

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.1. Definició

---

Polímer ve del grec: *poli* + *mero* = moltes parts

Les molècules que es combinen per formar els polímers es denominen **monòmers** i les reaccions a través de les quals s'obtenen es denominen reaccions de **polimerització**.

Els polímers són macromolècules formades per la unió repetida d'una o diverses molècules (monòmers) unides per enllaços covalents.

Polímer i macromolècula no són sinònims.

**Polímers naturals o biopolímers:** presenten estructures molt complexes (ADN, cel·lulosa, proteïnes, etc)

**Polímers sintètics:** contenen normalment entre un i tres tipus diferents de monomers que es repeteixen.

Compostos sòlids a temperatura ambient, d'origen habitualment orgànic i elevada massa molecular ( $M > 1000 \text{ g/mol}$ ), els d'interès industrial tenen masses moleculars compreses entre 10 i 50 mil).

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.2. Polimerització

---

La polimerització és la unió de monòmers entre sí per generar macromolècules.

- Quan es parteix d'un sol tipus de molècula es parla **d'homopolimerització i d'homopolímer**.
- Quan són dos o més molècules diferents les que es repeteixen a la cadena es parla de **copolimerització**, comonòmers i **copolímer**.
- El nombre d'unitats simples que es repeteixen en una mateixa molècula es coneix com a **grau de polimerització** (n).
- Existeixen dos tipus fonamentals de polimerització, la **polimerització per addició** i la **polimerització per condensació**.

# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

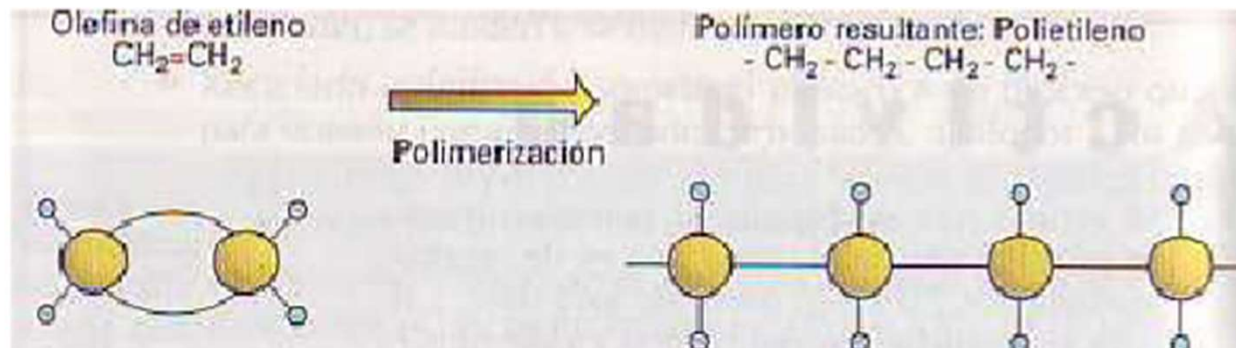
### 4.2. Polimerització

#### 4.2.1. Polimerització per addició:

Consisteix en la unió i repetició d'un mateix monòmer, de manera que la macromolècula final és múltiple sencer de la del monòmer, no existint un alliberament de subproductes.



El grup més important de polímers d'addició correspon als formats a partir de monòmers que contenen un doble enllaç C-Ci, com és el cas, per exemple, de la polimerització del polietilè (PE).



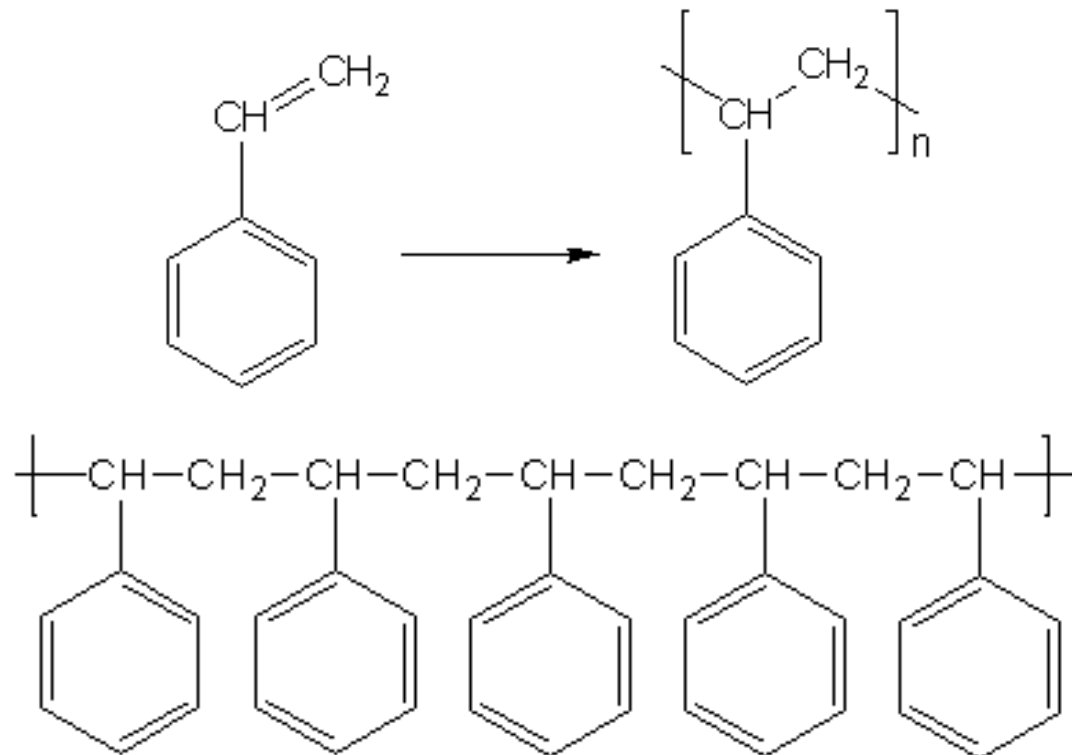
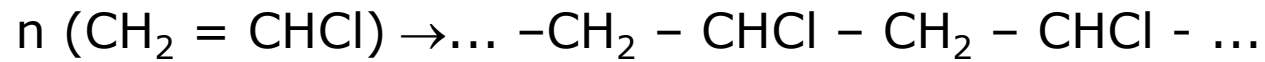
# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.2. Polimerització

---

#### 4.2.1. Polimerització per adició:



# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.2. Polimerització

#### 4.2.1. Polimerització per adició:

Tabla 1.1. Polímeros de adición de uso frecuente.

Polímero	Abreviatura	Unidad de repetición
Polietileno	PE	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Polipropileno	PP	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$
Poliestireno	PS	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$
Poli(cloruro de vinilo)	PVC	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$
Poliacrilonitrilo	PAN	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}-$
Poli(metacrilato de metilo)	PMMA	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-$
Polibutadieno (1,4-cis)	PB	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.2. Polimerització

---

##### 4.2.2. Polimerització per condensació:

Els monòmers que formaran el polímer són normalment diferents a més, en la polimerització per condensació, es produeix el polímer i subproducte de baix pes molecular com  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,... En aquest cas les substàncies reactives tenen formules químiques diferents de les unitats que es repeteixen.

Les unitats repetides son per exemple poliamides (- CO - NH), poliuretà (- O - CO - NH), poliurea (- NH - CO - NH), polièsters (- CO- O -)

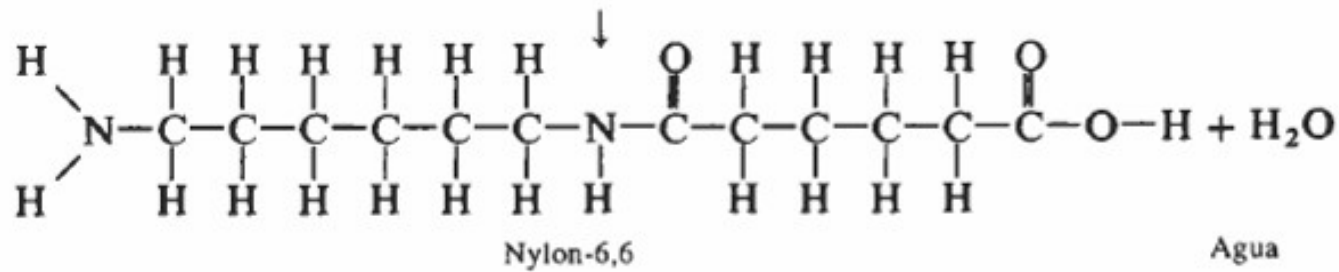
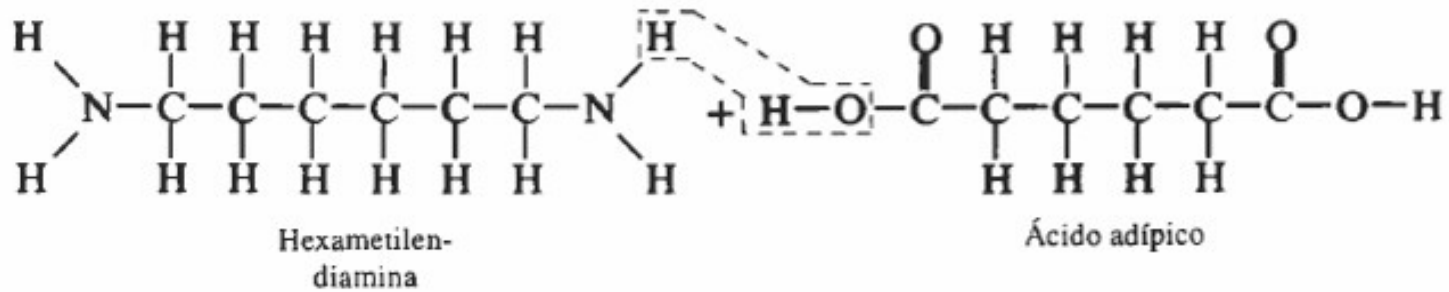
Exemples: niló, poliuretans i polièster

# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.2. Polimerització

#### 4.2.2. Polimerització per condensació:



# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.2. Polimerització

#### 4.2.2. Polimerització per condensació:

Tabla 1.2. Polímeros de condensación de uso frecuente.

Polímero	Abreviatura	Unidad de repetición
Poliéster		$-\text{R}-\text{OCO}-\text{R}'-\text{COO}-$
Poliamida	PA	$-\text{NH}-\text{R}-\text{NHCO}-\text{R}'-\text{CO}-$
Policarbonato	PC	
Poli(etilen terftalato)	PET	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-$
Poliuretano	PU	$-\text{NH}-\text{COO}-\text{R}-\text{OCO}-\text{NH}-\text{R}'-$
Resina de Fenol-formaldehido		



## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.2. Polimerització

---

##### 4.2.3. Additius dels polímers :

En la constitució dels objectes polimèrics solen entrar diferents substàncies per tal de millorar el procés de producció o modificar propietats i augmentar la utilitat dels polímers:

- **Catalitzadors:** Acceleradors de la reacció de polimerització. A més dels catalitzadors químics, la llum i la calor afavoreixen la polimerització.
- **Enduridors i accelerants:** Acceleren el procés d'enduriment del plàstic. S'empren el fosfat de trifenil, MgO, cal, etc.
- **Rebliments:** incrementen la resistència a la tracció, a la compressió, a la abrasió, tenacitat, estabilitat tèrmica, etc. S'utilitza terra, serradures, sílice, sorra, vidre, argila, talc, calcària i fins i tot polímers sintètics, tots primament polvoritzats.

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.2. Polimerització

---

##### 4.2.3. Additius dels polímers :

• **Plastificants:** milloren la flexibilitat, ductilitat i tenacitat, disminueixen la duresa i la fragilitat. Ocupen posicions entre grans cadenes incrementant la distància entre elles i reduint els enllaços secundaris. Són productes com els ftalats, fosfats, clorur de difenil, ...

• **Estabilitzants:** contraresten el deteriorament d'alguns materials polímers a causa de la corrosió o la fotodegradació (la rad. UV pot interactuar amb enllaços covalents i trencar-los)

• **Colorants:** donen color al polímer. Poden ser tintes (actuen com a dissolvents i s'incorporen a l'estructura molecular del polímer) o pigments (com material de rebliment, no es dissolen).  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , litopón ( 50 %  $\text{BaSO}_4$  + 50 %  $\text{ZnS}$ )...

• **Ignífugs:** La majoria de polímers son inflamables en estat pur a excepció del que tenen Cl i/o F. La resistència a la ignició augmenta al  addicionar retardadors de flama (que interfereixen el procés de combustió per mitjà d'una fase gasosa o iniciant una reacció química endotèrmica)



## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

---

##### 4.3.1. Segons el seu origen

**4.3.1.1 Polímers naturals:** poden trobar-se en la naturalesa, com el cautxú, la cel·lulosa, les proteïnes... A partir d'ells es poden fabricar altres polímers d'interès tecnològic.

**4.3.1.2 Polímers sintètics:** Obtinguts de productes derivats del petroli.

# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.3. Classificació

---

#### 4.3.2. Segons la seva estructura

**4.3.2.1 Polímers lineals:** es tracta de cadenes senzilles les quals són flexibles i es comporten com una massa de fideus. PE, PVC, niló.



**4.3.2.2 Polímers ramificats:** la cadena principal està connectada lateralment amb altres cadenes secundàries. Les rames són el resultat de reaccions locals durant la síntesi.



# NF3. Tipus de materials

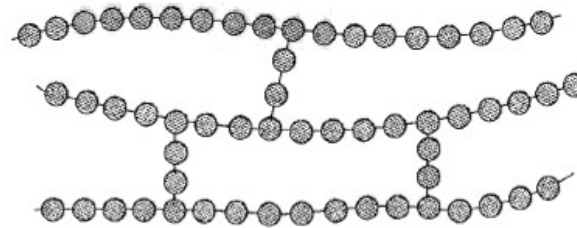
## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.3. Classificació

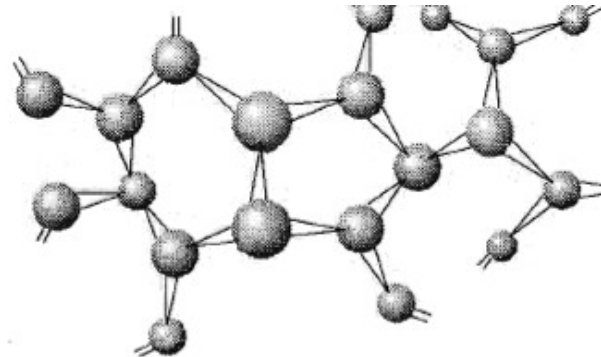
---

#### 4.3.2. Segons la seva estructura

**4.3.2.3 Polímers entrecreuat:** cadenes lineals adjacents s'uneixen transversalment el varies posicions per enllaços covalents. Materials elàstics del cautxú.



**4.3.2.2 Polímers reticulats:** unitats monomèriques amb 3 enllaços covalents actius formen xarxes tridimensionals, un entrecreuat es pot considerar reticular..



# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.3. Classificació

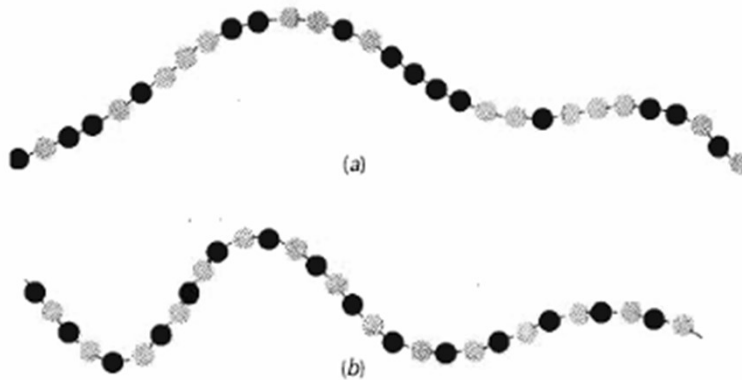
---

#### 4.3.3. Segons la quantitat de monòmers

**4.3.3.1 Homopolímer:** només un monòmer.

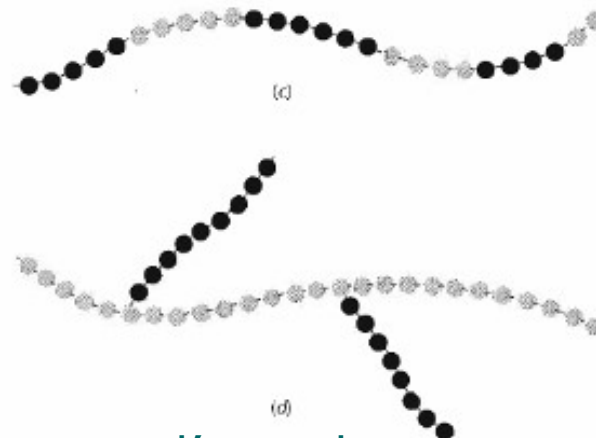
**4.3.3.2 Copolímer:** 2 o més monòmers diferents. Poden donar-se diferents tipus:

▪al atzar:



▪alternats

▪en bloc



▪d'empelt

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

---

##### 4.3.3. Segons la quantitat de monòmers

**4.3.3.3 Terpolimer:** 3 monòmers diferents. Exemple: ABS (acrilonitril, butadiè, estirè) –lego, carcasses teles-

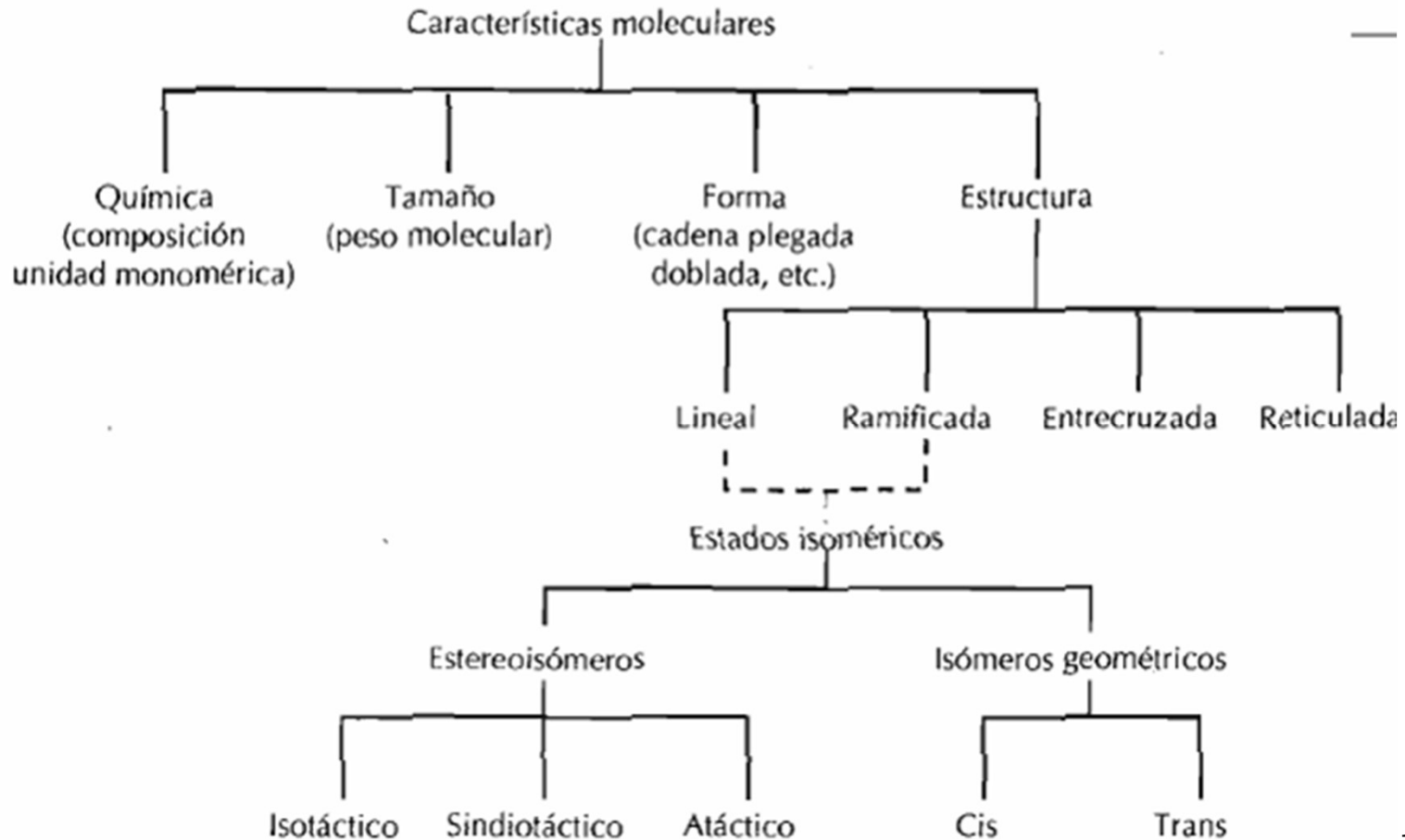


# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.3. Classificació

#### 4.3.4. Segons la seva configuració





## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

#### 4.3.5. Segons el seu comportament en front de la temp

---

##### 4.3.5.1. Termoplàstics

•**Estructura:** Formats per cadenes lineals o ramificades entre les quals hi ha pocs enllaços covalents (no presenten entrecreuament). Predominen els enllaços secundaris (forces de Van der Waals o ponts d'hidrogen)

•**Comportament mecànic:** en general dúctils (deformables permanentment sense trencar-se, formació de fils).

•**Comportament tèrmic:** a temperatures relativament baixes, els febles enllaços intermoleculars es debiliten, amb el qual el plàstic es remolleix i pot fondre's.

Quan s'escalfen pateixen un canvi físic (però no químic), esdevenen tous i es poden deformar plàsticament. En refredar-se s'endureixen i tornen al seu estat anterior.

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

#### 4.3.5. Segons el seu comportament en front de la temp

---

##### 4.3.5.1. Termoplàstics

Es poden escalfar i refredar (emmotllar) un nombre elevat de vegades (en realitat limitat) sense perdre les propietats de manera sensible, la qual cosa permet reciclar-los.

Existeix però una temperatura a partir de la qual la reacció no és reversible ja que es comencen a trencar els enllaços covalents.

Es poden comparar amb la cera.

• **Altres característiques:** són els més nombrosos, la major part del polímers d'adició son termoplàstics.

• **Exemples:** PE, PP, PET (Polietilén Tereftalat o Politereftalat d'etile), PVC(policlorur de vinil) , PS, PMMA (poli (metil metacrilat)),, niló, polièster

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

##### 4.3.5. Segons el seu comportament en front de la temp

---

###### 4.3.5.2. Termostables o termoenduribles

•**Estructura:** s'obtenen a partir d'uns prepolímers o resines que per reacció química o curat donen lloc a macromolècules orientades en totes les direccions i amb nombrosos enllaços de tipus covalent formant estructures fortament reticulades (alt grau d'entrecreuament)

•**Comportament mecànic:** no dúctils, més rígids que els termoplàstics. Un cop polimeritzats, mantenen fonamentalment la seva consistència. Més fràgils que els termoplàstics.

•**Comportament tèrmic:** amb la calor s'endureixen i es tornen tous en continuar escalfant. En començar el procés s'origina entrecreuament covalent entre cadenes moleculars contínues. Aquests enllaços dificulten els moviments de rotació i vibració de les cadenes. Només un escalfament a temperatures excessivament altes produeix la ruptura d'aquets enllaços i es degrada el polímer.

•**Exemples:** baquelites (mànecs de paelles, olles, frens, aïllants elèctrics...), resines epoxi, melamina (per recobrir la fusta aglomerada en els mobles de cuina), resines de polièster (amb fibra de vidre en els cascs de vaixells)

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

##### 4.3.6. Segons el seu comportament mecànic

---

###### 4.3.6.1. Plàstics

•**Estructura:** És la categoria que inclou possiblement el major nombre de materials polimèrics diferents. Poden presentar totes les estructures i conformacions moleculars. Poden tenir qualsevol grau de cristal·linitat (ordenació de molècules)

En la seva significació més general, s'aplica a les substàncies de diferents estructures i a naturalses que no tenen un punt fix d'ebullició i tenen durant un interval de temperatures propietats d'elasticitat i flexibilitat que permeten modelar-les i adaptar-les a diferents formes i aplicacions.

El vocable plàstic deriva del grec *plastikos*, que es tradueix com a moldeable.

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

##### 4.3.6. Segons el seu comportament mecànic

---

###### 4.3.6.1. Plàstics

• **Comportament mecànic:** Tenen una ampla gama de combinacions i propietats, alguns són molt durs i fràgils, altres flexibles i presenten tant elasticitat com plasticitat al ser sotmesos a esforços, i a vegades experimenten gran deformació abans la ruptura.

• **Comportament tèrmic:** Es divideixen normalment en termoplàstics i termostables

• **Exemples:** Son plàstics el PE, PP, PVC, PS, fluorocarbonis, epòxids, fenòlics

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

##### 4.3.6. Segons el seu comportament mecànic

---

###### 4.3.6.2. Elastòmers

•**Estructura:** Polímers de naturalesa amorfa (en les condicions de treball estan per sobre la temperatura de transició vítria, per sota es tornen fràgils).

Cadenes polimèriques enllaçades tridimensionalment amb un baix grau d'entrecreuament i per tant amb un alt grau de rotació el que possibilita una fàcil resposta del material quan s'hi aplica un esforç. El grau just d'entrecreuament es regula amb un procés tecnològic anomenat **vulcanitzat**.

•**Comportament mecànic:** Són materials elàstics (s'anomenen *gomes*) dins d'un marge de temperatures ampli, consistència flexible en comparació amb els plàstics (experimenten grans deformacions amb tensions moderades), resiliència elevada i amb alta capacitat d'esmoreir les vibracions (utilització en juntes).

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

#### 4.3.6. Segons el seu comportament mecànic

---

##### 4.3.6.2. Elastòmers

• **Comportament tèrmic:** amb l'aplicació de la calor la major part dels elastòmers es comporten com els termoplàstics però n'hi ha moltes excepcions.

• **Exemples:** Làtex (guants, preservatius) i el seu derivat més important el cautxú (pneumàtics). Poliuretans (rodes de patins, matalassos, seients d'automòbils, soles de sabates, carcasses d'electrodomèstics...). Silicones (aplicacions tècniques: juntes en la unió de materials diferents, en la llar -marbres, mobles de cuina...)

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

#### 4.3. Classificació

#### 4.3.6. Segons el seu comportament mecànic

---

##### 4.3.6.3. Fibres

- **Estructura:** els polímers fibrosos són capaços de experimentar trefilat donant llargs fils. Generalment són cadenes lineals i no ramificades, simètriques i amb unitat monomèriques que es repeteixen regularment. Posseeixen una relació molt elevada entre longitud i diàmetre. (l'estructura ha de permetre produir polímers altament cristal·lins per tal d'augmentar la resistència a la tracció, teles)
- **Comportament mecànic:** elevada resistència a la tracció, elasticitat i resistència a la abrasió.  
Han de presentar estabilitat química en front a ambients corrosius.  
Han de ser relativament no inflamables.
- **Exemples:** poliamides, poliacrilonitril, polièsters



## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

---

#### 4.4. Propietats generals

Les **característiques més destacables** origen de les principals aplicacions, són:

- a) *Baixa densitat*** (aquesta és sens dubte la propietat més important): ha permès alleugerir molts objectes, màquines i aparells d'ús quotidià, entre ells els vehicles, on el pes és determinant. Habitualment entre 0,9 i 2,5 g/cm<sup>3</sup>.
  
- b) *Baix cost i fàcil conformació***: tot i la gran diversitat de preus, els materials plàstics són relativament barats, en bona part a causa de la baixa densitat; la fàcil conformació (especialment en els termoplàstics), juntament amb el baix cost, han contribuït de manera destacada en la seva difusió;

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

---

#### 4.4. Propietats generals

- c) Resistència a l'atac químic i la corrosió:** els plàstics i els elastòmers presenten una bona resistència a l'atac químic i, en general, no necessiten proteccions superficials; són, però, atacats per substàncies de naturalesa anàloga a la del propi material (olis, dissolvents); Per exemple l'HF o NaOH conc. es conserven en PE, no en vidre.
- d) Impermeables:** No deixen passar la humitat ni els líquids. Aplicació: bosses, equips de protecció contra l'aigua, recipients, tancs ...Compte que hi ha líquids que ataquen i dissolen els polímers i hi ha polímers que no retenen gasos determinats gasos: les membranes de tefló són permeables a  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$ , etc i en canvi el PET s'empra en les begudes carbonatades per retenir el  $\text{CO}_2$ .

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

---

#### 4.4. Propietats generals

- e) **Aïllants de l'electricitat:** Aplicació en el recobriment de cables elèctrics i peces aïllants (portalàmpades...)
  
- f) **Relació amigable amb l'usuari:** ofereixen possibilitats molt interessants, com ara una gran llibertat per a obtenir formes atractives, excel·lents acabaments superficials (gran varietat de colors i textures), sensació de lleugeresa, sensació de temperament tèrmic (ni fred ni calor) a causa de la baixa conductivitat tèrmica i seguretat contra les descàrregues elèctriques.

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

---

#### 4.4. Propietats generals

Però també tenen algunes **limitacions** que cal tenir presents:

**e) Propietats mecàniques moderades:** els plàstics (i, encara més, els elastòmers) tenen una resistència mecànica, una rigidesa i una duresa molt baixes en comparació amb les dels metalls; tanmateix, quan s'estableixen les magnituds característiques d'aquestes propietats amb relació a la massa, la comparació ja no resulta tan desfavorable.

## NF3. Tipus de materials

### 4. MATERIALS POLIMÈRICS

---

#### 4.4. Propietats generals

**f) *Temperatures de servei màximes molt baixes:*** aquesta és una important limitació dels plàstics i dels elastòmers amb relació als metalls.

**Els *plàstics*** cada dia tenen més aplicacions (com a alternativa als metalls o per mèrits propis) en una gran varietat d'elements i peces de les màquines amb funcions de suport (carcasses, marcs), de guiatge i transmissió (coixinets, guies, lleves, engranatges), o en funcions complementàries (tapes, revestiments).

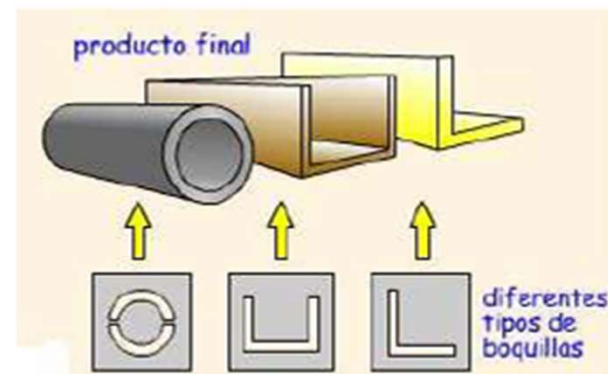
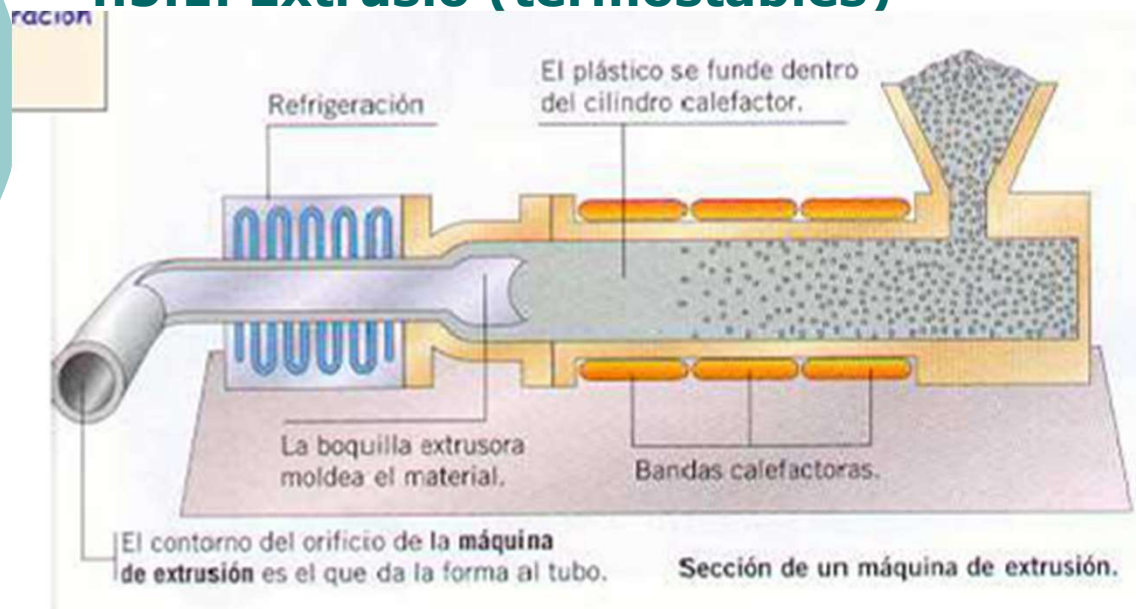
**Els *elastòmers*** tenen aplicació en determinades peces elàstiques, sovint d'alt contingut tècnic, que exerceixen funcions decisives en les màquines (juntres, retenidors, articulacions elàstiques, elements de suspensió, rodes, proteccions flexibles, conduccions de fluids), per a les quals no tenen alternativa.

# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

#### 4.5.1. Extrusió (termostables)



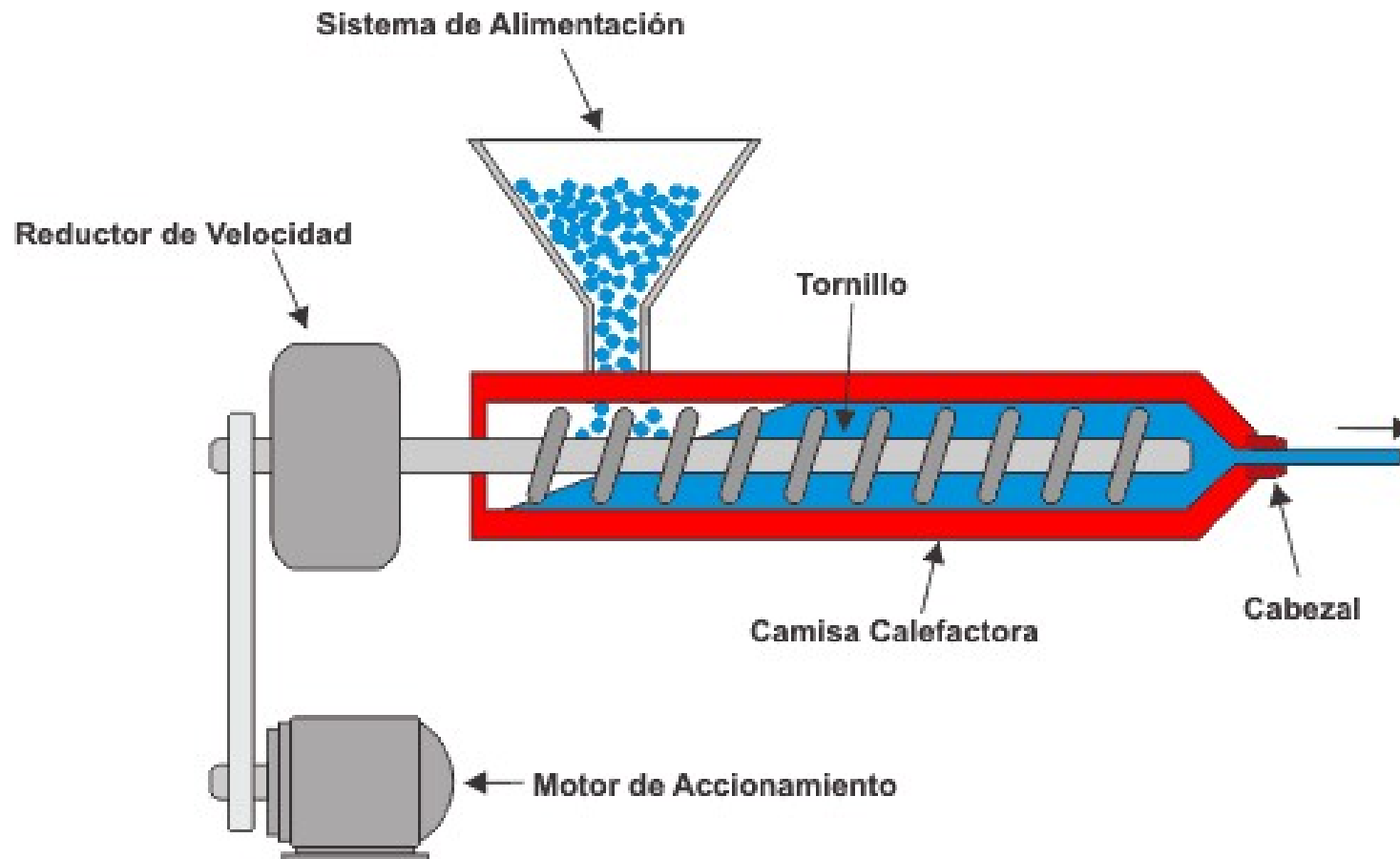
# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

---

#### 4.5.1. Extrusió (termostables)



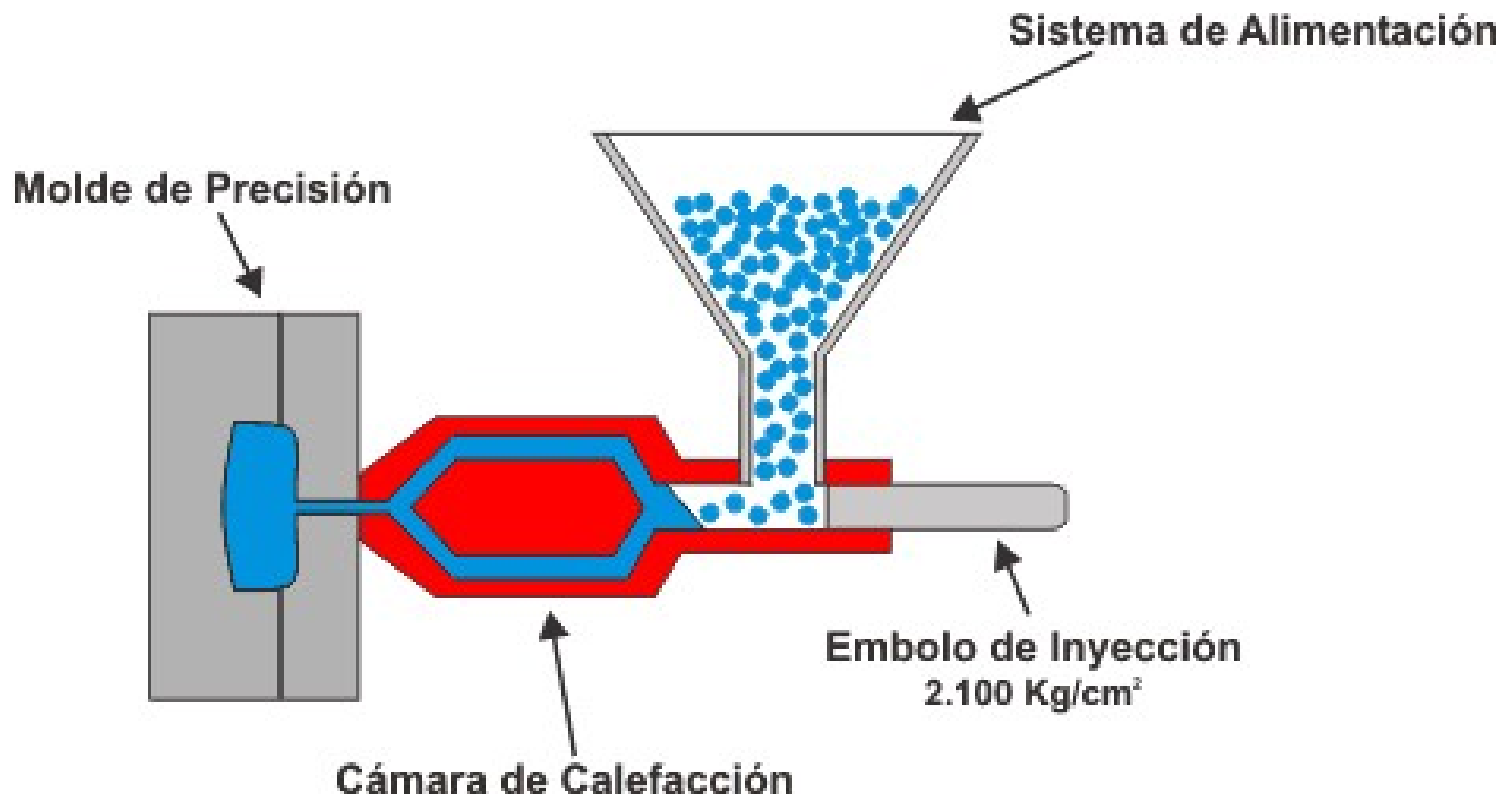
# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

---

#### 4.5.2. Injecció (termostables)



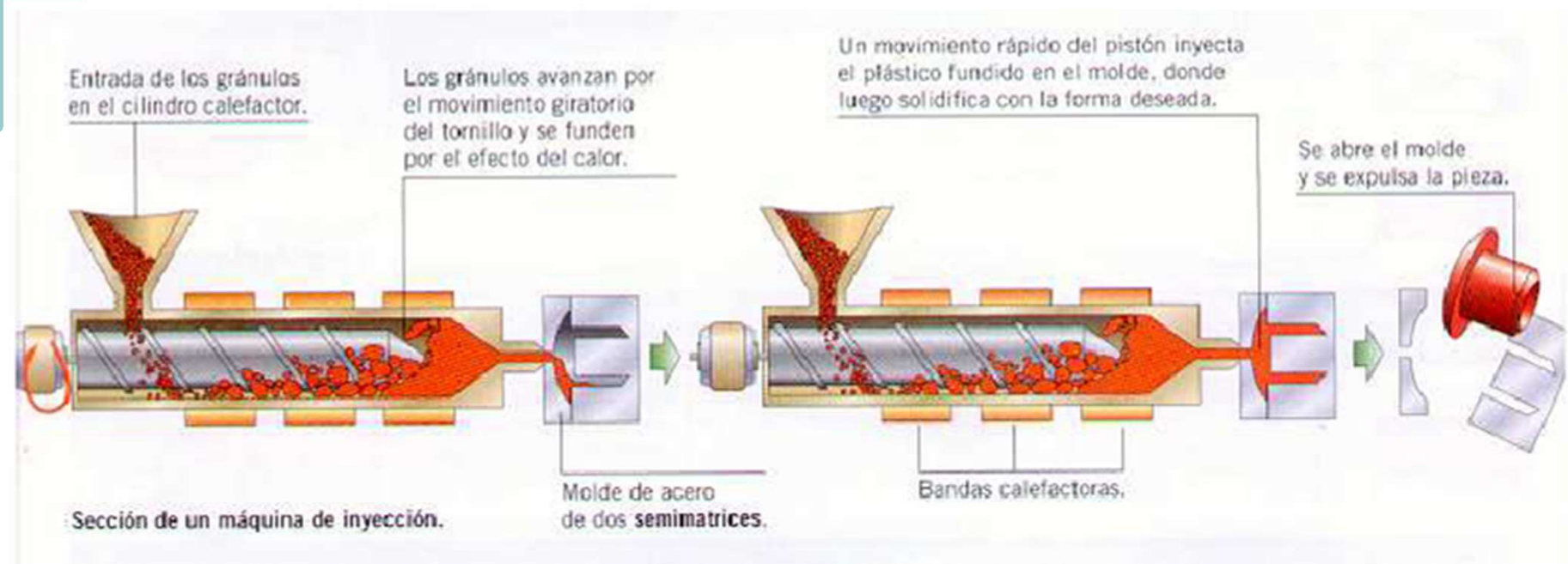


# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

#### 4.5.2. Injecció (termostables)

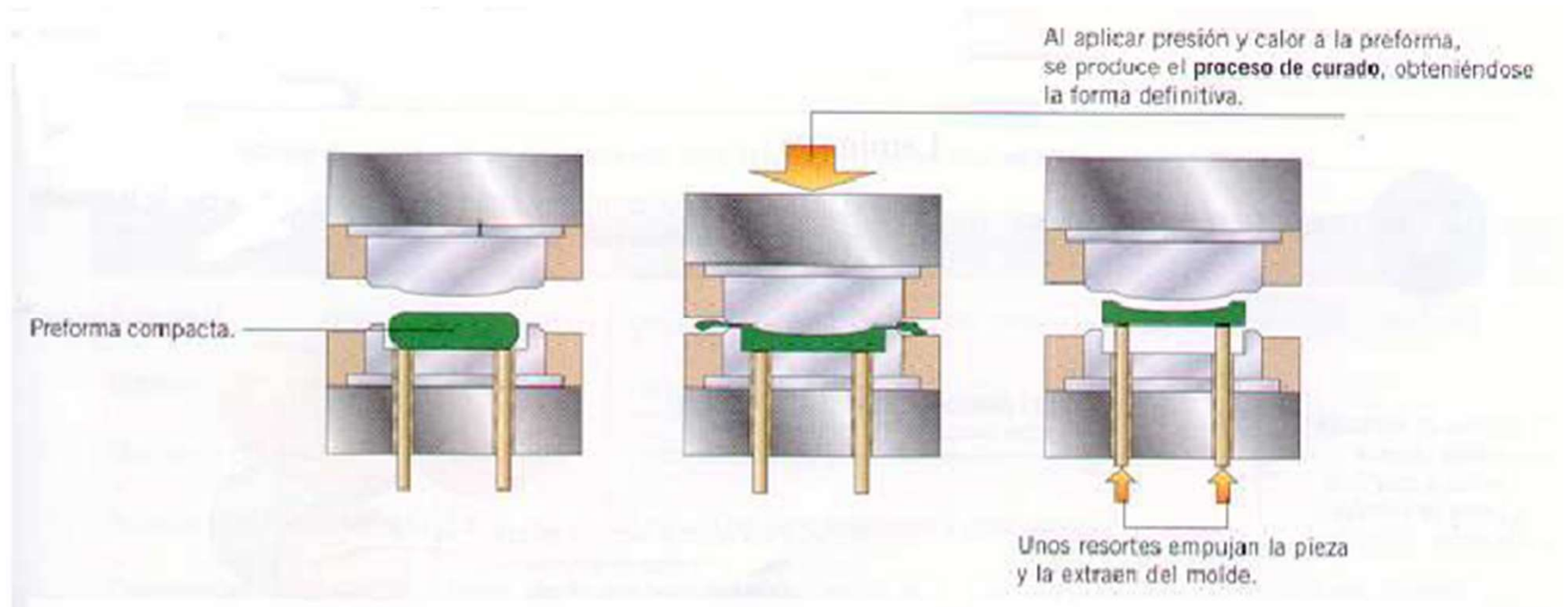


# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

#### 4.5.3. Compressió (termostables)

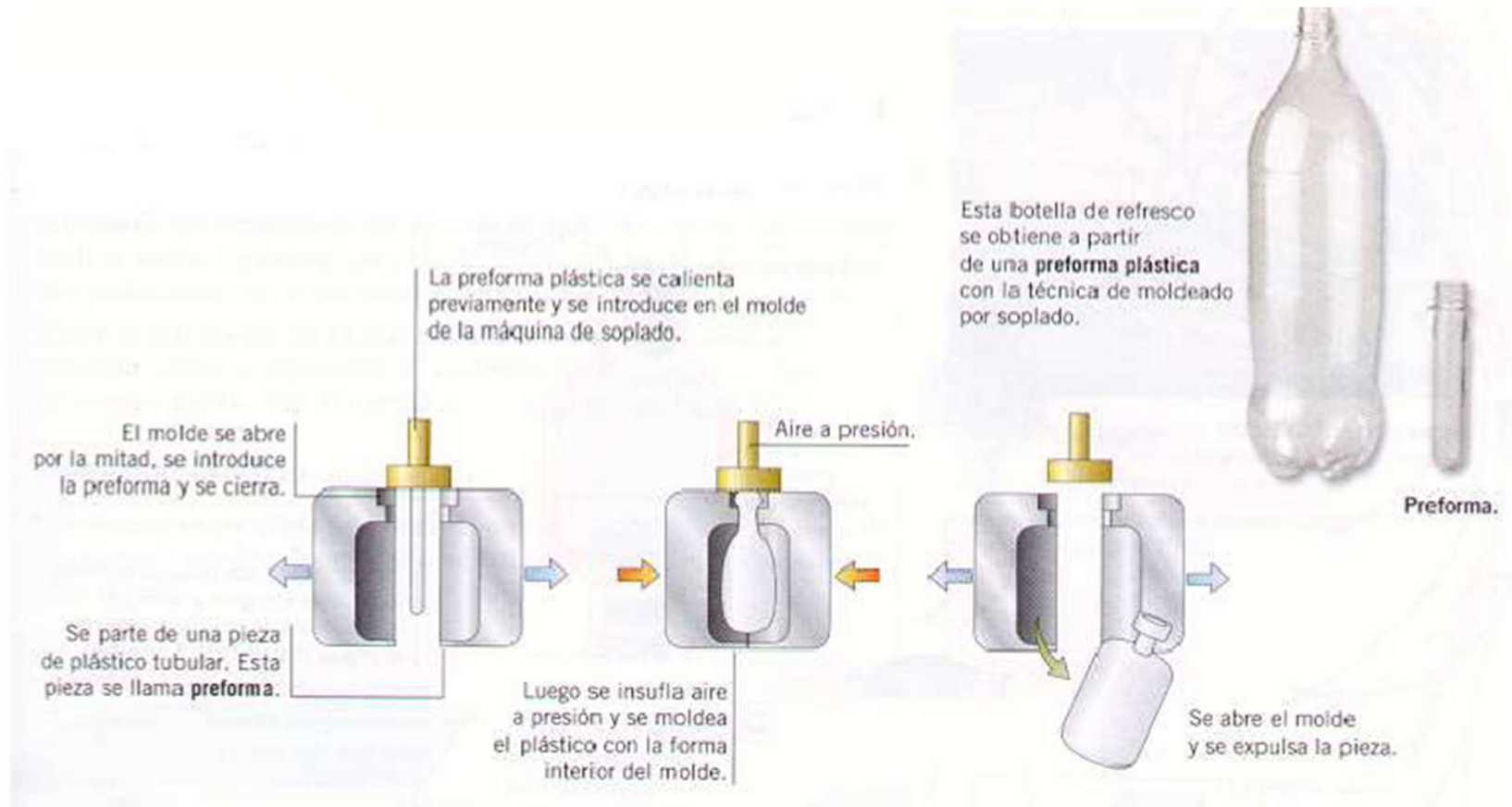


# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

#### 4.5.4. Bufat (termoplàstics)

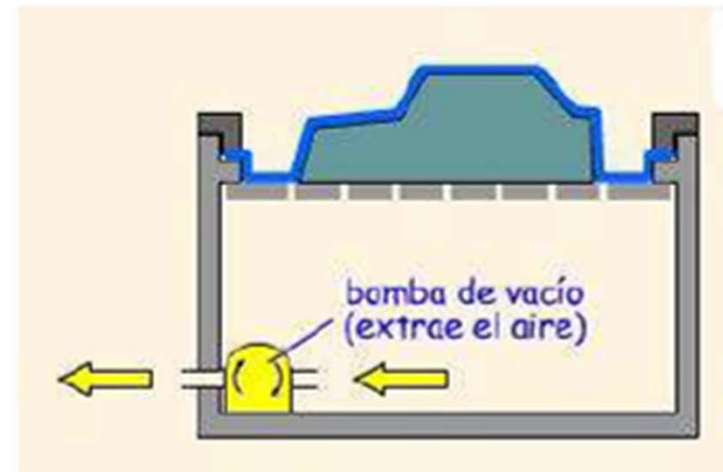
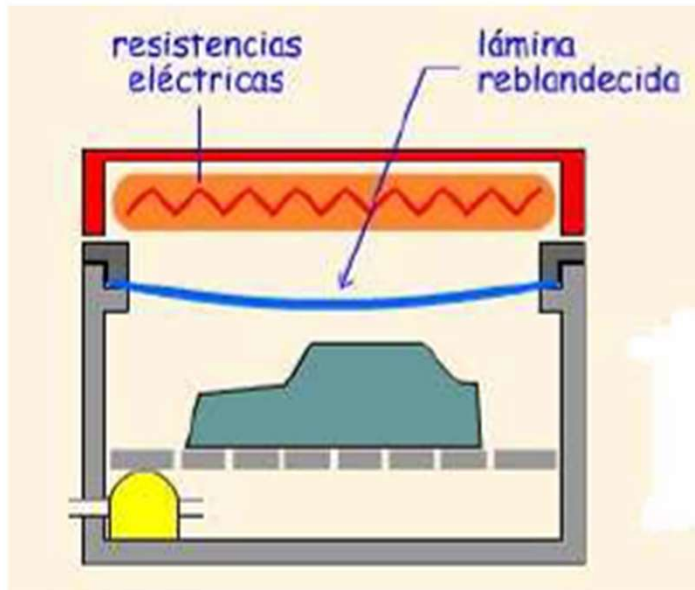


# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

#### 4.5.5. Vuit (termoplàstics)



# NF3. Tipus de materials

## 4. MATERIALS POLIMÈRICS

### 4.5. sistemes de transformació dels plàstics

