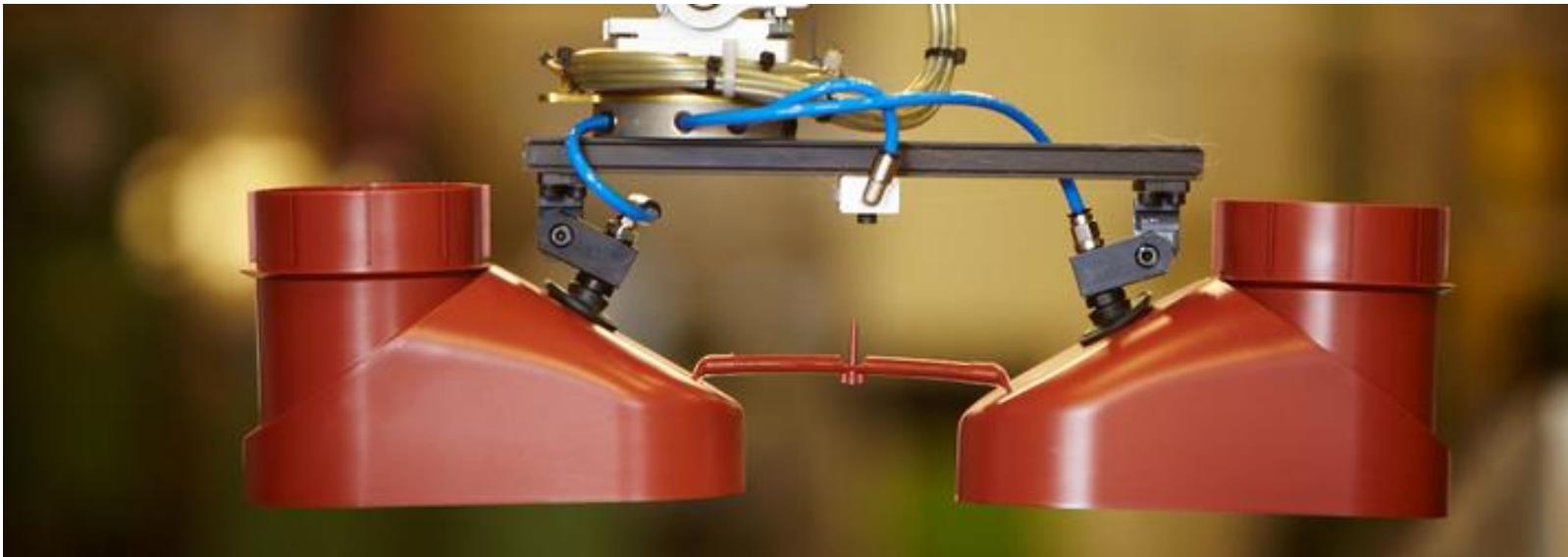




BLOQUE I. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN PRIMARIAS

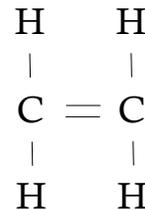
Tema 01. Procesos de fabricación empleados en polímeros



INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

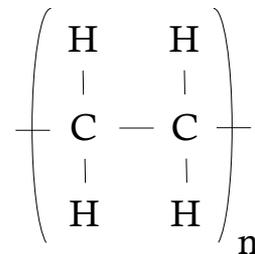
Conceptos básicos

Monómero (“mero” del griego, significa parte): unidad básica de construcción de un polímero.



Etileno

Polímero: Unión de cientos o miles de monómeros.



Polietileno

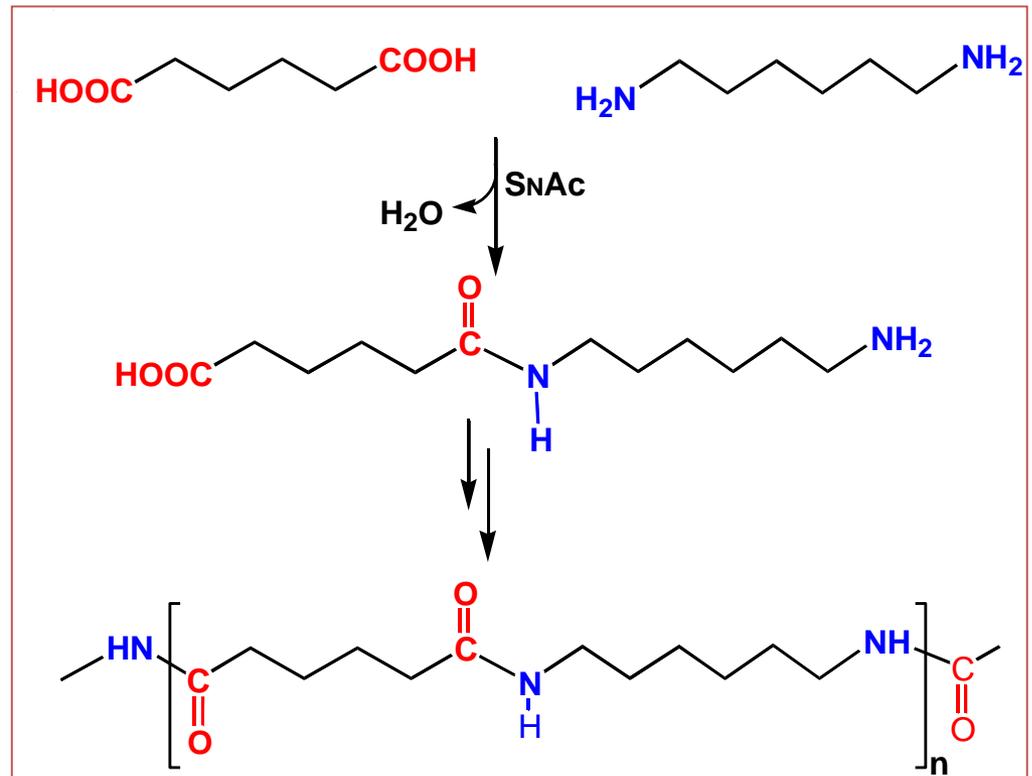
Plástico: Polímero + Aditivos (plastificantes, refuerzos, colorantes, retardadores de llama...)

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Polimerización

Por condensación o por etapas:

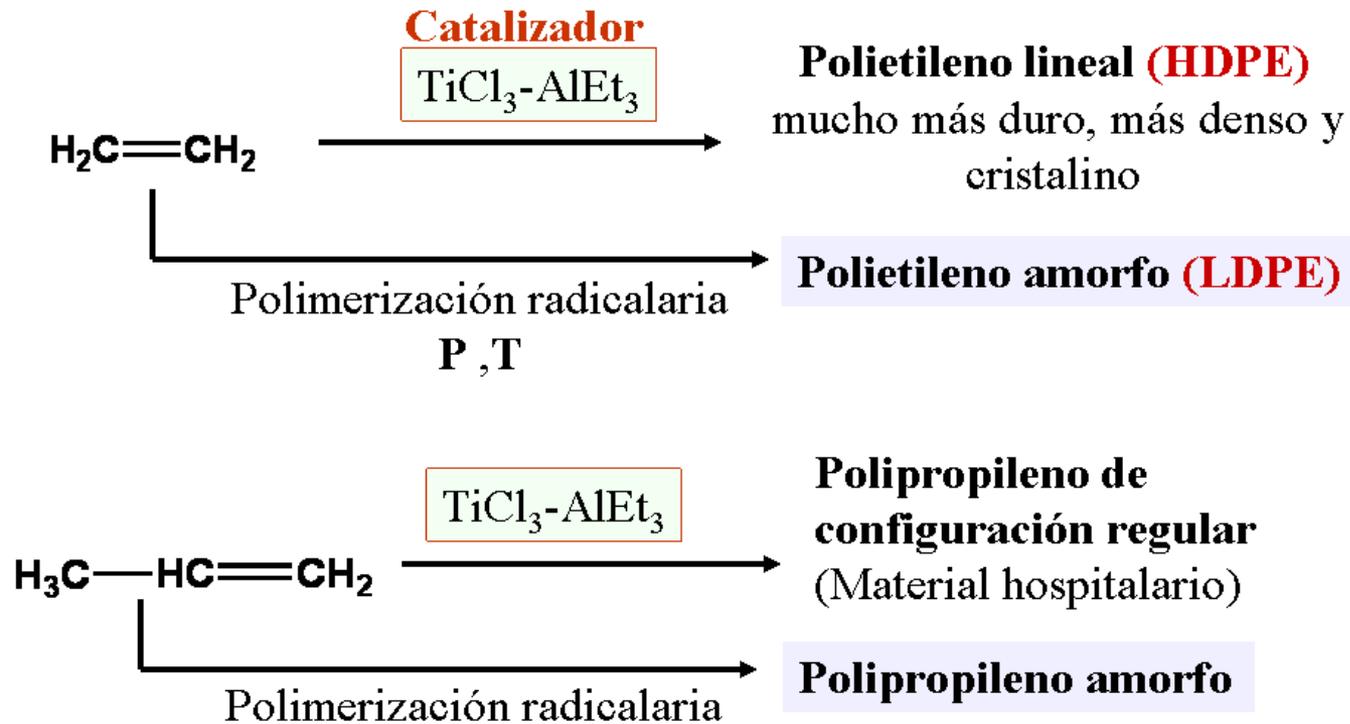
Nylon 6,6



INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Polimerización

Por adición o en cadena: Iniciación, propagación y terminación.





INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Otros conceptos

Termoplásticos:

Al aumentar la temperatura por encima de T_g o T_m los enlaces secundarios se debilitan y las cadenas adyacentes pueden desplazarse. Es un proceso reversible al disminuir la temperatura.

Ejemplos: nylon, polietileno, poliestireno, polipropileno...

Termoestables:

La red polimérica está constituida por enlaces covalentes. El entrecruzamiento es irreversible.

Ejemplos: fenol-formaldehído, urea-formaldehído, epoxi...

Elastómeros

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Comportamiento térmico de polímeros

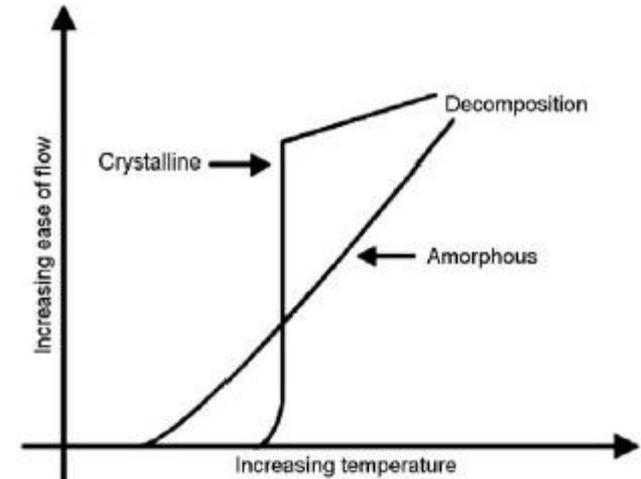
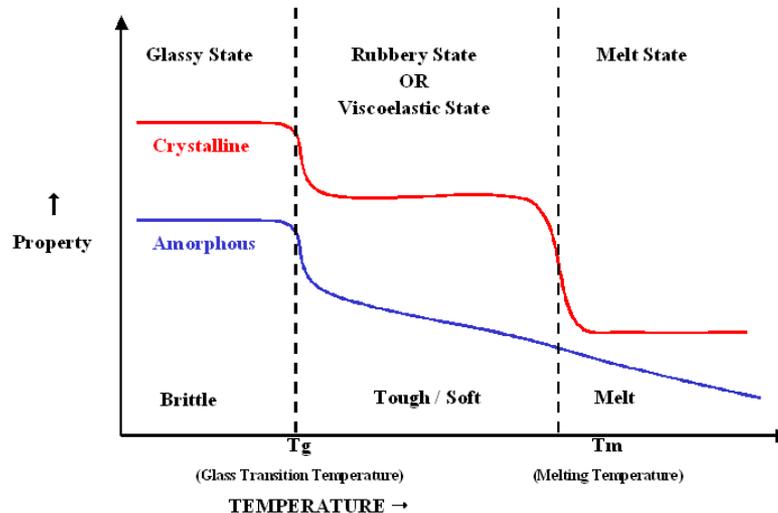
Temperatura de transición vítrea

Temperatura que marca el paso de sólido rígido a sólido deformable o gomoso

$T < T_g \rightarrow$ Baja movilidad de las cadenas (rígido)

$T > T_g \rightarrow$ Mayor movilidad de las cadenas (gomoso)

· THERMAL TRANSITIONS IN POLYMERS



Facilidad para fluir un polímero termoplástico

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Concepto de viscosidad

$$\sigma = \mu \frac{d\gamma}{dt}$$

σ, τ : Esfuerzo de cizalla

μ, η : Viscosidad

$d\gamma/dt$: Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

Tabla 2.2 Intervalos aproximados de velocidades de cizalla en diversos procesos

Proceso	Margen de velocidades de deformación (s^{-1})
Sedimentación	10^{-6} - 10^{-4}
Moldeo por compresión	1 - 10
Molido	10 - 10^2
Calandrado	10 - 10^2
Flujo a través de tubos	1 - 10^3
Extrusión	10^2 - 10^3
Inyección	$> 10^3$

Fluido Newtoniano



Fluido no Newtoniano

Velocidad de cizalla

Tiempo de aplicación de la cizalla

Procesado

Temperatura

Presión

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Concepto de viscosidad

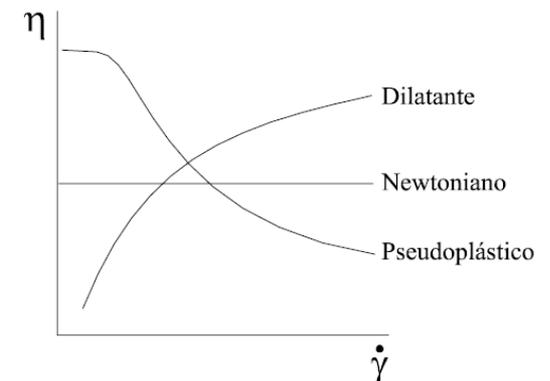
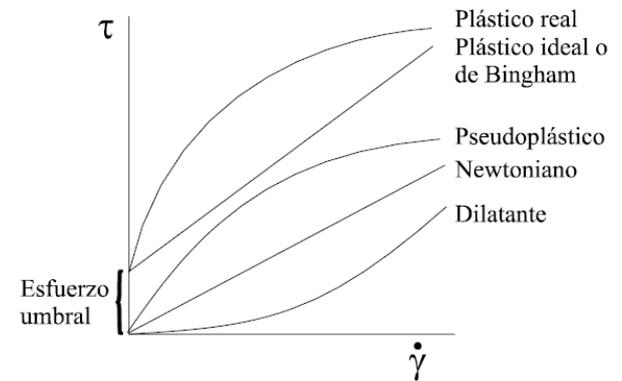
- Comportamiento **dilatante**: Al aumentar la velocidad de cizalla aumenta la viscosidad. Ejemplo: suspensiones de almidón y ciertas suspensiones de PVC.
- Comportamiento **plástico**: Se comportan como sólidos elásticos por debajo de un esfuerzo umbral mientras que con la aplicación de un esfuerzo superior se deforma de forma continua como un fluido.
- Comportamiento **pseudoplástico**: Al aumentar la velocidad de cizalla disminuye la viscosidad. La pseudoplasticidad es más o menos marcada dependiendo de la distribución de pesos moleculares y de la estructura del polímero.

σ, τ : Esfuerzo de cizalla

μ, η : Viscosidad

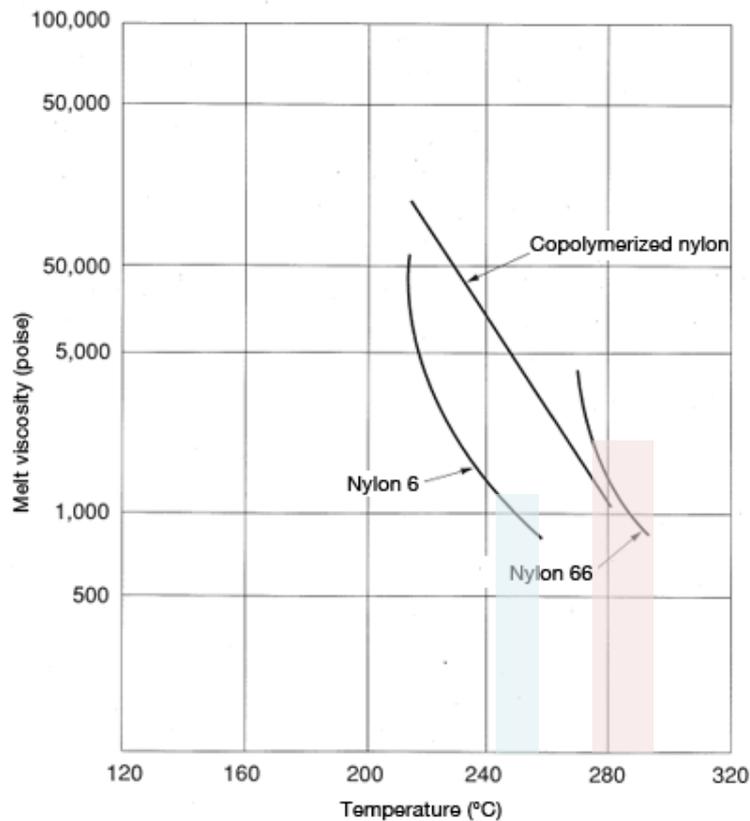
$\dot{\gamma}$: Velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

Curvas de flujo



INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Concepto de viscosidad



Diseño del proceso

Velocidad de cizalla

Presión

Temperatura

Tiempo

Figure 1. The effect of shear rate on the viscosity of GLS styrenic TPE compounds*





INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Recordatorio → Polimerización
Resinas termoestables

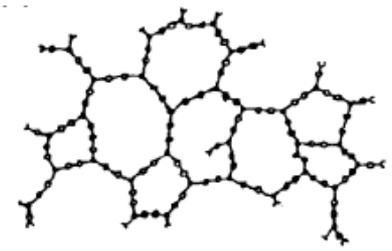
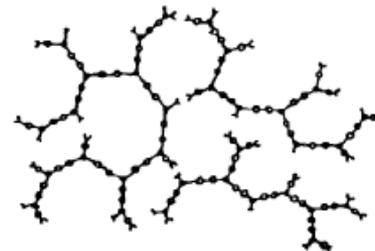
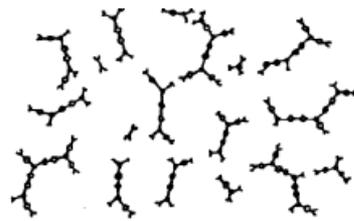
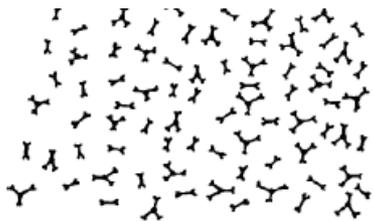
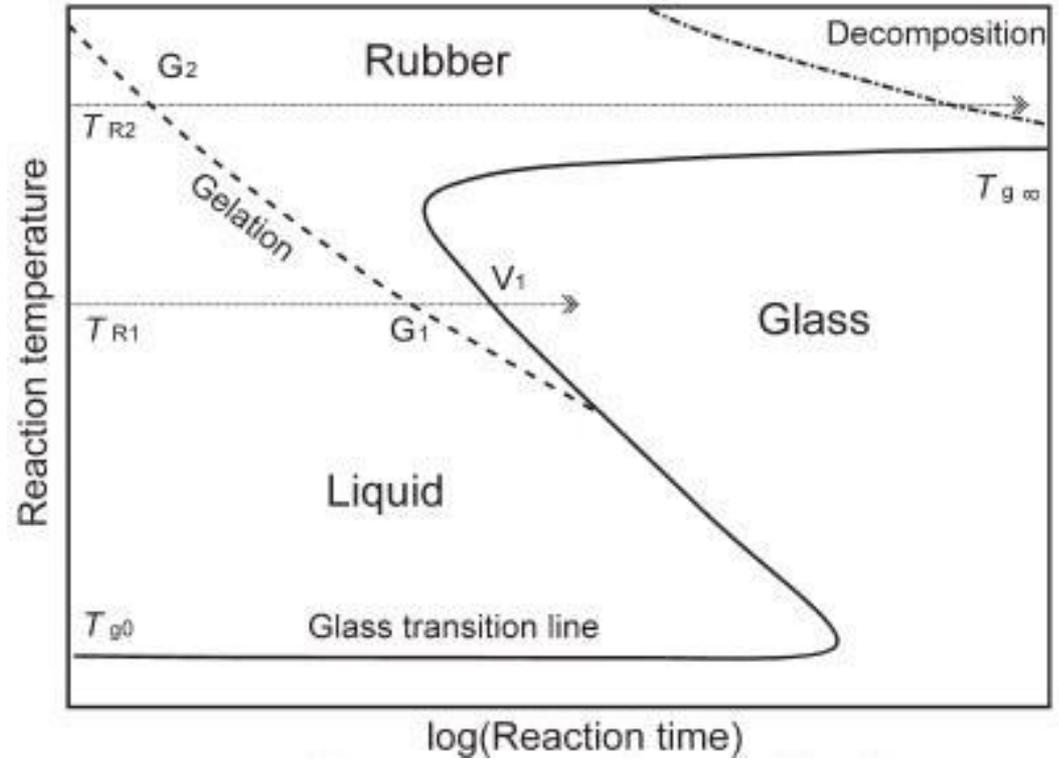
Reacción de Polimerización



CURADO



Reacción exotérmica e irreversible





INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

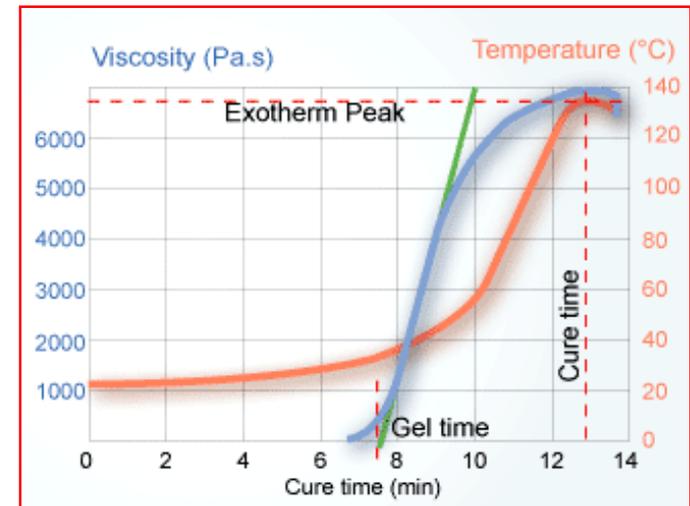
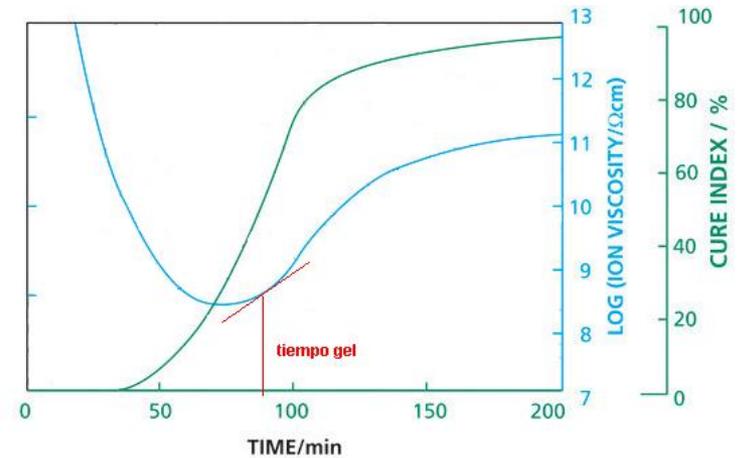
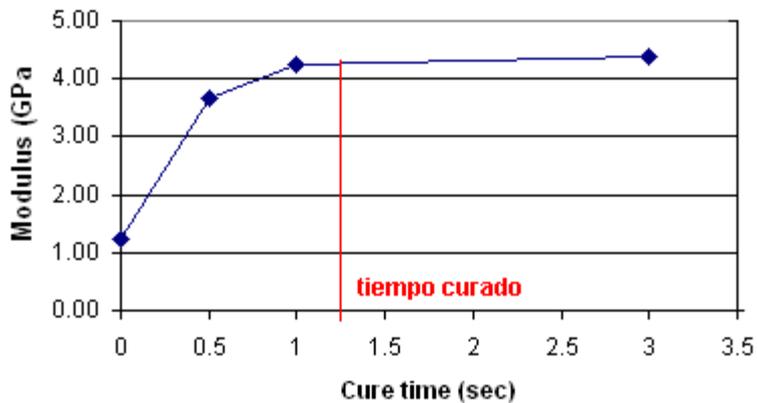
Recordatorio → Polimerización Resinas termoestables

- **Gelificación:** Proceso por el cual se produce un brusco y rápido cambio en la viscosidad, pasando de un estado de fluido viscoso a un gel sólido → Creación de puntos de entrecruzamiento entre las cadenas → Proceso Irreversible
- **Tiempo de Gelificación:** Tiempo para alcanzar la gelificación desde la adición de todos los componentes del sistema (resina, endurecedores, acelerados, inhibidores)
- **Vitrificación:** T_g de la resina alcanza la temperatura del sistema → A partir de este instante, la reacción tiene lugar por debajo de la T_g del sistema → La reacción de curado es más lenta en este momento y la difusión de las especies está más dificultada → Las propiedades mecánicas y térmicas finales no se han alcanzado aún en este momento
- **Pico exotérmico:** Temperatura máxima alcanzada durante la reacción

INTRODUCCIÓN A LOS POLÍMEROS

Recordatorio → Polimerización Resinas termoestables

Temperatura y Tiempo → Influencia en las propiedades finales y parámetros del procesado de las resinas termoestables (aspectos físicos de la resina se ven modificados)

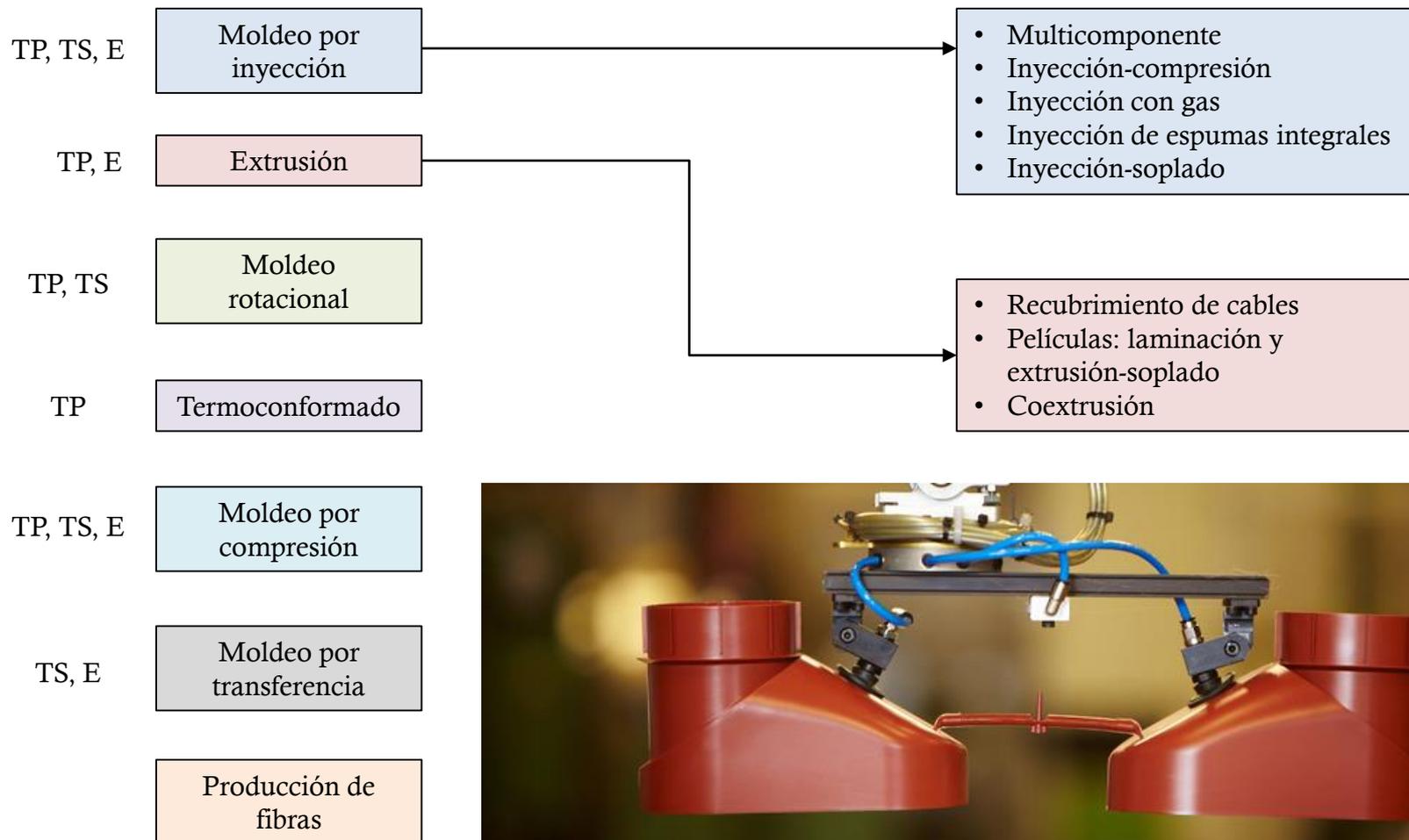


Ventajas del empleo de polímeros

- Relativo bajo coste
- Resistencia a la corrosión y a químicos
- Baja conductividad eléctrica y térmica
- Baja densidad
- Elevada relación resistencia-peso
- Fácil fabricación y posibilidad de conformar formas complejas

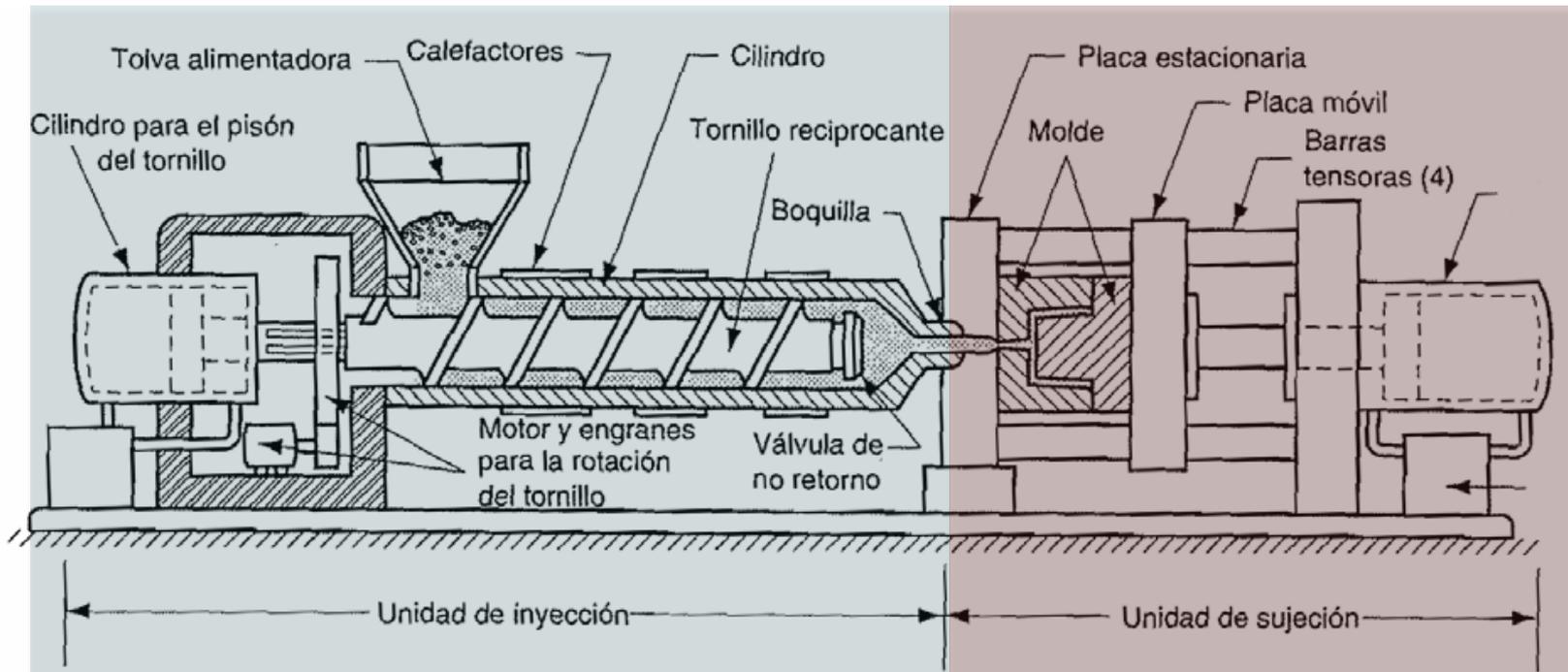
INTRODUCCIÓN

Procesos de fabricación



MOLDEO POR INYECCIÓN

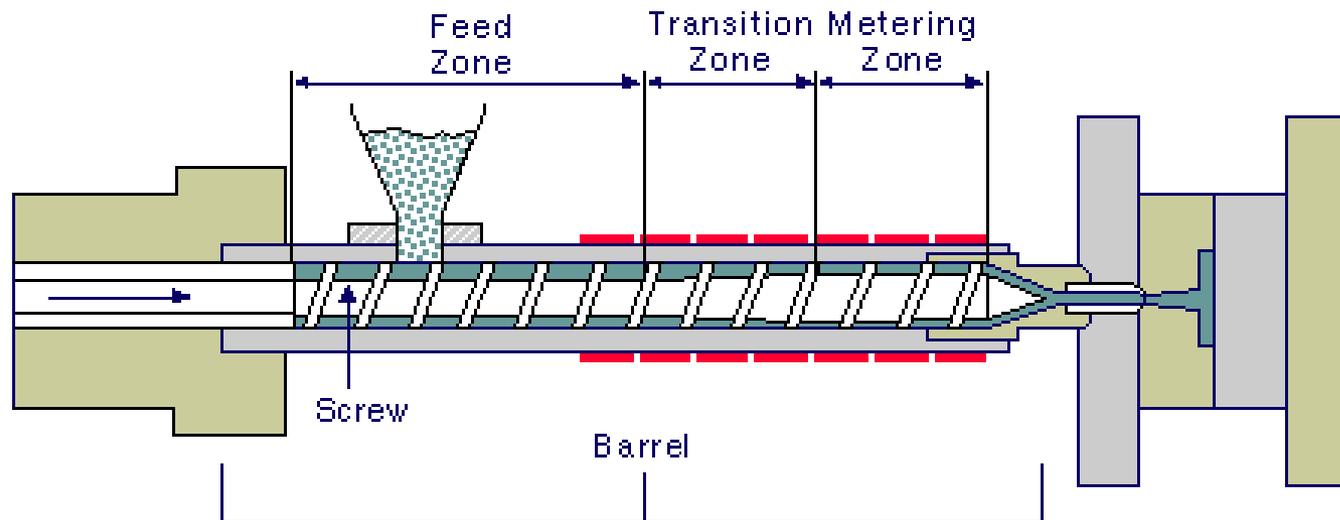
Tecnología



- Tolva
- Carcasa con sistema de calefacción
- Cámara de inyección y cabezal
- Molde
- Circuito hidráulico
- Requiere presiones y temperaturas más elevadas que otros procesos
- Produce piezas de gran precisión
- Soporta producciones elevadas

MOLDEO POR INYECCIÓN

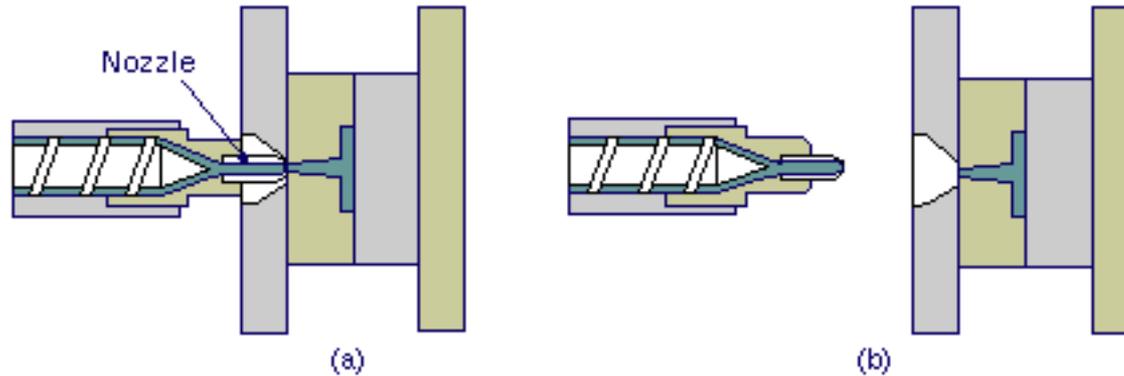
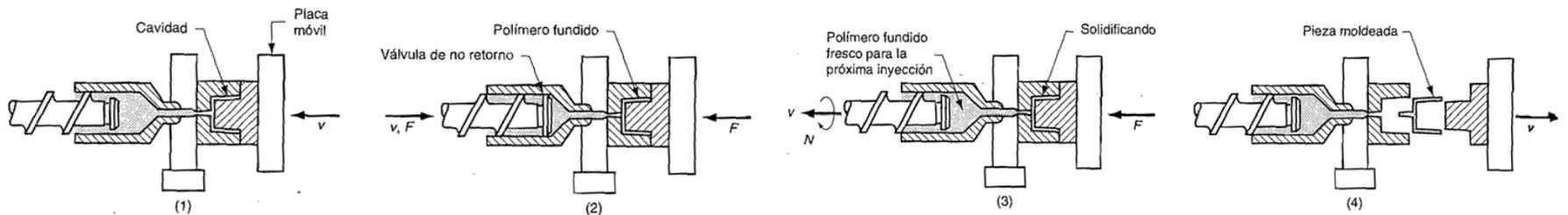
Componentes



- **Tolva**
- **Carcasa**
- **Husillo retráctil:** zona de alimentación, de compresión y de dosificación.

MOLDEO POR INYECCIÓN

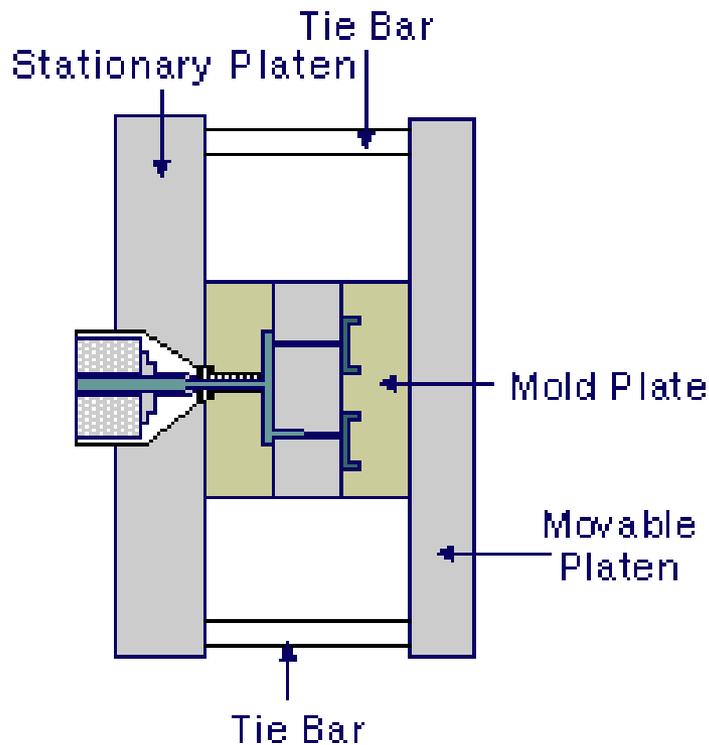
Componentes



- **Cabezal de inyección:** posición de procesado y posición de purga.

MOLDEO POR INYECCIÓN

Componentes



• Molde:

- Plato estacionario fijado a la carcasa.
- Uno o más platos móviles que se desplazan mediante guías.
- Canales de enfriamiento.

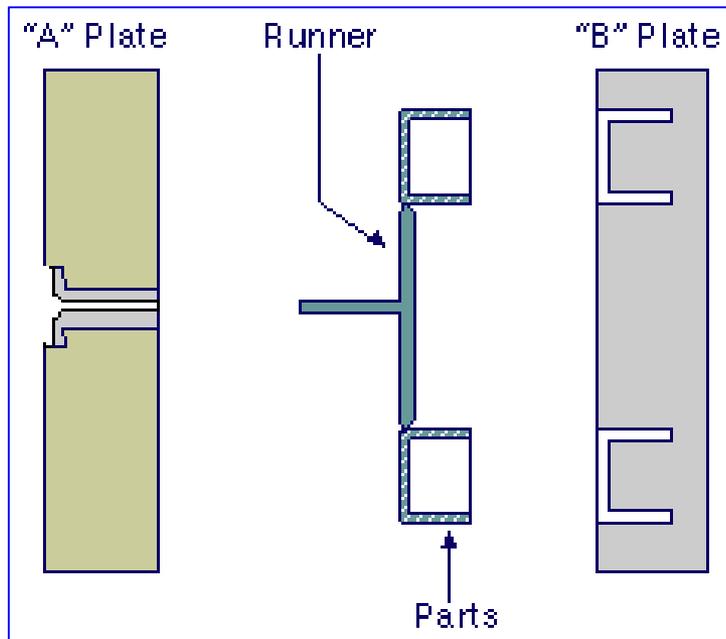
La presión de la etapa final de la inyección puede llegar a 500-2000 bar.

El sistema de molde debe disponer de un mecanismo que facilite la extracción de la pieza final.

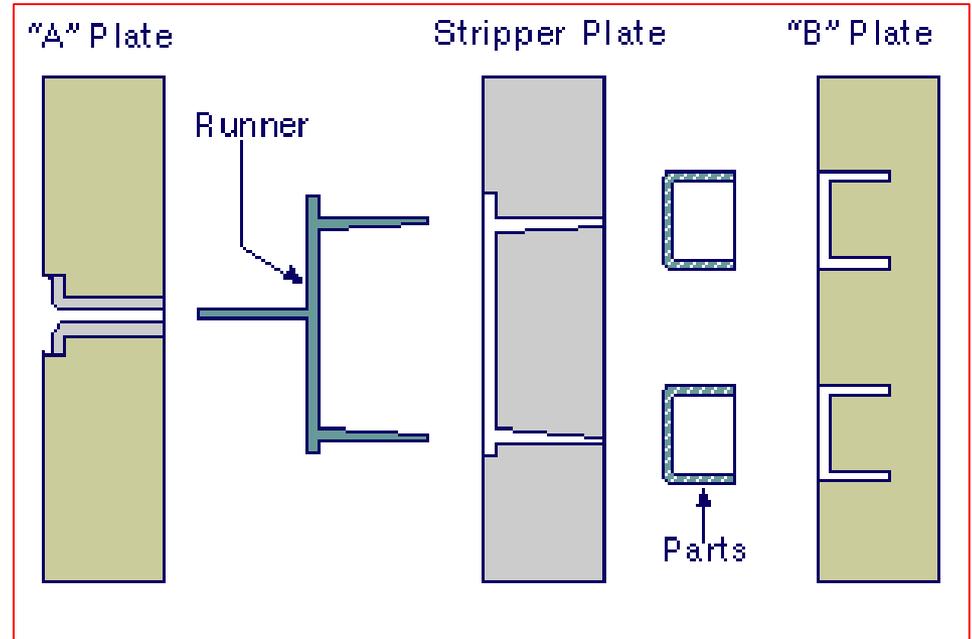
MOLDEO POR INYECCIÓN

Tipos de Molde

Molde de dos placas

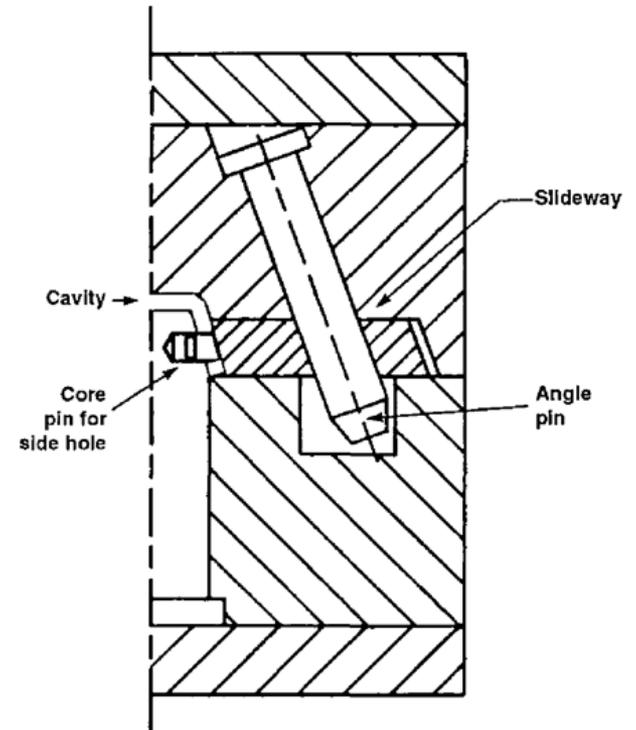
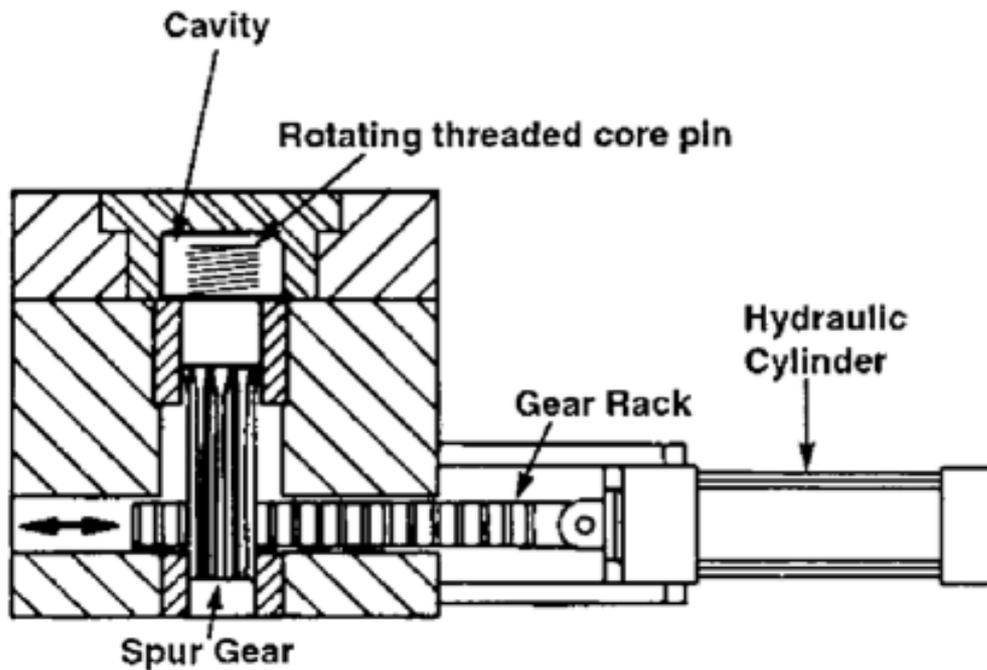


Molde de tres placas



MOLDEO POR INYECCIÓN

Tipos de Molde



MOLDEO POR INYECCIÓN

Alimentadores

Part volume (cm ³)	Shot size (cm ³)	Runner %
16	22	37
32	41	28
64	76	19
128	146	14
256	282	10
512	548	7
1024	1075	5

% del área proyectada

* Válido para piezas planas y alimentadores del mismo espesor que la pieza.



spanish.injectionmouldtooling.com

MOLDEO POR INYECCIÓN

Problema 1.

Se requiere moldear un lote de discos de ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) de 15 cm de diámetro y un espesor de 4 mm en un molde con 6 cavidades. Determinar el tamaño de máquina adecuado.

Datos: la presión de inyección recomendada para el ABS es de 1000 bares.

$$a_p = \pi r^2 = \pi (15/2)^2 = 176.71 \text{ cm}^2$$

$$V_p = a_p e = 176.71 \cdot 0.4 = 70,69 \text{ cm}^3$$

$$A_{p6} = 6 \pi r^2 = 6 \pi (15/2)^2 = 1060.29 \text{ cm}^2$$

$$A_T = 1.18 A_{p6} = 1.18 A_{p6} = 1251.14 \text{ cm}^2$$

Part volume (cm ³)	Shot size (cm ³)	Runner %
16	22	37
32	41	28
64	76	19
128	146	14
256	282	10
512	548	7
1024	1075	5

MOLDEO POR INYECCIÓN

Problema 1.

Se requiere moldear un lote de discos de ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) de 15 cm de diámetro y un espesor de 4 mm en un molde con 6 cavidades. Determinar el tamaño de máquina adecuado.

Datos: la presión de inyección recomendada para el ABS es de 1000 bares.

$$F = (1251.14 \cdot 10^{-4}) \cdot 500 \cdot 10^5 = 6255.70 \text{ kN}$$

TABLE 8.4 Injection Molding Machines

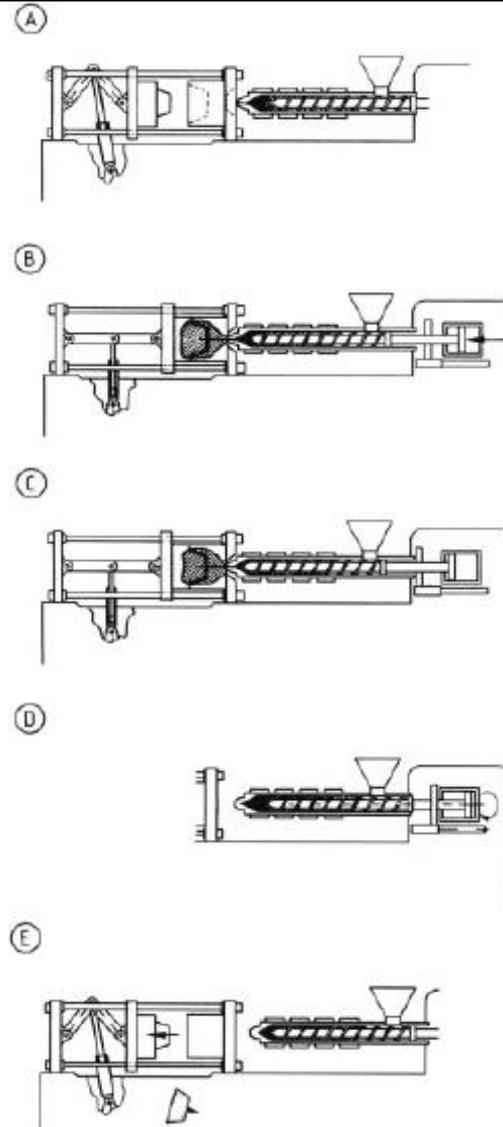
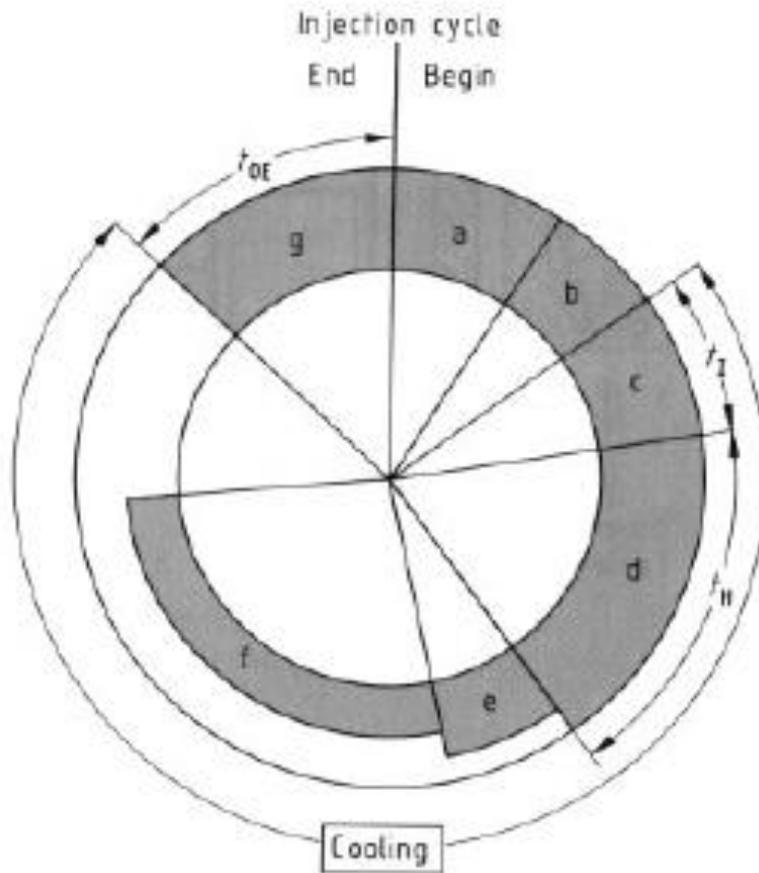
Clamping force (kN)	Shot size (cc)	Operating cost (\$/h)	Dry cycle times (s)	Maximum clamp stroke (cm)	Driving power (kW)
300	34	28	1.7	20	5.5
500	85	30	1.9	23	7.5
800	201	33	3.3	32	18.5
1100	286	36	3.9	37	22.0
1600	286	41	3.6	42	22.0
5000	2290	74	6.1	70	63.0
8500	3636	108	8.6	85	90.0

$$V_T = A_T e$$

$$V_T = 500.5 \text{ cm}^3$$

MOLDEO POR INYECCIÓN

Ciclo de inyección

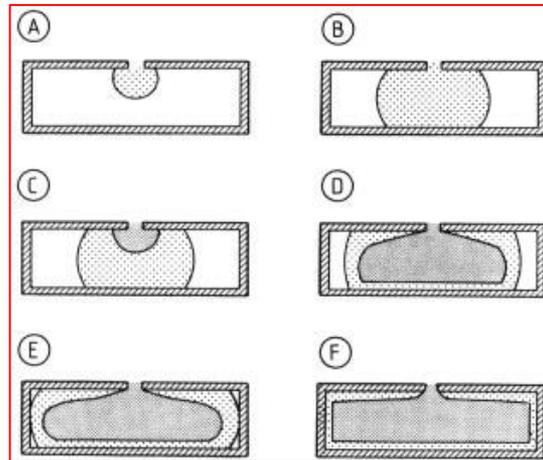


- Cierre del molde
- Avance del husillo
- Inyección
- Mantenimiento de la presión
- Retroceso
- Plastificación para el siguiente ciclo
- Apertura del molde y extracción

MOLDEO POR INYECCIÓN

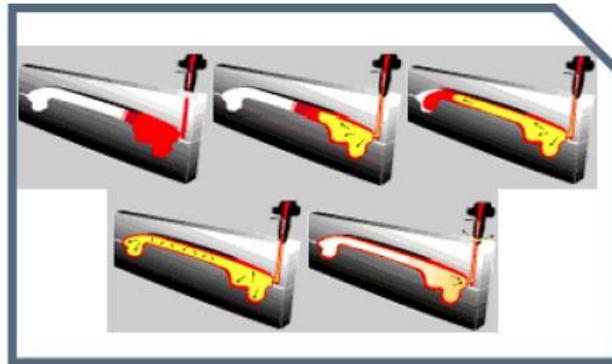
Procesos de inyección especiales

Inyección multicomponente

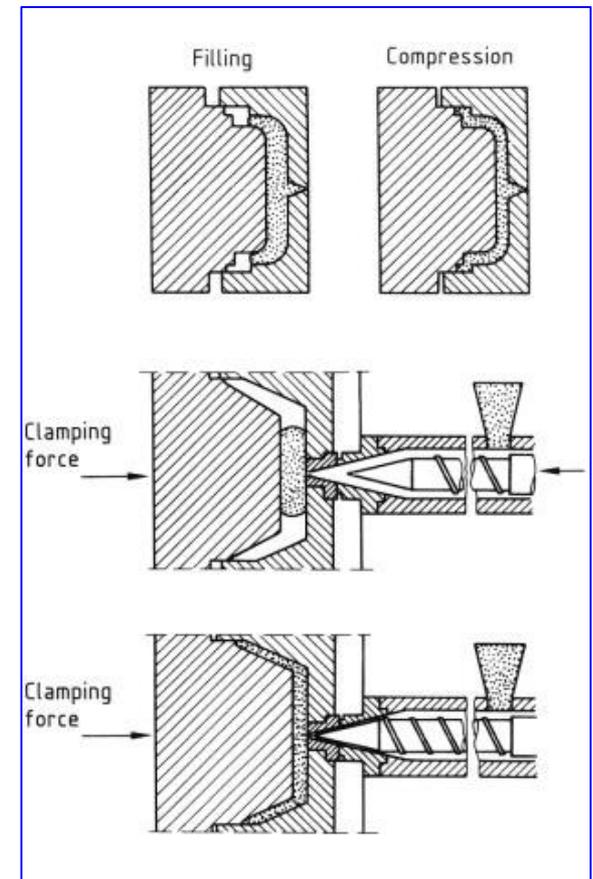


Inyección con gas:

[Interno](#)
[Externo](#)



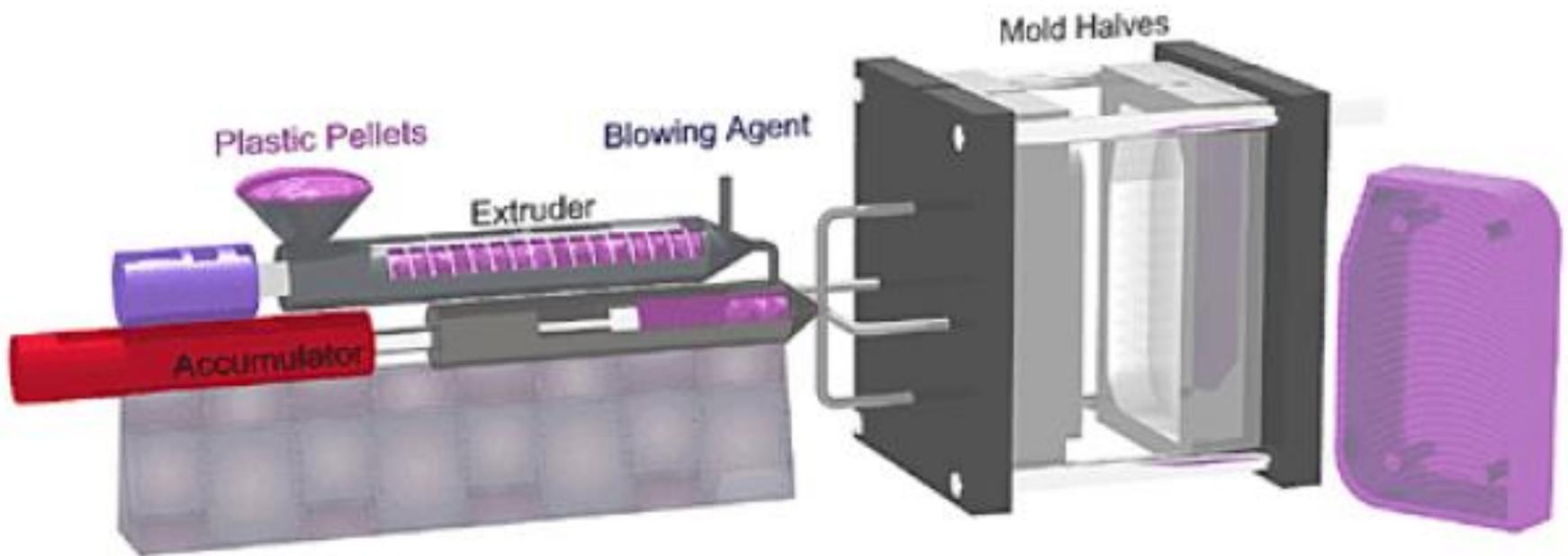
Inyección - compresión



MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

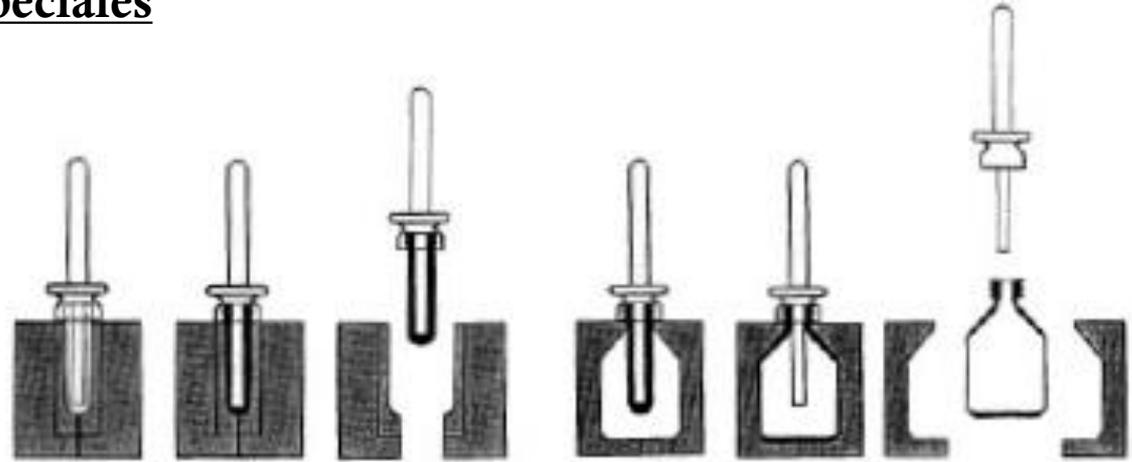
Moldeo de espumas integrales



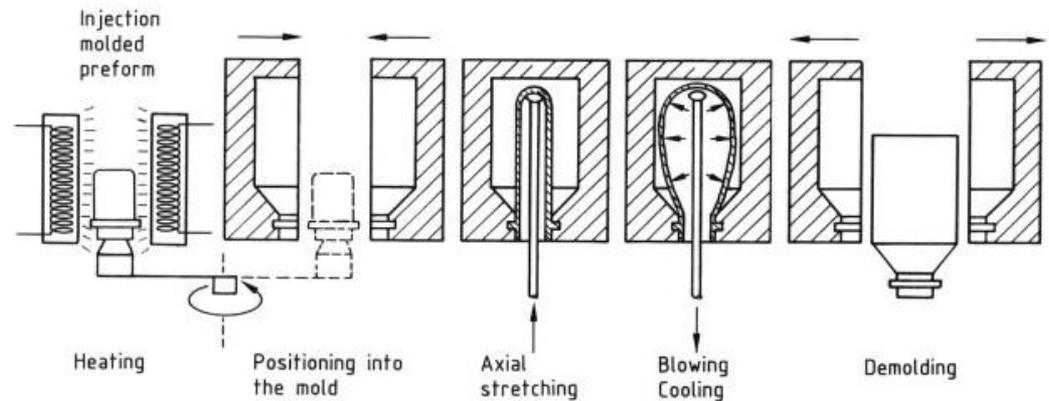
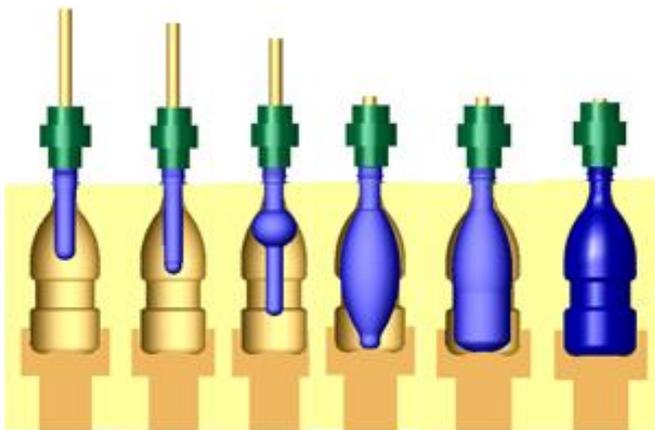
MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

Inyección-soplado



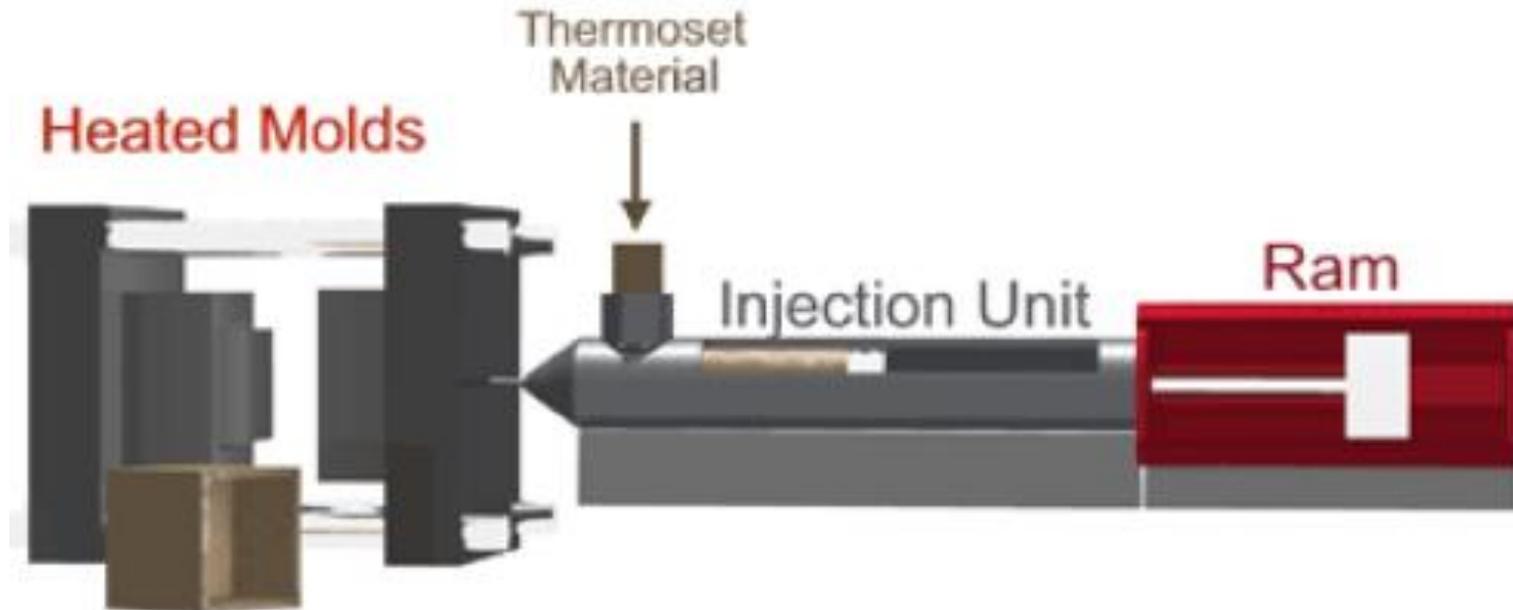
Inyección-estirado-soplado (PVC, PP, PET)



MOLDEO POR INYECCIÓN

Procesos de inyección especiales

Moldeo por inyección de materiales termoestables



Consideraciones económicas

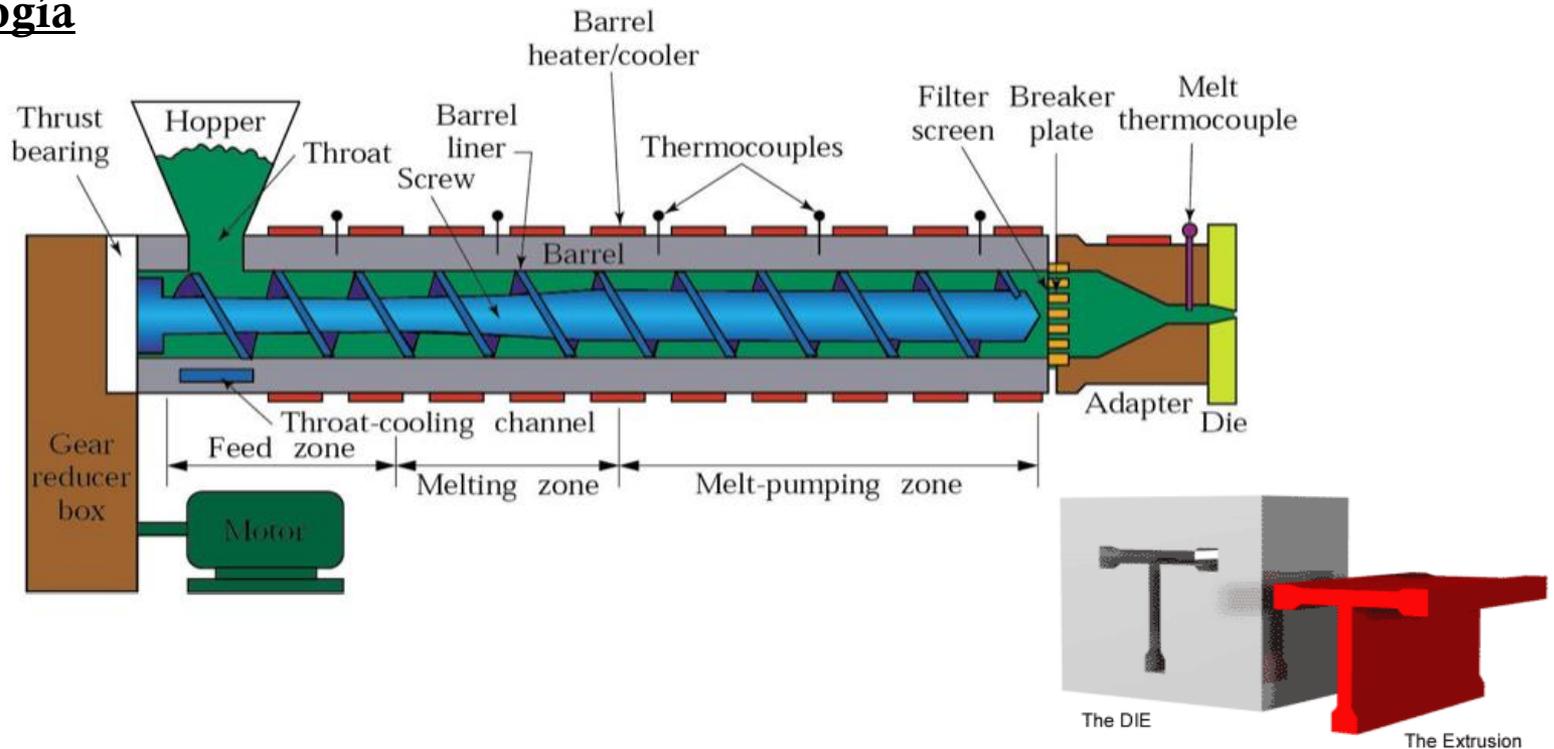
1. Velocidad de producción: 1-50 piezas/min.
2. Las piezas de termoestable tienen normalmente un ciclo de inyección más largo.
3. La flexibilidad en el diseño de las piezas viene limitada por los moldes.
4. Rentable económicamente para una producción de más de 10000 piezas.
5. Se puede conseguir la automatización completa del proceso.
6. Los costes de equipos y herramientas son elevados.
7. Los costes de acabado son bajos.

Consideraciones en el diseño

1. Se pueden conseguir formas muy complejas y detalles con relieve.
2. Tiene flexibilidad para generar huecos, insertos, cortes y relieves.
3. Los espesores de las piezas son uniformes y la variación de espesor no debe ser superior a 2:1.
4. La fuerza de cierre es proporcional al área de la pieza moldeada proyectada.
5. El radio mínimo interior de una pieza es de 1.5 mm y el ángulo que se puede moldear está en el rango de 0.25 a 4°, dependiendo de la sección de la pieza.
6. El rango de espesores en las piezas es de 0.4 a 13 mm para termoplásticos y de 0.9 a 13 mm para termoestables con un tamaño de pieza de 10-25 Kg y máximo de 6 Kg, respectivamente.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

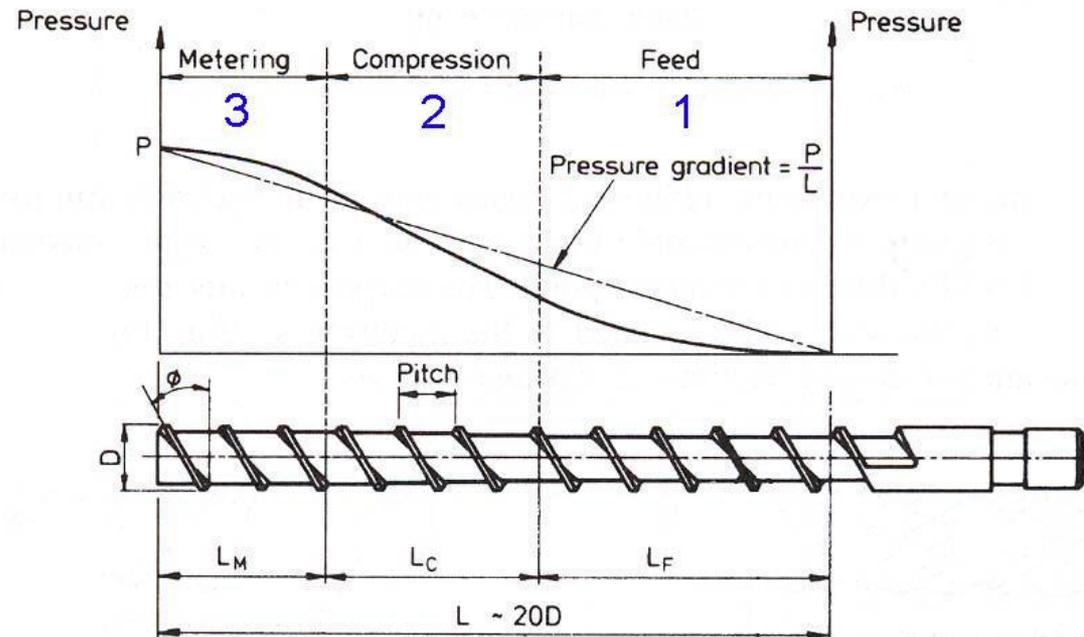
Tecnología



- Diferencia con inyección: el plástico fundido se hace pasar por una boquilla que tiene una forma determinada.
- No se puede aplicar a termoestables.
- La máquina extrusora tiene un husillo cuyo diámetro no es constante, va en aumento.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Componentes

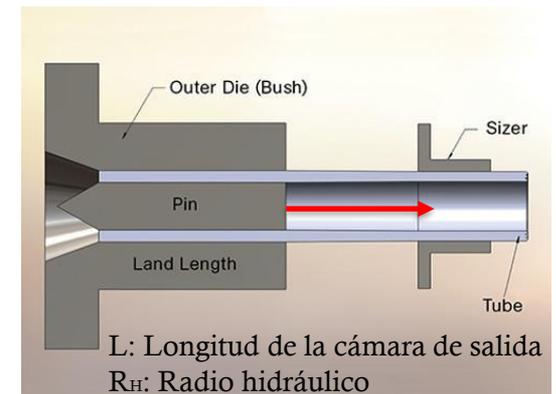
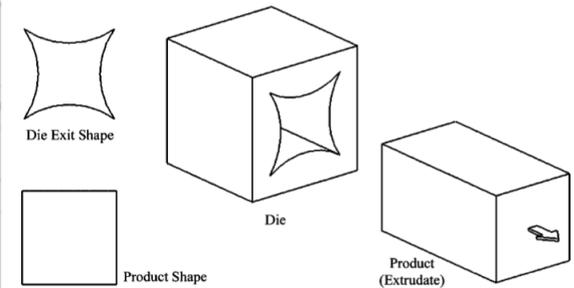
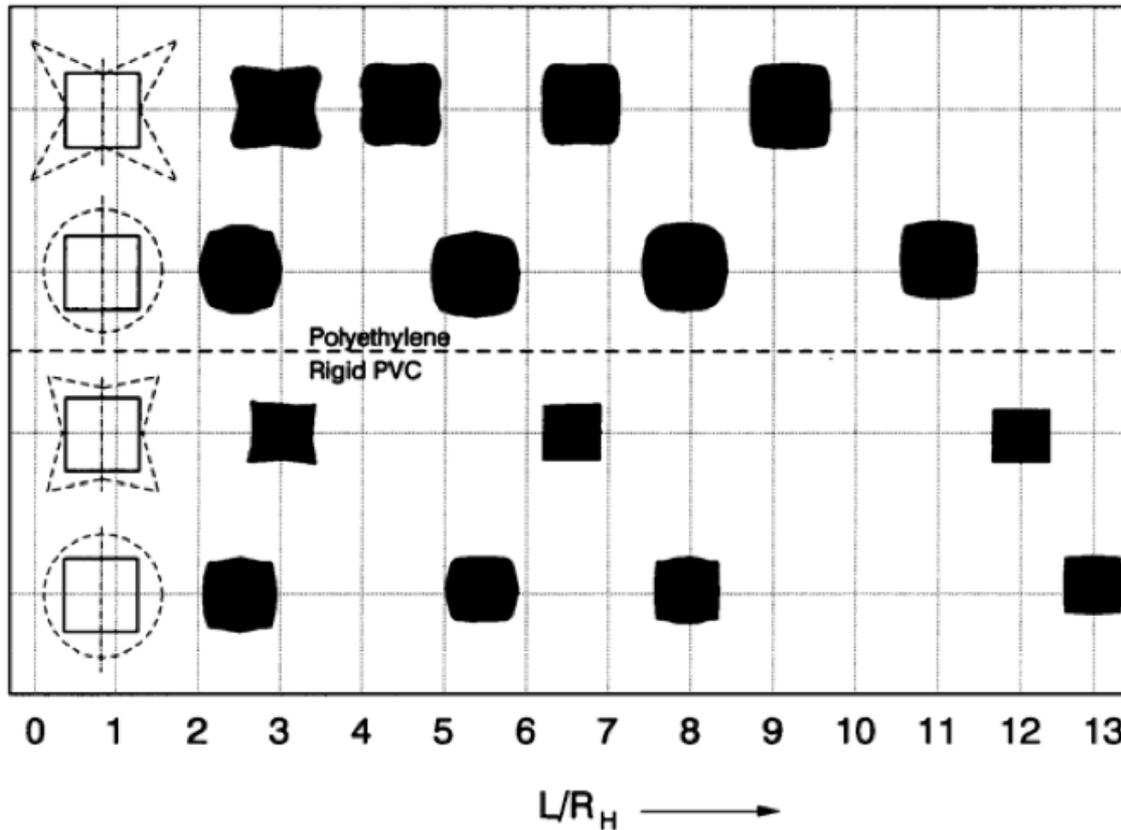


- **Tolva**
- **Husillo:** zona de alimentación (feed zone), Zona de compresión o plastificación (compression zone) y Zona de dosificación o bombeo (metering zone)
- **Plato rompedor** (breaker plate): placas perforadas y tamices metálicos.
- **Boquilla o hilera** (die): contiene torpedo para perfiles huecos.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

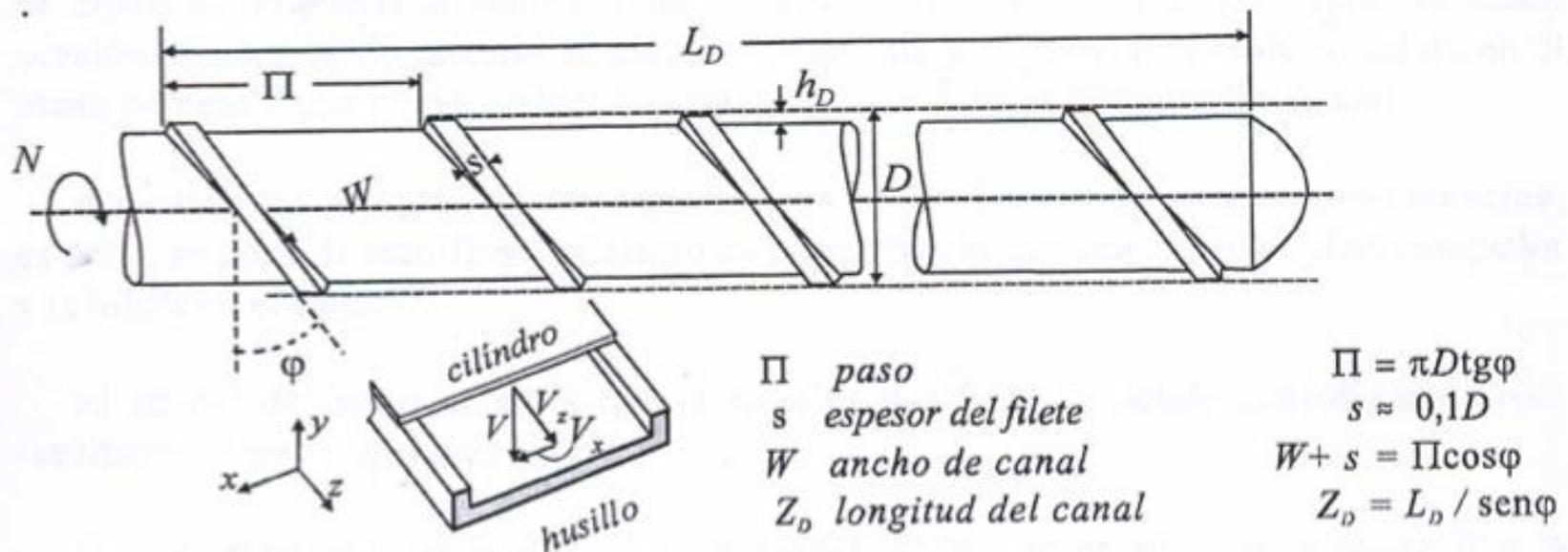
Componentes

- Modelo de Tadmor (no tiene en cuenta la reducción de h)



MOLDEO POR EXTRUSIÓN

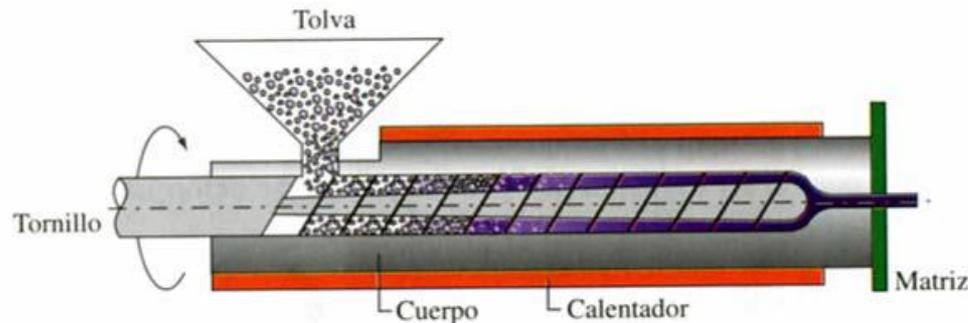
Geometría del husillo



Generalmente: $\varphi = 17.7^\circ$

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Ciclo de extrusión



- Colocación de la granza en la tolva.
- Arrastre del material por medio del husillo (calentamiento del material).
- Filtrado del material para eliminación de impurezas.
- Paso por la hilera.
- Enfriamiento del material $T < T_g$ (estabilidad dimensional).

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Parámetros del proceso

a) Viscosidad del material:

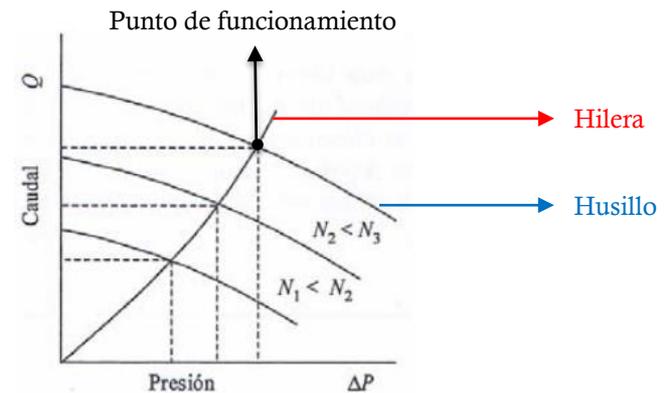
Se trabaja a la mayor temperatura que garantiza que no hay degradación térmica.

Polímero	Temperatura de trabajo (°C)	Viscosidad (Pa s)
PVC	170-190	1060-500
LDPE	160-210	100-50
PEEK	360-400	480-350

b) Velocidad de giro del husillo.

A la mayor velocidad que garantiza que:

- No hay degradación mecánica
- No se produce rotura del fundido



MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Parámetros del proceso

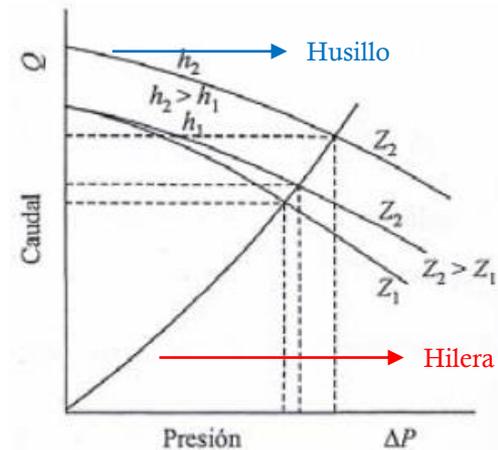
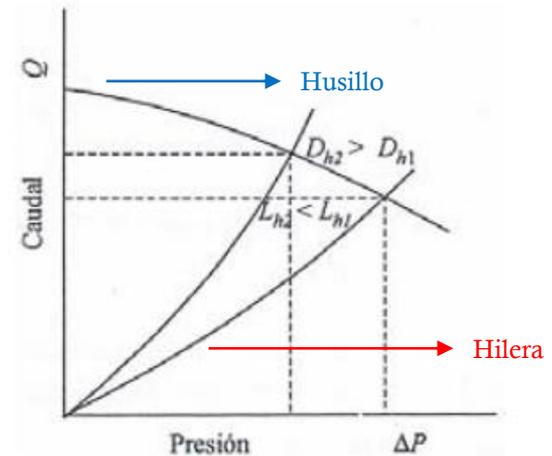
c) Geometría de la hilera.

Se trabaja con el mayor diámetro y la menor longitud posible evitando la aparición de:

- Hinchamiento.
- Inestabilidades de flujo.
- Defectos superficiales.

d) Geometría del husillo.

Mayor caudal cuanto mayor es la longitud de la región de bombeo y mayor es la altura de los filetes.



Cálculo de la velocidad de giro del husillo

- Flujo en la boquilla (producto)

$$Q_{\text{producto}} = v \cdot A$$

- Flujo en el husillo

$$Q_{\text{husillo}} = w \cdot \left(\frac{v_z H}{2} - \frac{H^3}{12\mu} \cdot \frac{dp}{dz} \right)$$

$$d_z = \frac{L}{\sin\theta}$$

- Flujo en la hilera

$$Q_{\text{hilera}} = k \frac{\Delta p}{\mu}$$

k: factor dependiente de la geometría de la hilera

Q: velocidad de flujo
v: velocidad de salida del producto
A: área del producto
w: anchura del canal
H: altura del canal
 μ : viscosidad del polímero
L: longitud del canal
 θ : ángulo de la hélice
p: presión
 v_z : velocidad de avance del husillo

Cálculo de la velocidad de giro del husillo

- Boquilla o hilera circular

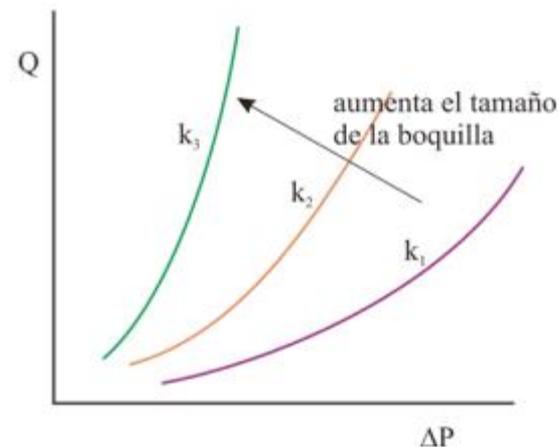
$$k = \frac{\pi R^4}{8l}$$

- Boquilla o hilera rectangular

$$k = \frac{w_d h_d^3}{12l}$$

- Boquilla o hilera anular

$$k = \frac{\pi(R_o + R_1)(R_o - R_1)^3}{12l}$$



R: radio de la sección del producto

w_d: anchura de la sección del producto

h_d: altura de la sección del producto

R_o: radio externo de la sección del producto

R₁: radio interno de la sección del producto

l: longitud del producto

Cálculo de la velocidad de giro del husillo

- Velocidad de giro del husillo

$$v_{\text{husillo}} = \frac{v_z}{\cos\theta} \quad (\text{m/s})$$

$$N = \frac{60 \cdot v_{\text{husillo}}}{\pi \cdot D} \quad (\text{rpm})$$



θ : ángulo de la hélice

v_z : velocidad de avance del husillo

D : diámetro del husillo

Problema 2

Se quiere extruir un polímero con una sección circular de 5 mm de diámetro y 40 mm de longitud a una velocidad de 10 cm/s. Calcular la velocidad a la que debe girar el husillo.

Datos:

$\mu = 10^3 \text{ Ns/m}$, $D = 28 \text{ mm}$, $w = 21 \text{ mm}$, $H = 4 \text{ mm}$, $\theta = 15^\circ$ y $L = 1.25 \text{ m}$

$$Q_{product} = v \cdot A = 0.1 \times \frac{\pi(0.005)^2}{4} = 1.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{product} = Q_{die}$$

$$1.96 \times 10^{-6} = \frac{\pi \left(\frac{0.005}{2} \right)^4}{8 \times 10^3} \frac{\Delta p}{0.04} \longrightarrow \Delta p = 5.1 \text{ MPa}$$

Problema 2

Se quiere extruir un polímero con una sección circular de 5 mm de diámetro y 40 mm de longitud a una velocidad de 10 cm/s. Calcular la velocidad a la que debe girar el husillo.

Datos:

$\mu = 10^3 \text{ Ns/m}$, $D = 28 \text{ mm}$, $w = 21 \text{ mm}$, $H = 4 \text{ mm}$, $\theta = 15^\circ$ y $L = 1.25 \text{ m}$

$$Q_{product} = Q_{screw}$$

$$1.96 \times 10^{-6} = 0.021 \left[\frac{v_z \times 0.004}{2} - \frac{(0.004)^3}{12 \times 10^3} \frac{5.1 \times 10^6}{4.83} \right] \longrightarrow v_z = 49.5 \text{ mm/s}$$

$$dz = \frac{l}{\sin \theta} = \frac{1.25}{\sin 15} = 4.83 \text{ m}$$

Problema 2

Se quiere extruir un polímero con una sección circular de 5 mm de diámetro y 40 mm de longitud a una velocidad de 10 cm/s. Calcular la velocidad a la que debe girar el husillo.

Datos:

$\mu = 10^3 \text{ Ns/m}$, $D = 28 \text{ mm}$, $w = 21 \text{ mm}$, $H = 4 \text{ mm}$, $\theta = 15^\circ$ y $L = 1.25 \text{ m}$



$$v_{barrel} = \frac{v_z}{\cos\theta} = \frac{49.5}{\cos 15} = 51.2 \text{ mm/s}$$

$$N = \frac{60 \times v_{barrel}}{\pi \times D} = \frac{60 \times 51.2}{\pi \times 28} = 35 \text{ RPM}$$

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Polímeros

Resinas	Tubos	Cables	Perfiles	Chapas	Filmes	Laminados
LAPE		XX			XXX	XX
HIPE	X			X	X	
PP	XXX	X		XX	X	
UPVC	XXX		XX	XX		
PPVC	X	XX	X	X	XX	X
PVDF	X			X		
HIPS				X	X	
ABS	X			X		
PMMA				X		
PA	X		X		X	
PET					X	
PC			X	X		

El número de x es indicativo de la frecuencia relativa de su aplicación.

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

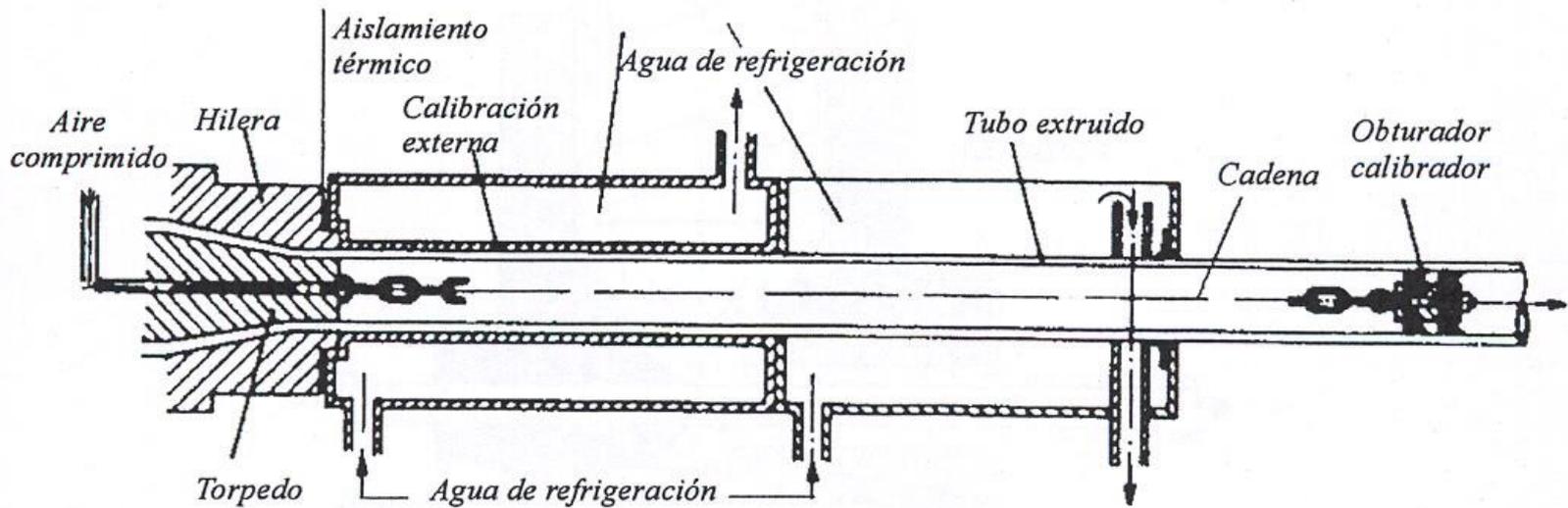
- Extrusión de perfil hueco
- Recubrimiento de cables
- Soplado de tubo
- Soplado de film
- Coextrusión



MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

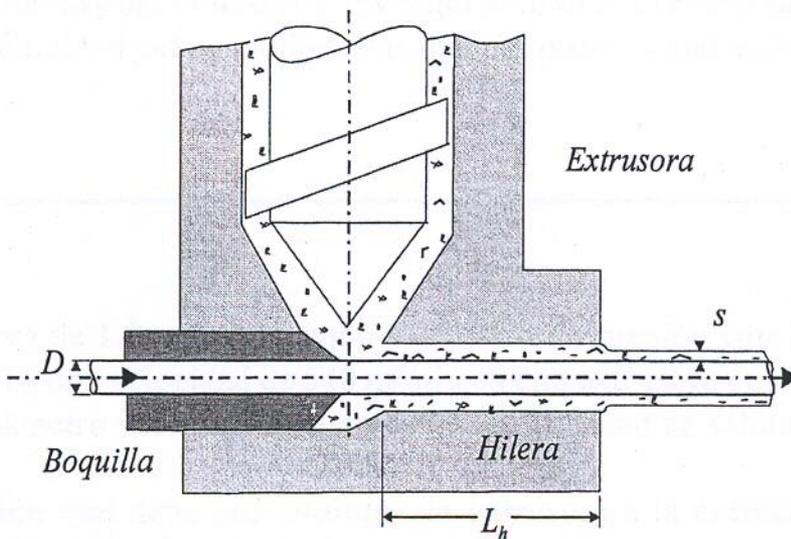
- Extrusión de perfil hueco



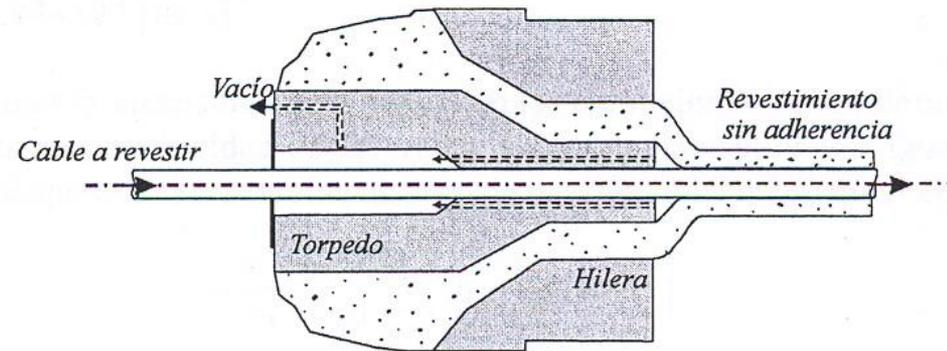
MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Recubrimiento de cables



Recubrimiento a presión

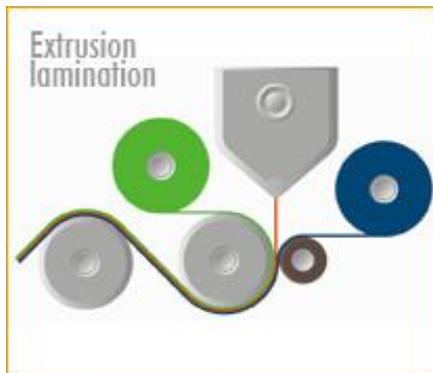
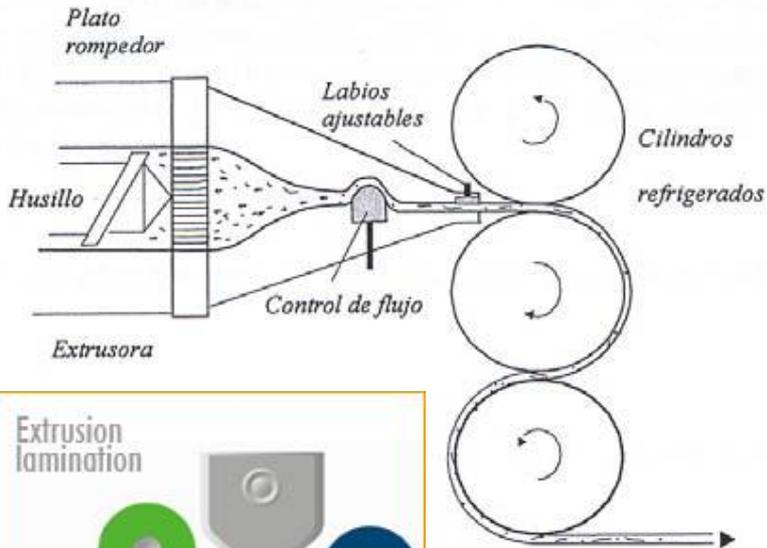


Recubrimiento tubular

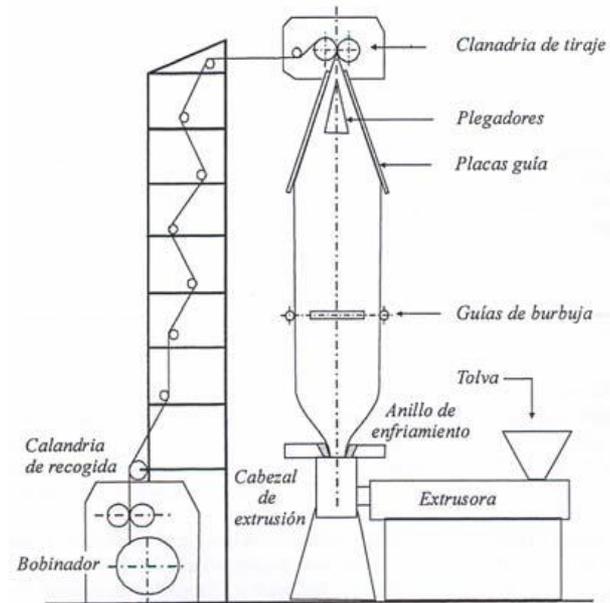
MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Extrusión de películas



Laminación



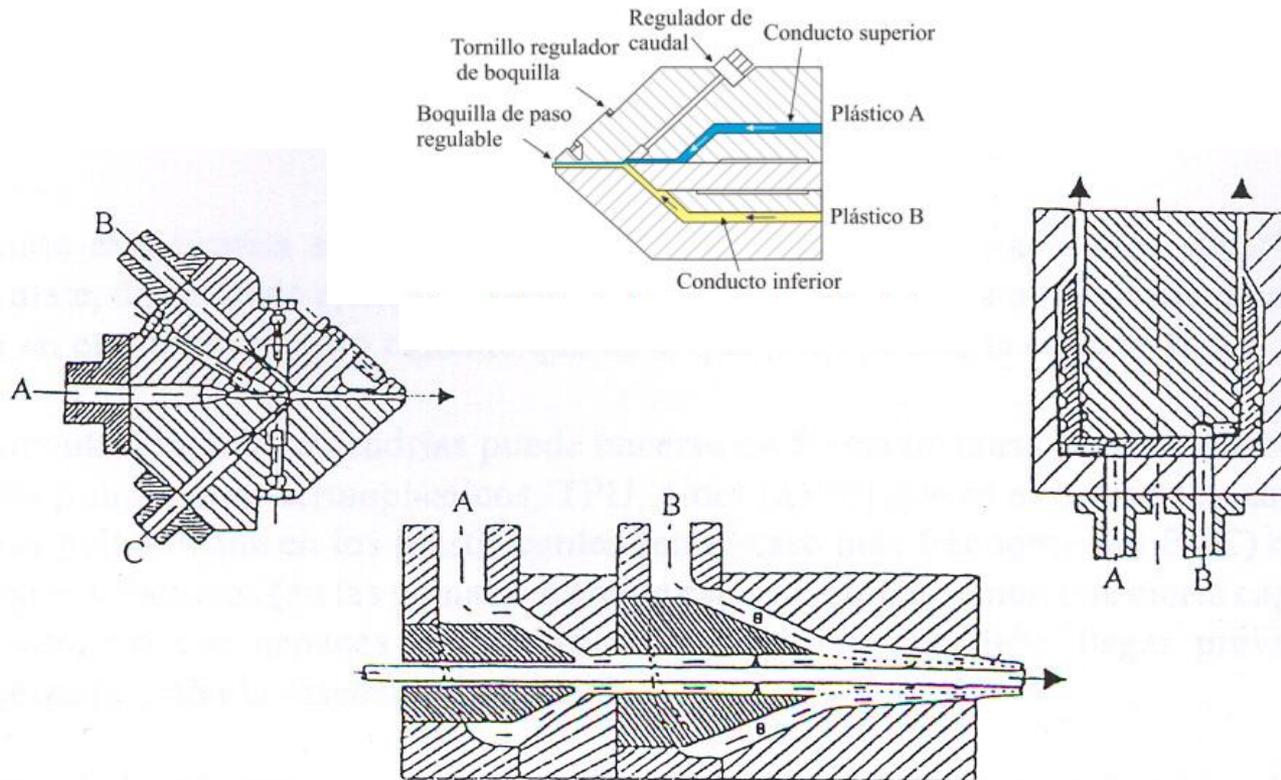
$$\text{Relación de soplado: } R_s = \frac{D_b}{D_h}$$

Extrusión y soplado

MOLDEO POR EXTRUSIÓN

Procesos de extrusión

- Coextrusión



Consideraciones económicas

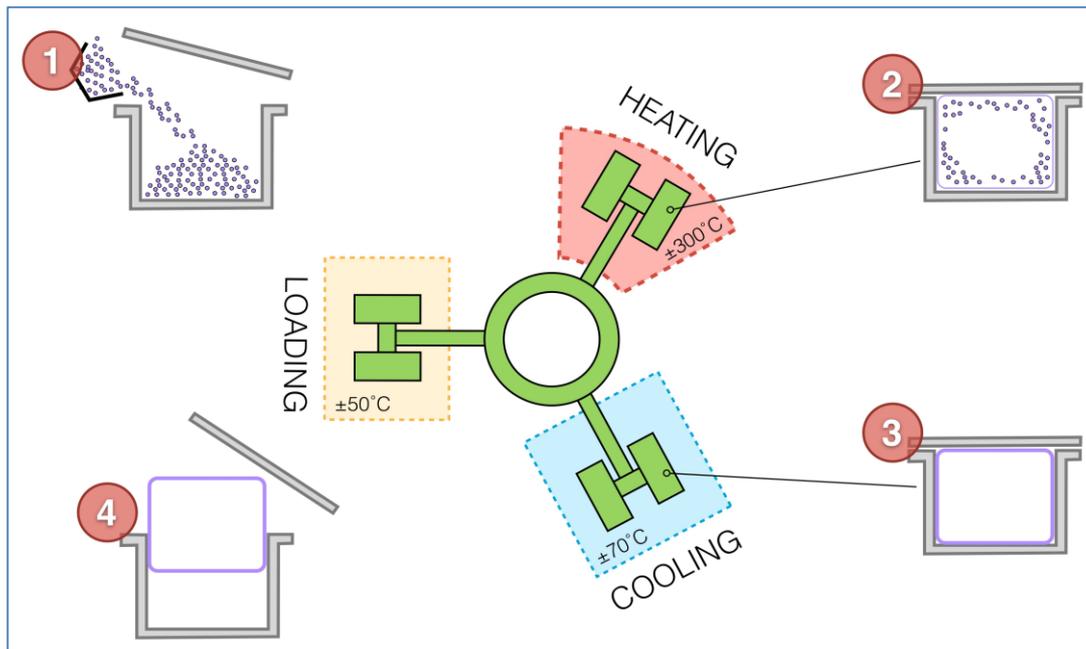
1. La velocidad de producción depende del tamaño de la pieza: 60 m/min para secciones tubulares y perfiles y 5 m/min para láminas y barras.
2. La flexibilidad en el diseño de las piezas es moderada ya que las herramientas son específicas para cada forma final.
3. Rentable económicamente para una producción de más de 1000 Kg en perfiles y 5000 Kg en láminas.
4. Necesidad en ocasiones de extractores de aire ya que algunos materiales pueden liberar sustancias tóxicas y gases volátiles durante la extrusión.
5. Los costes de equipos son elevados y los de herramientas moderados.
6. Los costes de acabado son bajos.

Consideraciones en el diseño

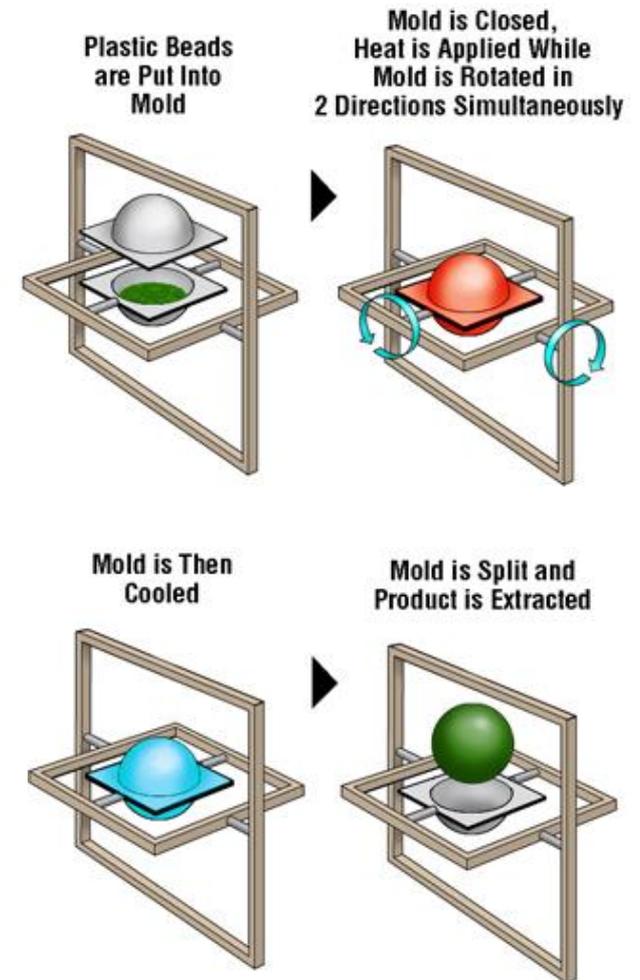
1. Obtención de productos de gran longitud con secciones transversales uniformes.
2. Se pueden producir perfiles macizos, huecos o abiertos.
3. Los huecos e insertos no paralelos al eje de extrusión se pueden producir mediante operaciones secundarias.
4. Sección máxima: 150 mm.
5. Sección mínima: 0.4 mm para perfiles y 0.02 mm para láminas.
6. El rango de tamaños es de 6 mm² de sección y 1800 mm de ancho para láminas y de 1-150 mm de diámetro para barras.

MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Tecnología



<http://www.pentasmoulding.com>



<http://www.heat-inc.com/>

MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Tecnología



<http://www.pentasmoulding.com>



<http://www.naroto.com/inquiry.html>



MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 3-50 piezas/h, dependiendo del tamaño. Para aumentar la productividad se pueden incorporar carruseles de tres brazos.
2. Volumen de producción: 100-1000 piezas.
3. Coste de herramientas bajo.
4. Costes de equipamiento bajos-moderados.
5. Los costes de acabado son bajos.



MOLDEO ROTACIONAL O CENTRIFUGADO

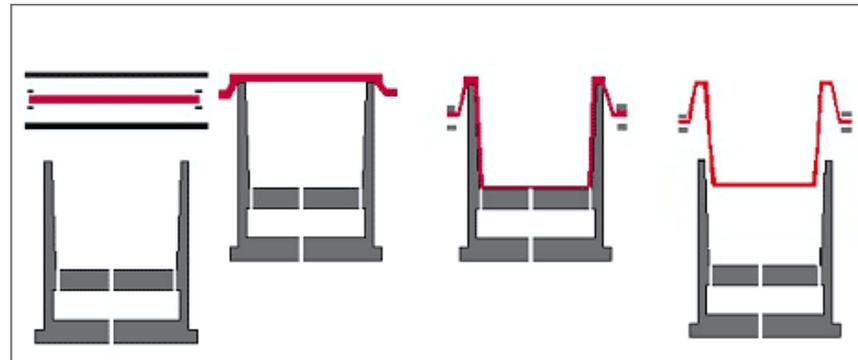
Consideraciones en el diseño

1. Complejidad de forma limitada a piezas de gran tamaño huecas con espesor de pared uniforme.
2. Posibilidad de disponer un polímero de acabado en el interior del molde.
3. Las esquinas pronunciadas presentan dificultad de llenado en el molde.
4. La variación de espesor debe ser menor a 2:1 y los ángulos de giro mayores a 1° , generalmente 3° .
5. Permite una sección máxima de 13 mm y una sección mínima de 2 mm, aunque se puede alcanzar 0.5 mm para ciertas aplicaciones.
6. Tamaño de pieza de hasta 4 m^3 .

TERMOCONFORMADO

Tecnología

Deformación por la acción de aire a presión, vacío, molde macho o una combinación de ellos, que obliga a la plancha a adquirir la forma del molde.



Secuencia del proceso

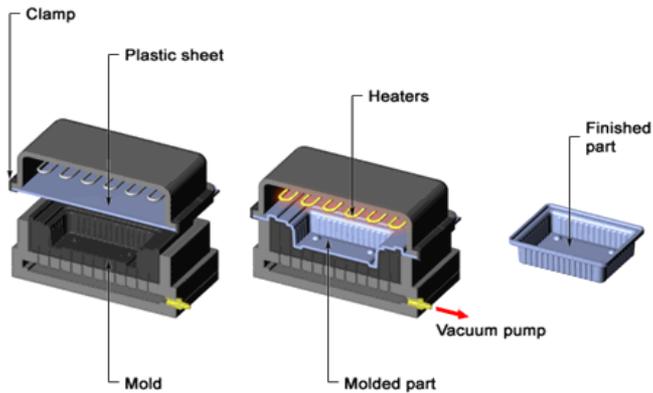


TERMOCONFORMADO

Tecnología

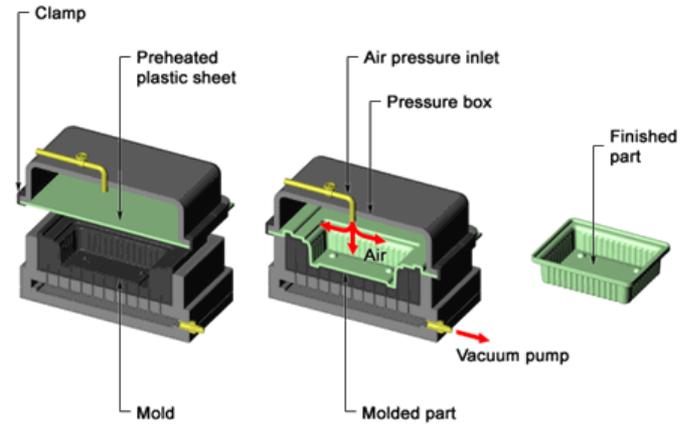


Vacío

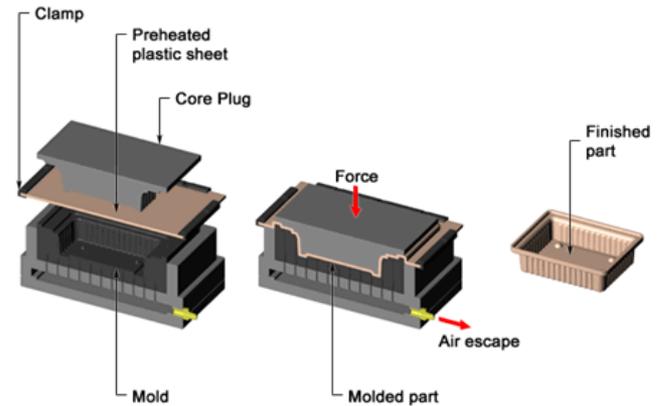


Copyright © 2008 CustomPartNet

Presión



Mecánico



Copyright © 2008 CustomPartNet

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 60-360 piezas/h, normalmente.
2. Utilización de moldes múltiples.
3. Rentable económicamente para una producción de lotes de 10-1000 piezas.
4. Se puede conseguir la automatización total.
5. Los costes de equipos y los de herramientas son de bajos a moderados, dependiendo de la complejidad de la pieza.
6. Los costes de acabado son bajos.

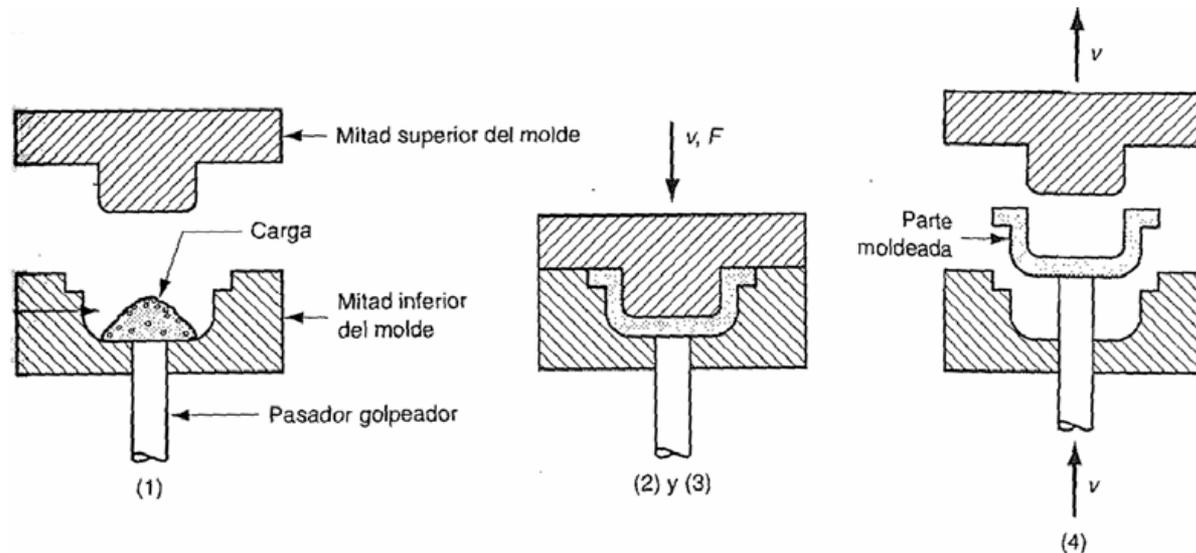
Consideraciones en el diseño

1. La complejidad de la forma está limitada por el moldeo en un plano. Piezas abiertas de espesor constante.
2. No se pueden producir piezas de gran superficie.
3. Se recomiendan ángulos de giro mayores a 1° .
4. Sección máxima: 3 mm.
5. Sección mínima: 0.05-0.5 mm, dependiendo del material empleado.
6. El rango de tamaños es de 25 mm^2 a 18 m^2 en superficie.

MOLDEO POR COMPRESIÓN

Tecnología

Tipo de moldeo muy utilizado en termoestables, ya que permite colocar el polímero en el molde y posteriormente realizar el curado (entrecruzamiento) mediante el efecto de la presión y la temperatura.



Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 20-140 piezas/h. El empleo de moldes con mayor número de cavidades aumenta la velocidad de producción.
2. El tiempo de ciclo viene dominado por la manipulación del material, cada cavidad se carga de forma individual. El tiempo de curado depende del espesor de la pieza.
3. Es posible la automatización parcial.
4. El volumen de producción es de más de 1000 piezas generalmente aunque puede ser de 100 para piezas de gran tamaño.
5. Los costes de equipos son elevados y los de herramientas de bajos a moderados.
6. Los costes de acabado son generalmente bajos.

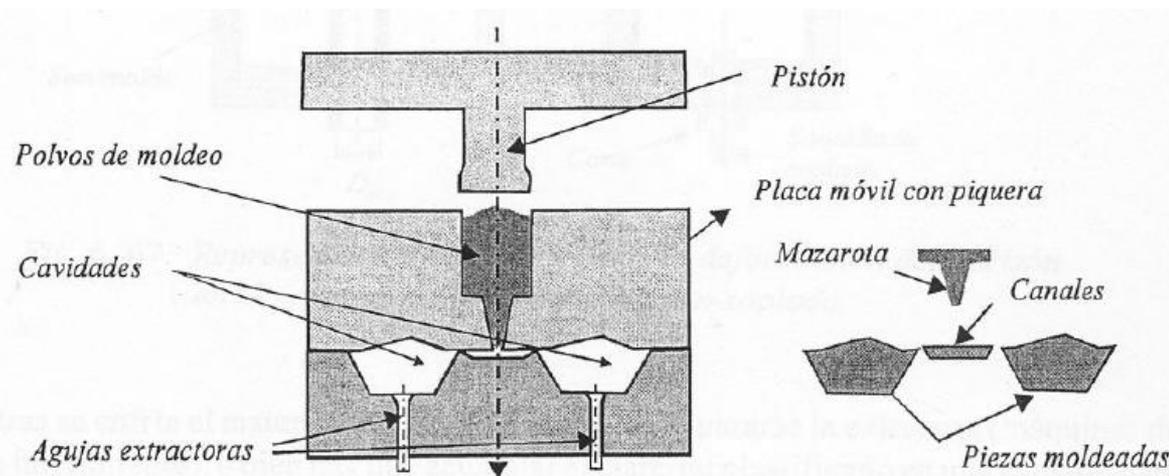
Consideraciones en el diseño

1. Complejidad de diseño limitada a formas relativamente simples (moldeo en un plano).
2. Se requiere un ángulo de giro mayor a 1° .
3. Permite una sección máxima de 13 mm y mínima de 0.8 mm.
4. Máximo tamaño de pieza: 450 mm.
5. Permite una superficie mínima de 3 mm^2 y una superficie máxima de 1.5 m^2 .
6. El rango de tamaños es de gramos a 16 Kg.

MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Tecnología

Se introduce el material desde una cámara exterior ejerciéndose la presión (compresión) desde esta cámara. Por tanto, se produce una transferencia desde la cámara exterior hacia el molde. Es muy común el uso de esta técnica para moldeado de termoestables.





MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Consideraciones económicas

1. Velocidad de producción: 20-300 piezas/h.
2. Posibilidad de un alto grado de automatización.
3. Rentable económicamente para una producción de 1000-10000 piezas.
4. Menos del 3 % de material desechado.
5. Los costes de equipos son generalmente moderados y los de herramientas de moderados a altos.
6. Los costes de acabado son bajos.



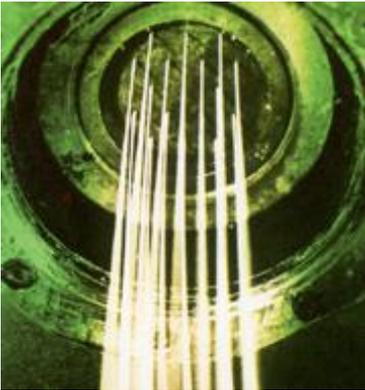
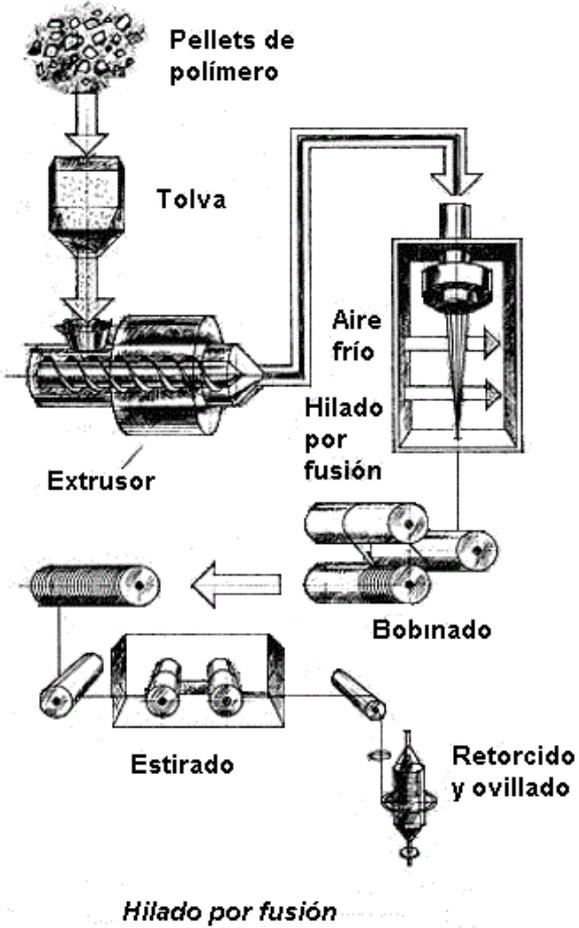
MOLDEO POR TRANSFERENCIA

Consideraciones en el diseño

1. Posibilita la obtención de productos de geometrías complejas y formas huecas. Permite la inclusión de insertos y corazones.
2. La variación de espesor debe ser menor a 2:1.
3. Los ángulos de giro deben estar en el rango de $2-3^\circ$, pero se puede alcanzar 0.5° .
4. La sección máxima es de 90 mm y la mínima entre 0.5-1.5 mm, dependiendo del material.
5. Dimensión máxima: 450 mm.
6. El tamaño máximo es de 16 Kg, pero suele emplearse en piezas de menor tamaño.

PRODUCCIÓN DE FIBRAS POLIMÉRICAS

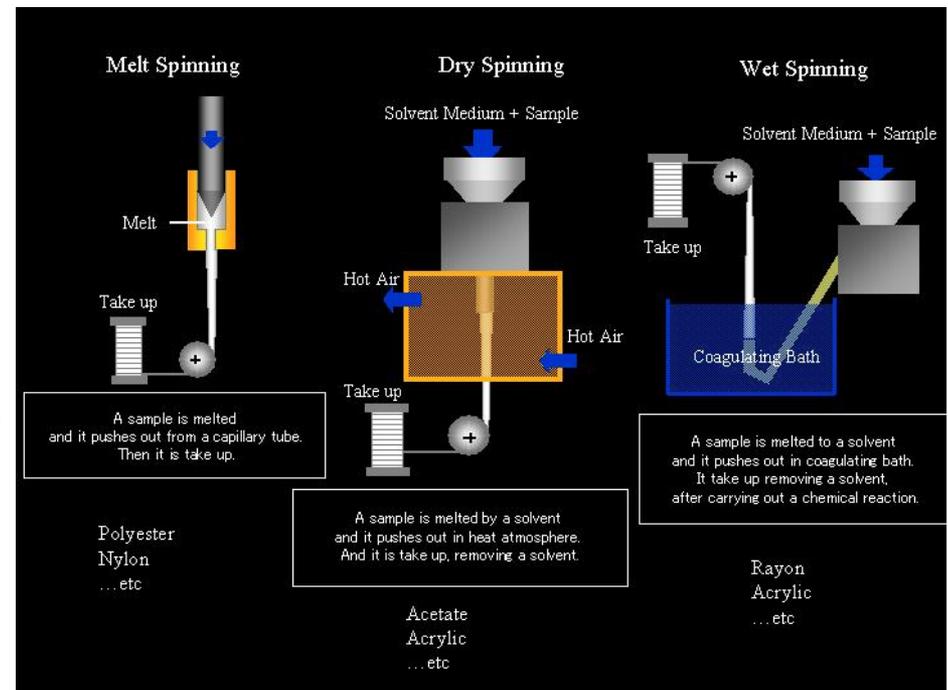
Tecnología



PRODUCCIÓN DE FIBRAS POLIMÉRICAS

Tipos de hilado

- Hilado por fusión
Fibras de nylon, olefina, poliéster y PVC
- Hilado en húmedo
Fibras acrílicas, rayón y de aramida
- Hilado en seco
Fibras de acetato, triacetato, poliéster y acrílicas
- Hilado en gel
Fibras de alta resistencia

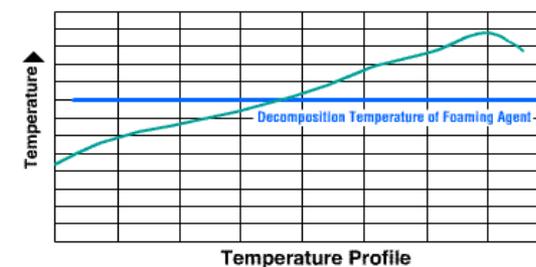
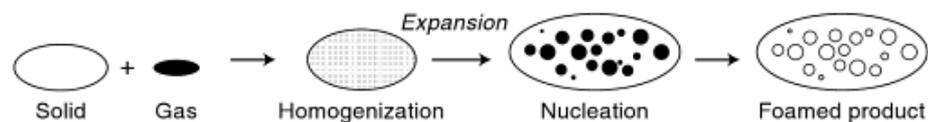
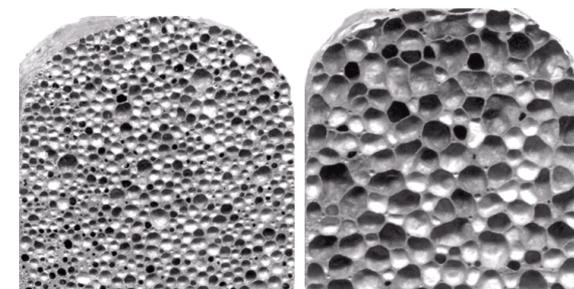


* Pirólisis: fibras de grafito

Procesos de expansión

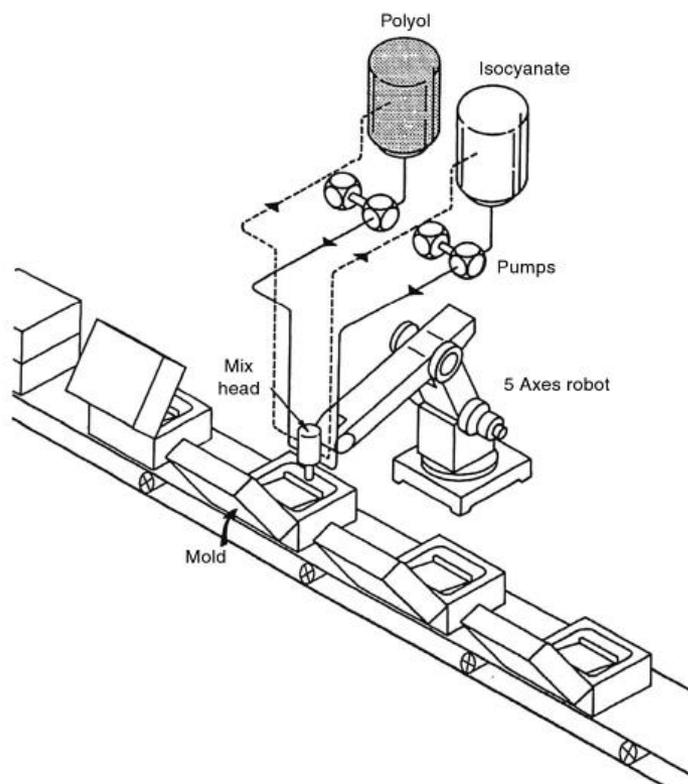
- Mecánica
Resinas fenólicas, poliéster y urea formaldehído
- Química
Poliuretanos, elastómeros, urea formaldehído y siliconas
- Física
Poliestireno, polipropileno, polietileno y cloruro de polivinilo
- Esferas de vidrio o polímero

Espumas sintéticas

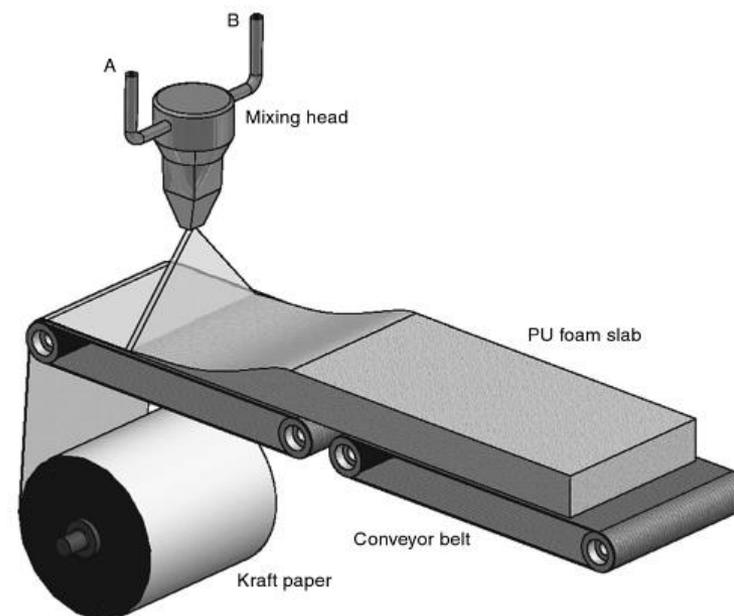


Procesos de conformado

Moldeo

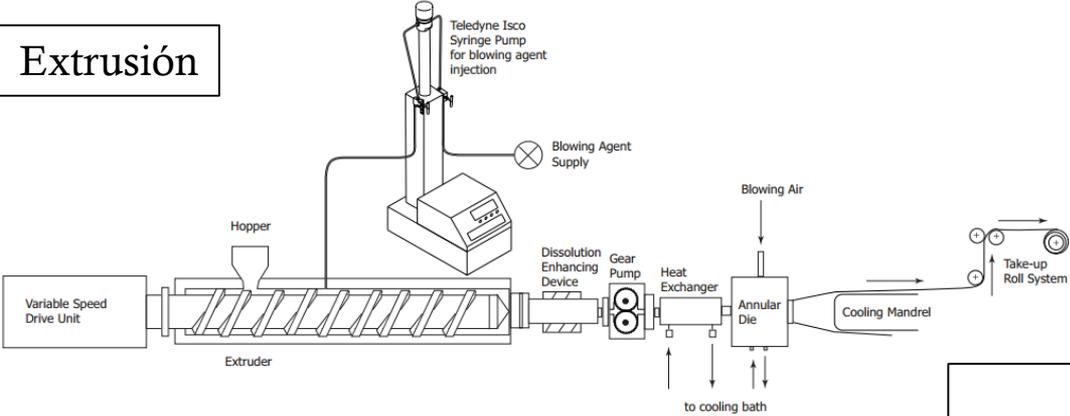


Procesado de paneles

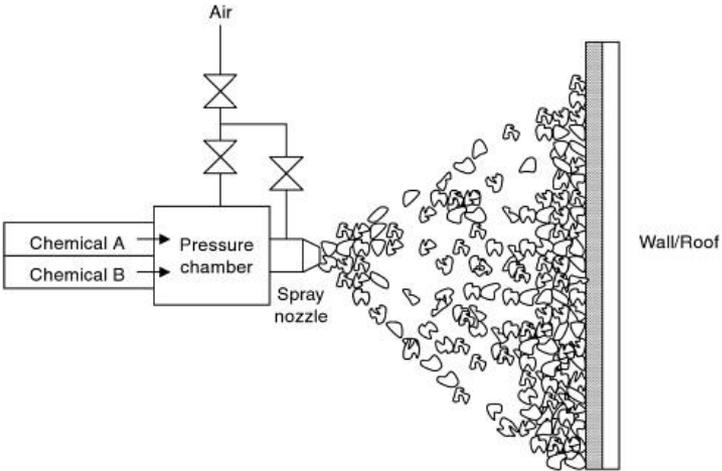


Procesos de conformado

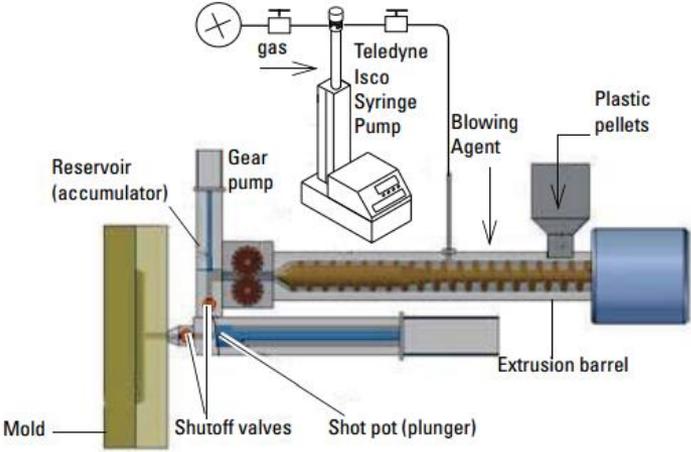
Extrusión



Proyección

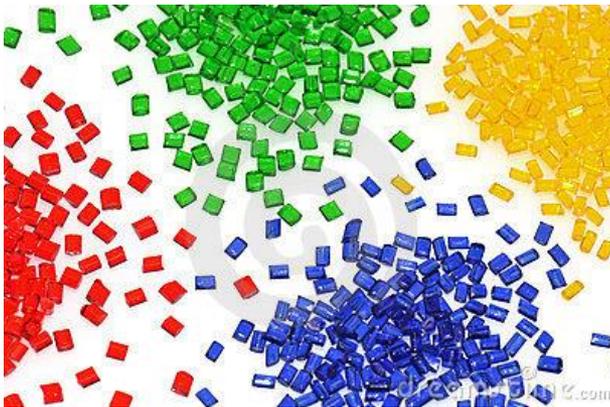


Inyección

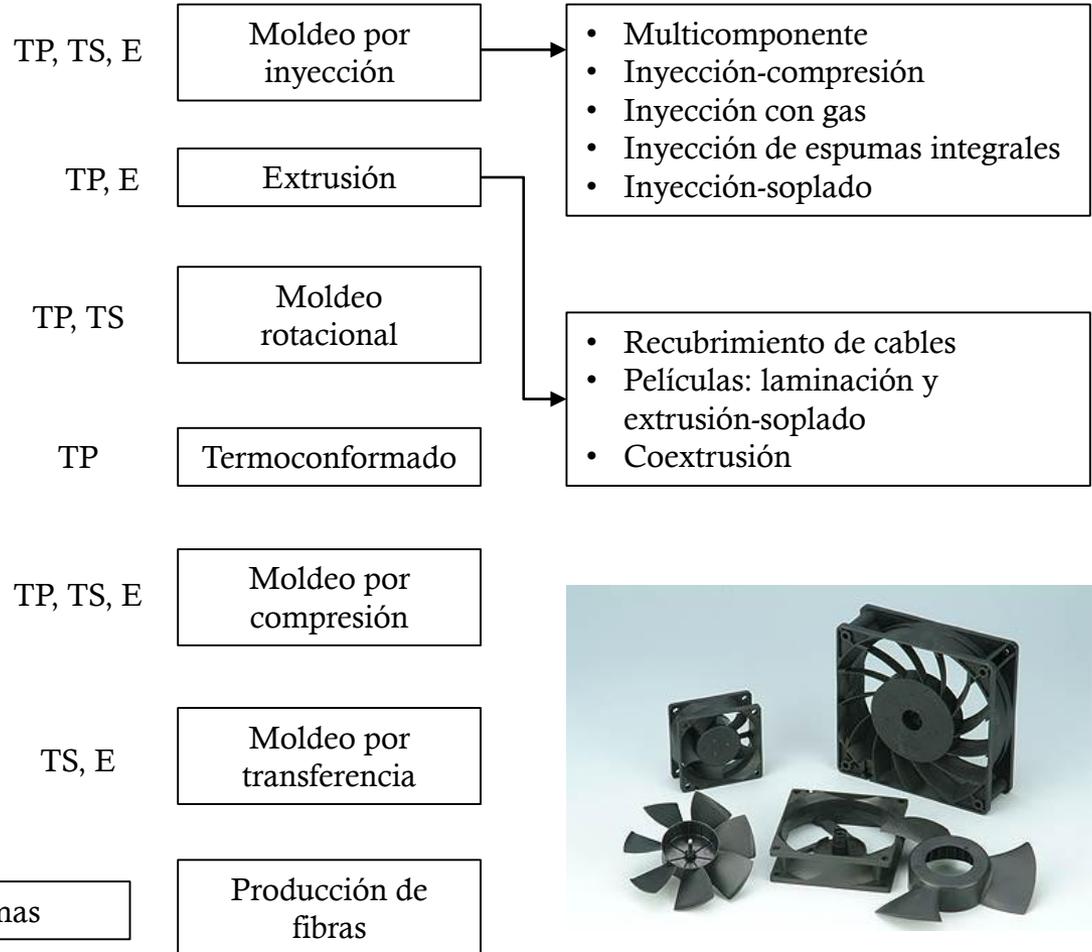


PROCESOS DE FABRICACIÓN EN POLÍMEROS

Resumen de procesos



Espumas





PROCESOS DE FABRICACIÓN EN POLÍMEROS

Enlaces de interés

1. [Moldeo por inyección](#)
2. [Extrusión](#)
3. [Soplado de películas y bolsas](#)
4. [Moldeo rotacional](#)
5. [Termoconformado](#)
6. [Soplado de una botella](#)
7. [Moldeo por compresión](#)