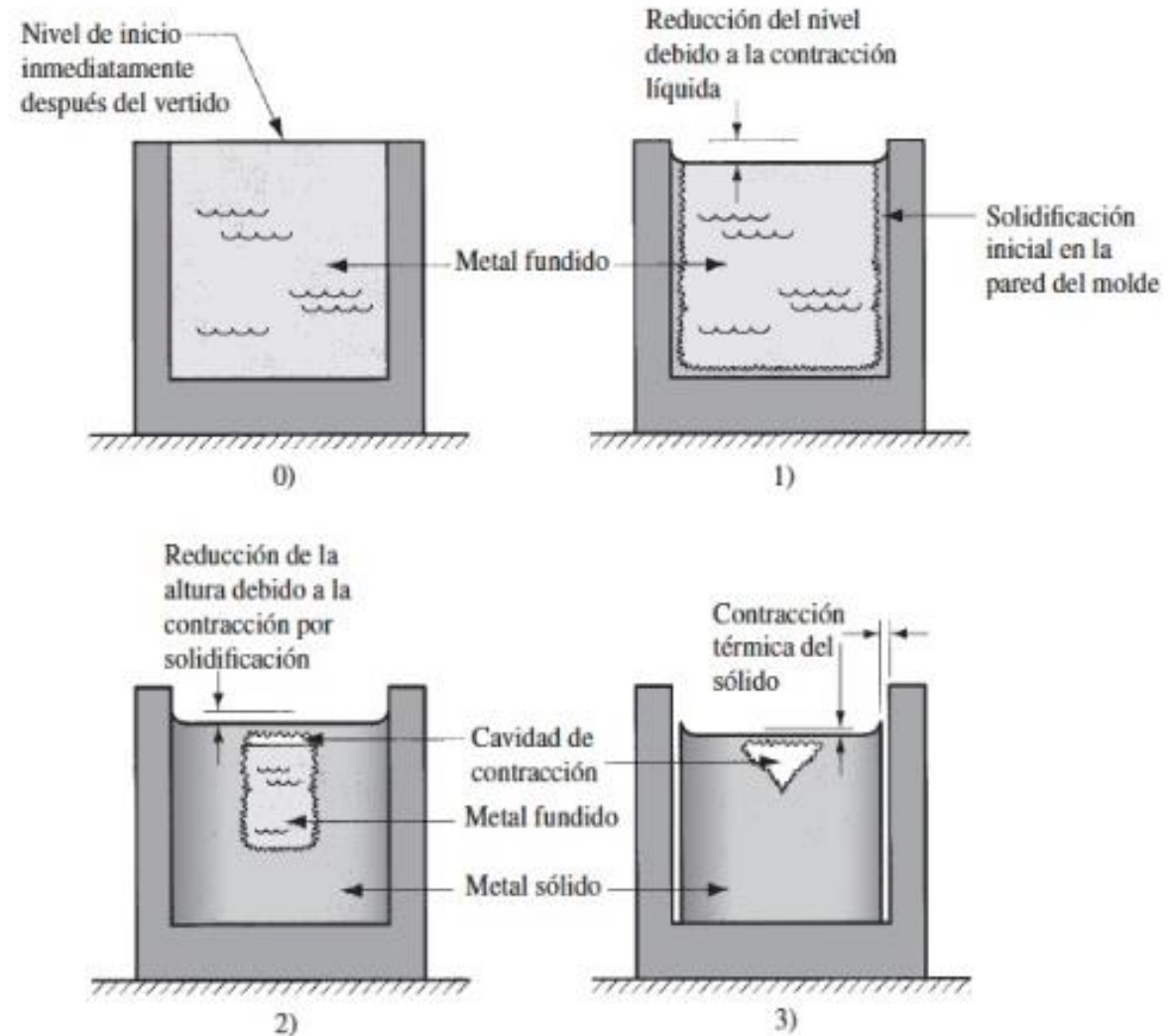
En las aleaciones estos tiempos se modifican y el estado s sólido/líquido es diferente.



El efecto de la contracción tiene lugar durante el enfriamiento y solidificación

La contracción ocurre en tres etapas:

1. Contracción líquida durante el enfriamiento antes de la solidificación
2. Contracción durante el cambio de fase de líquida a sólida (contracción por solidificación)
3. Contracción térmica del fundido solidificado durante el enfriamiento a temperatura ambiente



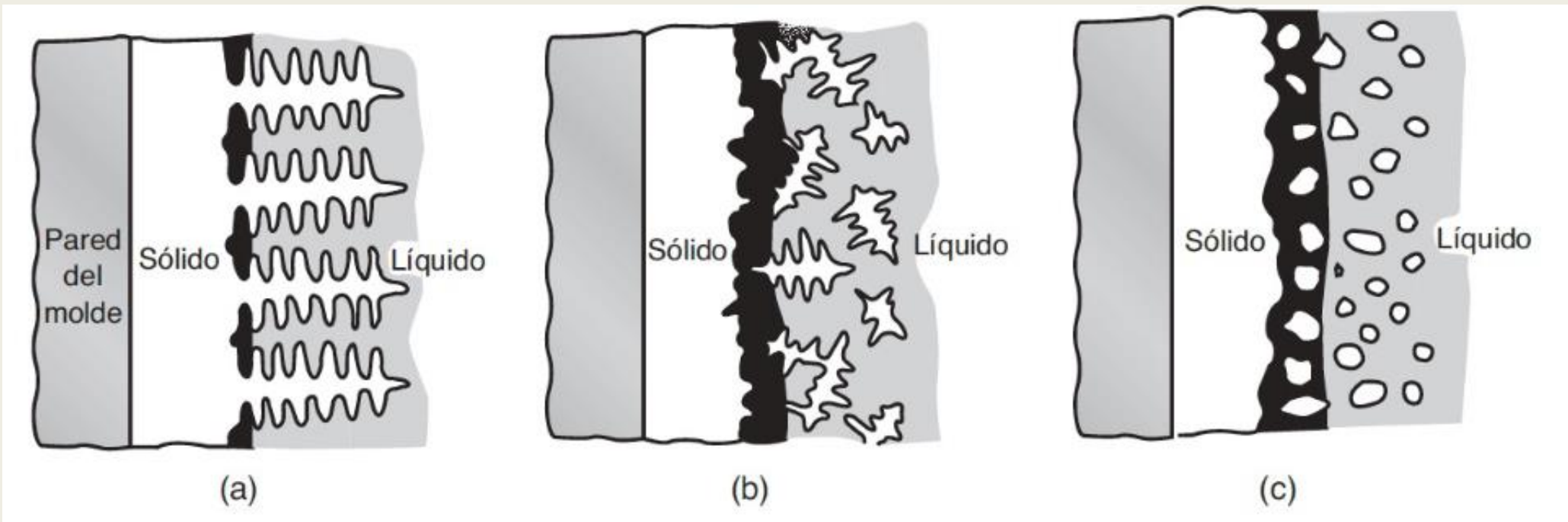
Consideraciones en la

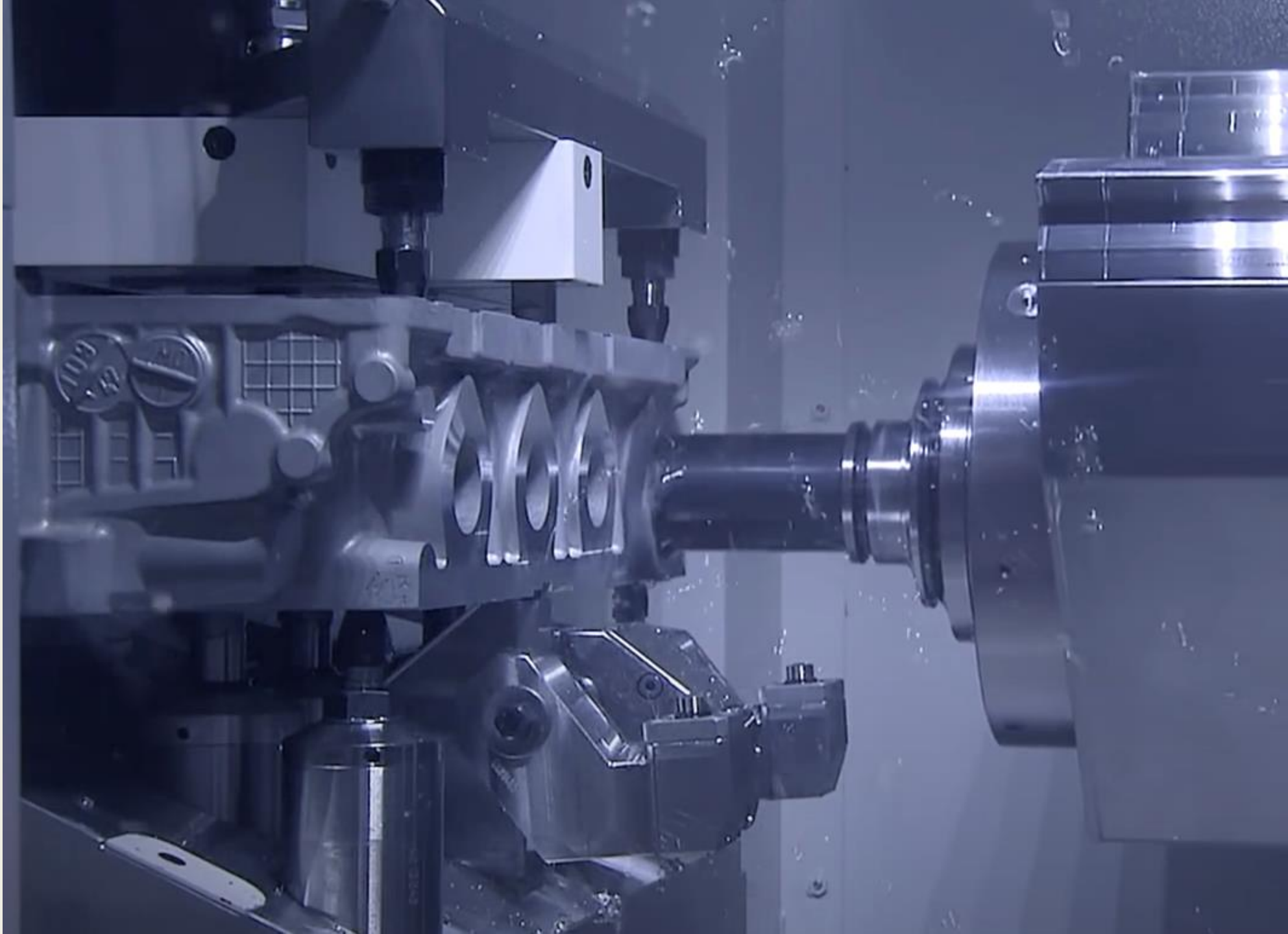
SOLIDIFICACIÓN y **ENFRIAMIENTO**

El cristal metálico producido por solidificación, que se caracteriza por una estructura análoga a la de un árbol con múltiples ramas, se denomina **dendritas**

Consideraciones en la **SOLIDIFICACIÓN** y **ENFRIAMIENTO**

- a. Dendrítica columnares
- b. Dendríticas equiaxiales
- c. No dendríticas





Tipos de moldes para fundición.

- Tipo de material
- Rugosidad superficial y nivel de detalle
- Tolerancias
- Cantidad de unidades
- Volumen de masa

Moldes en arena

-Arena Húmeda

-Arena seca

Moldes en Cascara

Material “perdido”

-Cera perdida

-PS expandido perdido

Molde permanente.

Moldes en Arena

Moldes de 1 solo uso, se requiere un modelo o matriz para conformar al fabricar en serie.

Arenas húmedas: materiales con bajo punto de fusión.

Arenas secadas en estufa u soplete: Cualquier material, mayor volumen.



Matriz de madera donde se vierte la arena.



Pieza terminada en fundición.

Moldes en Arena

Ventajas: Gran volumen de pieza.

Cualquier material.

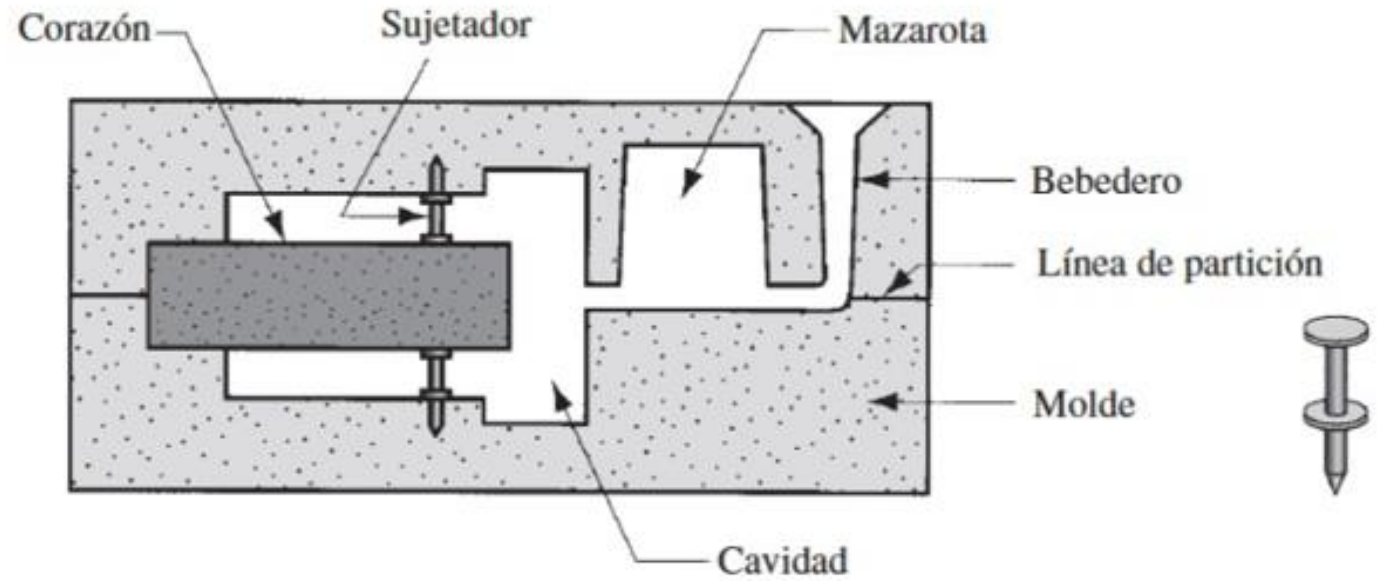
Posibles cavidades.

Económico y sencillo de realizar.

Desventajas:

Geometría simple, rugosidad muy alta (15-25 nm).

Producción en serie limitada.

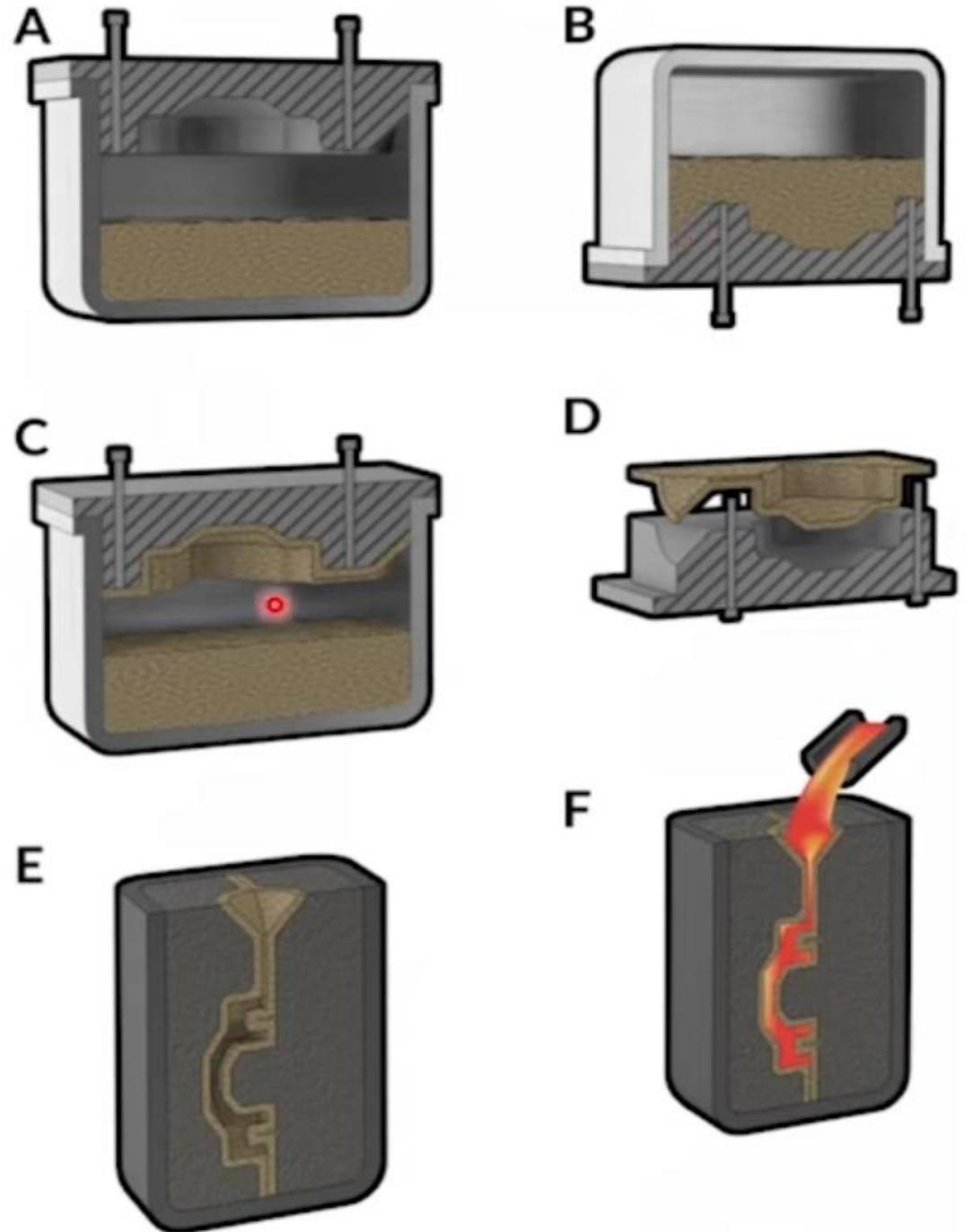


Moldeado en cascara

Se parte de un modelo fabricado en metal que servirá para generar los moldes.

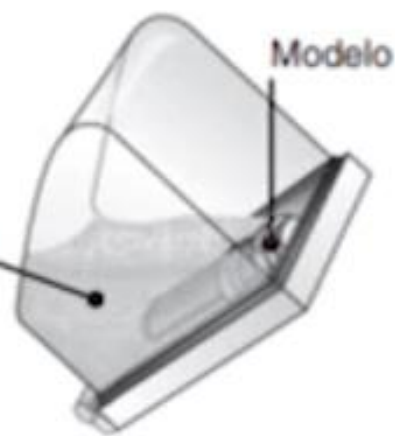
Este se calienta y se vierte una mezcla de arena y resina termoestable. Esto genera la cáscara utilizada para generar nuevas piezas.

Dicha cáscara puede romperse o utilizarse múltiples veces.

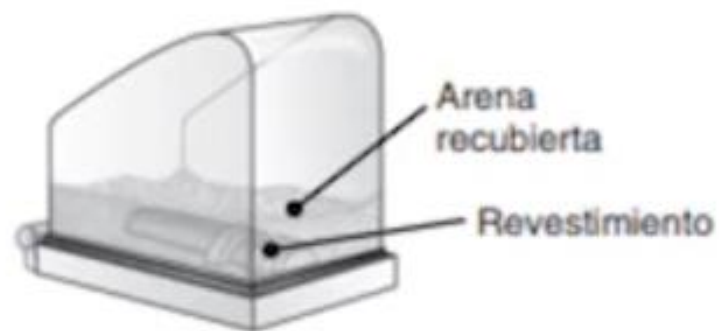




1. Modelo girado y sujeto a la caja de volteo



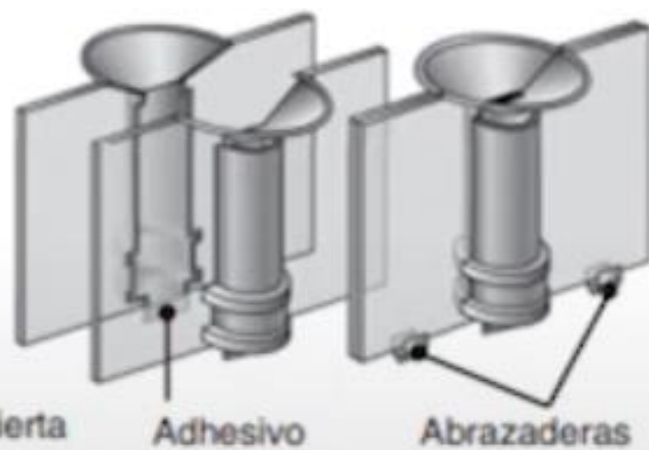
2. Modelo y caja de volteo, girados



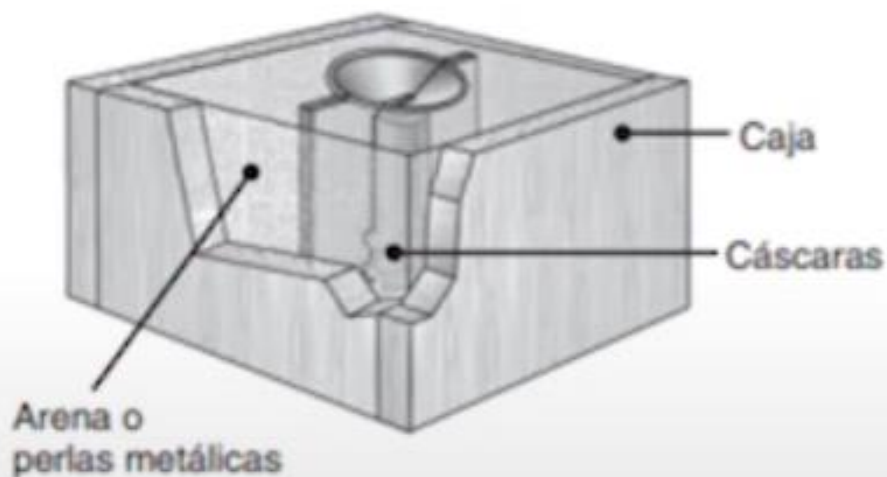
3. Modelo y caja de volteo en posición para el revestimiento



4. Modelo y cáscara retirados de la caja de volteo



5. Unión de las mitades del molde



6. Se coloca el molde en arena y se vacía el metal

Molde por cáscara

El resultante es un molde almacenable, de fabricación rápida y seriada.



Mejora las prestaciones del moldeo en arena:

Mejor geometría

Rapidez de fabricación.

Posibles usos múltiples.

Moldeado en cascara

Geometrías más complejas

Rugosidad similar a la arena.

Fabricación en todos los metales

Tolerancias buenas

Masa menor a 10-20kg

Facilidad de fabricación seriada.



Moldeado en Yeso

Se utiliza yeso ($\text{CaSO} + \text{H}_2\text{O}$)

Para la colada y generación del molde.

Presenta un mejor acabado superficial, detalle geométrico y tolerancias.

Sirve para piezas pequeñas y metales con bajo punto de fusión



Muy bueno para prototipado de moldes, pruebas o producción a baja escala.



Moldeado en Yeso

Se utiliza yeso ($\text{CaSO} + \text{H}_2\text{O}$)

Se puede utilizar una cerámica de mayor resistencia:

ZrSiO_4 / $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$

Aumentando la masa posible de trabajo a 50kg.

Facilita la reutilización del molde.



Molde por cera perdida

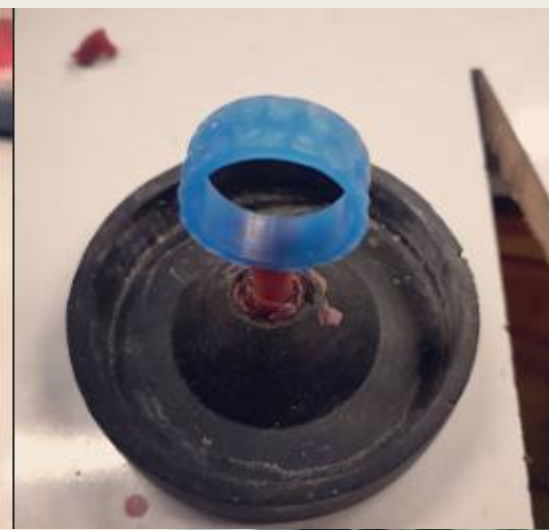


Molde en cera perdida

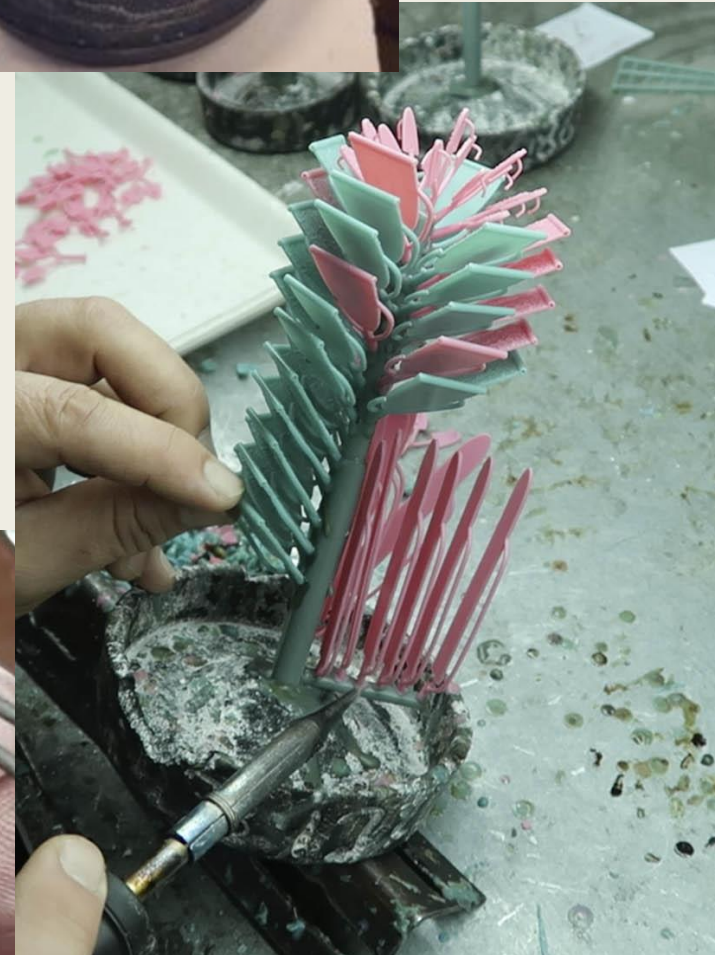
Se generan las piezas en cera para modelar, pudiéndose “tallar” y dar formas de alta complejidad.

Dichas piezas son recubiertas mediante inmersión en material refractario ($ZrSiO_4/Al_2O_3+SiO_2$)

Dicha cera se derrite y extrae previo a la colada del metal fundido.



Modelo generado por un artesano o mediante imp. 3D

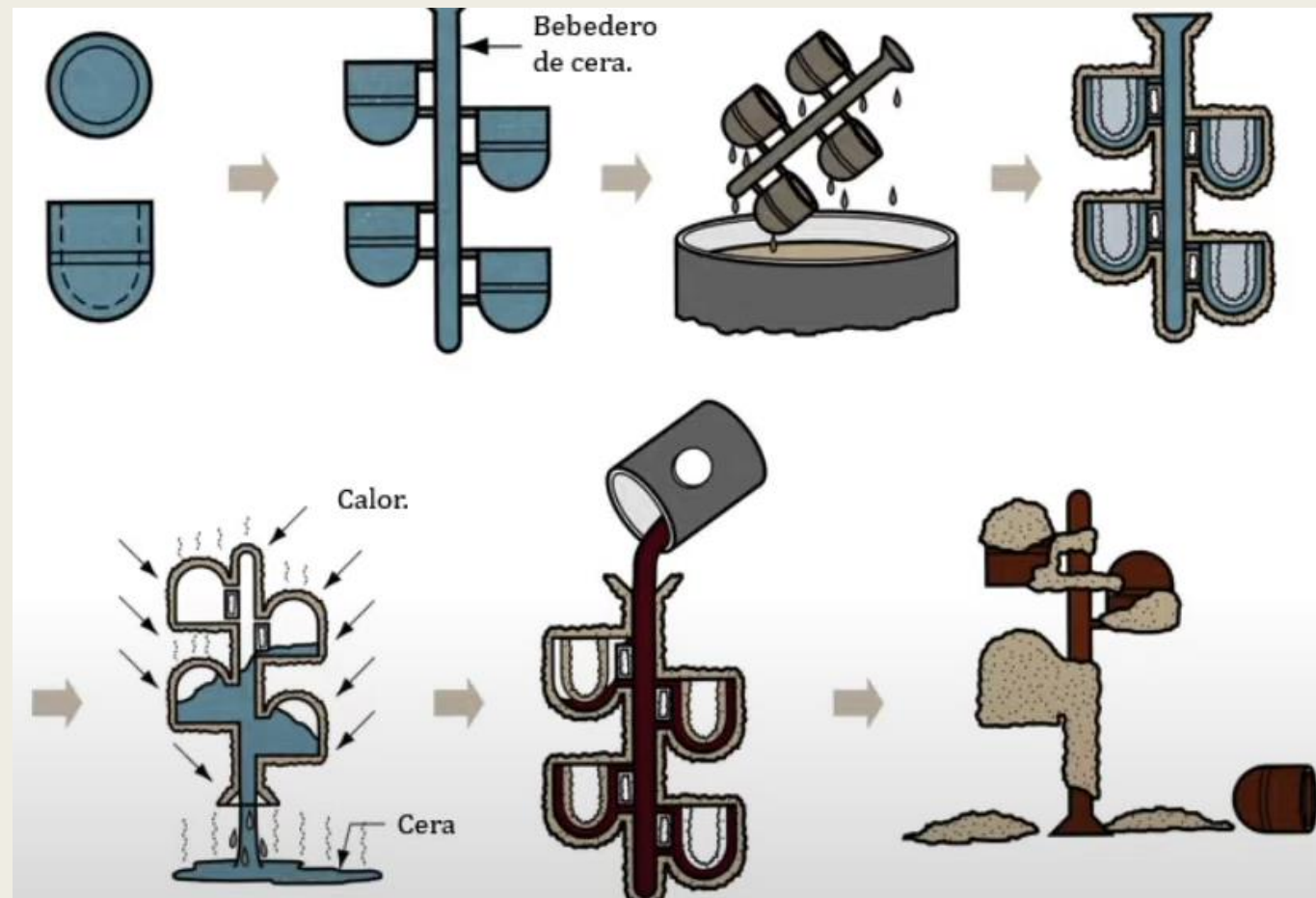


Molde en cera perdida

Se generan las piezas en cera para modelar, pudiéndose “tallar” y dar formas de alta complejidad.

Dichas piezas son recubiertas mediante inmersión en material refractario ($ZrSiO_4/Al_2O_3+SiO_2$)

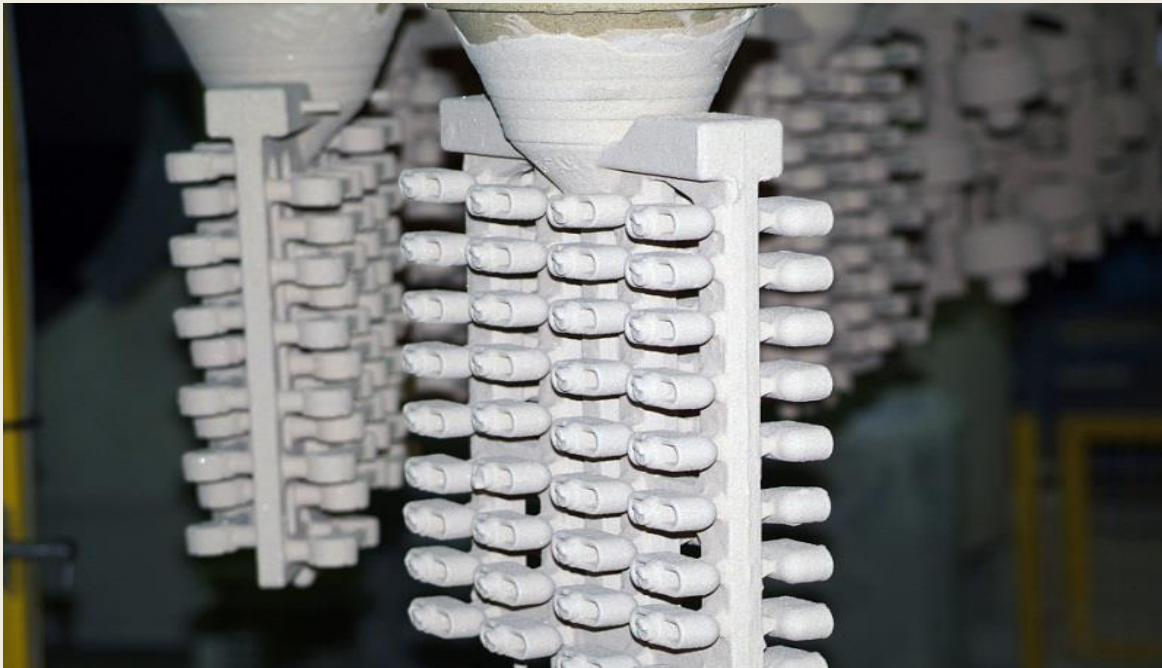
Dicha cera se derrite y extrae previo a la colada del metal fundido.



El molde se desecha al terminar el proceso, las piezas obtenidas pasan a postproceso.

Molde por cera perdida

Permite la reproducción de piezas medianas (<20kg) con geometría muy complejas.



También la producción de muchas piezas de menor volumen al mismo tiempo.

Molde en cera perdida

Todos los metales y aleaciones

Masa de pieza grande,
hasta 20 kg.

Rugosidad pequeña, 1,3 - 3,2nm.

Detalles geométricos y
tolerancias muy buenas.

($\pm 0,1\text{mm}$)



Molde en Poli Estireno (PS) perdido

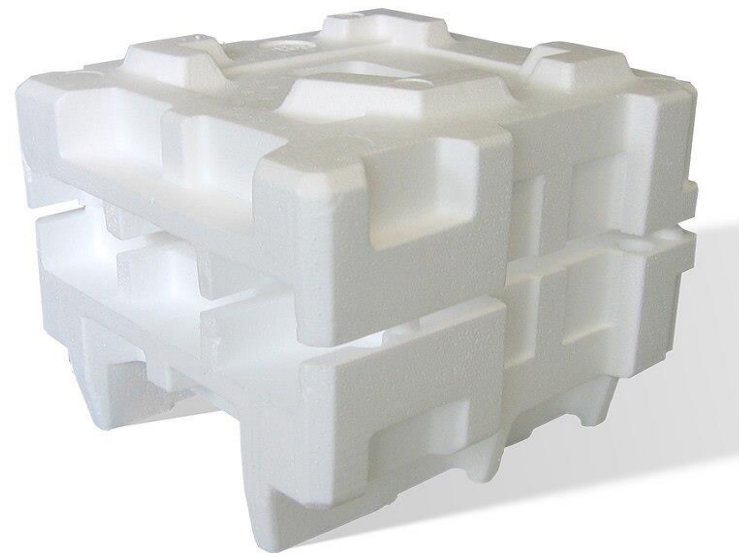
Todos los metales y aleaciones

Masa de pieza grande, hasta 50 kg.

Rugosidad pequeña, 1,3 - 3,2nm.

Detalles geométricos y tolerancias muy buenas.

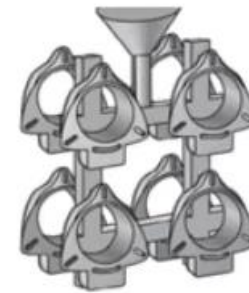
($\pm 0,25\text{mm}$)



El molde es desechado luego de obtenida la pieza.



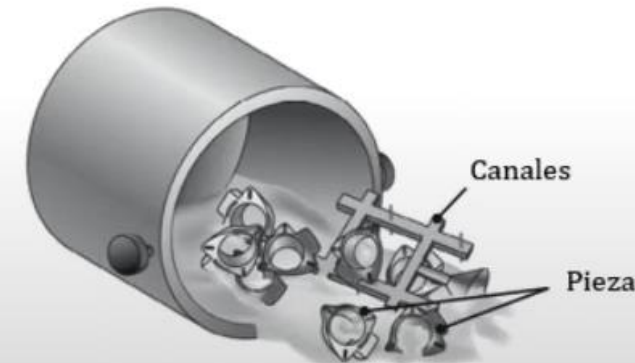
Modelo de poliestireno expandido



Recubrimiento con suspensión de material refractario



Relleno de arena suelta

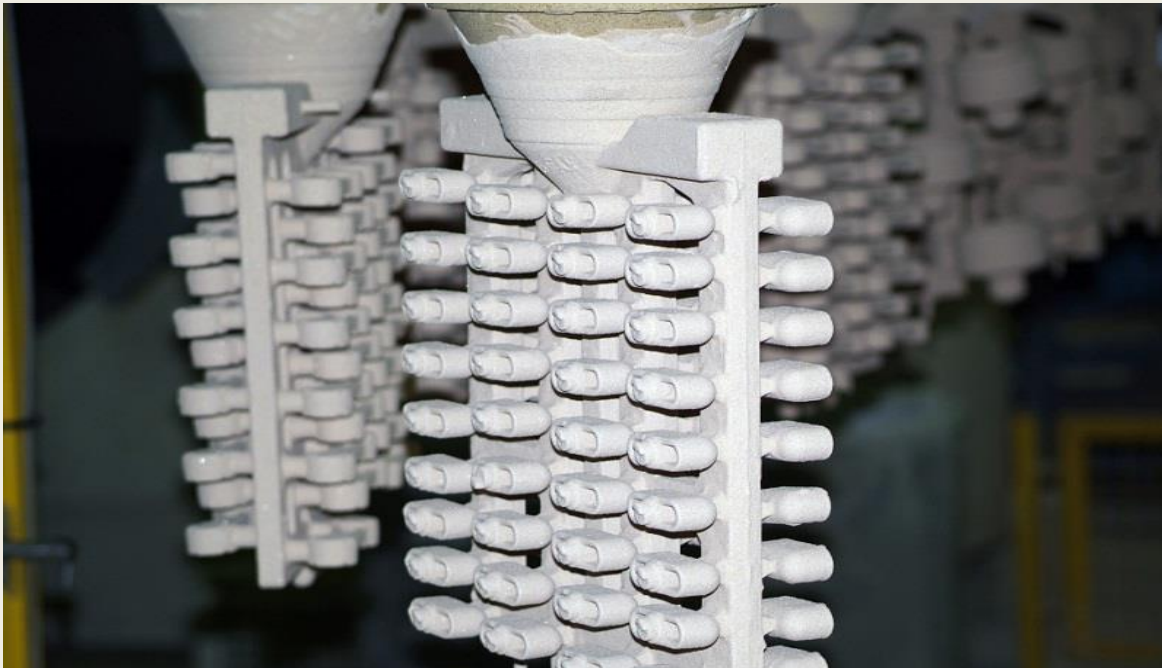


Canales

Piezas

Molde por cera perdida

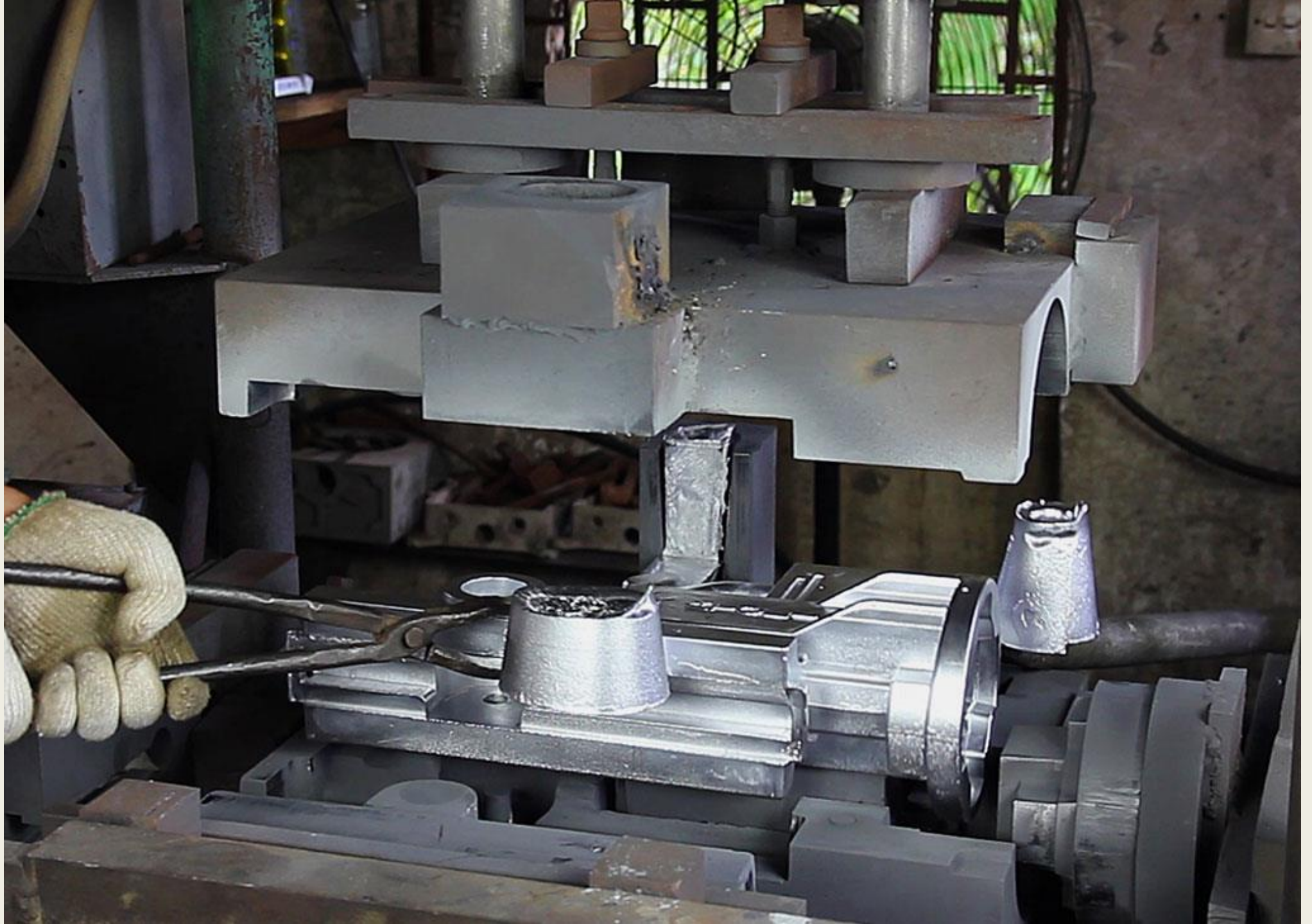
Permite la reproducción de piezas medianas (<20kg) con geometría muy complejas.



También la producción de muchas piezas de menor volumen al mismo tiempo.

MOLDES PERMANENTES





Fundición con moldes permanentes

Principalmente utilizado para fundición de aluminio y sus aleaciones.

Punto de fusión Al = 650 °C

Aleaciones en su mayoría termotratables, envejecimiento natural o artificial.

Aleaciones de Aluminio para fundición	
Aluminio Puro (99 % de Al)	1xx.x
Aluminio -Cobre (Duraluminio Al-Cu)	2xx.x
Aluminio- Silicio-Cobre (Si-Cu y/o Mg)	3xx.x
Aluminio-Silicio (Al-Si)	4xx.x
Aluminio-Magnesio (Al-Mg)	5xx.x
Aluminio-Cinc (Al-Zn)	7xx.x
Aluminio-Estaño (Al-Sn)	8xx.x
Aluminio-Otros Elementos (Al-X)	9xx.x
Aluminio-Serie no Usuales	6xx.x

Fundición con moldes permanentes

Al-Si12

Excelente fluidez de material.

Capacidad de adoptar formas complejas y espesores variables.

Soldabilidad excelente.

Baja resistencia mecánica y maquinabilidad.



Dicha aleación es suplementada con otros materiales para aumentar sus capacidades. (Zn, Cu, Ni)

Fundición con moldes permanentes

Al-Cu

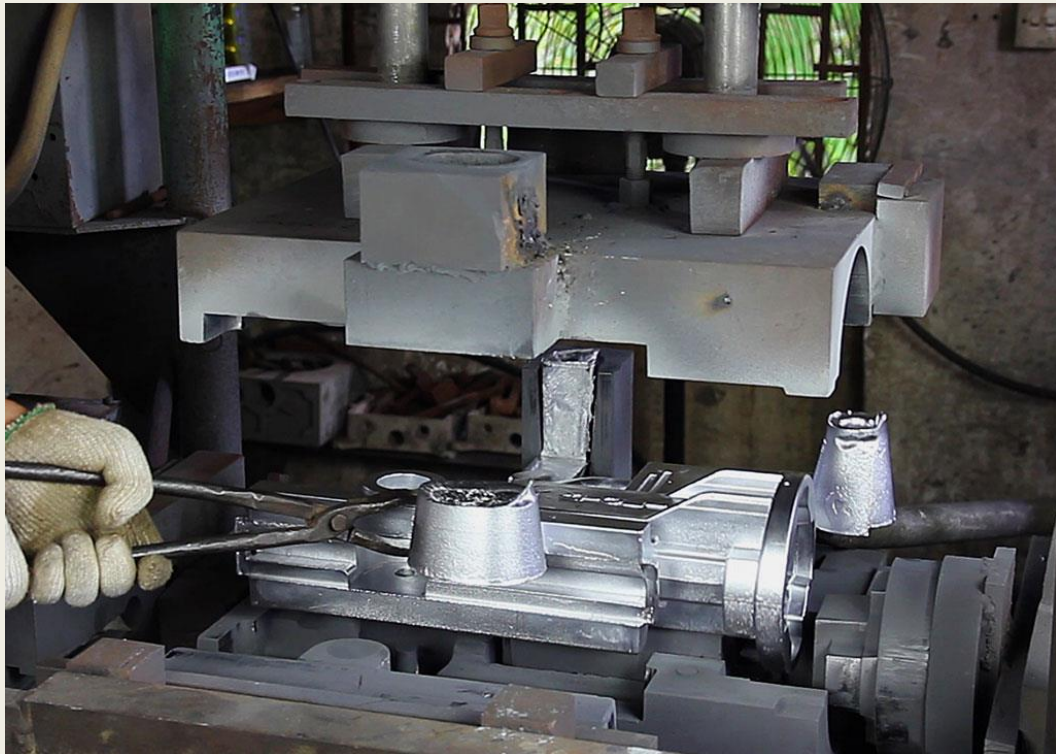
Mejores propiedades mecánicas, maquinabilidad. Usados en entornos demandantes mecánicamente.

Presenta defectos térmicos (rechupes, posibles resquebrajamientos) y reducida resistencia a la corrosión.



Fundición con moldes permanentes

Piezas geométricamente complejas



Piezas medianas de hasta 20kg, dependiendo del tipo de colada.

Mínimo postproceso

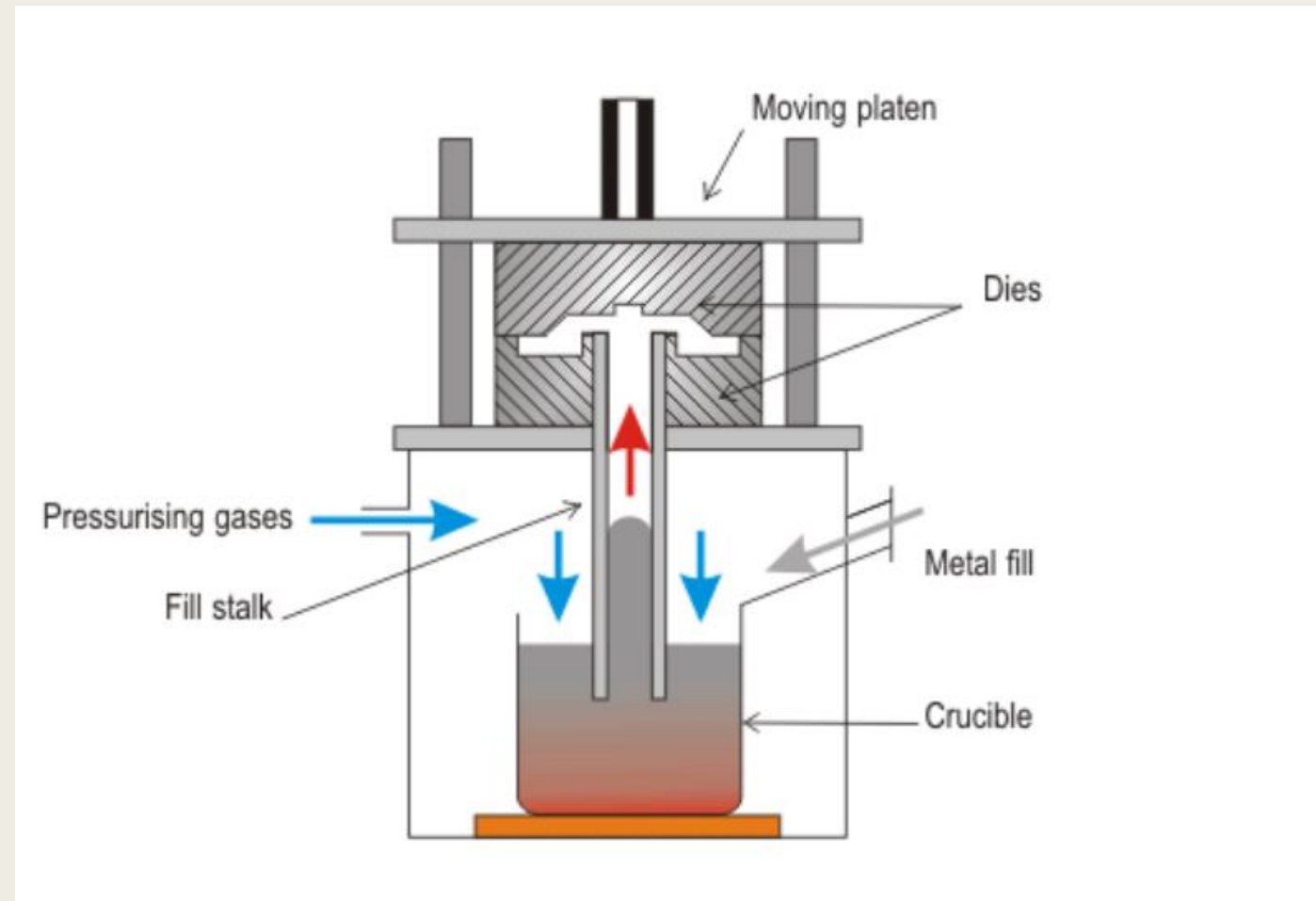
Fundición con moldes permanentes

Moldeo por baja presión

Utiliza aire o gas a presión.

Moldes fabricados en grafito, arenas finas y resina.

Capacidad de lograr piezas de bajo espesor con tolerancias excelentes.



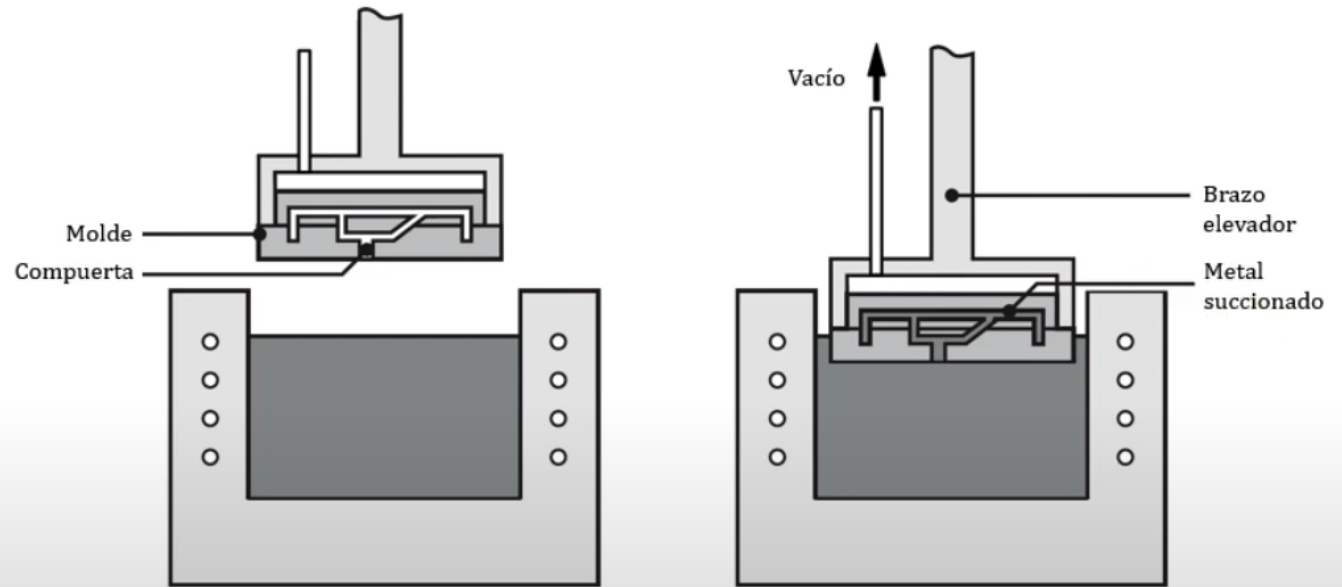
Utilizado en Al+Ti para evitar reactividad superficial.

Fundición con moldes permanentes

Molde de vacío:

Se genera vacío alrededor de la cavidad, succionando el aire del interior del molde.

Igualmente que el moldeo a baja presión, evita el contacto con la atmosfera y cuenta con las mismas capacidades.



Fuente: S. Kalpakjian, S.R. Schmid, *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*

Moldes de fácil fabricación y materiales mecanizables como el grafito.

Utiliza baja presión, menor a 5 Mpa

Fundición con moldes permanentes

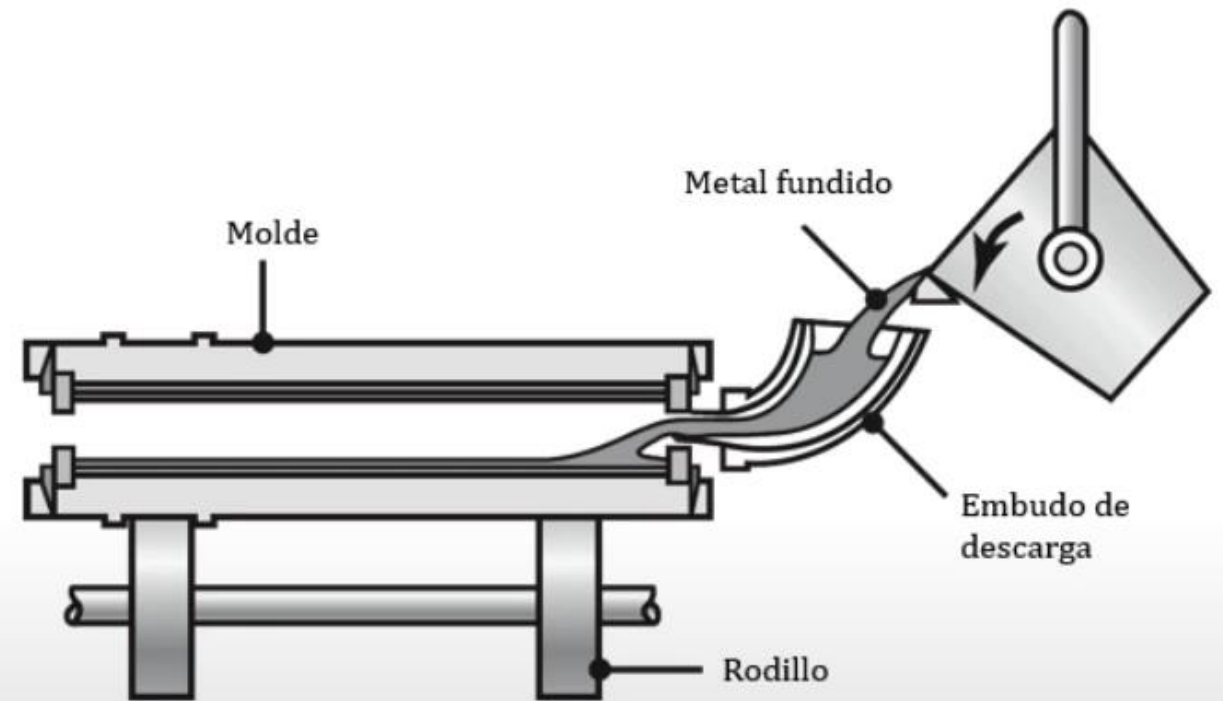
Fundición centrífuga:

Utiliza baja presión, principalmente generada por la inercia.

Utiliza moldes de grafito.

Permite grandes volúmenes y masa de pieza, superando los 100kg.

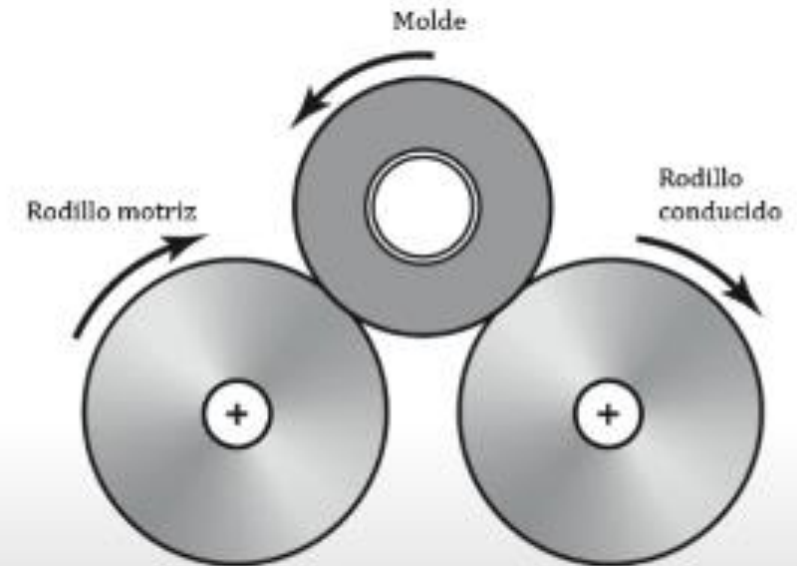
Rugosidad alta y detalle limitado.



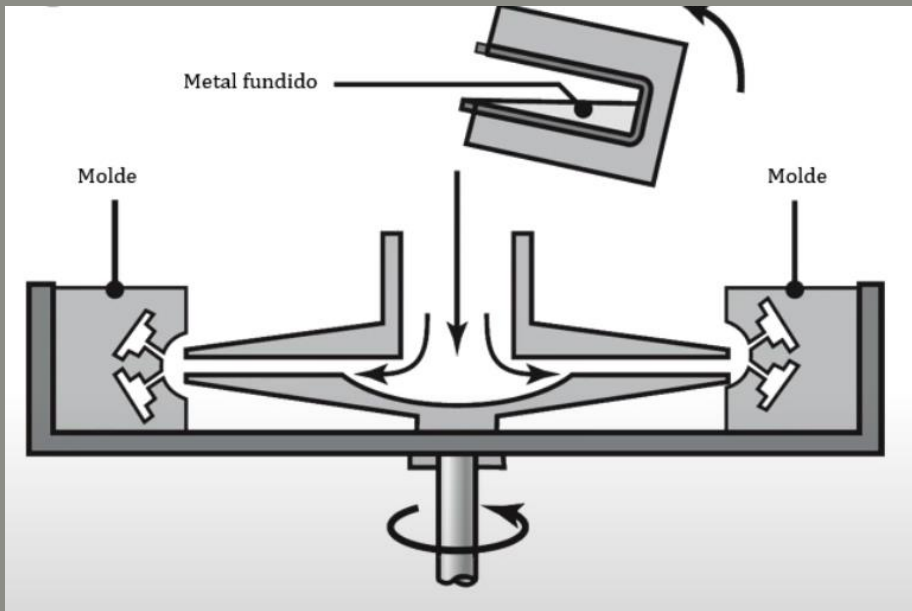
Horizontal:

Gran masa de pieza.

Deja un volumen hueco en su interior.

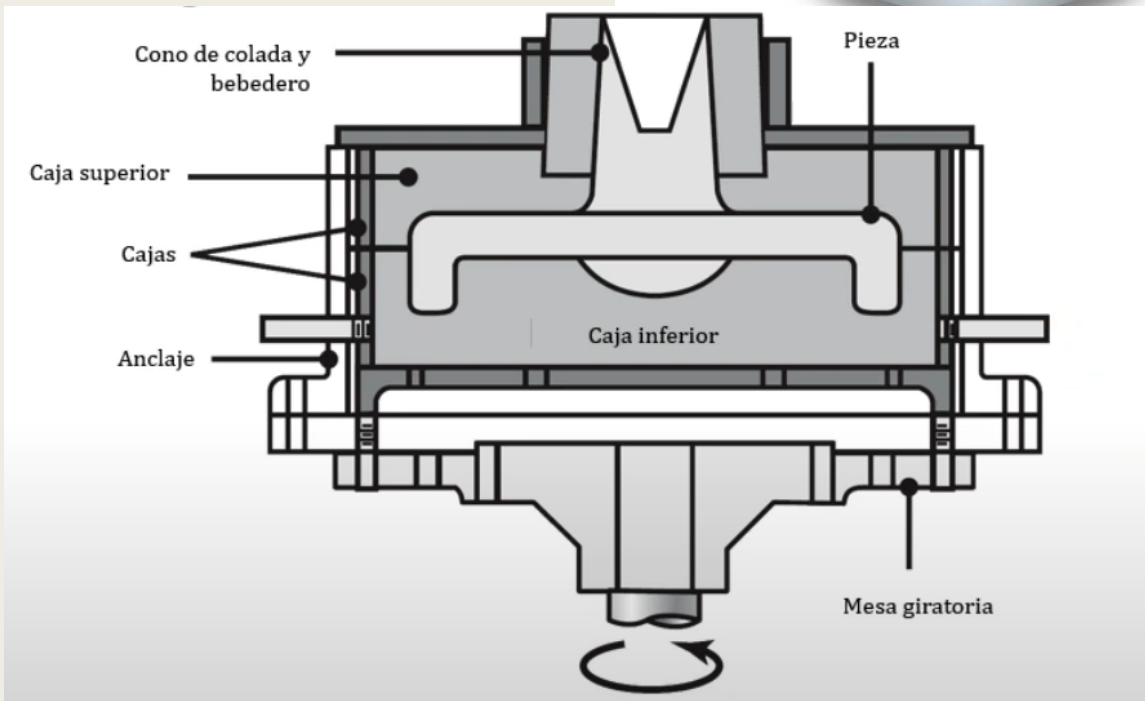
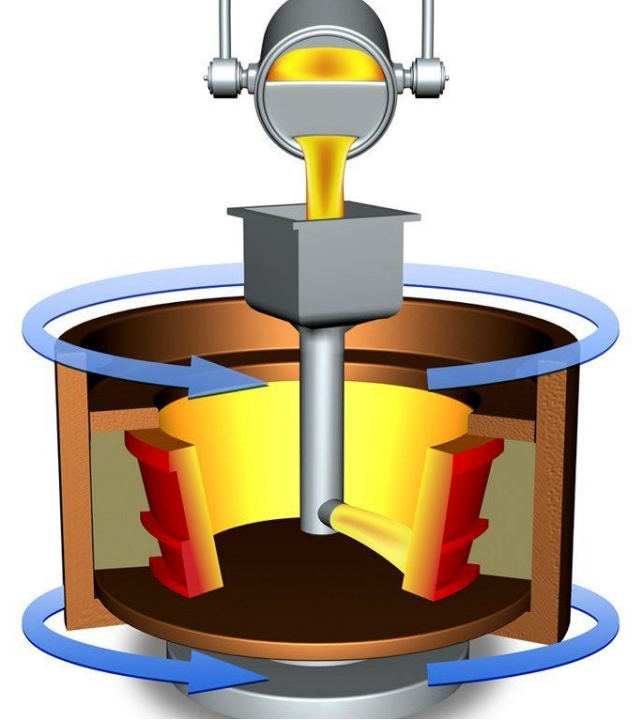


Fundición con moldes permanentes



Piezas centrifugadas no revolucionadas. Solo se utiliza la fuerza centrífuga para generar presión.

Utiliza un eje de simetría, expulsa los gases por el mismo centro de la pieza.

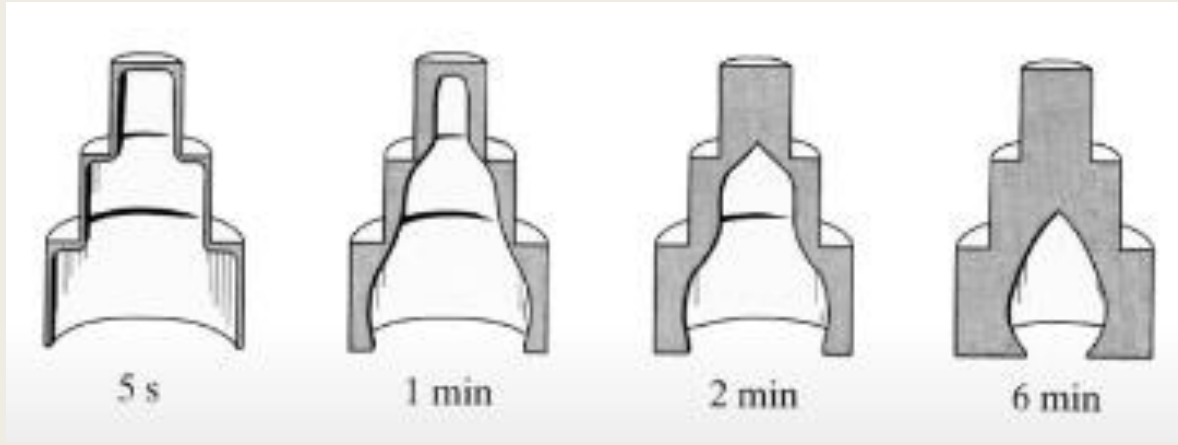


Fundición con moldes permanentes

Moldeo por inversión de molde

Controlando el tiempo donde el metal fundido esta en contacto con el molde damos el espesor de pared deseado.

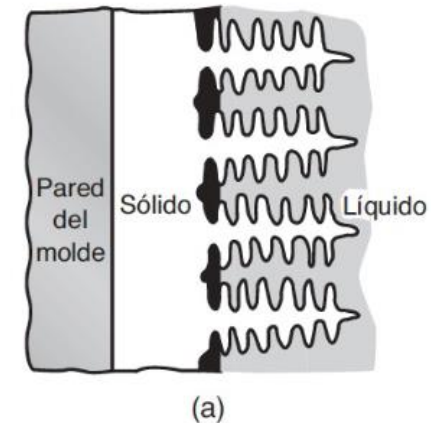
Genera formas huecas y el espesor de pared puede ser no constante.



Geometrías buenas, tolerancias decentes ($\pm 0,5\text{mm}$) y rugosidad media ($3,4-6,5\mu\text{m}$)



Masa grande, capacidad de superar los 50kg de pieza.



Fundición con molde perm

Moldeo p

Utiliza gran presión pa
hacia el int

Requiere q
resista dich
(350MPa)

Gran volumen de producción.

Tolerancias muy buenas ($\pm 0,25\text{mm}$)



Moldeo en cámara caliente



Materiales de bajo punto de fusión

Presiones bajas
(7 – 35 MPa)

Horno de fusión en el mismo equipo

Moldeo en cámara fría



Materiales de alto y bajo punto de fusión

Presiones elevadas
(20 – 150 MPa)

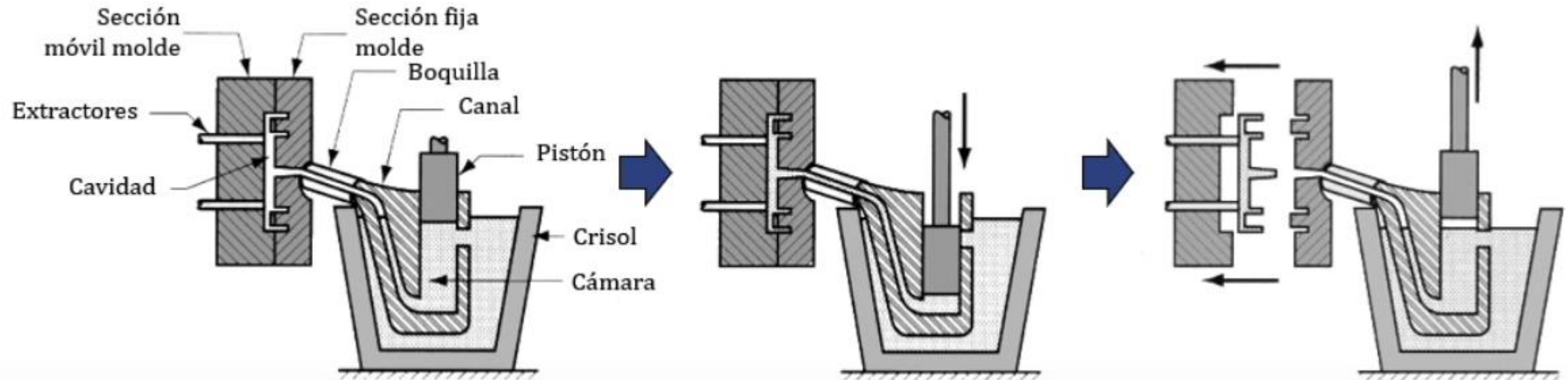
Horno de fusión separado



Fundición con moldes permanentes

Cámara caliente

El horno esta incorporado al equipo de molde



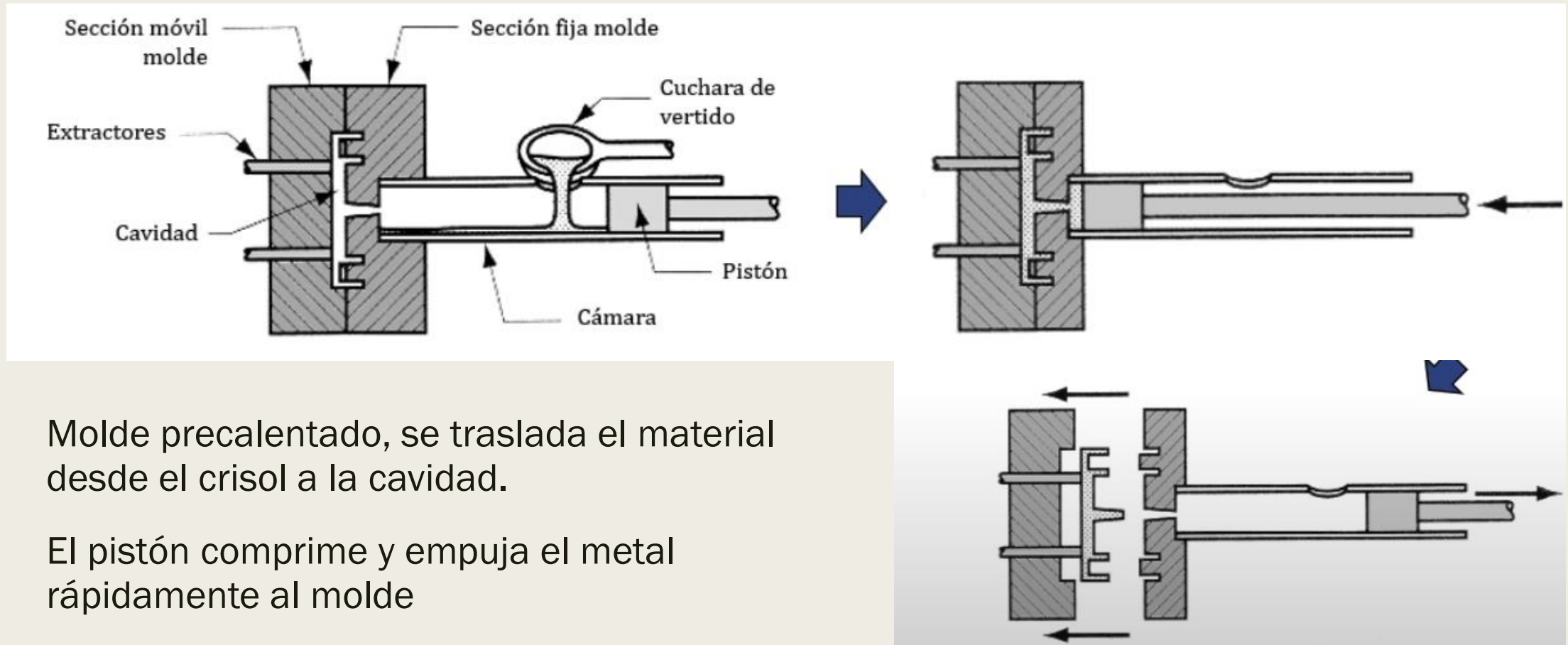
Presenta ciclos mucho más rápidos de producción, ya que solo la apertura y cerrado del molde son los pasos necesarios.

Dicha velocidad hace que el cierre no soporte altas presiones.

Fundición con moldes permanentes

Cámara fría

El horno esta fuera del equipo de molde



Molde precalentado, se traslada el material desde el crisol a la cavidad.

El pistón comprime y empuja el metal rápidamente al molde

Fundición con moldes permanentes

Moldeo por inyección



Conectores para inyección de múltiples piezas