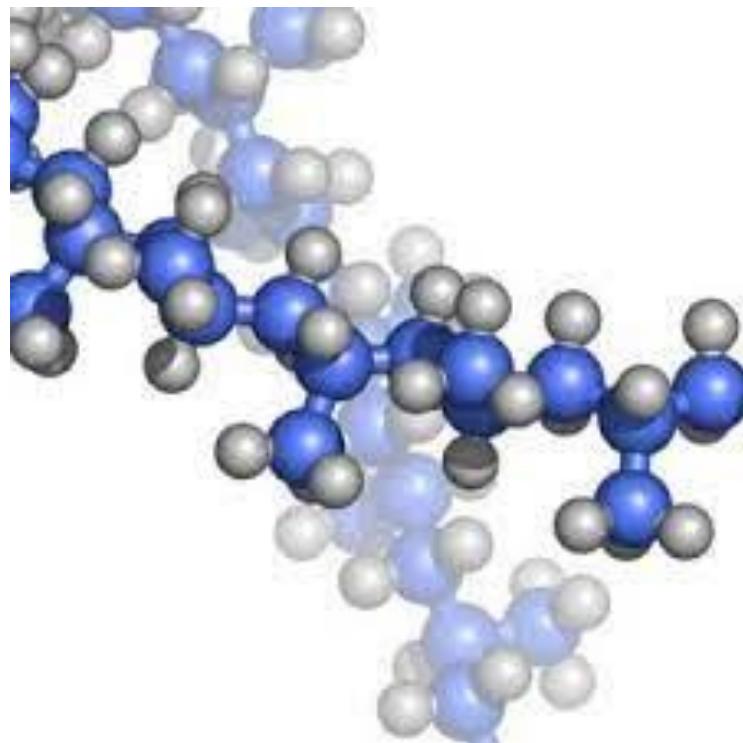


Ciencias de los Materiales



¿Qué son los polímeros?

Los **polímeros** son macromoléculas (generalmente orgánicas formadas por una unión de **enlaces covalentes** de una o más unidades simples llamadas **monómeros**.



¿Dónde encontramos polímeros en nuestra vida diaria?

Polímeros Naturales: provenientes directamente del reino animal o vegetal. Estos materiales incluyen madera, caucho, lana, cuero y seda. Otros, tales como las proteínas, las enzimas, los almidones y la celulosa tienen importancia en los procesos bioquímicos y fisiológicos de plantas y animales.

EJEMPLOS DE POLÍMEROS NATURALES



¿Dónde encontramos polímeros en nuestra vida diaria?

Polímeros Sintéticos: son los que se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materias primas de bajo peso molecular. Ej: Polietileno, polipropileno, nylon, PVC, etc.



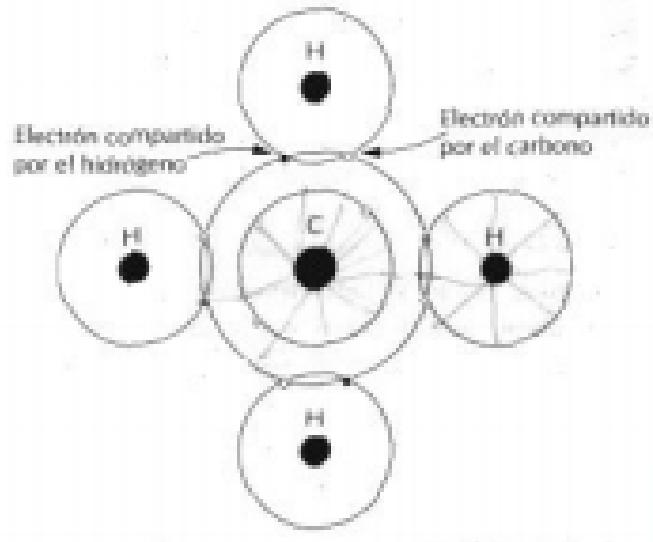
¿Qué propiedades tienen? ¿Ventajas?



- ✓ Resistencia a la corrosión y a los productos químicos.
- ✓ Baja conductividad eléctrica y térmica.
- ✓ Baja densidad.
- ✓ Elevada relación resistencia a peso, particularmente cuando es reforzado.
- ✓ Reducción de ruido.
- ✓ Amplia selección de colores y transparencias.
- ✓ Facilidad de manufactura y posibilidades de diseños complejos.
- ✓ Costo relativamente bajo.
- ✓ Otros que pueden o no ser deseables, dependiendo de la aplicación como resistencia y rigidez reducida, elevado coeficiente de dilatación térmica, bajo rango de temperatura útil, y menor estabilidad dimensional en servicio a través del tiempo.

ESTRUCTURA DE LOS POLÍMEROS

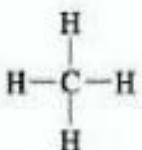
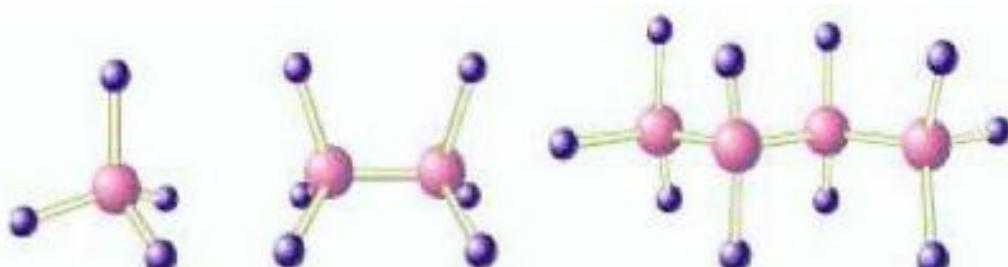
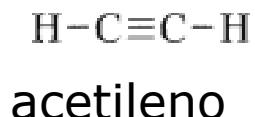
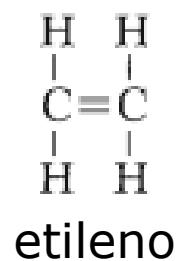
Moléculas de Hidrocarburos



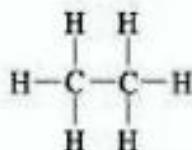
Moléculas de Hidrocarburos

Moléculas de compuestos parafínicos

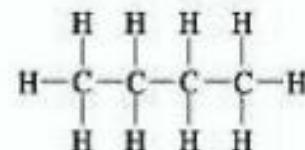
Moléculas insaturadas



Metano (CH_4)



Etano (C_2H_6)

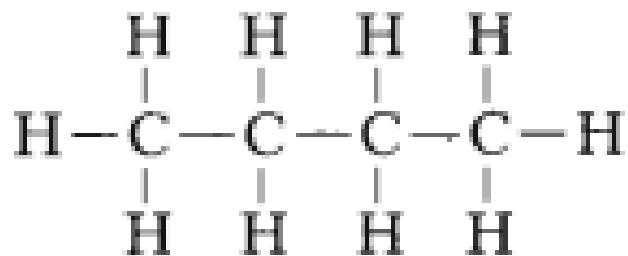


Butano (C_4H_{10})

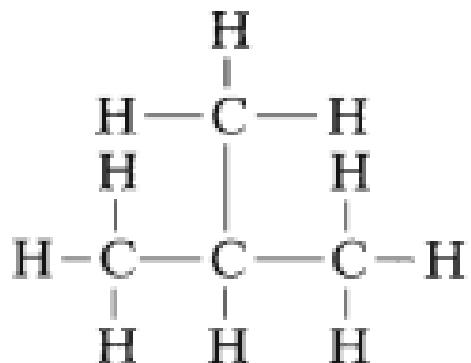
ESTRUCTURA DE LOS POLÍMEROS

Moléculas de Hidrocarburos

Isómeros: hidrocarburos con la misma composición química y distinta disposición atómica



butano

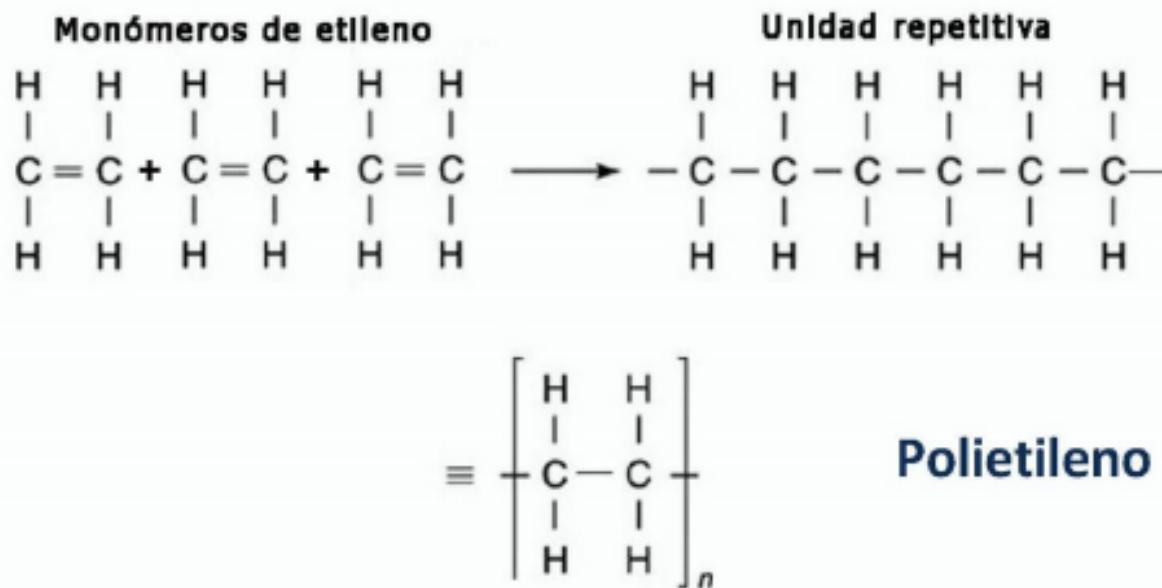


isobutano

Polímeros - Definición

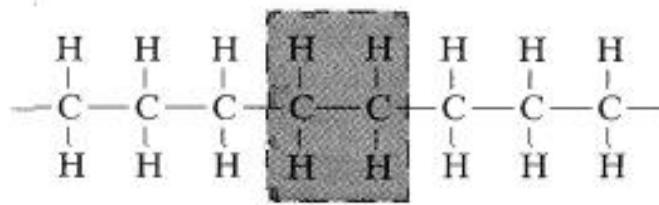
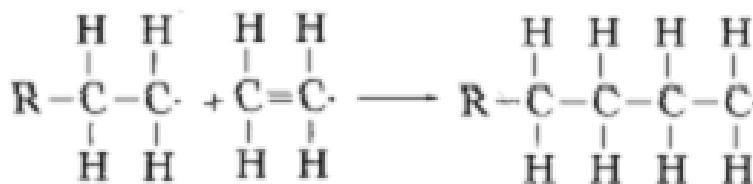
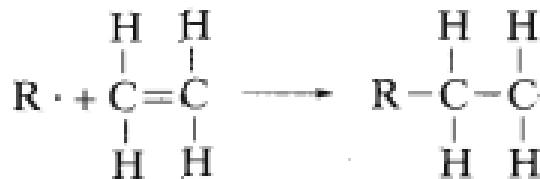
Un **polímero** es una molécula muy grande o **macromolécula** constituida por la unión repetida de moléculas más pequeñas a través de enlaces covalentes.

La molécula que se repite a lo largo de la cadena polimérica se denomina **“mero”** «**Monómero**» y la reacción por la cual los **“meros”** se unen entre sí para formar el polímero se denomina reacción de **“polimerización”**.



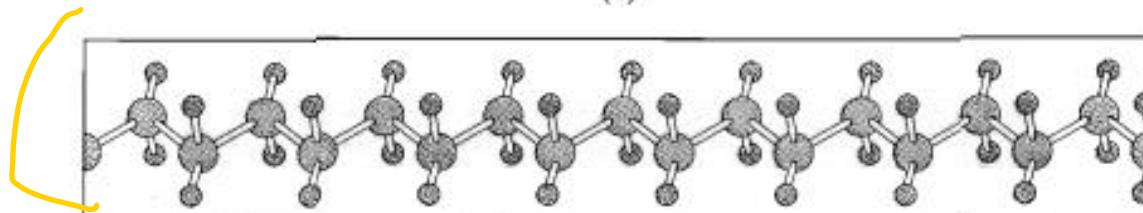
Química de las moléculas poliméricas

R representa radicales orgánicos: grupos de átomos que permanecen como una simple unidad y mantienen su identidad durante las reacciones químicas. Actúa como catalizador o iniciador.



Unidad monomérica

(a)



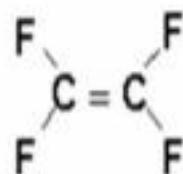
(b)

Química de las moléculas poliméricas

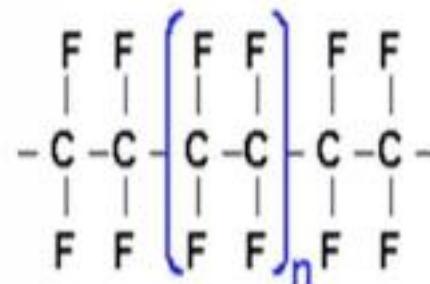
MONÓMERO

polimerización

POLÍMERO



polimerización



Monómero: tetrafluoretileno

Polímero: teflón



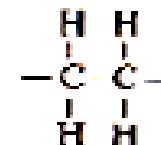
Recubrimientos de teflón

Estructuras de unidades monoméricas

POLIETILENO (PE)



Unidad monomérica



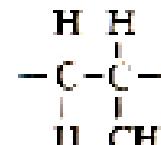
PVC



**POLITETRAFLUORUROETILENO
(PTFE)**



POLIPROPILENO (PP)

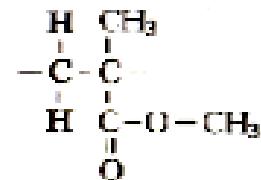


POLIESTIRENO(PS)

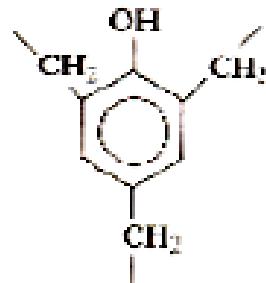


Estructuras de unidades monoméricas

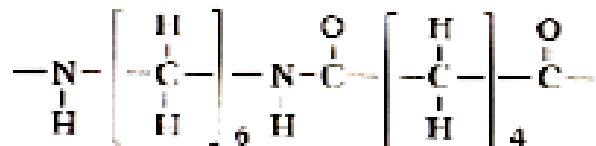
POLI(METACRILATO DE METILO) (PMMA)



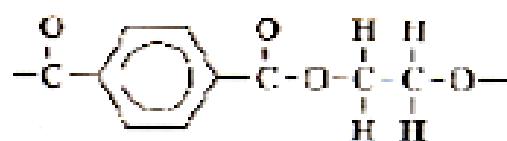
FENOLFORMALDEHIDO



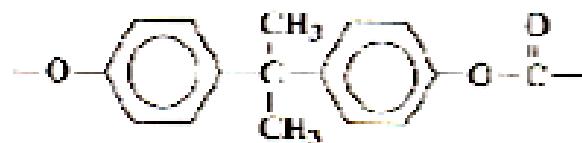
**POLIHEXAMETILENADIPAMIDA
(NILON 66)**



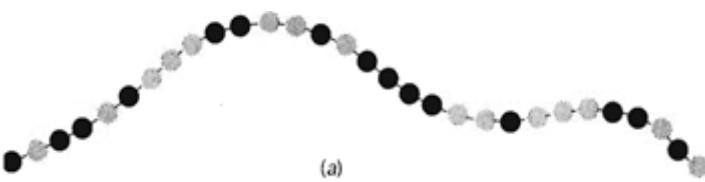
TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)



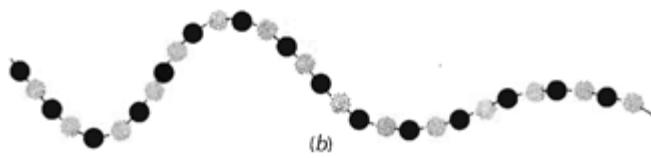
POLICARBONATO



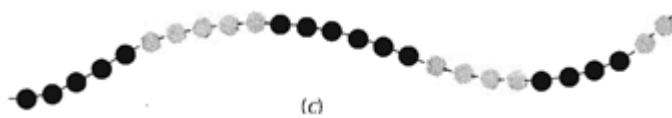
Copolímeros



Al azar



Alternando



En bloque

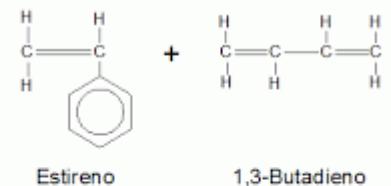


En injerto

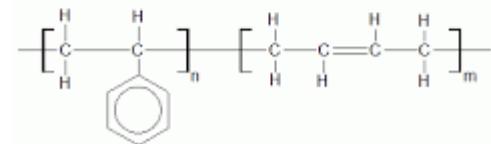
Copolímeros

Tabla 15.5 Unidades monoméricas utilizadas como copolímeros del caucho

Nombre de la unidad monomérica	Estructura de la unidad monomérica
Acrilonitrilo	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{C}\equiv\text{N} \end{array}$
Estireno	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{C}_6\text{H}_4 \end{array}$
Butadieno	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ -\text{C} & -\text{C} & =\text{C} & -\text{C}- \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & & \text{H} \end{array}$
Cloropreno	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{Cl} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ -\text{C} & -\text{C} & =\text{C} & -\text{C}- \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & & \text{H} \end{array}$
cis-Isopreno	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ -\text{C} & -\text{C} & =\text{C} & -\text{C}- \\ & & & \\ \text{H} & & & \text{H} \end{array}$
Isobutileno	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{CH}_3 \end{array}$
Dimetilsiloxano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{Si} & -\text{O}- \\ & \\ \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \end{array}$

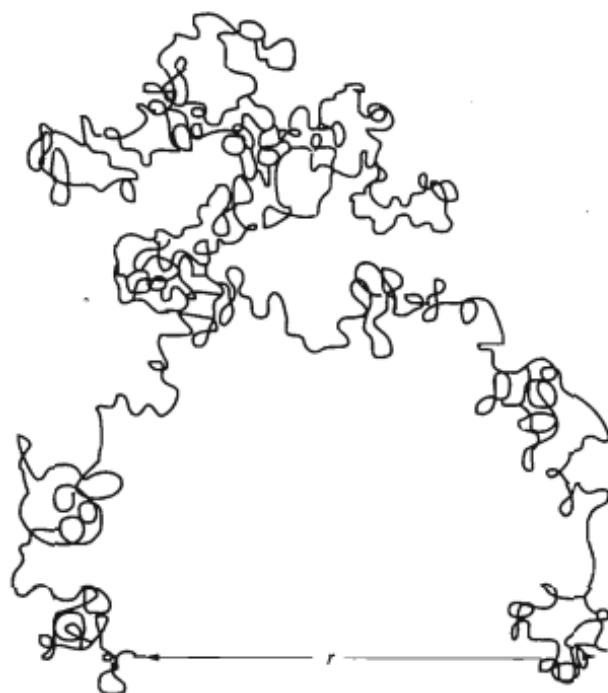
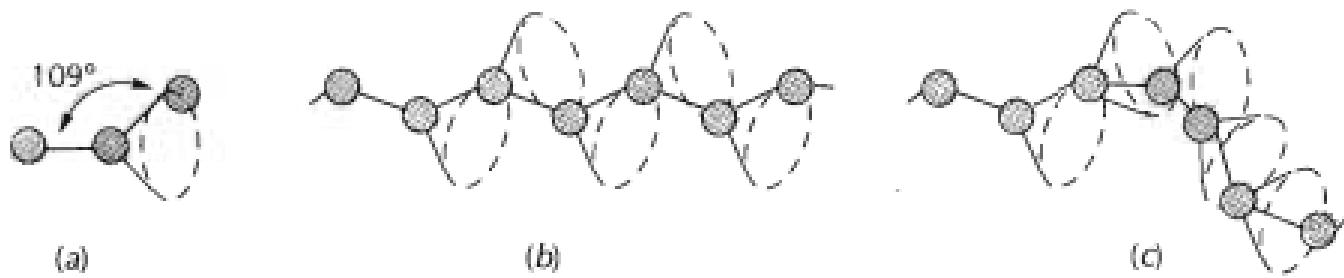


Estireno + 1,3-Butadieno



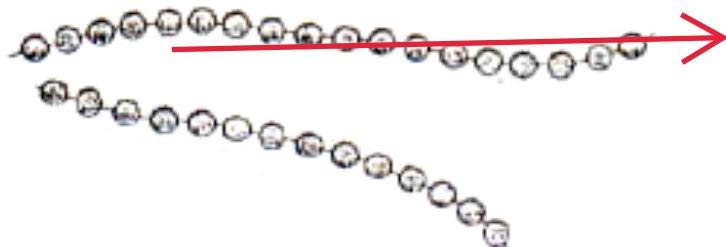
Caucho SBR

Forma molecular



Representación esquemática de una cadena molecular que tiene numerosos pliegues producidos por las rotaciones de los enlaces

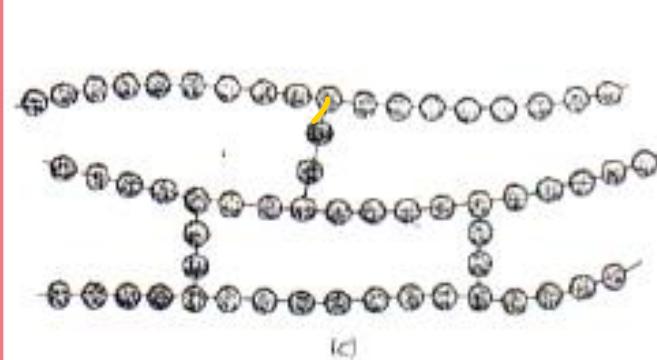
Representación esquemática de estructuras moleculares



■ lineal



■ ramificada



(c)

■ entrecruzada



(d)

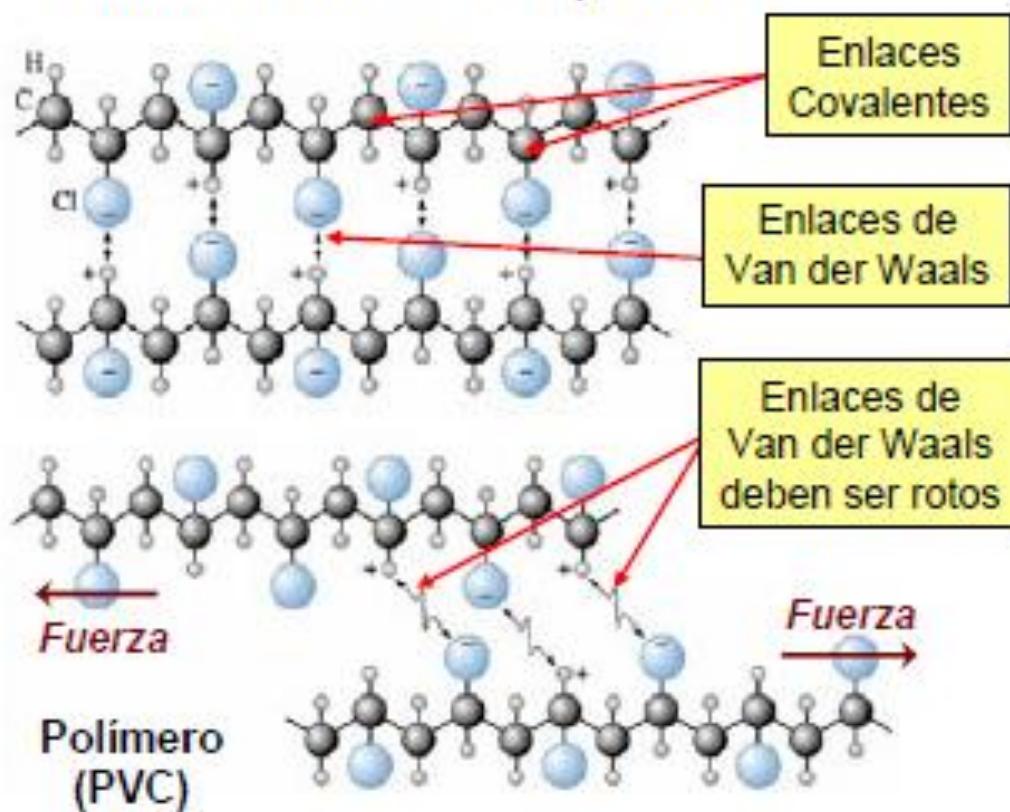
■ reticulada

Enlaces en los Polímeros

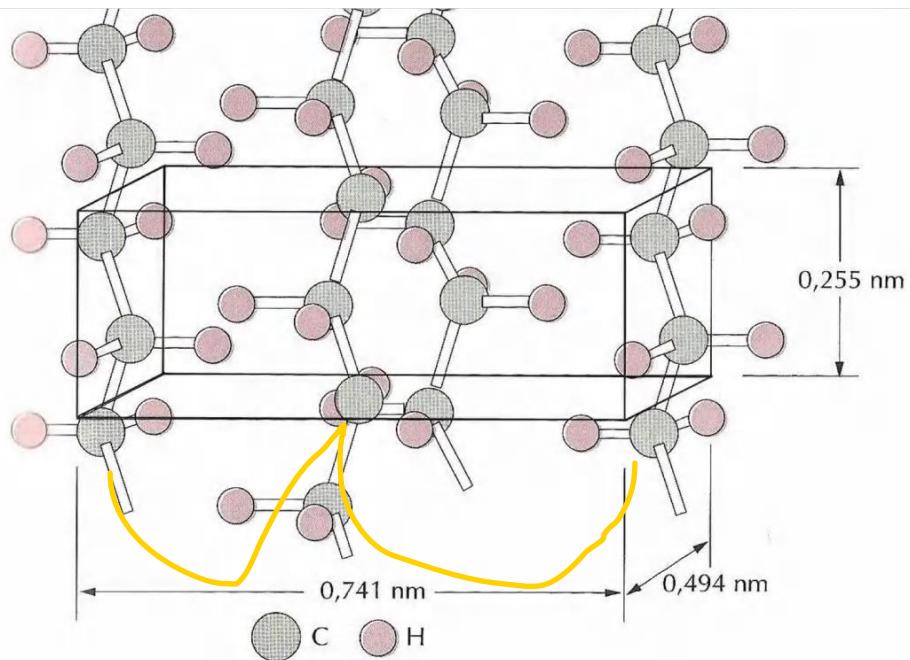
Enlace de Van der Waals



- Unión entre dos moléculas polarizadas



Cristalinidad de los Polímeros



Disposición de cadenas moleculares de una celdilla unidad de polietileno.

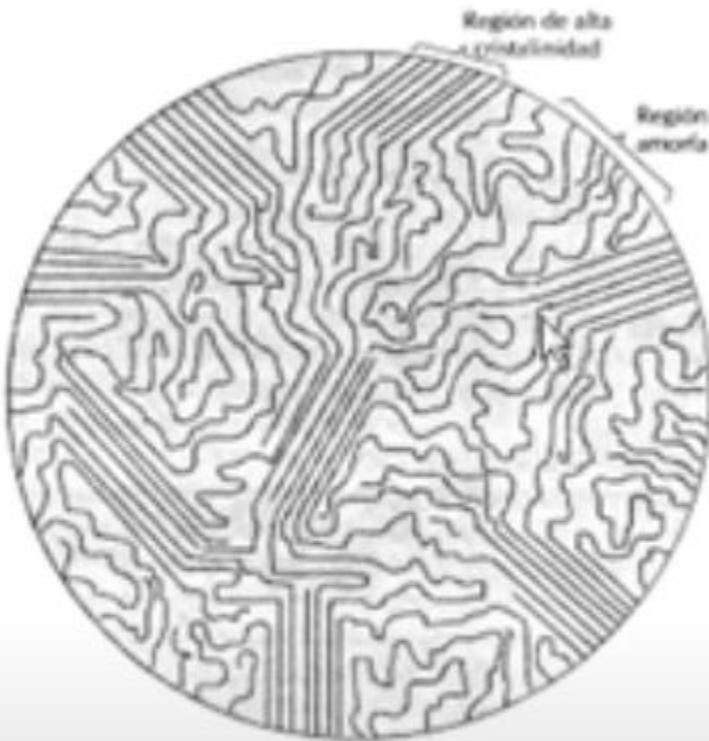
Se forman en disolución

Grado cristalinidad

**Velocidad Enfriamiento
en la solidificación**

**Configuración cadenas
poliméricas**

Cristalinidad de los Polímeros

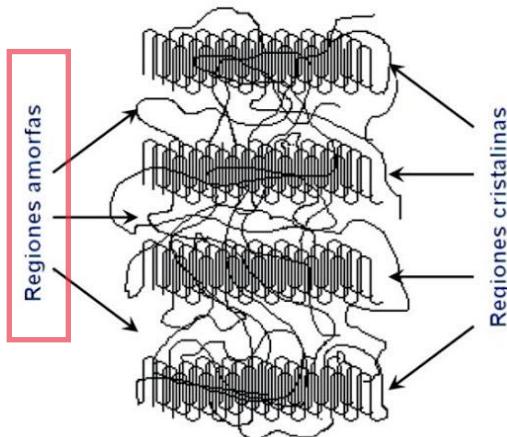


Modelo de micela con flecos de un polímero **semicristalino**, mostrando las regiones cristalina y amorfa

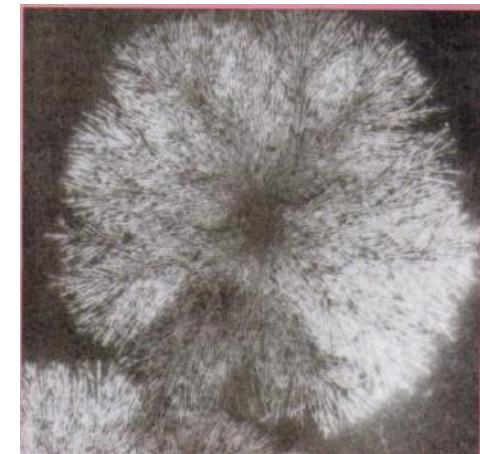
Cristales poliméricos



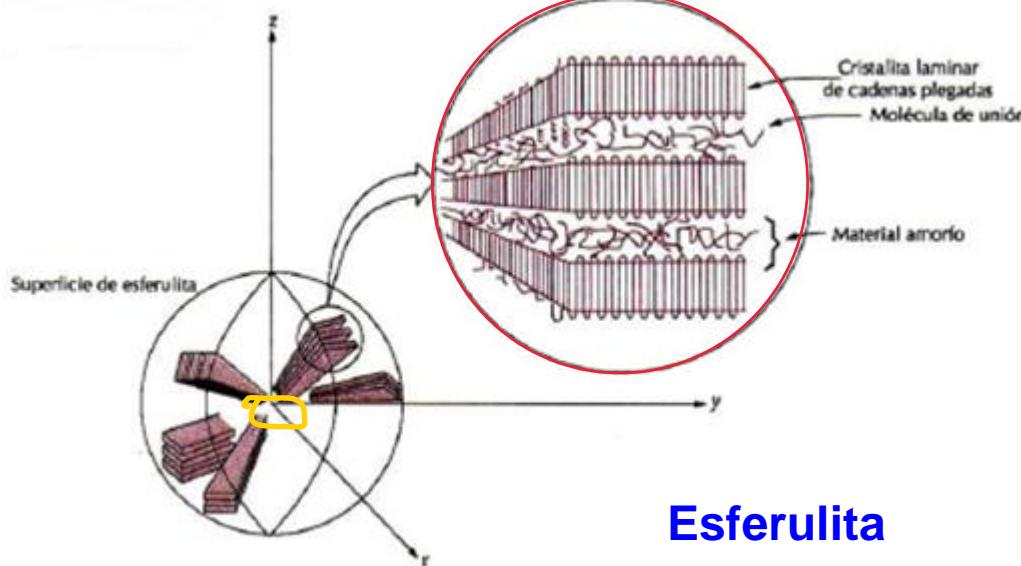
Laminillas



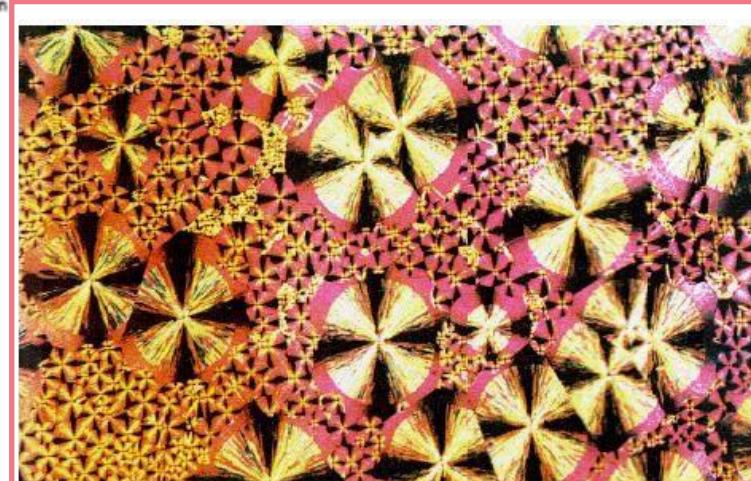
Cristalitas



Esferulita

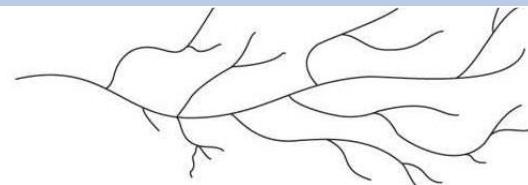


Esferulita



Cristalinidad de los Polímeros

TIPO DE POLÍMERO ➔	<u>PEBD</u>	<u>PEAD</u>
Grado de cristalinidad	55%	92%
Densidad	0.92	0.96
Módulo de elasticidad	140 MPa (20,000 lb/in ²)	700 MPa (100,000 lb/in ²)
Temperatura de fusión	115°C (239°F)	135°C (275°F)



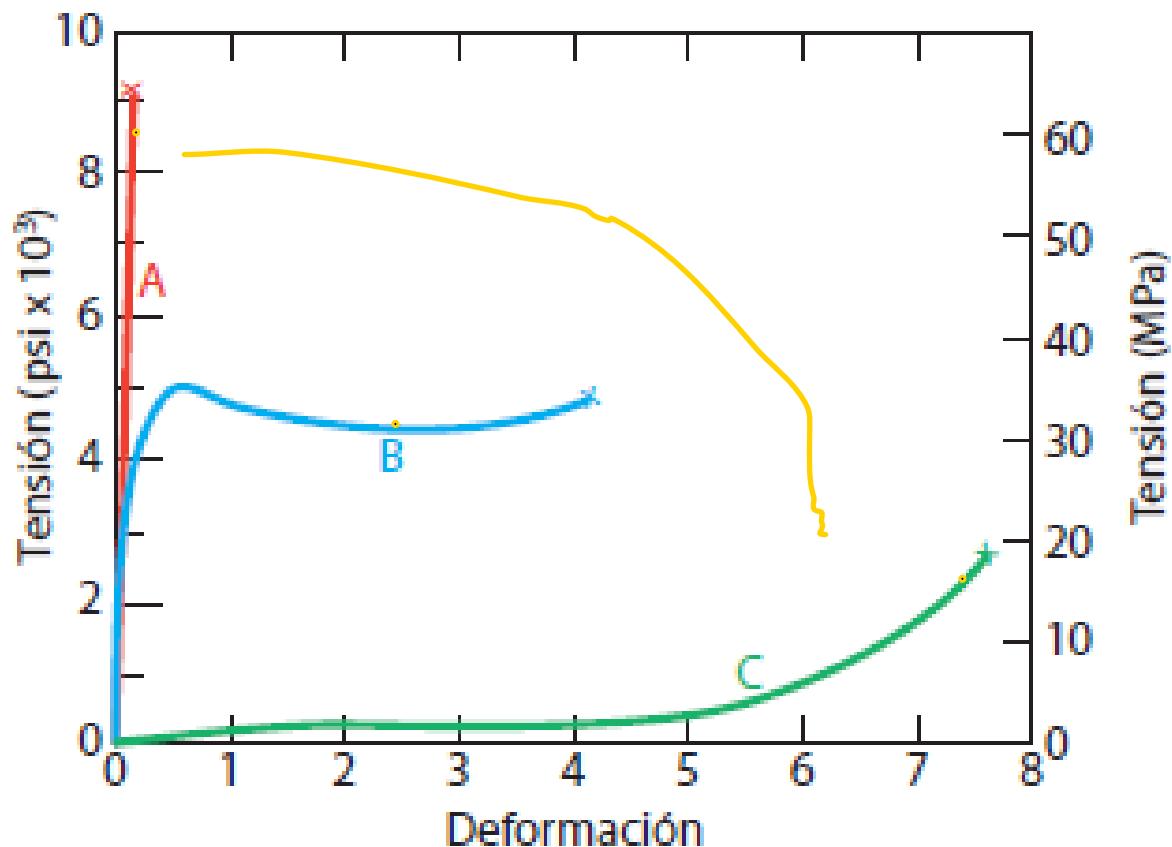
Características Mecánicas y Termomecánicas

Comportamiento Esfuerzo -Deformación

A - Frágiles

B- Dúctiles o tenaces

C- Elastómeros

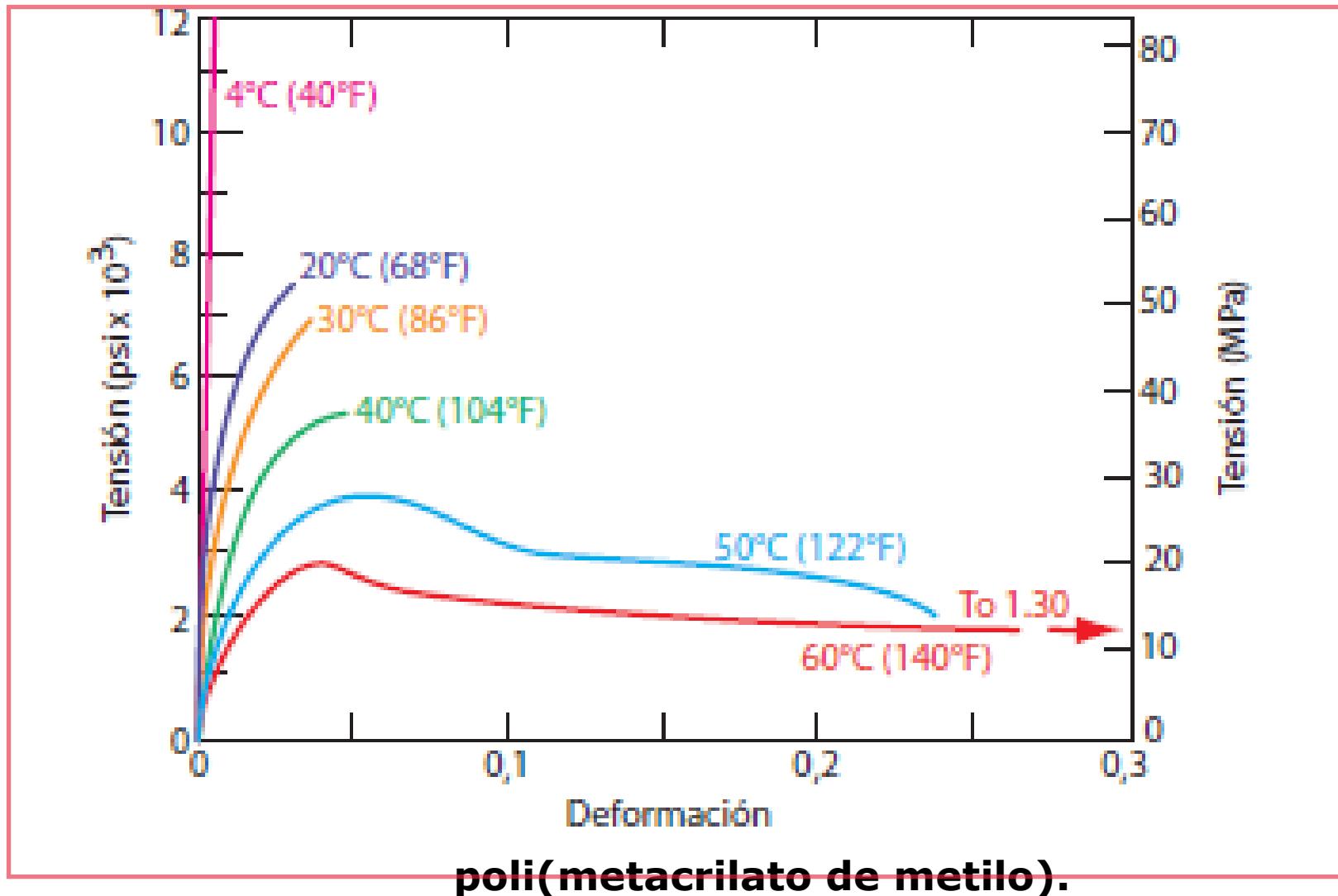


Características Mecánicas

La mayoría de las propiedades mecánicas son sensibles a:

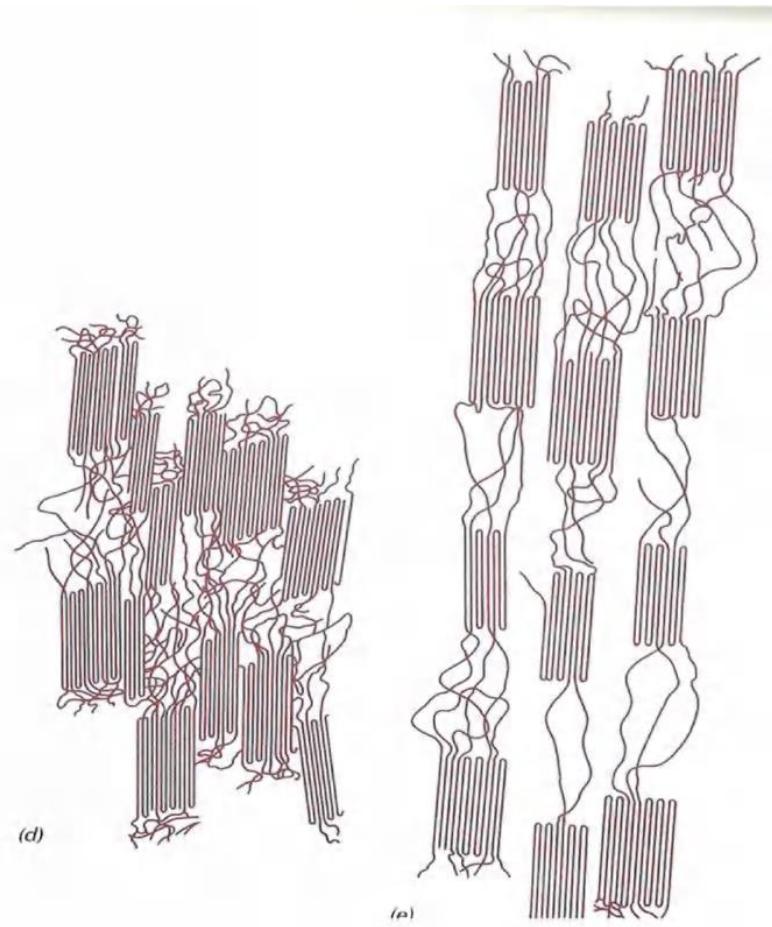
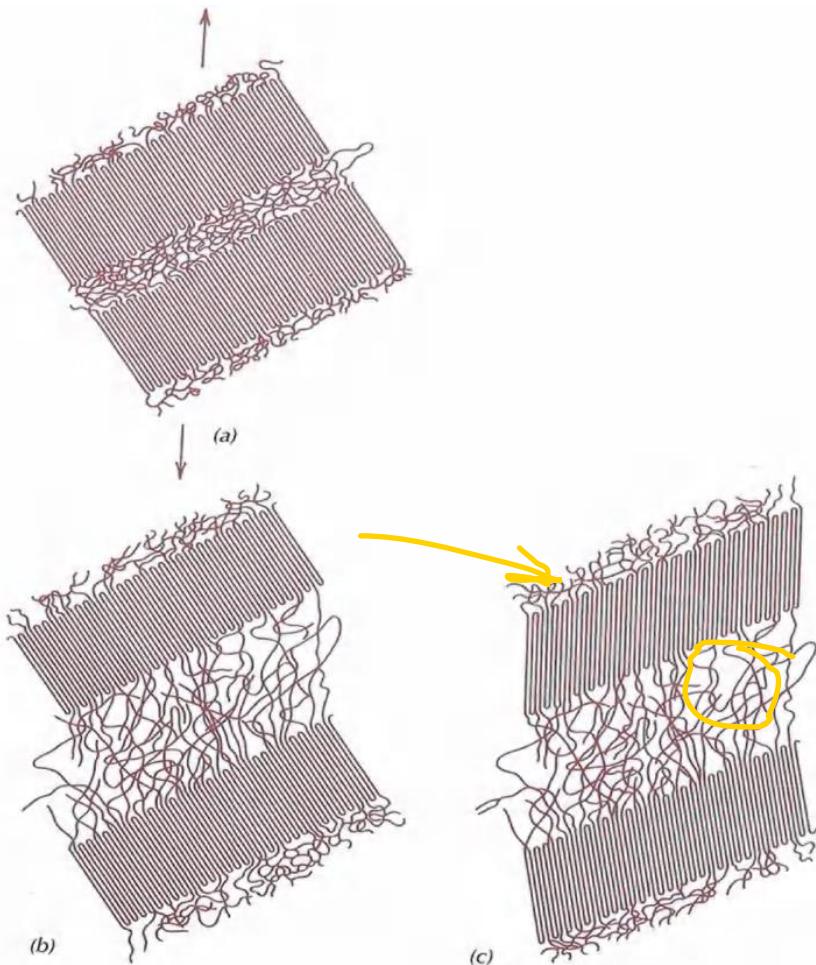
- ✓ Temperatura
- ✓ Velocidad de deformación
- ✓ Naturaleza del medio (presencia de agua, solvente inorgánico)

Efecto de la temperatura en el Gráfico Tensión- Deformación



Deformación de los Polímeros Semicristalinos

□ Mecanismo



Comportamiento mecánico de los polímeros semicristalinos

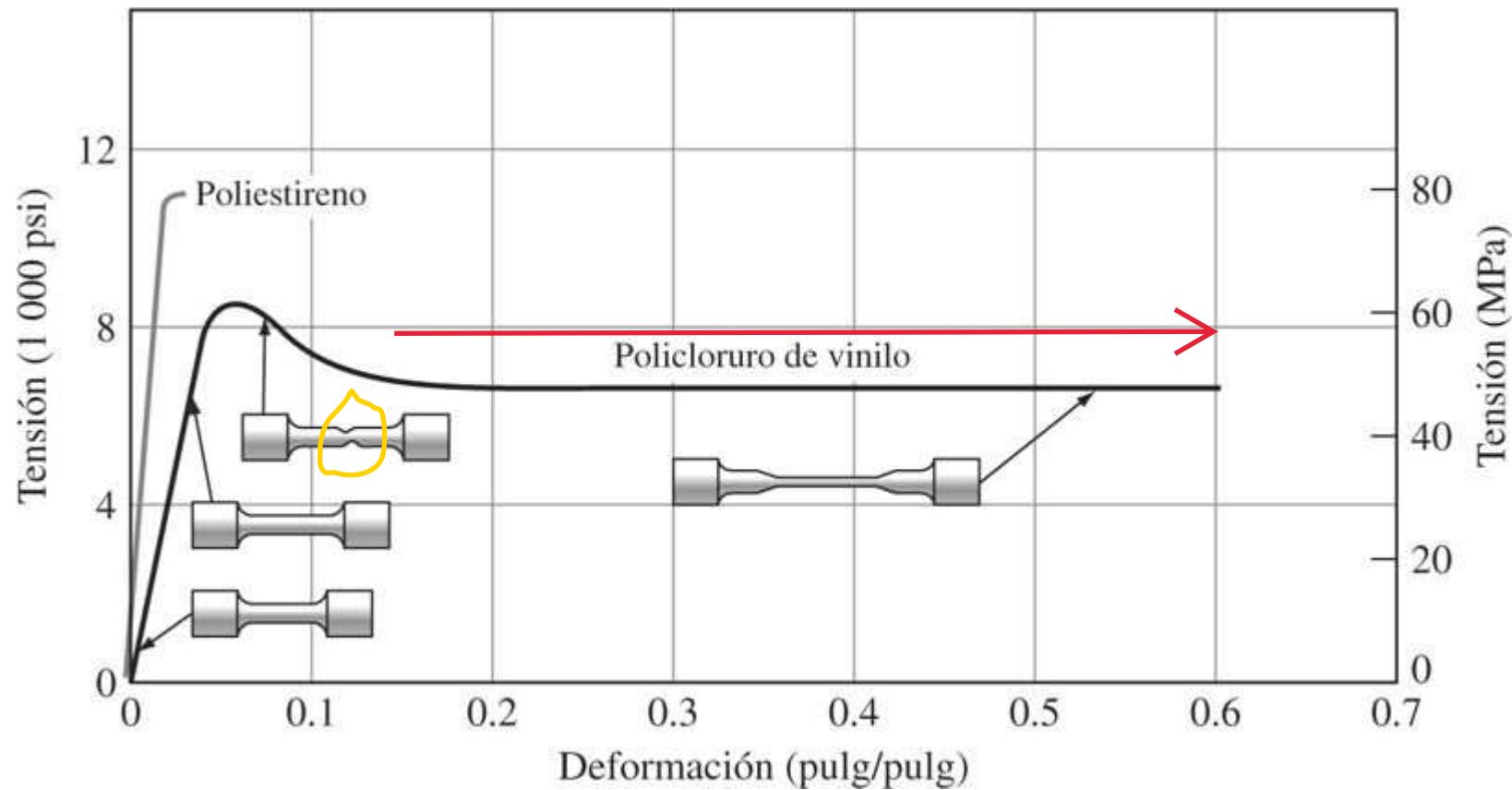
Influencia de las características de las cadenas moleculares

Aumentar el grado de entrecruzamiento

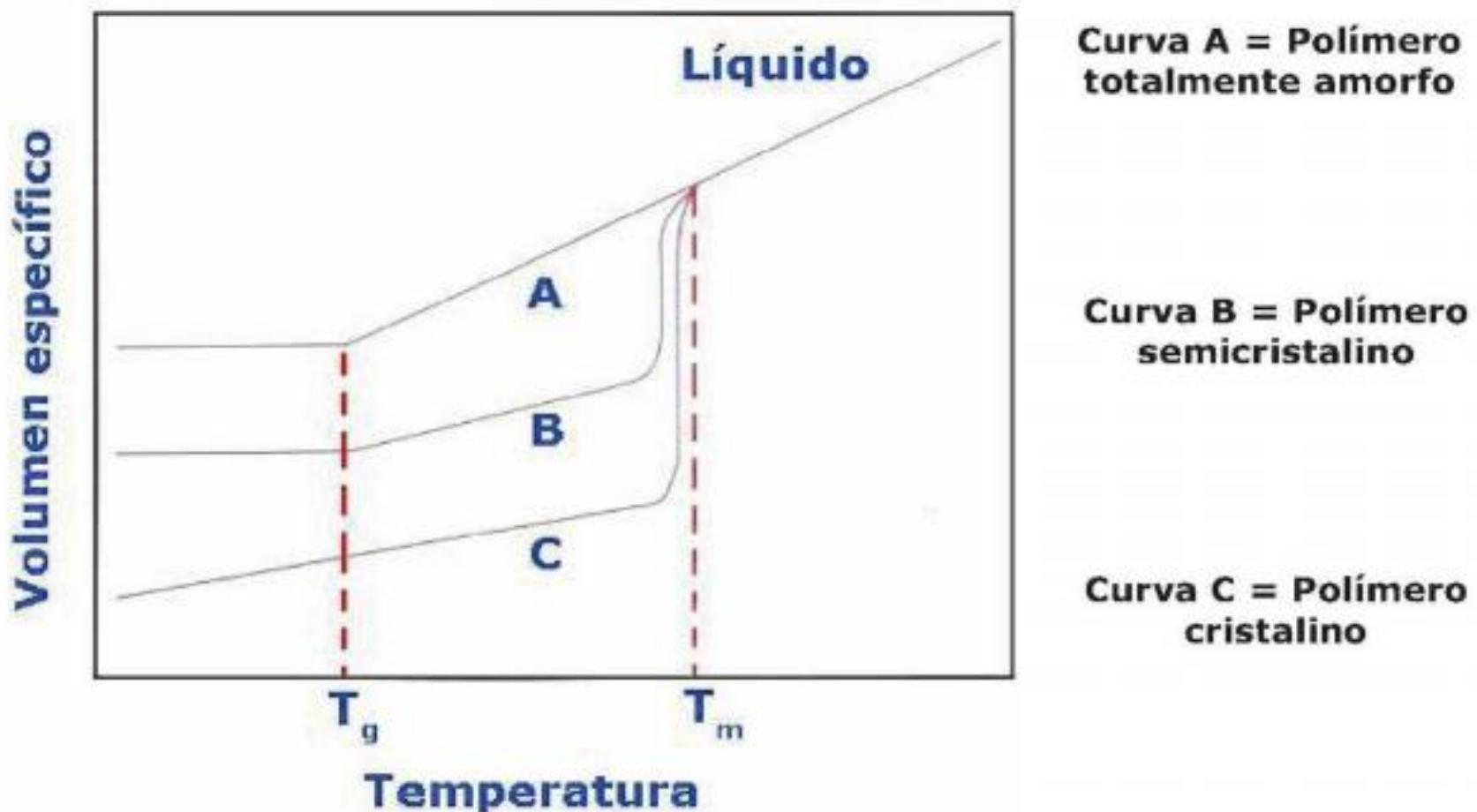
Grado de cristalinidad (enlaces secundarios)

Peso Molecular

Deformación Macroscópica



Fusión y Fenómeno de Transición Vítrea



Factores que Influyen en las Temperaturas de Fusión y de Transición Vítrea

Temperatura de fusión

- Elementos estructurales que debilitan los enlaces secundarios – Menor Tf
- Mayor grado de ramificación de las cadenas – Menor Tf
- Mayor Peso Molecular o longitud de las cadenas – Mayor Tf

Temperatura de Transición Vítreo

• Flexibilidad

• Grandes grupos atómicos

• Entrecruzamiento

VISCOELASTICIDAD



Carga

t_0 Tiempo t_f

(a)

Deformación

t_0 Tiempo t_f

(b)

■ Aplicación instantánea

■ Respuesta totalmente elástica

Deformación

t_0 Tiempo t_f

(c)

Deformación

t_0 Tiempo t_f

(d)

■ Respuesta viscoelástica

■ Respuesta viscosa

POLÍMEROS

TERMOPLÁSTICOS

Polietileno AD y BD
Polipropileno
Poliéster
Policarbonato

TERMOESTABLES

Fenólicos
Epóxicos
Uretanos
Aminas
Furanos

ELASTÓMEROS

Policloropreno
Polibutadieno
Polisopreno
Silicon

Polímeros Termoplásticos

- ✓ Se ablandan al calentarse (a veces funden) y se endurecen al enfriarse
- ✓ Procesos son totalmente reversibles y pueden repetirse.
- ✓ Normalmente se fabrican con aplicación simultánea de calor y presión.
- ✓ Degradación irreversible se produce cuando la temperatura se eleva de forma tal que las vibraciones moleculares pueden romper los enlaces covalentes.
- ✓ Relativamente blandos y dúctiles.
- ✓ La mayoría de los polímeros lineales y los que tienen estructuras ramificadas con cadenas flexibles son termoplásticos.
- ✓ Por ej: polietileno, nylons, cloruro de polivinilo.

Algunas propiedades básicas de Termoplásticos de Uso General

Tabla 10.2 Algunas propiedades de termoplásticos selectos de uso general

Material	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tensión (× 1 000 psi)*	Resistencia al impacto, Izod (pie · lb/pulg)†	Resistencia dieléctrica (V/mil)‡	Temp. máx. de uso (sin carga)	
					°F	°C
Polietileno:						
Baja densidad	0.92-0.93	0.9-2.5		480	180-212	82-100
Alta densidad	0.95-0.96	2.9-5.4	0.4-14	480	175-250	80-120
PVC clorado, rígido	1.49-1.58	7.5-9	1.0-5.6		230	110
Polipropileno, uso general	0.90-0.91	4.8-5.5	0.4-2.2	650	225-300	107-150
Estireno-acrilonitrilo (SAN)	1.08	10-12	0.4-0.5	1775	140-220	60-104
ABS, uso general	1.05-1.07	5.9	6	385	160-200	71-93
Acrílico, uso general	1.11-1.19	11.0	2.3	450-500	130-230	54-110
Acetatos celulósicos	1.2-1.3	3-8	1.1-6.8	250-600	140-220	60-104
Politetrafluoroetileno	2.1-2.3	1-4	2.5-4.0	400-500	550	288

*1 000 psi = 6.9 MPa.

†Prueba Izod con muesca; 1 pie · lb/pulg = 53.38 J/m.

‡1 V/mil = 39.4 V/mm.

Fuente: *Materials Engineering*, mayo de 1972.

Algunas propiedades básicas de Termoplásticos de Ingeniería

Tabla 10.5 Algunas propiedades de los termoplásticos de ingeniería seleccionados

Material	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tensión (× 1 000 psi)*	Resistencia al impacto, Izod (pie · lb/pulg)†	Resistencia dieléctrica (V/mil)‡	Temp. máx. de uso (sin carga)	
					°F	°C
Nylon 6,6	1.13-1.15	9-12	2.0	385	180-300	82-150
Poliacetal, homo.	1.42	10	1.4	320	195	90
Policarbonato	1.2	9	12-16	380	250	120
Poliéster:						
PET	1.37	10.4	0.8	...	175	80
PBT	1.31	8.0-8.2	1.2-1.3	590-700	250	120
Óxido de polifenileno	1.06-1.10	7.8-9.6	5.0	400-500	175-220	80-105
Polisulfona	1.24	10.2	1.2	425	300	150
Sulfuro de polifenileno	1.34	10	0.3	595	500	260

*1 000 psi = 6.9 MPa.

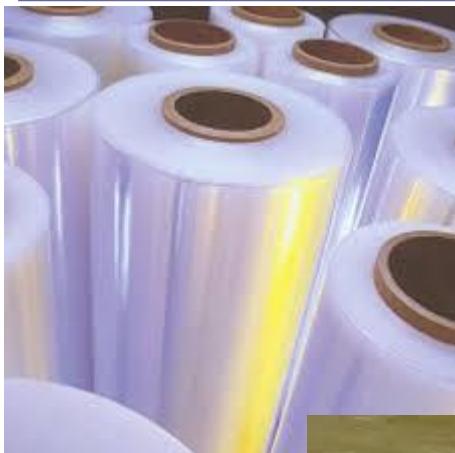
†Prueba Izod con muesca: 1 pie · lb/pulg = 53.38 J/m.

‡1 V/mil = 39.4 V/mm.

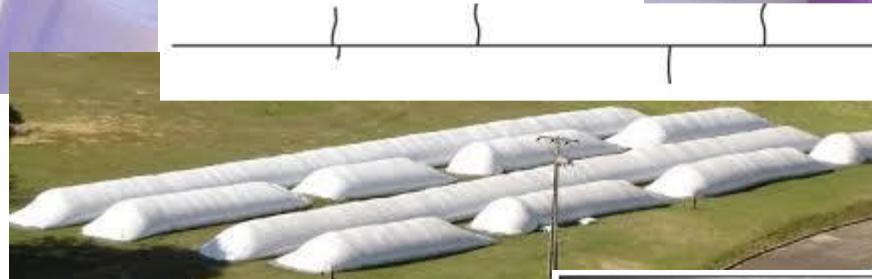
Tabla 2: Marcas registradas, características y típicas aplicaciones de algunos materiales plásticos.

<i>Tipo de material</i>	<i>Marcas registradas</i>	<i>Características de las principales aplicaciones</i>	<i>Aplicaciones típicas</i>
Termoplásticos			
Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)	Marbon, Cycolac, Lustran, Abson	Gran resistencia y tenacidad; resistente a la distorsión térmica; buenas propiedades eléctricas; inflamable y soluble en disolventes orgánicos.	Recubrimiento de interiores de frigoríficos; máquinas para cortar el césped y equipos de jardinería, juguetes y dispositivos de seguridad de carreteras.
Acrílicos [polimetacrilato de metilo]	Lucite, Plexiglas	Extraordinaria transmisión de la luz y resistencia a la degradación ambiental; propiedades mecánicas regulares.	Lentes, ventanas de avión, material para dibujar, letreros exteriores.
Fluorocarbonos (PTFE o TFE)	Teflon TFE, Halon TFE	Químicamente inertes en la mayoría de los ambientes; excelentes propiedades eléctricas; bajo coeficiente de fricción; se pueden utilizar hasta los 260°C; nula o despreciable fluencia a temperatura ambiente.	Aislamientos anticorrosivos, tuberías y válvulas químicamente resistentes, cojinetes, recubrimientos antiadherentes, componentes eléctricos expuestos a altas temperaturas.
Nilones	Zytel, Plaskon	Buenas resistencias mecánica y a la abrasión y tenacidad; bajo coeficiente de fricción; absorbentes del agua y de otros líquidos.	Cojinetes, engranajes, levas, palancas y recubrimientos de alambres y cables.
Policarbonatos	Merlon, Lexan	Dimensionalmente estables; baja absorción del agua; transparencia; gran resistencia al impacto y ductilidad; extraordinaria resistencia química.	Cascos de seguridad, lentes, globos para alumbrado, bases para películas fotográficas.
Polietileno	Alathon.Petrothene, Hi-fax	Químicamente resistentes y eléctricamente aislantes; blandos y bajo coeficiente de fricción; baja resistencia mecánica y poca resistencia a la degradación ambiental.	Botellas flexibles, juguetes, vasos, carcasa de pilas, cubiteras, láminas para embalaje.
Polipropileno	Pro-fax, Tenite, Moplen	Resistencia a la distorsión térmica; excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la fatiga; químicamente inerte; relativamente barato; poca resistencia a la radiación ultravioleta.	Botellas esterilizables, láminas para embalaje, televisores, maletas.
Poliestireno	Styron.Lustrex, Rexolite	Excelentes propiedades eléctricas y claridad óptica; buena estabilidad térmica y dimensional; relativamente económico.	Tejados, electrodomésticos, carcasa de pilas, juguetes, paneles de alumbrado doméstico.
Vinilos	PVC, Pliovjc, Saran, Tygon	Materiales para aplicaciones generales y económicas; ordinariamente rígidos pero con plastificantes se vuelve flexible; a menudo copolimerizado: susceptible a la distorsión térmica.	Recubrimientos de suelos, tuberías, recubrimientos aislantes de hilos eléctricos, mangas de riego, discos fonográficos.
Poliéster (PET)	Mylar, Celanar, Dacron	Una de las películas plásticas más blandas; excelentes resistencias a la fatiga, a la torsión, a la humedad, a los ácidos, a los aceites y a los disolventes.	Cintas magnetofónicas, paños, encordelado de neumáticos.

Polímeros Termoplásticos

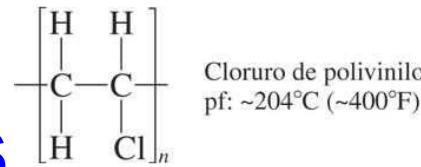


**Polietileno
PEAD -PEBD**



Químicamente resistentes y eléctricamente aislantes; blandos y bajo coeficiente de fricción; baja resistencia mecánica y poca resistencia a la degradación ambiental.





Polímeros Termoplásticos



Policloruro de vinilo - PVC



Según los aditivos que se agregan:

Átomos
grandes de Cl



Amorfos

PVC Rígido

Tinglados
Canaletas
Molduras
Adornos

PVC Plastificado

Tapicería
Cortinas de baños
Protectores de autos
Recubrimientos de paredes
interiores
Impermeables

Polímeros Termoplásticos



Polipropileno PP

Resistencia a la distorsión térmica; excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la fatiga; químicamente inerte; relativamente barato; poca resistencia a la radiación ultravioleta.



Polímeros Termoplásticos

Poliestireno PS

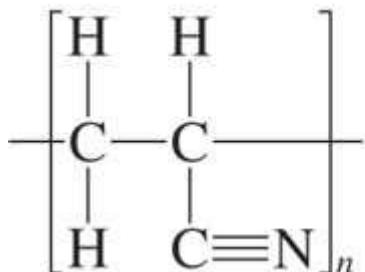


Excelentes propiedades eléctricas y claridad óptica; buena estabilidad térmica y dimensional; relativamente económico.



Polímeros Termoplásticos

Poliacrilonitrilo PAN



Poliacrilonitrilo
(no funde)



Estireno - acrilonitrilo SAN



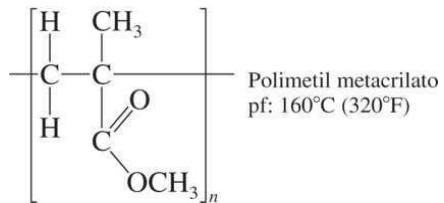
Acrilonitrilo-butadieno-estireno
ABS



El **acrilonitrilo** provee resistencia térmica y química, y dureza; el **butadieno** proporciona resistencia al impacto; y el **estireno** imparte brillo superficial, rigidez y facilidad de procesado.

Polímeros Termoplásticos

Polimetil metacrilato PMMA



Plexiglas o Lucite



acrílicos.



Extraordinaria transmisión de la luz y resistencia a la degradación ambiental; propiedades mecánicas regulares.

Polímeros Termoplásticos

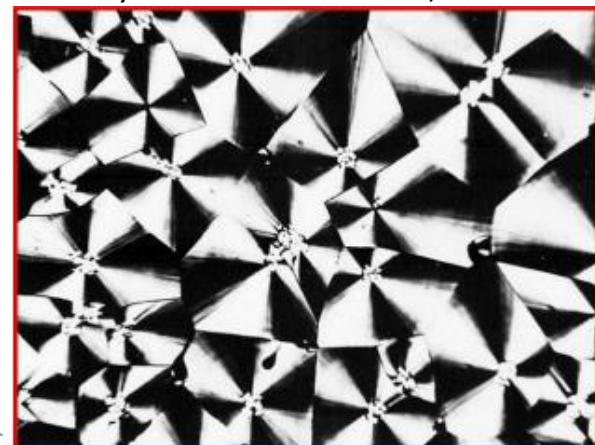
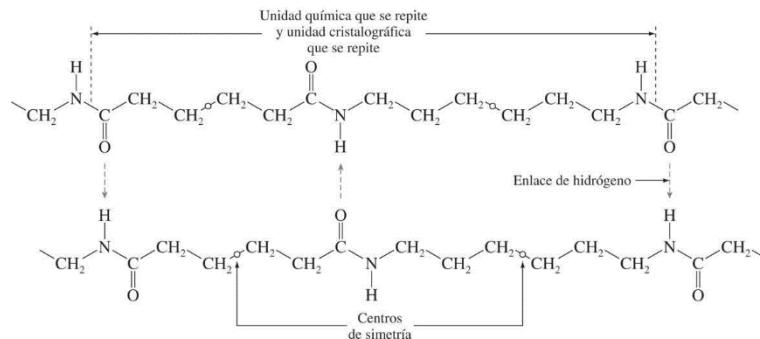
Politetrafluoroetileno PTFE



Tuberías resistentes a sustancias químicas y partes de bombas, aislamiento de cables a alta temperatura, componentes eléctricos moldeados, cintas y recubrimientos antiadherentes.

Poliamidas (nailon)

Piezas antifricción, engranajes y cojinetes que no requieren lubricación, piezas mecánicas que deben funcionar a altas temperaturas y ser resistentes a hidrocarburos y disolventes, partes eléctricas sometidas a altas temperaturas y partes de alto impacto que requieren resistencia y rigidez. El nailon reforzado con vidrio se usa en paletas de ventilador de motor, recipientes para el fluido de frenos y de servodirección, tapas de válvulas.

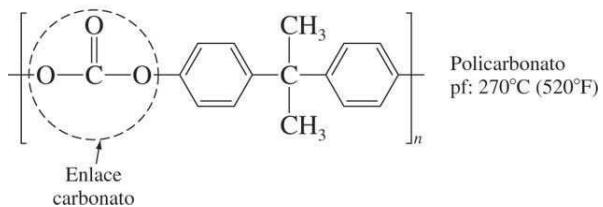


Estructura compleja del nailon 9,6 con esferulitas, desarrollada a 210°C. El hecho de que las esferulitas puedan aumentar de tamaño en este material de nailon pone de manifiesto la capacidad de los materiales de nailon para cristalizar.

Polímeros Termoplásticos

Policarbonato

Lexan y Merlon

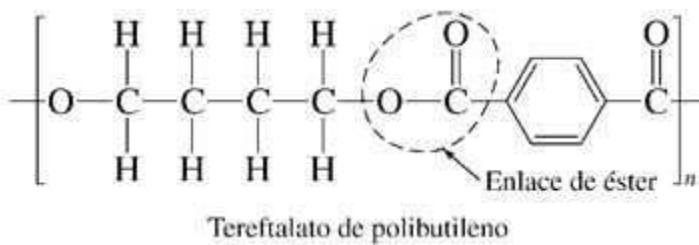


Alta resistencia, dureza y estabilidad dimensional buenas propiedades como aislantes eléctricos y su transparencia



Polímeros Termoplásticos

Tereftalato de polibutileno - PBT y tereftalato de polietileno - PET



Entre las aplicaciones eléctricas y electrónicas del PBT están los conectores, interruptores, relés, componentes de sintonizadores de TV, componentes de alto voltaje, tableros de terminales, tableros de circuito integrado, soportes para escobillas del motor y carcassas. Los usos industriales del PBT incluyen propulsores de bombas, carcassas y ménsulas de apoyo, válvulas y soportes de riego, además de cámaras y componentes de medidores de agua. El PBT se usa también en carcassas y mangos de aparatos electrodomésticos. Sus aplicaciones automotrices incluyen componentes grandes de carrocerías, tapas y rotores de encendido de alta energía, tapas de bobinas de encendido, carretes de bobina, controles de inyección de combustible, marcos y engranajes de velocímetro.

Aleaciones de polímeros

Tabla 10.6 Algunas aleaciones comerciales de polímeros

Aleación de polímero	Nombre comercial del material	Proveedor
ABS/policarbonato	Bayblend MC2500	Mobay
ABS/cloruro de polivinilo	Cycovin K-29	Borg-Warner Chemicals
Acetal/elastómero	Celcon C-400	Celanese
Policarbonato/polietileno	Lexan EM	General Electric
Policarbonato/PBT/elastómero	Xenoy 1000	General Electric
PBT/PET	Valox 815	General Electric

Fuente: *Modern Plastics Encyclopedia, 1984-85*, McGraw-Hill.

Polímeros Termoestables

- ✓ Se endurecen al calentarse y no se ablandan al continuar calentando.
- ✓ Generalmente el entrecruzamiento es extenso: del 10 al 50%
- ✓ Sólo el calentamiento a temperaturas excesivamente altas causa rotura de estos enlaces entrecruzados y degradación del polímero.
- ✓ Generalmente son más duros, más resistentes y más frágiles que los termoplásticos y tienen mejor estabilidad dimensional.
- ✓ La mayoría de los polímeros entrecruzados y reticulados, como el caucho vulcanizado, los epoxi y las resinas fenólicas y de poliéster, son termoestables.
- ✓ Son fabricados con una forma permanente y vulcanizados o endurecidos por reacciones químicas
- ✓ No se pueden refundir ni almacenar
- ✓ No se pueden reciclar.

Polímeros Termoestables

Polímeros termoestables			
Epoxis	Epon, Epi-rez, Araldite	Excelente combinación de propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión; dimensionalmente estables; buena adherencia; relativamente baratos; buenas propiedades eléctricas.	Enchufes, adhesivos, recubrimientos protectores, láminas reforzadas con fibra de vidrio.
Fenólicos	Bakelite, Durez, Resinox	Excelente estabilidad térmica hasta los 150°C; susceptible de formar materiales compuestos con muchas resinas, material de relleno, etc.; barato.	Carcasas de motores, teléfonos, distribuidores de automóvil (DELCO), accesorios eléctricos.
Poliésteres	Selectron, Laminac, Paraplex	Excelentes propiedades eléctricas y barato; se puede utilizar a temperaturas ambiente o elevada; se suele reforzar con fibras.	Cascos, barcos pequeños, paneles de automóvil, sillas, ventiladores.
Siliconas	DC resins	Excelentes propiedades eléctrica; químicamente inerte, pero atacable por el vapor; extraordinaria resistencia al calor; relativamente económico.	Láminas y cintas aislantes a elevadas temperaturas.

Algunas propiedades básicas Polímeros Termoestables

Tabla 10.7 Algunas propiedades de los plásticos termofijos seleccionados

Material	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tensión (×1000 psi)*	Resistencia al impacto, Izod (pie · lb/pulg)†	Resistencia dieléctrica (V/mil)‡	Temp. máx. de uso (sin carga)	
					°F	°C
Fenólico:						
Carga de aserrín de madera	1.34-1.45	5-9	0.2-0.6	260-400	300-350	150-177
Carga de mica	1.65-1.92	5.5-7	0.3-0.4	350-400	250-300	120-150
Carga de vidrio	1.69-1.95	5-18	0.3-18	140-400	350-550	177-288
Poliéster:						
Carga de vidrio SMC	1.7-2.1	8-20	8-22	320-400	300-350	150-177
Carga de vidrio BMC	1.7-2.3	4-10	15-16	300-420	300-350	150-177
Melamina:						
Carga de celulosa	1.45-1.52	5-9	0.2-0.4	350-400	250	120
Carga de borra	1.50-1.55	7-9	0.4-0.5	300-330	250	120
Carga de vidrio	1.8-2.0	5-10	0.6-18	170-300	300-400	150-200
Urea, cargada de celulosa alquídica:	1.47-1.52	5.5-13	0.2-0.4	300-400	170	77
Carga de vidrio	2.12-2.15	4-9.5	0.6-10	350-450	450	230
Carga de mineral	1.60-2.30	3-9	0.3-0.5	350-450	300-450	150-230
Epólica (bis A):						
Sin carga	1.06-1.40	4-13	0.2-10	400-650	250-500	120-260
Carga de mineral	1.6-2.0	5-15	0.3-0.4	300-400	300-500	150-260
Carga de vidrio	1.7-2.0	10-30	...	300-400	300-500	150-260

*1000 psi = 6.9 MPa.

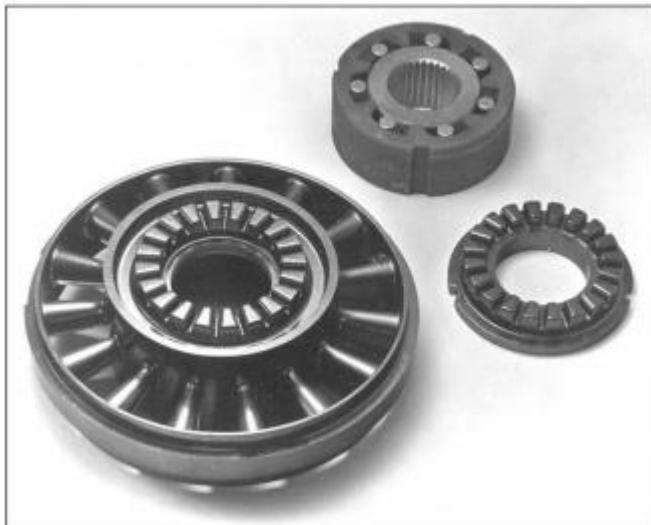
†Prueba Izod con muesca a: 1 pie · lb/pulg = 53.38 J/m.

‡1 V/mil = 39.4 V/mm.

Fuente: *Materials Engineering*, mayo de 1972.

Polímeros Termoestables

Fenólicos



Los compuestos fenólicos se usan ampliamente en dispositivos de cableado, conmutadores eléctricos, conectores y sistemas de relés telefónicos. La ingeniería automotriz usa compuestos moldeados fenólicos para fabricar componentes de frenos de potencia y partes de la transmisión. Los fenólicos se usan ampliamente en manijas, perillas y placas terminales de aparatos electrodomésticos pequeños. Debido a que son buenos adhesivos a altas temperaturas y resistentes a la humedad, las resinas fenólicas se usan para laminar ciertos tipos de contrachapado y en tableros de partículas. También se usan grandes cantidades de resinas fenólicas como material aglutinante de arena en fundiciones y para moldeo en cascarón.

Polímeros Termoestables

Resinas epóxicas



Las resinas epóxicas se usan en una amplia variedad de recubrimientos protectores y decorativos en virtud de su buena adhesión y su buena resistencia mecánica y química. Se usan principalmente en revestimientos de latas y tambores, recubrimientos para pintura de automóviles y artefactos, y recubrimientos de cables. Las resinas epóxicas se usan también para fabricar laminados y materiales de matriz de fibra reforzada.

Polímeros Termoestables

Poliésteres insaturados

Los poliésteres insaturados reforzados con vidrio se usan para fabricar paneles de automóviles y autopartes. Este material se usa también para pequeñas plataformas de barcos y en la industria de la construcción, para fabricar paneles y componentes de baños. Los poliésteres insaturados reforzados se usan también en tuberías, tanques y ductos donde se requiere buena resistencia a la corrosión.

Resinas amínicas (ureas y melaminas)

Los compuestos moldeables de urea-formaldehído con carga de celulosa se usan para hacer placas y receptáculos eléctricos de pared, y en perillas y manijas. Las aplicaciones de los compuestos de melamina cargados con celulosa incluyen vajillas, botones, perillas y botones de control moldeados. Tanto las resinas de urea como las de melamina solubles en agua encuentran aplicación como adhesivos y resinas de enlace para tableros de partículas de madera, contrachapado, cascos de barco, pisos y ensamblado de mobiliario. Las resinas amínicas también se usan en aglutinantes para núcleos y cajas de fundición.

Código Internacional de la Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos

PET (Polietileno Tereftalato)



USOS Y APLICACIONES:

Algunos usos y aplicaciones del PET son: Envases de gaseosas - Aceites - Agua mineral - Frascos para mayonesa - Salsa - Fibras textiles - Cintas de vídeo y audio - Películas radiográficas y muchas más.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Barrera a los gases - Transparente - Irrompible - Liviano - No tóxico.

PEAD (Polietileno de Alta Densidad)



USOS Y APLICACIONES:

Envases para detergentes - Lavandina - Aceites automotor - Lácteos - Cajones - Baldes - Tambores - Caños para agua potable, gas, telefonía, minería y uso sanitario - Bolsas para supermercados - Bazar y menaje y muchas más.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Resistente a las bajas temperaturas - Irrompible - Impermeable - No tóxico.

PVC (Policloruro de Vinilo)



USOS Y APLICACIONES:

Envases para agua mineral - Aceites - jugos - Mayonesas - Perfiles para marcos de puertas, ventanas - Caños para desagües domiciliarios y de redes - Mangueras - Blisters - Catéteres - Bolsas para sangre y muchas más.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Ignífugo - Resistente a la intemperie - No tóxico - Impermeable - Irrompible.

Código Internacional de la Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos



USOS Y APLICACIONES:

Bolsas de todo tipo - Películas para el agro - Envasamiento automático de alimentos - Bolsas para sueros - Tubos y pomos para cosméticos, medicamentos y otras industrias - tuberías para riego.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

No tóxico - Flexible - Liviano - Impermeable - Económico - Transparente.

PP (Polipropileno)



USOS Y APLICACIONES:

Películas/film para diferentes envases, cigarrillos, chicles, golosinas - Jeringas descartables - Tapas en general - Fibras para tapicería - Alfombras - Cajas de baterías - Paragolpes - Autopartes - Caños para agua caliente.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Resistente a la temperatura - Barrera a los aromas - No tóxico - Irrompible.



PS (Poliestireno)

Otros Plásticos

CARACTERÍSTICAS:

En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como: Policarbonatos (PC); Poliamidas (PA); Poliuretanos (PU); Acrílicos (PMMA) y varios más, ya que se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.

USOS Y APLICACIONES:

Autopartes - Carcasas de computación - Teléfonos celulares y electrodomésticos en general - Piezas para ingeniería aeroespacial - Muebles - Accesorios náuticos y deportivos - Carteles y publicidad, y un sinnúmero de aplicaciones más.





ELASTOMEROS

Elastómeros

Los elastómeros son polímeros capaces de sufrir grandes deformaciones elásticas cuando se les sujeta a fuerzas relativamente bajas.

CLASIFICACIÓN

ELASTÓMEROS

HULE NATURAL
(derivados de ciertas plantas)



HULES SINTÉTICOS
(producidos por procesos de polimerización)

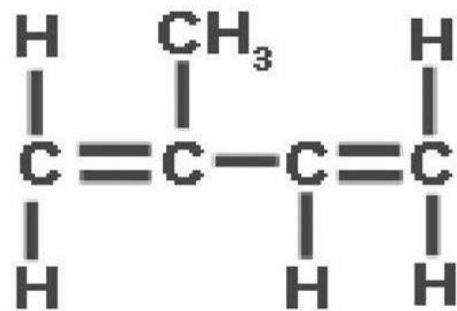


Elastómeros

El caucho o hule natural es el más importante.

El caucho natural es un polímero cuya unidad es el isópreno.

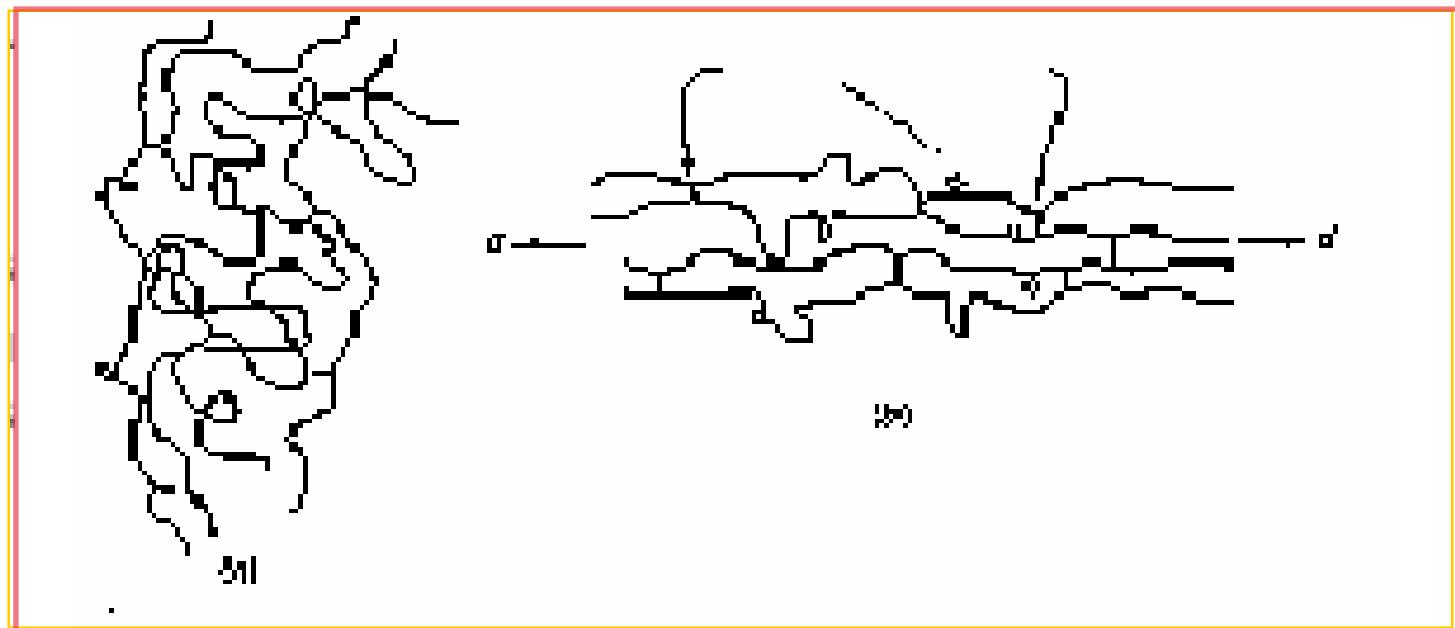
ISÓPRENO



**Se extrae del látex de la *Hevea
Brasiliensis***

Deformación del elastómero

Representación esquemática de una cadena molecular de un polímero entrecruzado:



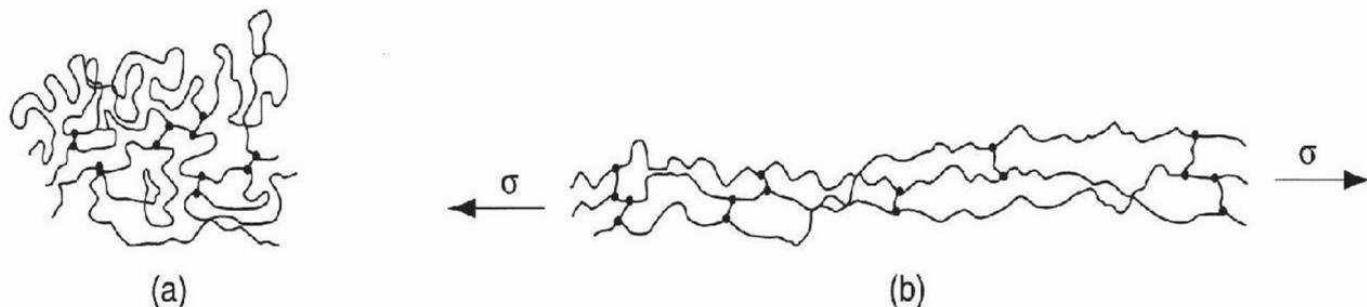
(a) en ausencia de esfuerzo

(b) durante la deformación elástica como respuesta a un esfuerzo aplicado.

Elastómeros

Las propiedades elásticas se deben a la combinación de dos características

- Cuando las moléculas largas no están estiradas, se encuentran estrechamente retorcidas (a)
- El grado de encadenamiento transversal es sustancialmente más bajo que el de los polímeros termoestables.



- Cuando el material se somete a una fuerza, se estira y obliga a las cadenas a desenredarse y estirarse (b)

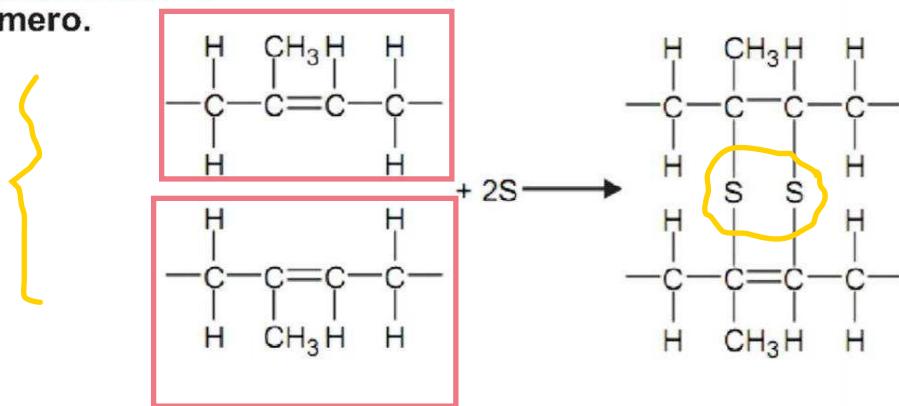
Elastómeros

Un polímero se clasifica como **elastómero** si cumple con los siguientes criterios:

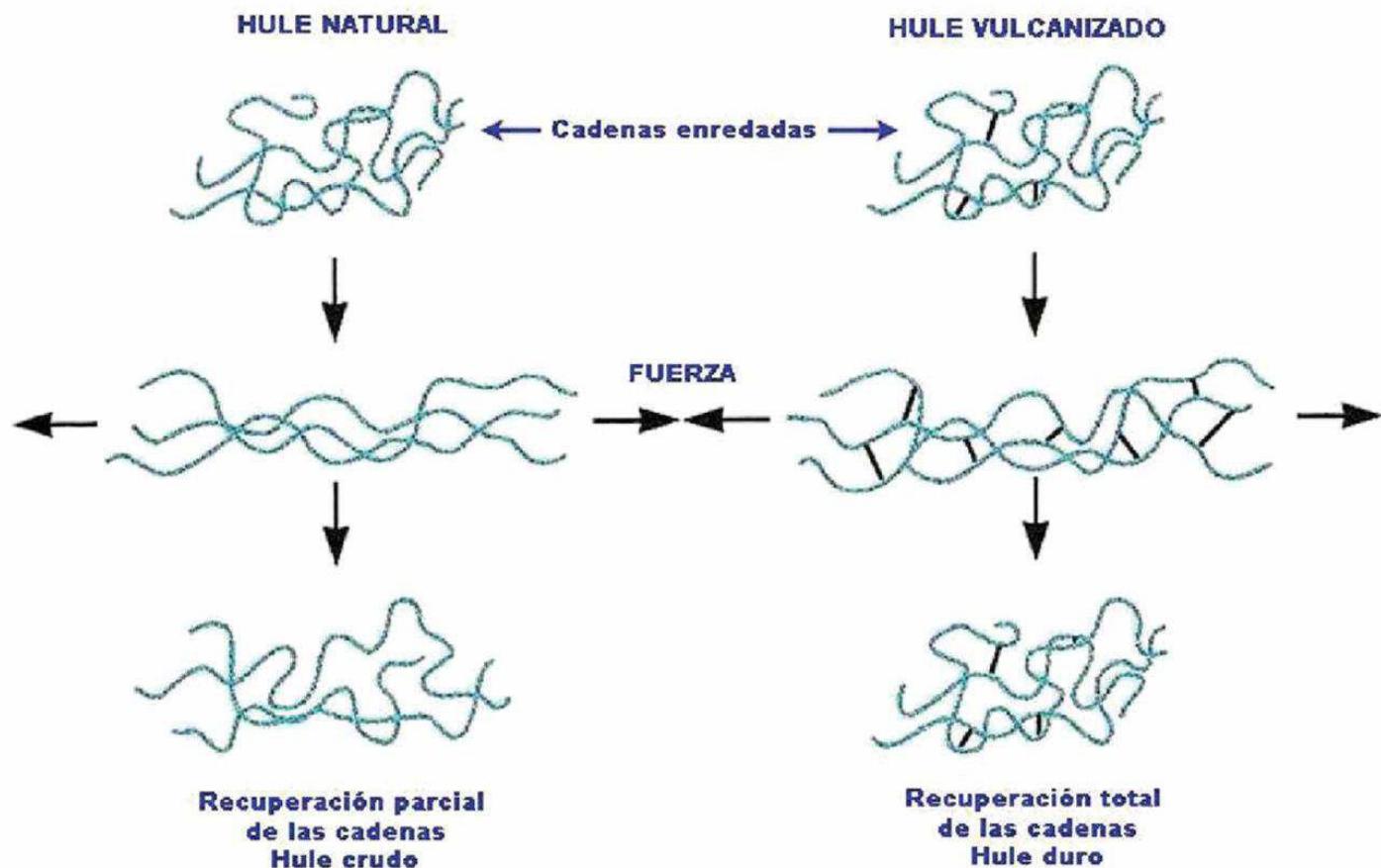
- ✓ Debe cristalizar con dificultad
- ✓ Las rotaciones de los enlaces de las cadenas deben ser relativamente libres
- ✓ El inicio de la deformación plástica debe retrasarse
- ✓ Deben estar por encima de la temperatura de transición vítrea

Vulcanizado

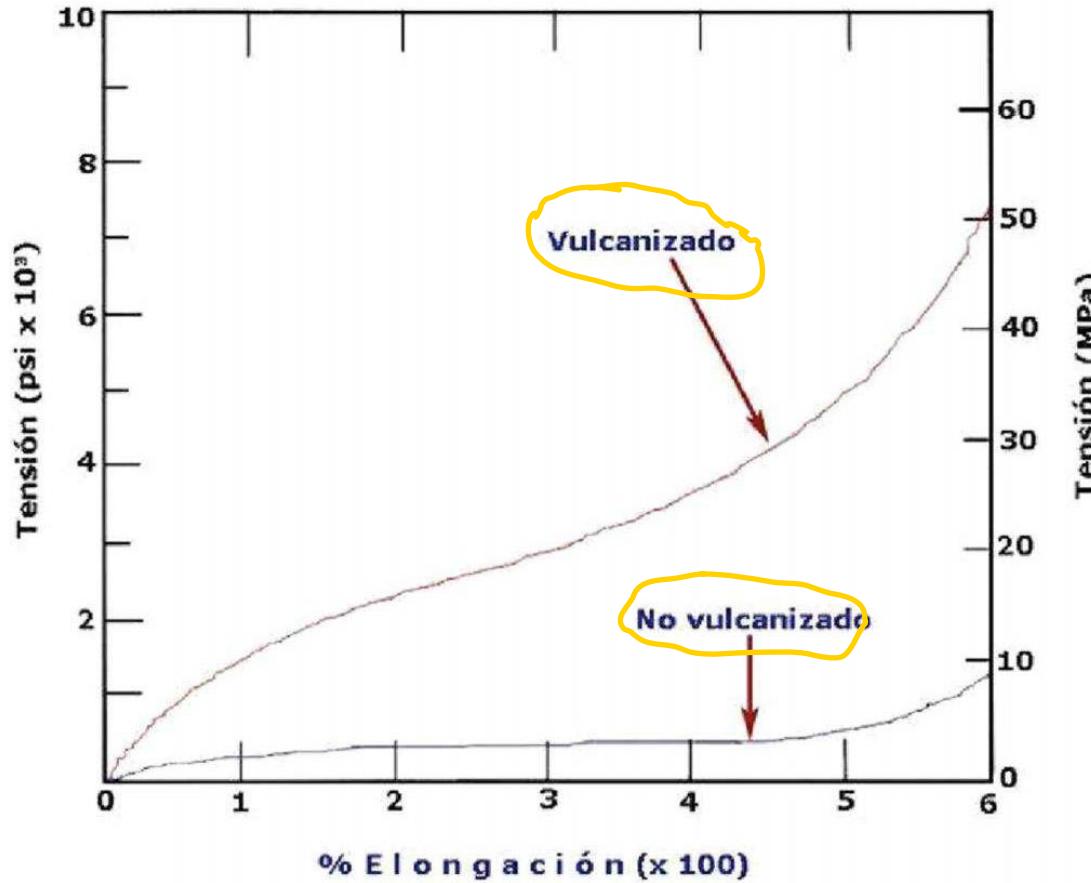
Sin embargo, no fue hasta 1823 cuando el caucho se convirtió en el material que hoy conocemos. En ese año, Charles Goodyear trató con azufre elemental en caliente el caucho natural en un proceso llamado **vulcanización**, que introduce puentes de azufre entre las cadenas del polímero.



Elastómeros - Vulcanizado



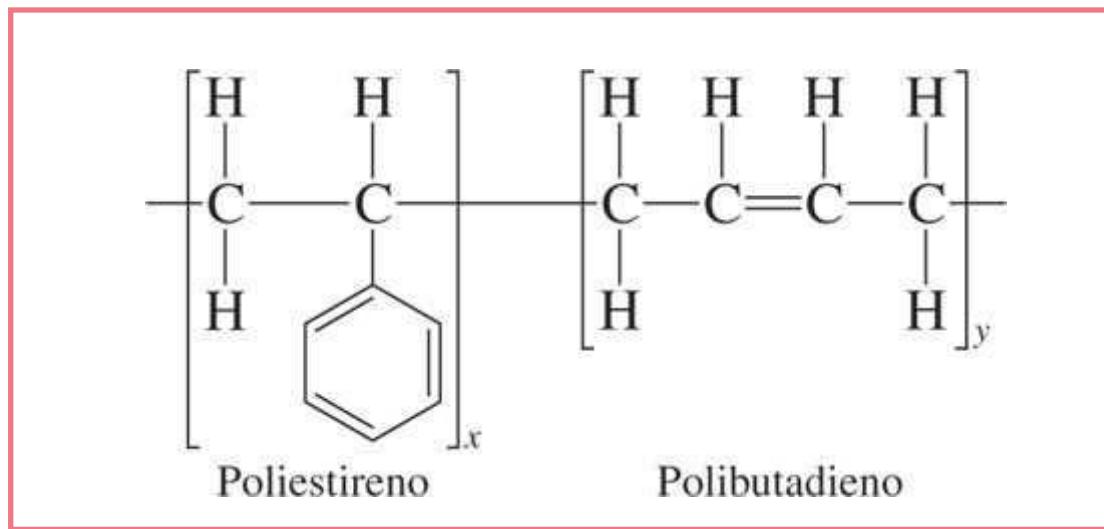
Esfuerzo- Deformación para Caucho Natural



Tipo de material	Marcas registradas	Elongación m	Intervalo útil de temperaturas \({}^{\circ}\text{C}({}^{\circ}\text{F})\}	Características de las principales aplicaciones	Aplicaciones típicas
Poliisopreno natural	Natural Rubber (NR)	500-700	-55 hasta 120 (-65 hasta 250)	Excelentes propiedades físicas, buena resistencia al calor, a la excavación y a la abrasión; baja resistencia al calor, al oxígeno y al aceite", buenas propiedades eléctricas	Neumáticos para coches y tubos; tacones y suelas de zapatos; Juntas
Estireno-butadieno (copolímero)	GRS.BunaS (SBR)	450-500	-60 hasta 120 (-75 hasta 250)	Buenas propiedades físicas: excelente resistencia a la abrasión; poco resistente a la degradación ambiental, al aceite o al oxígeno; buenas propiedades eléctricas pero no excepcionales	Como el caucho natural
Acrilonitrilo-butadieno (copolímero)	Buna A.Nitrile (NBR)	400-600	-50 hasta 150 (-60 hasta 300)	Excelente resistencia a los aceites minerales, vegetales y animales; malas propiedades a baja temperatura; propiedades eléctricas no excepcionales	Mangueras para aceite, gasolina y reactivos químicos líquidos; juntas herméticas y aros toncos; tacones y suelas; juntas
Cloropreno	Neoprene (CR)	100-800	-50 hasta 105 (-60 hasta 225)	Excelente resistencia al ozono, al calor y a la degradación ambiental; buena resistencia al aceite; excelente resistencia a la llama; en aplicaciones eléctricas es preferible el caucho natural	Alambres y cables; recubrimientos internos de tanques para productos químicos; correas, mangueras, juntas y juntas herméticas
Polisiloxano	Silicone (SIL)	600	-90 hasta 250 (-130 hasta 480)	Excelente resistencia a temperaturas altas y bajas; poca resistencia mecánica; excelentes propiedades eléctricas	Aislantes para alta y baja temperatura; juntas herméticas, diafragmas; tubos para usos alimentarios y médicos

Elastómeros

Caucho estireno-butadieno SBR



Cauchos de nitrilo

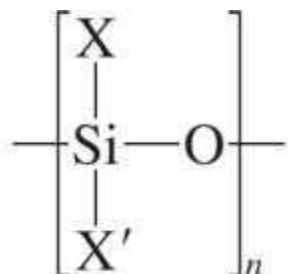
- Los grupos nitrilo proporcionan buena resistencia a aceites y disolventes, además de mejorar la resistencia a la abrasión y el calor.
- Los cauchos de nitrilo son más costosos que los cauchos ordinarios, por lo cual el uso de estos polímeros se limita a aplicaciones especiales, como mangueras de combustible y juntas en las que se requiere alta resistencia a aceites y disolventes.

Elastómeros

Policloropreno (neopreno)

- El Cl aumenta la resistencia de los dobles enlaces al ser atacados por el oxígeno, ozono, calor, luz y diversas condiciones ambientales. Los neoprenos tienen también buena resistencia a los combustibles y al aceite, e incrementan su resistencia más que los cauchos ordinarios.
- Se usan en aplicaciones especiales como recubrimientos de alambres y cables, mangueras y cinturones industriales, o sellos y diafragmas automotrices.

Cauchos de silicona



- Los cauchos de silicona tienen la importante ventaja de que pueden usarse en un amplio rango de temperaturas (es decir, de -100 a 250°C).
- Algunas aplicaciones de los cauchos de silicona son: selladores, juntas, aislamiento eléctrico, cables de encendido y cubiertas para bujías de vehículos.

Unidad estructural básica que se repite en un polímero de silicona

ADITIVOS DE LOS POLIMEROS

□ Rellenos para incrementar las resistencias a la tracción, a la compresión y a la abrasión, la tenacidad, la estabilidad dimensional y térmica, y otras propiedades. Aserrín, sílice, arena, vidrio, arcilla, talco, caliza e incluso polímeros sintéticos..

□ Plastificantes para mejorar la flexibilidad, la ductilidad y la tenacidad. Disminuyen tg.

□ Estabilizantes contrarrestan este proceso de deterioro por radiación ultravioleta.

□ Colorantes se aplican como tintes (disolventes) o pigmentos (rellenos).

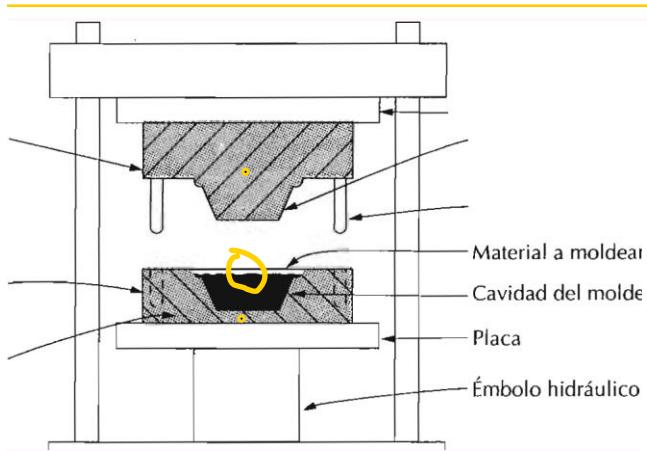
□ Ignífugos

Técnicas de conformación

El procedimiento para conformar un polímero depende de varios factores:

- Si el material es termoplástico o termoestable.
- Si es termoplástico, de la temperatura de ablandamiento.
- La estabilidad atmosférica del material a conformar.
- La geometría y el tamaño del producto.

PROCESOS DE CONFORMADO

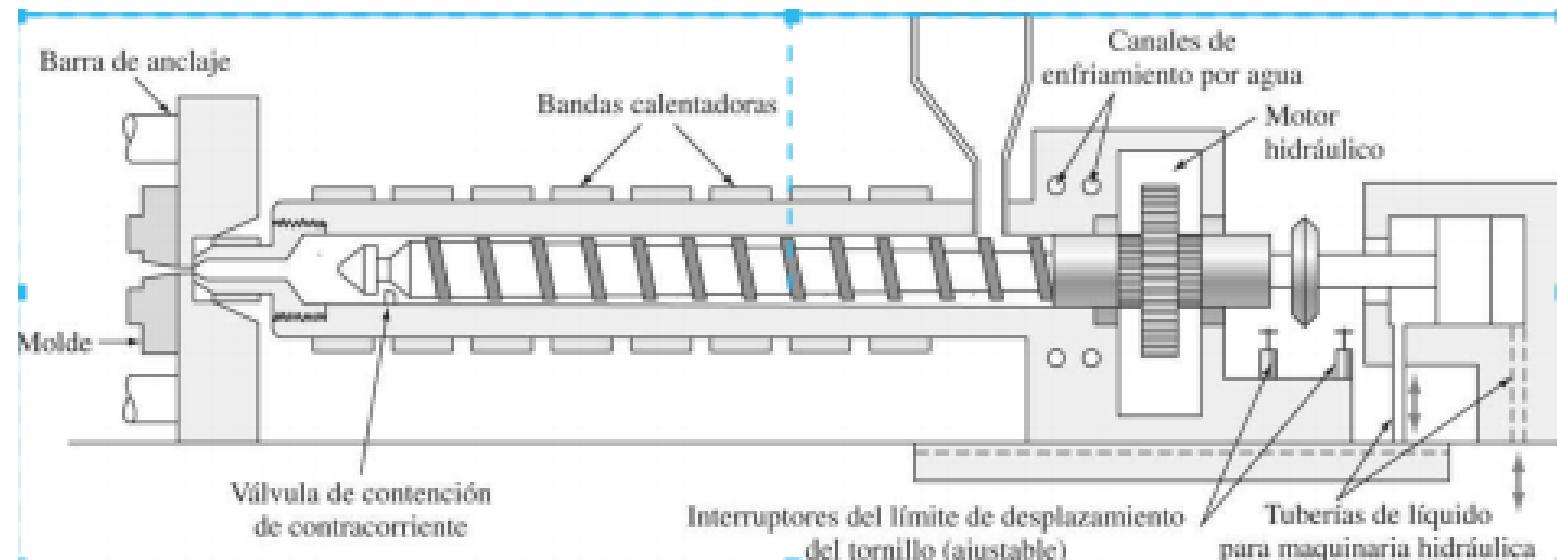


Moldeo por Compresión

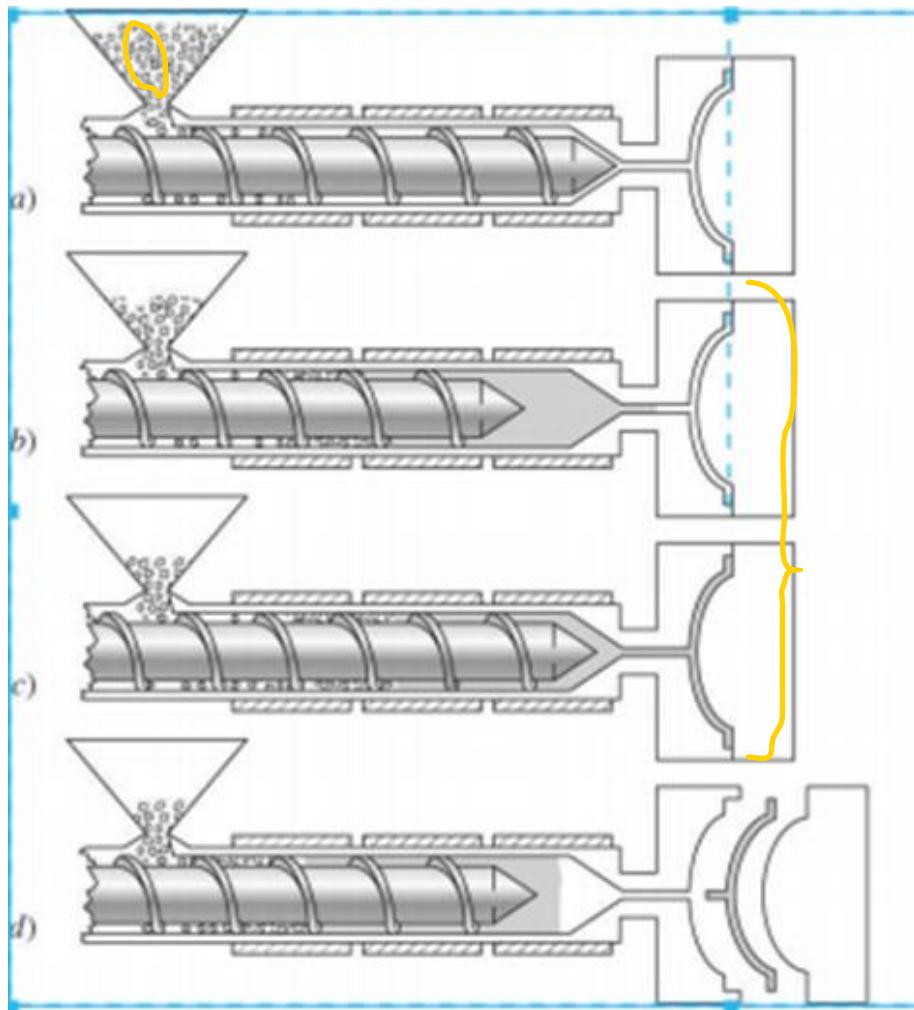


Moldeo por Transferencia

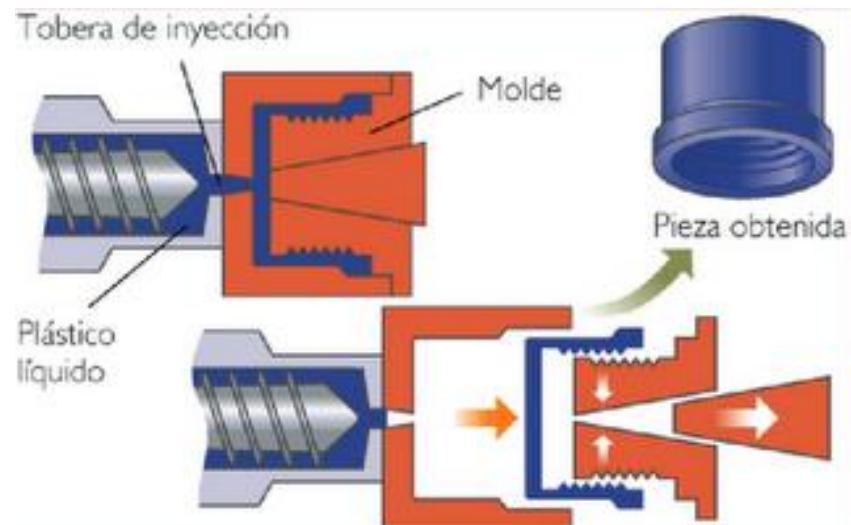
INYECCIÓN



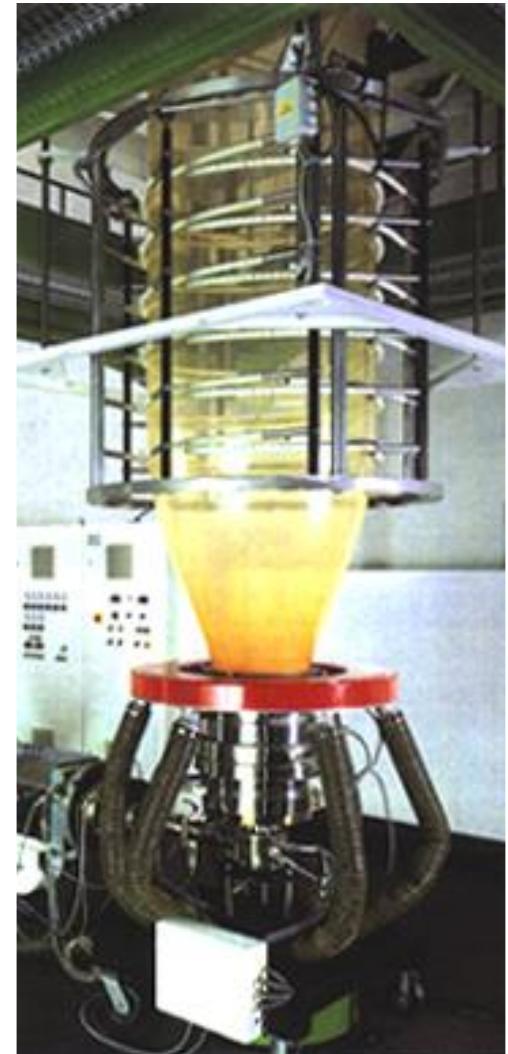
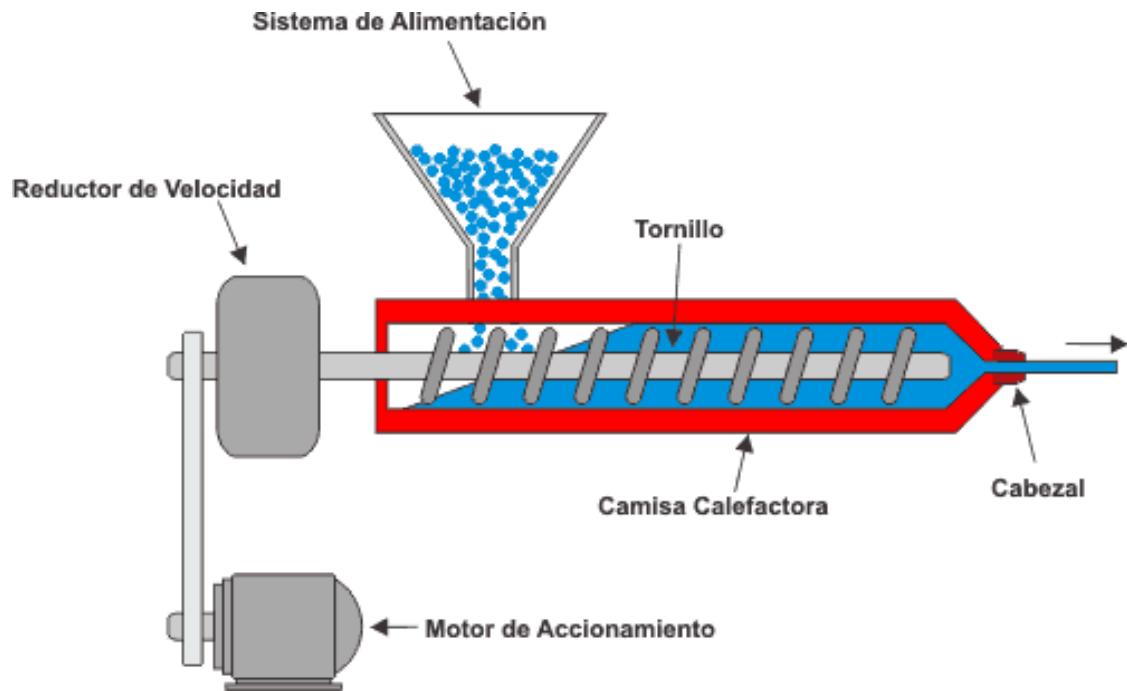
INYECCIÓN



[video](#)



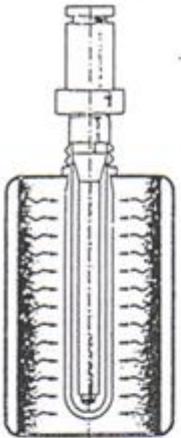
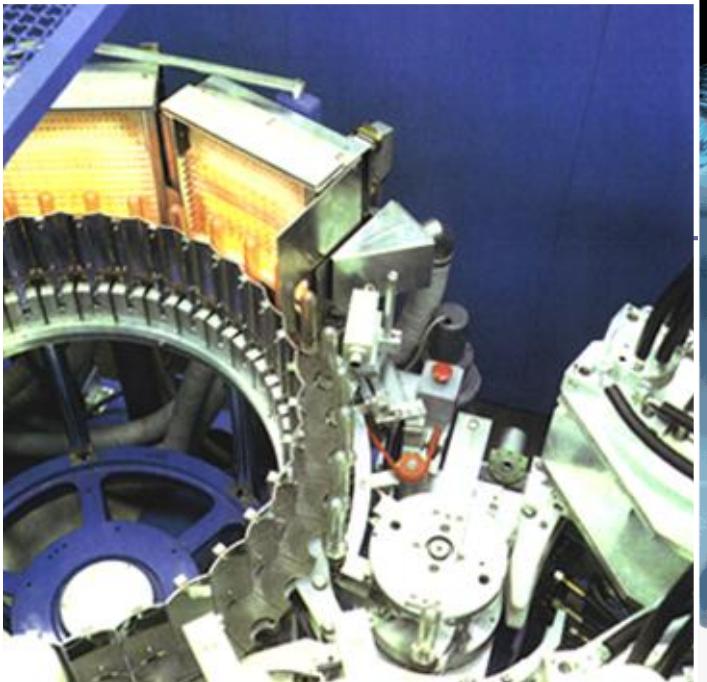
EXTRUSION



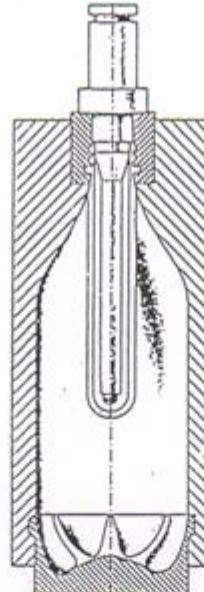
video

Video bolsas

INYECCIÓN SOPLADO ENVASES RIGIDOS



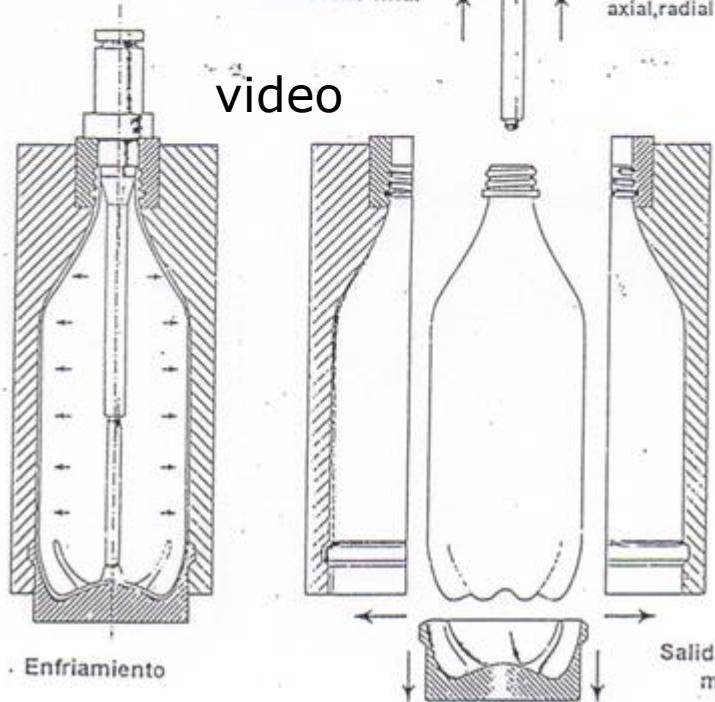
Acondicionamiento
de una proforma



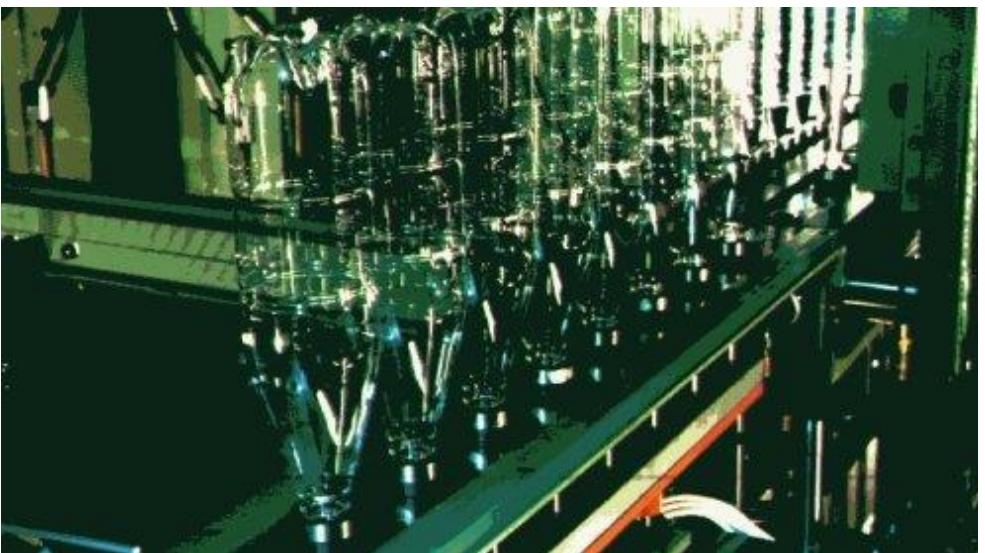
Introducción de
la proforma
en el molde final



Soplado y
estiramiento
secuencial:
axial,radial



video



Pinturas - Definiciones

Pinturas

Se define genéricamente como un compuesto coloreado de consistencia pastosa ó liquida, cuya función es la de ser aplicado sobre una superficie para modificarla, con el propósito de protegerla y embellecerla.

La Norma IRAM 1020 define: **La pintura es una dispersión homogénea compuesta por uno o varios pigmentos con un vehículo, que se utiliza para cubrir y/o proteger los objetos con una película de color.**

Barnices

Se definen como compuestos líquidos transparentes, completamente incoloros o ambarinos que se aplican sobre una superficie para protegerla sin ocultar el sustrato.

La Norma IRAM 1020 define: **El Barniz es el preparado, sin pigmento, que extendido en capas delgadas, permite obtener películas lisas, brillantes, translúcidas y de cierta elasticidad.**

Existen también barnices líquidos y coloreados, aunque transparentes para teñir y proteger la madera saturando el poro, y sin formar película exterior importante, llamados "**impregnantes**".

Lacas

Son compuestos líquidos que pueden o no estar coloreados, cuya característica distintiva, es la de tener un secado mucho más rápido que los barnices y tener una película más dura y apta para un eventual pulido y lustrado.

Componentes de las Pinturas

Ligantes o vehículo

Son los verdaderos formadores de película, aglutinan a los pigmentos y son los responsables de adherir al sustrato y propiedades como brillo, dureza, flexibilidad y resistencia química.

Pigmentos

Son partículas sólidas discretas, capaces de impartir color y poder cubritivo suspendidas en una sustancia ligante, para la preparación de tintas, pinturas ó plásticos, en la cual son relativamente insolubles. Cuando aplicados en una película mantienen inalterable su forma, insolubilidad y estructura, sin teñir el sustrato como lo haría por ejemplo una anilina.

Cargas - Pigmentos inertes

El formulador de pinturas usa frecuentemente extendedores para reducir costo de ciertas formulas, y en algunos casos, para mejorar la performance de una pintura.

Los extendedores o cargas son extremadamente baratos, comparados los pigmentos de color. La mayoría son blancos ó casi blancos en seco, aunque se vuelven transparentes al humectarlos Ej: carbonato de calcio.

Componentes de las Pinturas

Solventes

Estos constituyen la parte volátil de las pinturas, su función básica es la de disolver la sustancia ligante y ajustar la viscosidad (consistencia) para permitir la aplicación de las pinturas, durante el proceso y después evaporan y no forman parte de la película seca o revestimiento.

Aditivos

Los hay y de muchas clases, se denominan así a una cantidad de productos, que representan un muy pequeño porcentaje en la formulación, y que sin embargo tienen un valor importante en las propiedades. Ej: Secante, Dispersantes, Antisedimentantes, Antiespumantes, Retardadores de fuego, Plastificantes, Biocidas, Anticongelantes.