



**DIMEC**  
INGENIERÍA MECÁNICA  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Auxiliar N°6

Procesos en Polímeros

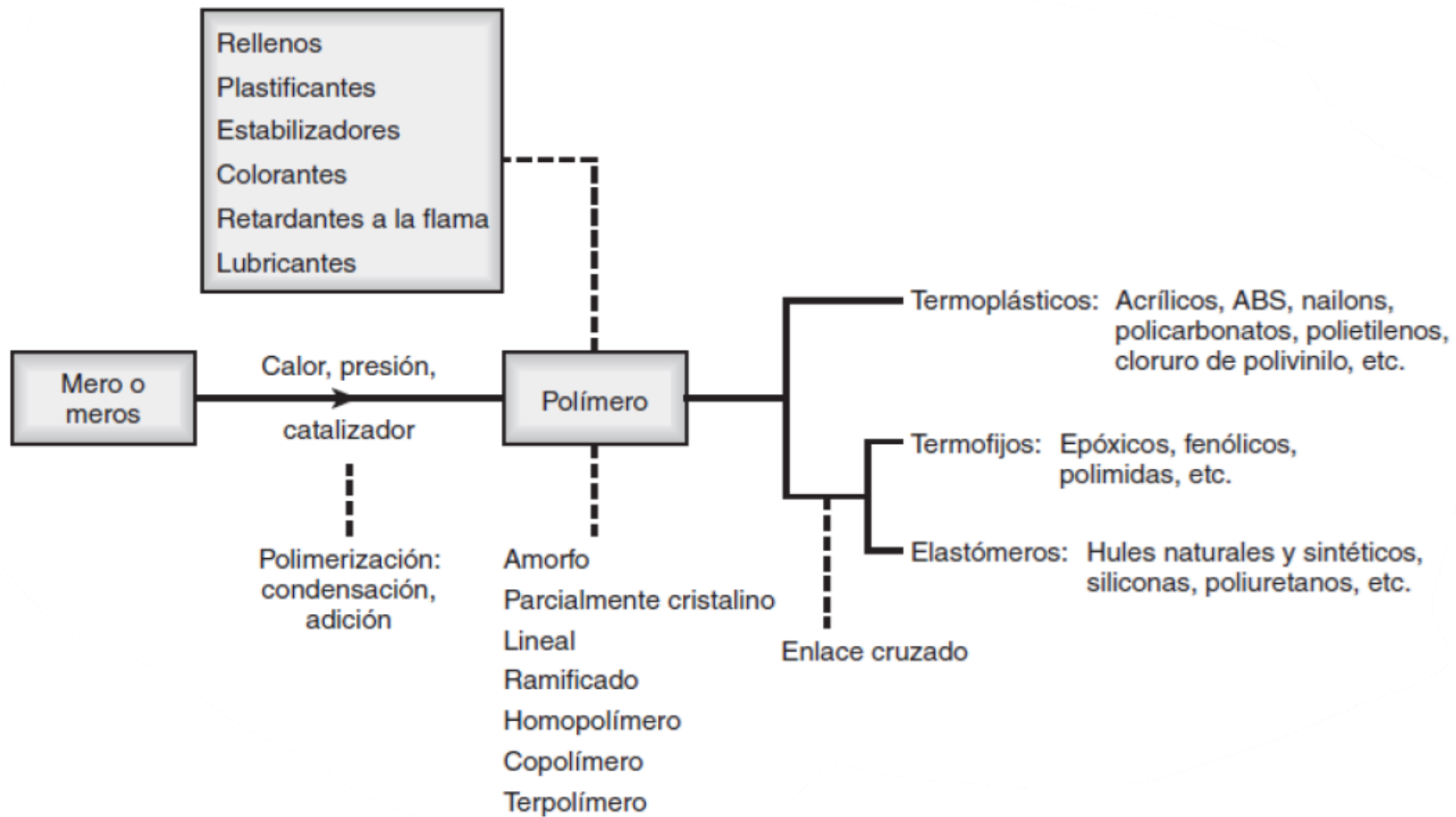
Profesor: Rubén Fernández U.

Prof. Auxiliar : Cristóbal Rojas Salinas

ME4110 – Procesos de Manufactura 2022-2

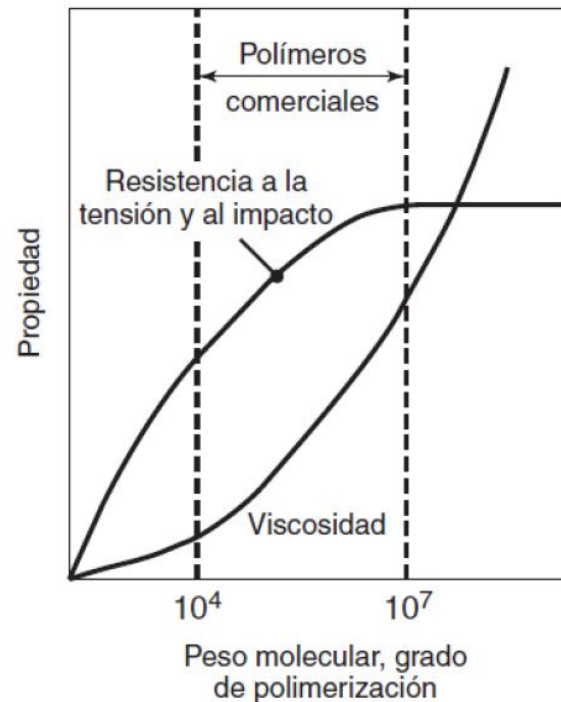
A RETIRED  
**LEGO**  
MOLD

# Polímeros



# Propiedades: Grado de polimerización

Polimerización	Estado PE
1	Gas
6	Líquido
35	Grasa
140	Cera
1350	Sólido rígido



# Propiedades: Cadenas de polímero

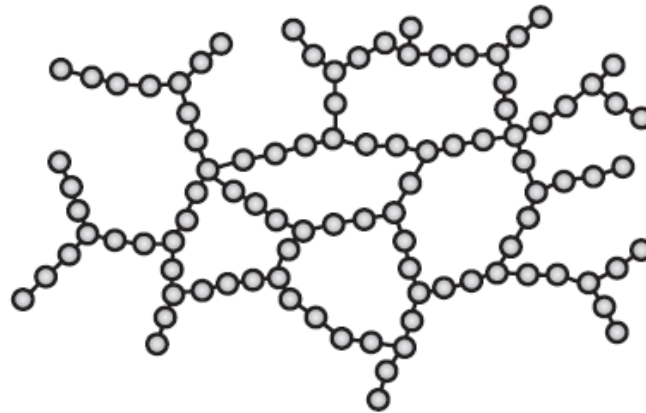
---



(a) Lineal

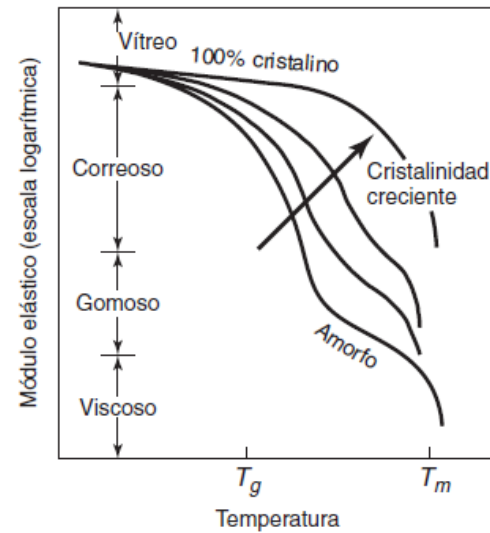
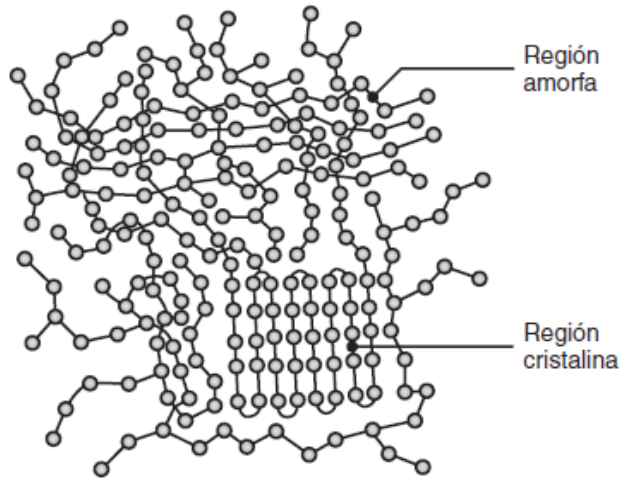


(b) Ramificada

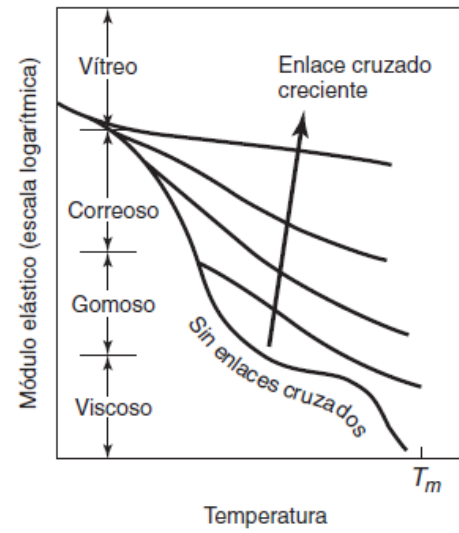




# Propiedades: Cristalización



(a)



(b)



# Propiedades: Cristalización

TABLA 7.2

**Temperaturas de transición vítrea y de fusión  
de algunos polímeros**

Material	$T_g$ (°C)	$T_m$ (°C)
Nailon 6,6	57	265
Policarbonato	150	265
Poliéster	73	265
Polietileno		
Alta densidad	-90	137
Baja densidad	-110	115
Polimetilmetacrilato	105	—
Polipropileno	-14	176
Poliestireno	100	239
Politetrafluoroetileno	-90	327
Cloruro de polivinilo	87	212
Hule	-73	—



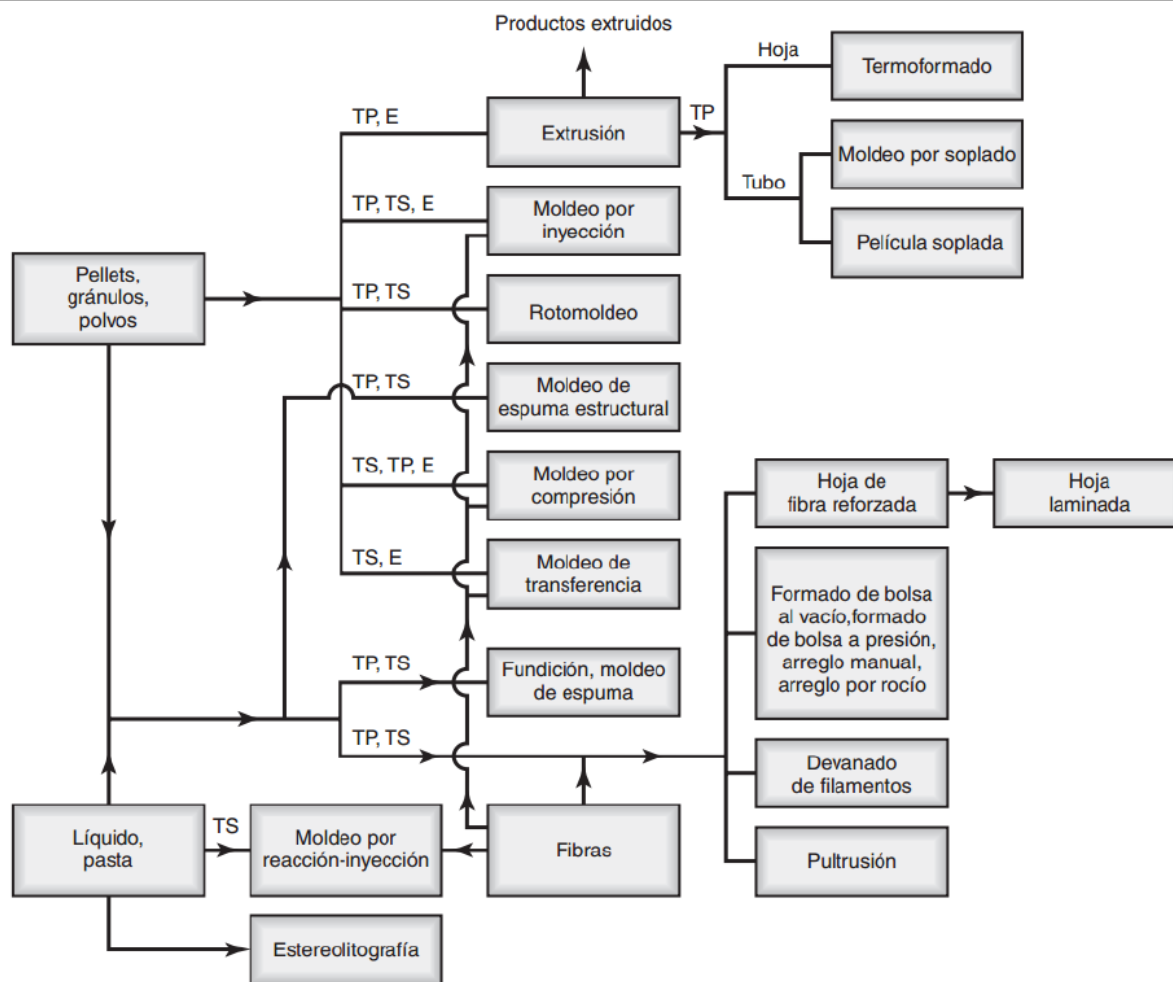
# Polímeros

## Plastic Recycling Symbols

 PET	Polyethylene Terephthalate	Typical Products	Recycled Products
		Soft drinks containers Peanut butter jars	Pillow stuffing
 HDPE	High Density Polyethylene	Milk or juice jugs Some yogurt containers Shampoo bottles	Blue Boxes Playground equipment
 PVC	Polyvinyl Chloride	Water bottles	Floor tiles Bubble wrap Traffic cones
 LDPE	Low Density Polyethylene	Bread and grocery bags	Plastic lumber Compost bins
 PP	Polypropylene	Syrup and ketchup bottles	Ice scrapers
 PS	Polystyrene	Foam cups	Egg cartons
 OTHER	Other	Safety glasses Automotive tail lights	Outdoor signs

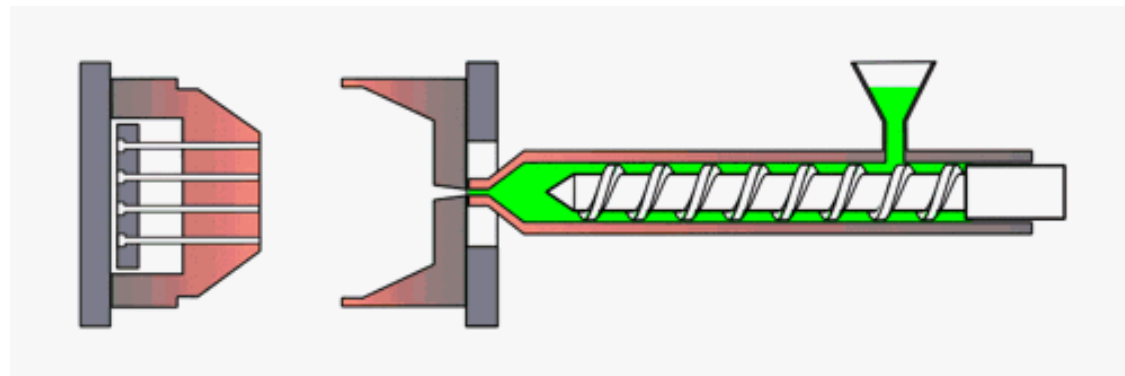
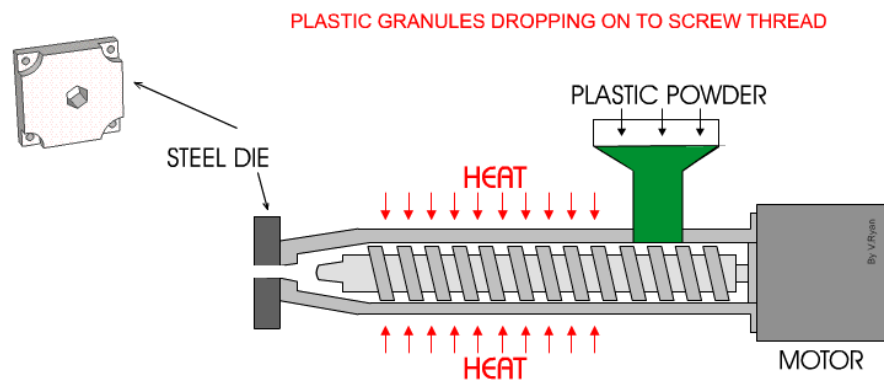


# Procesos en Polímeros

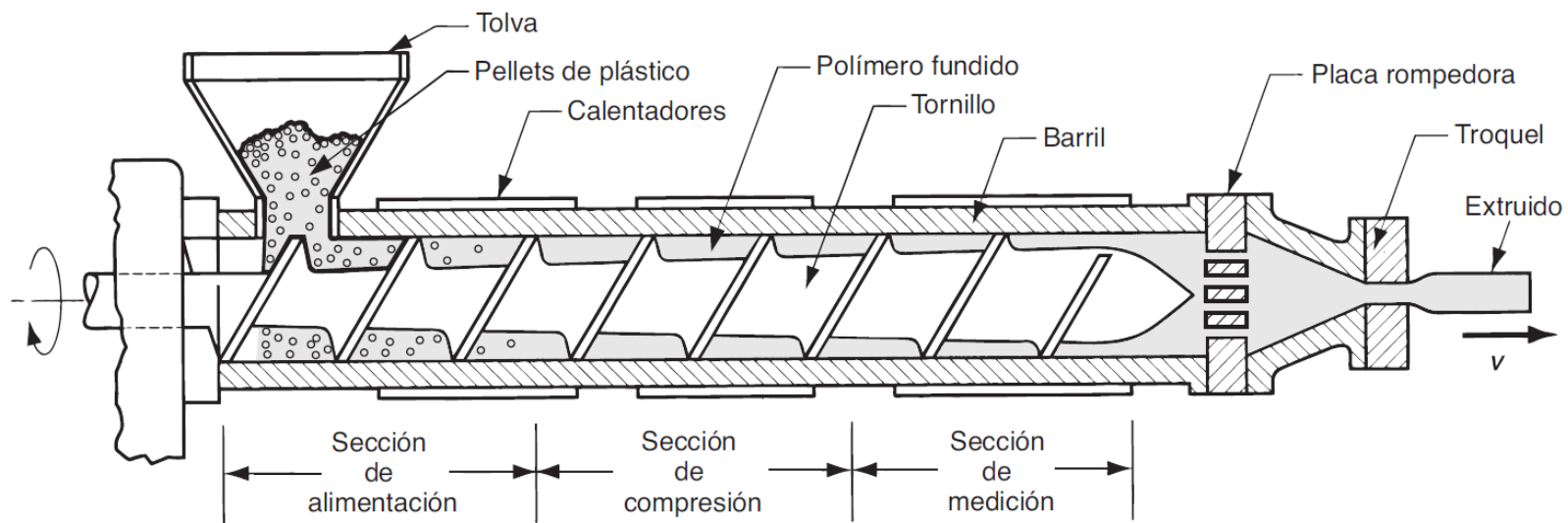




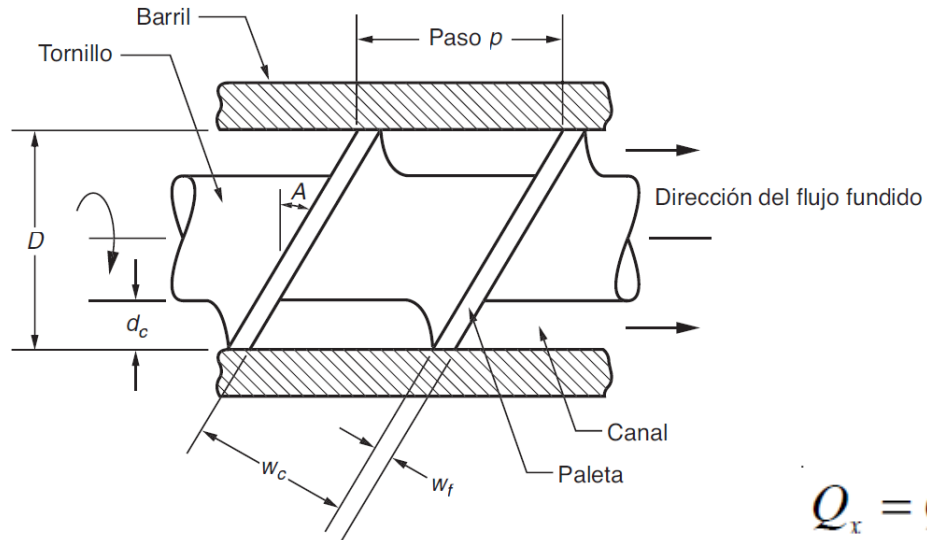
# Extrusión e inyección



# Extrusión



# Extrusión



$$\tan A = \frac{p}{\pi D}$$

$$Q_d = 0.5\pi^2 D^2 N d_c \sen A \cos A$$

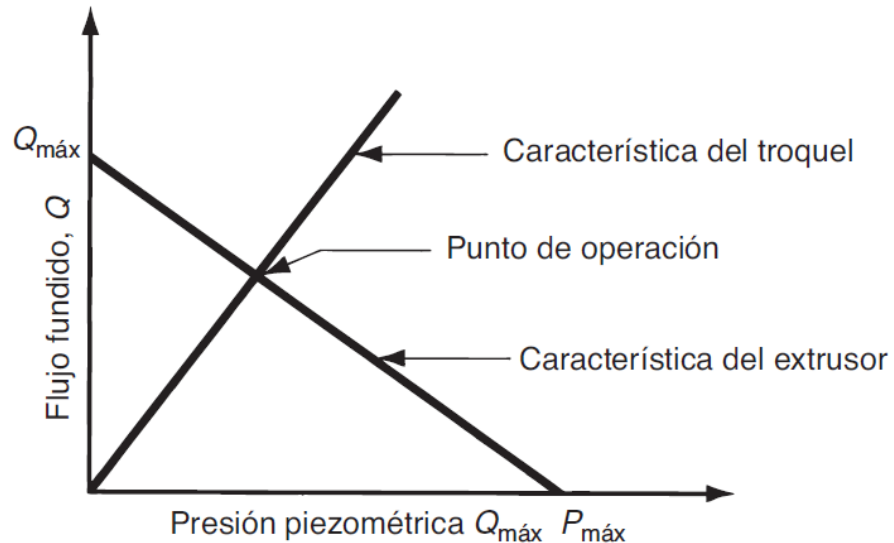
$$Q_b = \frac{p\pi D d_c^3 \sen^2 A}{12\eta L}$$

$$Q_x = Q_d - Q_b$$

$$Q_x = 0.5\pi^2 D^2 N d_c \sen A \cos A - \frac{p\pi D d_c^3 \sen^2 A}{12\eta L}$$



# Extrusión :Formulas Importantes



$$Q_{\text{máx}} = 0.5\pi^2 D^2 N d_c \sin A \cos A$$

$$Q_x = Q_d - Q_b = 0$$

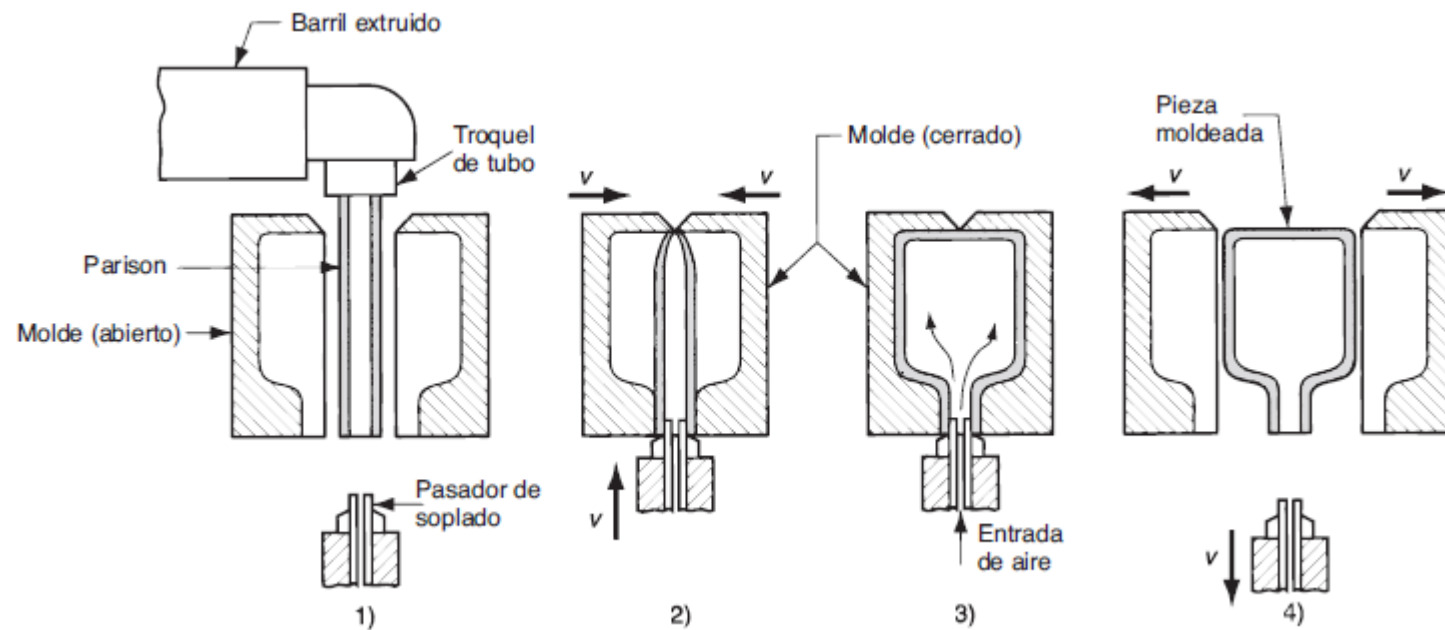
$$P_{\text{máx}} = \frac{6\pi D N L_{\eta} \cot A}{d_c^2}$$

$$Q_x = K_s p$$

$$k_s = \frac{\pi D_d^4}{128\eta L_d}$$

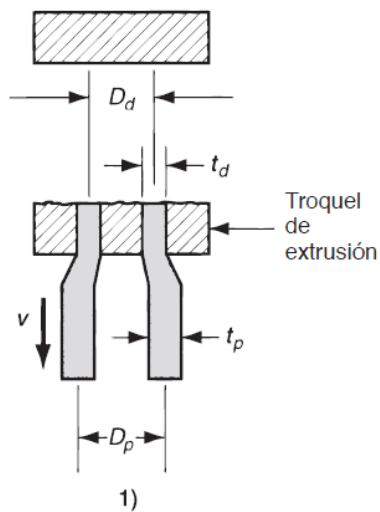


# Soplado + extrusión.



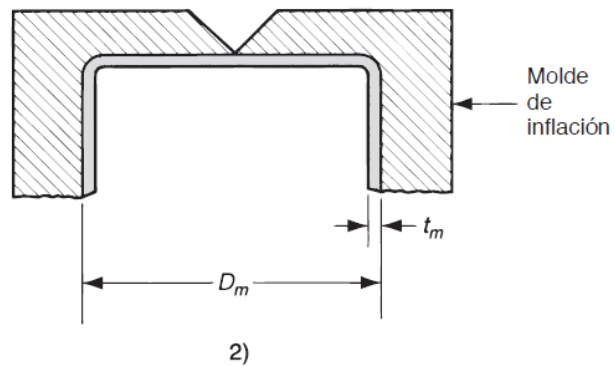


# Soplado + extrusión.



$$t_p = r_{sd}^2 t_d$$

$$\pi D_p t_p = \pi D_m t_m$$



$$t_m = \frac{D_p t_p}{D_m}$$

$$t_m = \frac{r_{sd}^3 t_d D_d}{D_m}$$

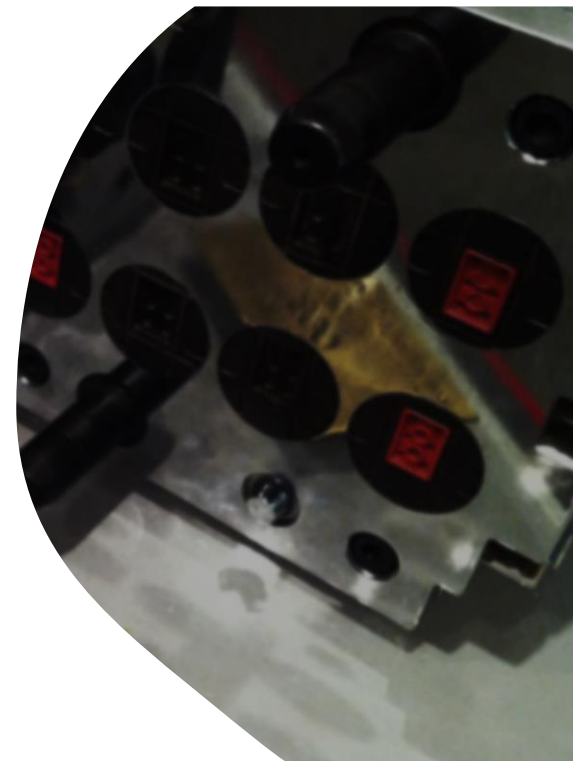
$$r_{sd} = \frac{D_p}{D_d}$$

$$r_{st} = \frac{t_p}{t_d}$$

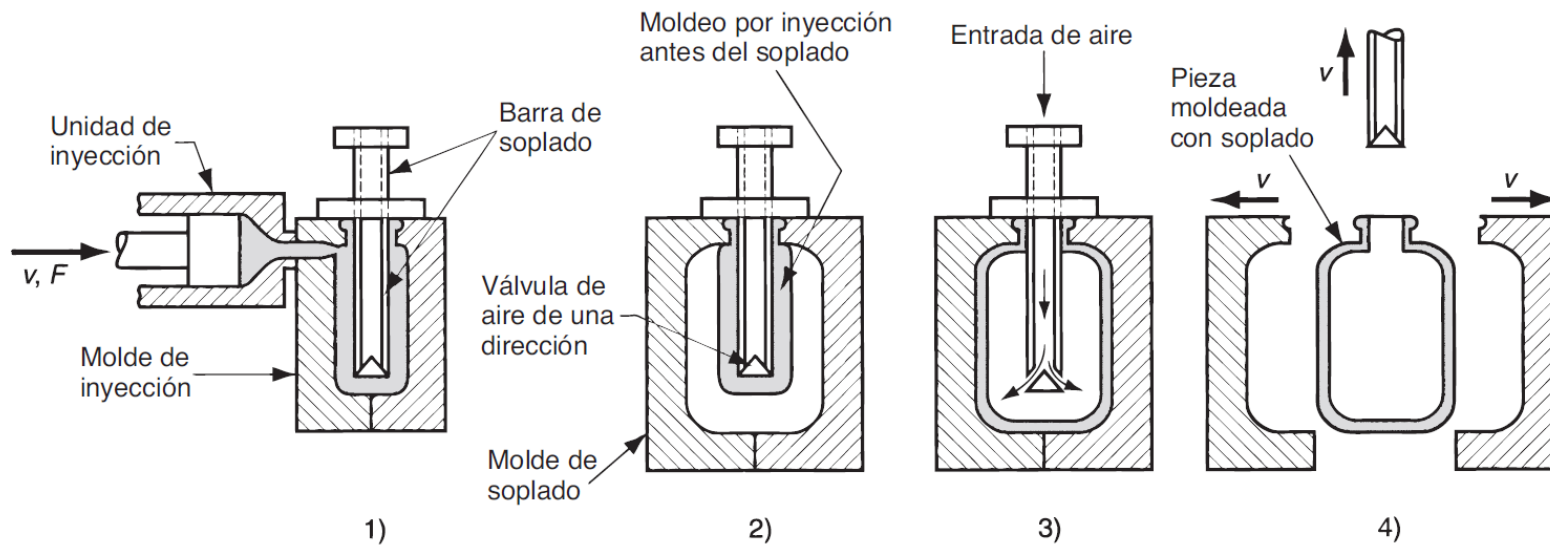
$$r_{st} = r_{sd}^2$$

$$\sigma = \frac{pD}{2t}$$

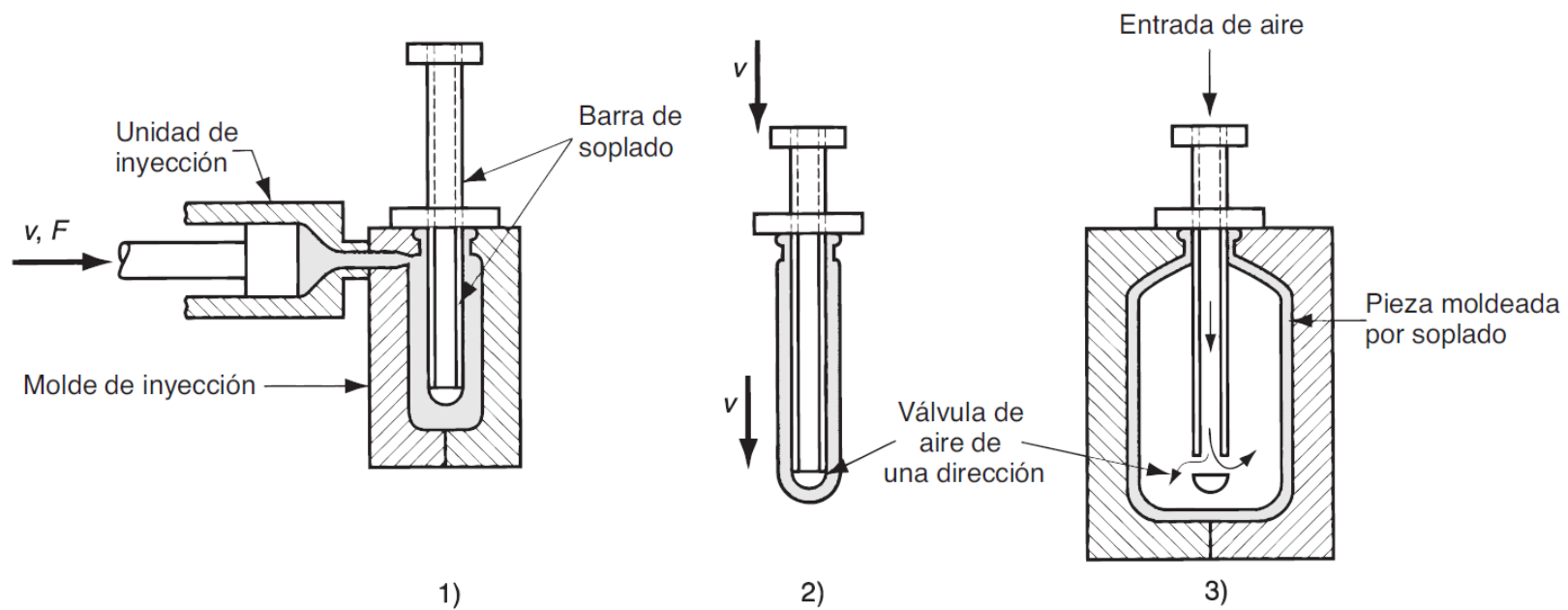
$$p = \frac{2\sigma t_m}{D_m}$$



# Soplado + Inyección.



# Soplado + Inyección.



# Contracción.

---

$$D_c = D_p + D_p S + D_p S^2$$

TABLA 13.1 Valores comunes de contracción para moldes de termoplásticos seleccionados.

Plástico	Contracción, mm/mm (in/in)
ABS	0.006
Nylon-6,6	0.020
Polycarbonato	0.007
Polietileno	0.025
Poliestireno	0.004
PVC	0.005

Compilado de la referencia [14].



# Problema 1

---

Una máquina de inyección de plástico produce piezas de **70cm<sup>3</sup>**, inyectándole a través de una unidad de inyección mixta tornillo-martinete. El barril del tornillo tiene un diámetro de **D = 40mm**, gira a **N = 0.5rev/s**, tiene una profundidad del canal de **dc = 3mm** y el ángulo de la cuerda es de  **$\theta = 20^\circ$** . La viscosidad del polímero es de  **$\eta = 60 \text{ P a} \cdot \text{s}$** , la boquilla de inyección es de **Di = 5mm** y tiene un largo de **Li = 5cm**. La fuerza que puede aplicar el sistema de martinete es de **F = 20kN**. Si la unidad de sujeción permite enfriar la pieza, liberarla y volver a cerrar la matriz en un tiempo de 20 segundos. Además el tiempo de inyección al molde es controlado únicamente por la boquilla de inyección y por último se necesita inyectar un 5% extra de plástico para llenar correderas dentro del molde.

- a) Calcule los tiempos de llenado del molde y de movimiento de material en el tornillo
- b) Estime la tasa de producción máxima que puede dar esta máquina.





# Problema 2

---

Una máquina de soplado de polietileno produce tambores de  $H = 1.5\text{m}$  de altura,  $D = 50\text{cm}$  de diámetro y  $t = 2\text{ mm}$  de espesor. La unidad de inyección es a través de tornillo y extrusor de tubo. El barril del tornillo tiene un diámetro de  $D_t = 150\text{ mm}$ , gira a  $N_t = 0.5\text{ rev/s}$ , tiene una profundidad del canal de  $d_t = 10\text{ mm}$ , un largo de  $L_t = 1.5\text{m}$  y el ángulo de la cuerda es de  $A = 20^\circ$ . La viscosidad del polímero es de  $\eta = 70\text{Pa}\cdot\text{s}$  y su razón de expansión es de  $r_s = 1.4$ , la matriz de extrusión del parison tiene un diámetro externo de  $D_m = 12\text{ cm}$  y tiene un largo de  $L_m = 6\text{ cm}$ . La unidad de soplado permite cerrar el molde, inyectar el aire comprimido, enfriar la pieza y liberarla en un tiempo de 40 segundos y además se necesita extruir un 15% extra de material para las tapas del tambor.

- Esquematiza el proceso y calcule la presión mínima de aire a inyectar, si el esfuerzo de fluencia del parison a la salida del extrusor es de  $\sigma_y = 12\text{ MPa}$
- Estime la tasa de producción máxima que puede dar esta máquina.

