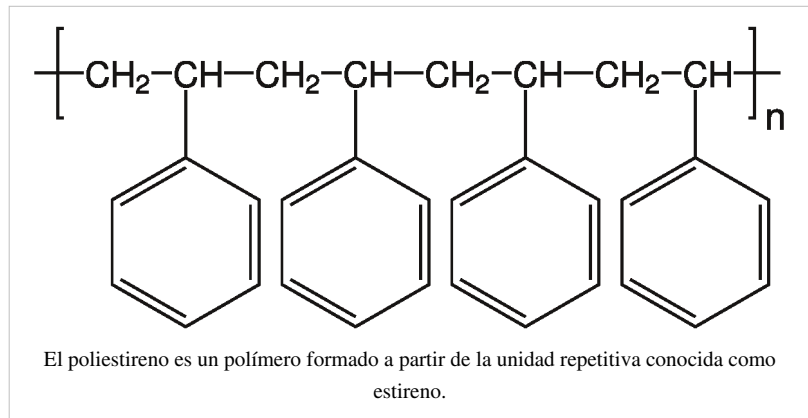


Polímero

Los **polímeros** son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

Un polímero no es más que una sustancia formada por una cantidad finita de moléculas que le confieren un alto peso molecular que es una característica representativa de esta familia de compuestos orgánicos. Posteriormente observaremos las

reacciones que dan lugar a esta serie de sustancias, no dejando de lado que las reacciones que se llevan a cabo en la polimerización son aquellas que son fundamentales para la obtención de cualquier compuesto orgánico. El almidón, la celulosa, la seda y el ADN son ejemplos de polímeros naturales, entre los más comunes de estos y entre los polímeros sintéticos encontramos el nailon, el polietileno y la baquelita.



Polimerización

La reacción por la cual se sintetiza un polímero a partir de sus monómeros se denomina polimerización. Según el mecanismo por el cual se produce la reacción de polimerización para dar lugar al polímero, ésta se clasifica como "polimerización por pasos" o como "polimerización en cadena". En cualquier caso, el tamaño de la cadena dependerá de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y, por tanto, una masa molecular distinta, de ahí que se hable de masa promedio del polímero.

Tipos de polimerización

Existen dos tipos fundamentales de polimerización:

- **Polimerización por condensación.**

En cada unión de dos monómeros se pierde una molécula pequeña, por ejemplo agua. Debido a esto, la masa molecular del polímero no es necesariamente un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero. Los polímeros de condensación se dividen en dos grupos:

- **Los Homopolímeros.**

Polietilenglicol

Siliconas

- **Los Copolímeros.**

Baquelitas.

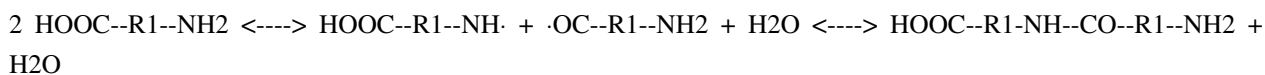
Poliésteres.

Poliamidas.

La polimerización en etapas (condensación) necesita al menos monómeros bifuncionales. Deben de saber que los polímeros pueden ser maquinables.

Ejemplo: $\text{HOOC}-\text{R1}-\text{NH}_2$

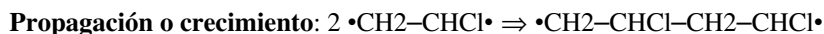
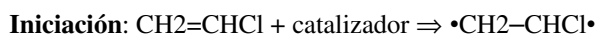
Si reacciona consigo mismo, entonces:



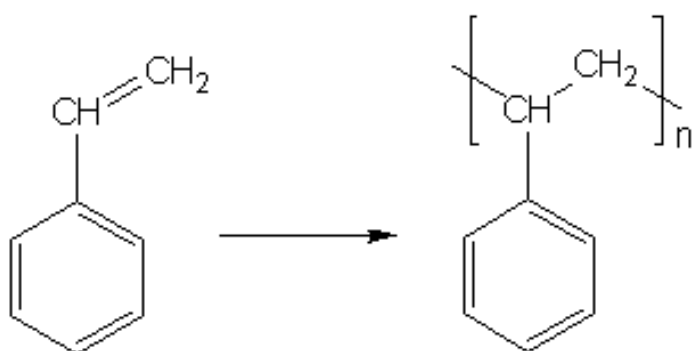
• **Polimerización por adición.**

En este tipo de polimerización a masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.

Suelen seguir un mecanismo en tres fases, con ruptura hemolítica:



Terminación: Los radicales libres de los extremos se unen a impurezas o bien se unen dos cadenas con un terminal neutralizado.



Polimerización del estireno para dar poliestireno
n indica el grado de polimerización

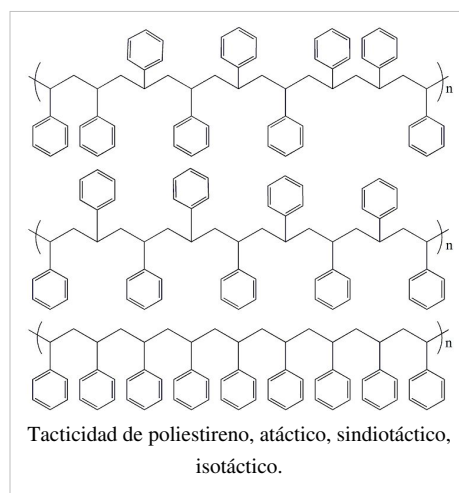
Por otra parte, los polímeros pueden ser lineales, formados por una única cadena de monómeros, o bien esta cadena puede presentar ramificaciones de mayor o menor tamaño. También se pueden formar entrecruzamientos provocados por el enlace entre átomos de distintas cadenas.

La naturaleza química de los monómeros, su masa molecular y otras propiedades físicas, así como la estructura que presentan, determinan diferentes características para cada polímero. Por ejemplo, si un polímero presenta entrecruzamiento, el material será más difícil de fundir que si no presentara ninguno.

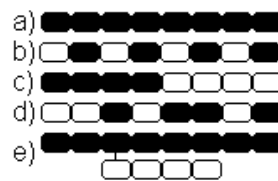
Los enlaces de carbono en los polímeros no son equivalentes entre sí, por eso dependiendo del orden estereoquímico de los enlaces, un polímero puede ser: atáctico (sin orden), isotáctico (mismo orden), o sindiotáctico (orden alternante) a esta conformación se la llama tacticidad. Las propiedades de un polímero pueden verse modificadas severamente dependiendo de su estereoquímica.

En el caso de que el polímero provenga de un único tipo de monómero se denomina *homopolímero* y si proviene de varios monómeros se llama *copolímero* o *heteropolímero*. Por ejemplo, el poliestireno es un homopolímero, pues proviene de un único tipo de monómero, el estireno, mientras que si se parte de estireno y acrilonitrilo se puede obtener un copolímero de estos dos monómeros.

En los heteropolímeros los monómeros pueden distribuirse de diferentes maneras, particularmente para polímeros naturales, los monómeros pueden repetirse de forma aleatoria, informativa (como en los polipéptidos de las proteínas o en los polinucleótidos de los ácidos nucleicos) o periódica, como en el peptidoglucano o en algunos polisacáridos.



Los monómeros que conforman la cadena de un copolímero se pueden ubicar en la cadena principal alternándose según diversos patrones, denominándose copolímero alternante, copolímero en bloque, copolímero aleatorio, copolímero de injerto. Para lograr este diseño, la reacción de polimerización y los catalizadores deben ser los adecuados.



- a) Homopolímero b) Copolímero alternante
 c) Copolímero en bloque d) Copolímero aleatorio
 e) Copolímero de injerto

Finalmente, los extremos de los polímeros pueden ser distintos que el resto de la cadena polimérica, sin embargo es mucho más importante el resto de la cadena que estos extremos debido a que la cadena es de una gran extensión comparada con los extremos.

Propiedades

- Fotoconductividad
- Electrochromismo
- Fotoluminiscencia (fluorescencia y fosforescencia)

Propiedades eléctricas

Los polímeros industriales en general suelen ser malos conductores eléctricos, por lo que se emplean masivamente en la industria eléctrica y electrónica como materiales aislantes. Las baquelitas (resinas fenólicas) sustituyeron con ventaja a las porcelanas y el vidrio en el aparellaje de baja tensión hace ya muchos años; termoplásticos como el PVC y los PE, entre otros, se utilizan en la fabricación de cables eléctricos, llegando en la actualidad a tensiones de aplicación superiores a los 20 KV, y casi todas las carcasas de los equipos electrónicos se construyen en termoplásticos de magníficas propiedades mecánicas, además de eléctricas y de gran duración y resistencia al medio ambiente, como son, por ejemplo, las resinas ABS.

Para evitar cargas estáticas en aplicaciones que lo requieran, se ha utilizado el uso de antiestáticos que permite en la superficie del polímero una conducción parcial de cargas eléctricas.

Evidentemente la principal desventaja de los materiales plásticos en estas aplicaciones está en relación a la pérdida de características mecánicas y geométricas con la temperatura. Sin embargo, ya se dispone de materiales que resisten sin problemas temperaturas relativamente elevadas (superiores a los 200 °C).

Las propiedades eléctricas de los polímeros industriales están determinadas principalmente, por la naturaleza química del material (enlaces covalentes de mayor o menor polaridad) y son poco sensibles a la microestructura cristalina o amorfa del material, que afecta mucho más a las propiedades mecánicas. Su estudio se acomete mediante ensayos de comportamiento en campos eléctricos de distinta intensidad y frecuencia. Seguidamente se analizan las características eléctricas de estos materiales.

Los polímeros conductores fueron desarrollados en 1974 y sus aplicaciones aún están siendo estudiadas.

Propiedades físicas de los polímeros.

Estudios de difracción de rayos X sobre muestras de polietileno comercial, muestran que este material, constituido por moléculas que pueden contener desde 1.000 hasta 150.000 grupos CH₂ – CH₂ presentan regiones con un cierto ordenamiento cristalino, y otras donde se evidencia un carácter amorfo: a éstas últimas se les considera defectos del cristal. En este caso las fuerzas responsables del ordenamiento cuasicristalino, son las llamadas fuerzas de van der Waals. En otros casos (nylon 66) la responsabilidad del ordenamiento recae en los enlaces de H. La temperatura tiene mucha importancia en relación al comportamiento de los polímeros. A temperaturas más bajas los polímeros se vuelven más duros y con ciertas características vítreas debido a la pérdida de movimiento relativo entre las cadenas que forman el material. La temperatura en la cual funden las zonas cristalinas se llama temperatura de fusión (T_f) Otra temperatura importante es la de descomposición y es conveniente que sea bastante superior a T_f.

Las propiedades mecánicas

Son una consecuencia directa de su composición así como de la estructura molecular tanto a nivel molecular como supermolecular. Actualmente las propiedades mecánicas de interés son las de los materiales polímeros y éstas han de ser mejoradas mediante la modificación de la composición o morfología por ejemplo, cambiar la temperatura a la que los polímeros se ablandan y recuperan el estado de sólido elástico o también el grado global del orden tridimensional. Normalmente el incentivo de estudios sobre las propiedades mecánicas es generalmente debido a la necesidad de correlacionar la respuesta de diferentes materiales bajo un rango de condiciones con objeto de predecir el desempeño de estos polímeros en aplicaciones prácticas. Durante mucho tiempo los ensayos han sido realizados para comprender el comportamiento mecánico de los materiales plásticos a través de la deformación de la red de polímeros reticulados y cadenas moleculares enredadas, pero los esfuerzos para describir la deformación de otros polímeros sólidos en términos de procesos operando a escala molecular son más recientes. Por lo tanto se considerarán los diferentes tipos de respuesta mostrados por los polímeros sólidos a diferentes niveles de tensión aplicados; elasticidad, viscoelasticidad, flujo plástico y fractura.

Clasificación

Existen varias formas posibles de clasificar los polímeros, sin que sean excluyentes entre sí.

Según su origen

- **Polímeros naturales.** Existen en la naturaleza muchos polímeros y las biomoléculas que forman los seres vivos son macromoléculas poliméricas. Por ejemplo, las proteínas, los ácidos nucleicos, los polisacáridos (como la celulosa y la quitina), el hule o caucho natural, la lignina, etc.
- **Polímeros semisintéticos.** Se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, la nitrocelulosa, el caucho vulcanizado, etc.
- **Polímeros sintéticos.** Muchos polímeros se obtienen industrialmente a partir de los monómeros. Por ejemplo, el nylon, el poliestireno, el Policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc.

Según su mecanismo de polimerización

En 1929 Carothers propuso la siguiente clasificación:

- **Polímeros de condensación.** La reacción de polimerización implica a cada paso la formación de una molécula de baja masa molecular, por ejemplo agua.
- **Polímeros de adición.** La polimerización no implica la liberación de ningún compuesto de baja masa molecular. Esta polimerización se genera cuando un "catalizador", inicia la reacción. Este catalizador separa la unión doble carbono en los monómeros, luego aquellos monómeros se unen con otros debido a los electrones libres, y así se van uniendo uno tras uno hasta que la reacción termina.

Clasificación de Flory (modificación a la de Carothers para considerar la cinética de la reacción):

- **Polímeros formados por reacción en cadena.** Se requiere un iniciador para comenzar la polimerización; un ejemplo es la polimerización de alquenos (de tipo radicalario). En este caso el iniciador reacciona con una molécula de monómero, dando lugar a un radical libre, que reacciona con otro monómero y así sucesivamente. La concentración de monómero disminuye lentamente. Además de la polimerización de alquenos, incluye también polimerización donde las cadenas reactivas son iones (polimerización catiónica y aniónica).
- **Polímeros formados por reacción por etapas.** El peso molecular del polímero crece a lo largo del tiempo de manera lenta, por etapas. Ello es debido a que el monómero desaparece rápidamente, pero no da inmediatamente un polímero de peso molecular elevado, sino una distribución entre dímeros, trímeros, y en general, oligómeros; transcurrido un cierto tiempo, estos oligómeros empiezan a reaccionar entre sí, dando lugar a especies de tipo polimérico. Esta categoría incluye todos los polímeros de condensación de Carothers y además algunos otros que no liberan moléculas pequeñas pero sí se forman gradualmente, como por ejemplo los poliuretanos.

Según su composición química

- **Polímeros orgánicos.** Posee en la cadena principal átomos de carbono.
- **Polímeros orgánicos vinílicos.** La cadena principal de sus moléculas está formada exclusivamente por átomos de carbono.

Dentro de ellos se pueden distinguir:

- **Poliiolefinas,** formados mediante la polimerización de olefinas.
Ejemplos: polietileno y polipropileno.
- **Polímeros estirénicos,** que incluyen al estireno entre sus monómeros.
Ejemplos: poliestireno y caucho estireno-butadieno.
- **Polímeros vinílicos halogenados,** que incluyen átomos de halógenos (cloro, flúor...) en su composición.
Ejemplos: PVC y PTFE.
- **Polímeros acrílicos.** Ejemplos: PMMA.
- **Polímeros orgánicos no vinílicos.** Además de carbono, tienen átomos de oxígeno o nitrógeno en su cadena principal.

Algunas sub-categorías de importancia:

- **Poliésteres**
- **Poliamidas**
- **Poliuretanos**

Polímeros inorgánicos. Entre otros:

- Basados en azufre. Ejemplo: polisulfuros.
- Basados en silicio. Ejemplo: silicona.

Según sus aplicaciones

Atendiendo a sus propiedades y usos finales, los polímeros pueden clasificarse en:

- **Elastómeros.** Son materiales con muy bajo módulo de elasticidad y alta extensibilidad; es decir, se deforman mucho al someterlos a un esfuerzo pero recuperan su forma inicial al eliminar el esfuerzo. En cada ciclo de extensión y contracción los elastómeros absorben energía, una propiedad denominada resiliencia.
- **Plásticos.** Son aquellos polímeros que, ante un esfuerzo suficientemente intenso, se deforman irreversiblemente, no pudiendo volver a su forma original. Hay que resaltar que el término *plástico* se aplica a veces incorrectamente para referirse a la totalidad de los polímeros.
- **Fibras.** Presentan alto módulo de elasticidad y baja extensibilidad, lo que permite confeccionar tejidos cuyas dimensiones permanecen estables.
- **Recubrimientos.** Son sustancias, normalmente líquidas, que se adhieren a la superficie de otros materiales para otorgarles alguna propiedad, por ejemplo resistencia a la abrasión.
- **Adhesivos.** Son sustancias que combinan una alta adhesión y una alta cohesión, lo que les permite unir dos o más cuerpos por contacto superficial.

Según su comportamiento al elevar su temperatura

Para clasificar polímeros, una de las formas empíricas más sencillas consiste en calentarlos por encima de cierta temperatura. Según si el material funde y fluye o por el contrario no lo hace se diferencian dos tipos de polímeros:

- **Termoplásticos**, que fluyen (pasan al estado líquido) al calentarlos y se vuelven a endurecer (vuelven al estado sólido) al enfriarlos. Su estructura molecular presenta pocos (o ningún) entrecruzamientos. Ejemplos: polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo PVC.
- **Termoestables**, que no fluyen, y lo único que conseguimos al calentarlos es que se descompongan químicamente, en vez de fluir. Este comportamiento se debe a una estructura con muchos entrecruzamientos, que impiden los desplazamientos relativos de las moléculas.
- **Elastómero**, plásticos con un comportamiento elástico que pueden ser deformados fácilmente sin que se rompan sus enlaces no modifique su estructura.

La clasificación termoplásticos / termoestables es independiente de la clasificación elastómeros / plásticos / fibras. Existen plásticos que presentan un comportamiento termoplástico y otros que se comportan como termoestables. Esto constituye de hecho la principal subdivisión del grupo de los plásticos y hace que a menudo cuando se habla de "los termoestables" en realidad se haga referencia sólo a "los plásticos termoestables". Pero ello no debe hacer olvidar que los elastómeros también se dividen en termoestables (la gran mayoría) y termoplásticos (una minoría pero con aplicaciones muy interesantes).

Nomenclatura

A parte de las reglas de nomenclatura establecidas por la IUPAC, existe otro mecanismo alternativo con el que también se pueden nombrar los polímeros y es tomando como base el monómero del cual son provenientes. Este sistema es el más común. Entre los compuestos nombrados de esta manera se encuentran: el polietileno y el poliestireno. Se tiene que cuando el nombre del monómero es de una sola palabra, el polímero constituido a partir de este sencillamente agregando el prefijo poli.

Las normas internacionales publicadas por la IUPAC indican que el principio general para nombrar polímeros es utilizar el prefijo **poli-** seguido de la unidad estructural repetitiva (UER) que define al polímero, escrita entre paréntesis. La UER debe ser nombrada siguiendo las normas convencionales de la IUPAC para moléculas sencillas.^[1]

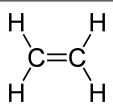
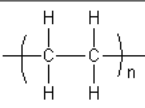
Ejemplo:

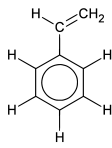
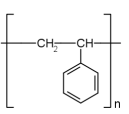
Poli (tio-1,4-fenileno)

Las normas IUPAC se utilizan habitualmente para nombrar los polímeros de estructura complicada, ya que permiten identificarlos sin ambigüedad en las bases de datos de artículos científicos.^[2] Por el contrario, no suelen ser utilizadas para los polímeros de estructura más sencilla y de uso común principalmente porque estos polímeros fueron inventados antes de que se publicasen las primeras normas IUPAC, en 1952, y por tanto sus nombres "comunes" o "tradicionales" ya se habían popularizado.

En la práctica, los polímeros de uso común se suelen nombrar según alguna de las siguientes opciones:

- Sufijo poli- seguido del monómero del que se obtiene el polímero. Esta convención es diferente de la IUPAC porque el monómero no siempre coincide con la UER y además se nombra sin paréntesis y en muchos casos según una nomenclatura "tradicional", no la IUPAC. Ejemplos: polietileno frente a poli (metileno); poliestireno frente a poli(1-feniletileno)

	Monómero	UER	Polímero
			
Sistema tradicional	etileno		polietileno
Sistema IUPAC	eteno	metileno	poli (metileno)

	Monómero	UER	Polímero
			
Sistema tradicional	estireno		poliestireno
Sistema IUPAC	fenileteno	1-feniletileno	poli(1-feniletileno)

- Para copolímeros se suelen listar simplemente los monómeros que los forman, a veces precedidos de las palabras *caucho* o *goma* si se trata de un elastómero o bien *resina* si es un plástico. Ejemplos: acrilonitrilo butadieno estireno; caucho estireno-butadieno; resina fenol-formaldehído.
- Es frecuente también el uso indebido de marcas comerciales como sinónimos del polímero, independientemente de la empresa que lo fabrique. Ejemplos: *Nylon* para poliamida; *Teflon* para politetrafluoretileno; *Neopreno* para policloropreno.

La IUPAC reconoce que los nombres tradicionales están firmemente asentados por su uso y no pretende abolirlos sino solo ir reduciendo paulatinamente su utilización en las publicaciones científicas.^[1]

Historia

Los polímeros son muy grandes sumas de moléculas, con masas moleculares que puede alcanzar incluso los millones de UMAs que se obtienen por la repeticiones de una o más unidades simples llamadas “monómeros” unidas entre sí mediante enlaces covalentes. Estos forman largas cadenas que se unen entre sí por fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas.

El desarrollo de los polímeros fue inducido a través de las modificaciones de estos con el fin de mejorar sus propiedades físicas en pro del auge de las aplicaciones de los mismos. En 1839, Charles Goodyear modificó el hule a través del calentamiento con azufre (vulcanización), ya que este por lo general era frágil en temperaturas bajas y pegajoso a altas temperaturas.

Mediante la vulcanización el hule se convirtió en una sustancia resistente a un amplio margen de temperaturas. Otro acontecimiento que contribuyó al desarrollo continuo de los polímeros fue la modificación de la celulosa que permitió el surgimiento de las fibras sintéticas llamadas rayones. Posteriormente Leo Baekeland instauró el primer polímero totalmente sintético al que llamo baquelita; este se caracterizó por ser un material muy duradero y por provenir de otros materiales de bajo costo como el fenol y el formaldehído. Este compuesto llegó a tener gran éxito durante cierto tiempo. Sin embargo independientemente de los avances aplicativos de los polímeros, no se tenía mucha información en cuanto a la estructura de estos.

En el transcurso de la década de 1920, Herman Staudinger fue el primero en instituir que los polímeros eran compuestos de gran peso molecular que se encontraban unidos mediante la formación de enlaces covalentes. Tal idea fue apoyada años más tarde por Wallace Carothers, de DuPont, los cuales llegaron a establecer concepciones similares. Estos conceptos dieron paso al desarrollo de la química de los polímeros tanto sintéticos como naturales.

Los polímeros naturales, por ejemplo la lana, la seda, la celulosa, etc., se han empleado profusamente y han tenido mucha importancia a lo largo de la historia. Sin embargo, hasta finales del siglo XIX no aparecieron los primeros polímeros sintéticos, como por ejemplo el celuloide.

Los primeros polímeros que se sintetizaron se obtenían a través de transformaciones de polímeros naturales. En 1839 Charles Goodyear realiza el vulcanizado del caucho. El nitrato de celulosa se sintetizó accidentalmente en el año 1846 por el químico Christian Friedrich Schönbein y en 1868, John W. Hyatt sintetizó el celuloide a partir de nitrato de celulosa.

El primer polímero totalmente sintético se obtuvo en 1907,^[3] cuando el químico belga Leo Hendrik Baekeland fabrica la baquelita a partir de formaldehído y fenol. Otros polímeros importantes se sintetizaron en años siguientes, por ejemplo el poliestireno (PS) en 1911 o el poli (cloruro de vinilo) (PVC) en 1912.

En 1922, el químico alemán Hermann Staudinger comienza a estudiar los polímeros y en 1926 expone su hipótesis de que se trata de largas cadenas de unidades pequeñas unidas por enlaces covalentes. Propuso las fórmulas estructurales del poliestireno y del polioximetileno, tal como las conocemos actualmente, como cadenas moleculares gigantes, formadas por la asociación mediante enlace covalente de ciertos grupos atómicos llamados "unidades estructurales". Este concepto se convirtió en "fundamento" de la química macromolecular sólo a partir de 1930, cuando fue aceptado ampliamente. En 1953 recibió el Premio Nobel de Química por su trabajo.

Wallace Carothers, trabajando en la empresa DuPont desde 1928, desarrolló un gran número de nuevos polímeros: poliésteres, poliamidas, neopreno, etc.

La Segunda Guerra Mundial contribuyó al avance en la investigación de polímeros. Por ejemplo, fue muy importante la sustitución del caucho natural por caucho sintético.

En los años 1950 el alemán Karl Ziegler y el italiano Giulio Natta desarrollaron los catalizadores de Ziegler-Natta y obtuvieron el Premio Nobel de Química en 1963.

Otro Premio Nobel de Química fue concedido por sus estudios de polímeros a Paul J. Flory en 1974.

En la segunda mitad del siglo XX se desarrollaron nuevos métodos de obtención, polímeros y aplicaciones. Por ejemplo, catalizadores metalocénicos, fibras de alta resistencia, polímeros conductores (en 2000 Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid y Hideki Shirakawa recibieron el Premio Nobel de Química por el desarrollo de estos polímeros), estructuras complejas de polímeros, polímeros cristales líquidos, etc.

Ejemplos de polímeros de gran importancia

Polímeros comunes

- Polietileno (PE) (HDPE o LDPE, alta, media y baja densidad)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)
- Poliuretano (PU)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Politereftalato de etileno (PET)
- Polimetilmetacrilato (PMMA)

Polímeros de ingeniería

- Nylon (poliamida 6, PA 6)
 - Polilactona
 - Policaprolactona
 - Poliéster
 - Polisiloxanos
 - Polianhidrido
 - Poliurea
 - Policarbonato
 - Polisulfonas
 - Poliacrilonitrilo
 - Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
 - Polioxido de etileno
 - Policiclooctano
 - Poli (n-butil acrilato)
 - Poliéster
 - Tereftalato de Polibutileno (PBT)
 - Estireno Acrilonitrilo (SAN)
 - Poliuretano Termoplástico (TPU)
-

Polímeros funcionales

- Copolímeros


Referencias

- [1] IUPAC (2002). « Nomenclature of Regular Single-Strand Organic Polymers (IUPAC Recommendations 2002) (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/rssop>)». *Pure Appl. Chem.* (74). págs. 1921-1956. .
- [2] Macosay, J.y Wilks, E. S.. « Nota de Nomenclatura Macromolecular No. 18: SRUs: Usando las reglas (<http://www.polyacs.org/nomcl/mnn18sp.pdf>)». *Division of Polymer Chemistry de la American Chemical Society.* .
- [3] ACS (http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_ARTICLEMAIN&node_id=924&content_id=WPCP_007586&use_sec=true&sec_url_var=region1&__uuid=beb91a21-7232-4d9a-8da5-2e7b490af1a7Bakelite,)

Bibliografía

- J. W. Nicholson (2006). *The Chemistry of Polymers, 3rd ed.*. University of Greenwich. ISBN 0-85404-684-4.
- Química Física Macromolecular I. Issa Katime. Servicio Editorial UPV/EHU. Bilbao, 1994.
- Química Física Macromolecular II. Issa Katime. Servicio Editorial UPV/EHU. Bilbao, 2004.

Enlaces externos

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Polímero**. Commons
- Ingeniería de los Polímeros (http://es.wikiversity.org/wiki/IngenierÃa_de_los_PolÃmeros) - Ingeniería Química - Wikiversidad
- Hipertexto de Química Polimérica (<http://www.polymerchemistryhypertext.com/indice.htm>) - Ecuaciones de Química Física de Polímeros
- Revista Iberoamericana de Polímeros (<http://www.ehu.es/reviberpol/>) - Artículos de investigación sobre polímeros
- Sitio web del Proyecto Curie (http://proyecto-curie.es.tl/Inicio_Polmeros.htm)

Fuentes y contribuyentes del artículo

Polímero *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=52690486> *Contribuyentes:* -jem-, Sergio, AS990, Abece, Acratta, Aeroforce20, Airunp, Aivoges, Alexav8, Alexec68, Alhen, Allforrous, Alvaro qc, Amy baby, Andreasperu, Angel GN, Angel007, AngelHerraez, Antur, Antón Francho, Aparejador, Astronomir, Açıpnı-Lovrij, Bedwyr, Behemot leviatan, Bernard, BetoCG, Biasoli, BlackBeast, Bucephala, Ca in, Camilo, Cmx, Cobalttempest, CommonsDelinker, Cratón, Ctrl Z, DJ Nietzsche, Daniel JG, Davius, Defcon2, Deleatur, Delphidius, Der Kreole, Dermot, Dianai, Diegusjaimés, Doniene, Dorieo, Edo lda, Eduardosalg, Egaida, Eli22, Erodrigufer, F.A.A, Fidel Gamarra, FrancoGG, Gduwen, Gothmog, Greek, Hispalois, Humbefa, Humberto, Ialad, Idelso, Interwiki, Iqmann, Jyvaca, Jkbw, Jorge c2010, JorgeGG, Joseaperez, José A. Saldivia, Jvmvidela, Keptside, Kraton, Kved, LP, Laura Fiorucci, Leyo, Lourdes Cardenal, Loveless, Lucien leGrey, Mafores, Magister Mathematicae, Magnanimo, Makeiko, Manuel Trujillo Berges, ManuelGR, Manwë, Marcelo9486, MarcoAurelio, Marianela43, Mario 122, Matdrones, Micoke, Miguel angel montes beltran, Milenonga, Moriel, Mottomoyoi, Mushii, Nacho haller, Netito777, Nicop, OboeCrack, Ortisa, Pabloes, Pacoperez6, Pan con queso, Paulhita, Penarc, PhJ, PoLuX124, Pregonao, Pыр0, RoyFocker, Rage, Sabbut, Salvador alc, Sergio Andres Segovia, Superzerocool, Taichi, Tano4595, Technopat, Tirithel, Tomatejc, Tosiani, Tosin2627, Tostadora, Triku, Untrozo, VanKleinen, Veon, Victorgarces, Vitamine, Wdechent, Xuankar, 518 ediciones anónimas

Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes

Archivo:Polystyrene linear.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Polystyrene_linear.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Leyo

Archivo:tacticidad de polimeros.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Tacticidad_de_polimeros.jpg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Cjp24, Iqmanuelnavarro

Archivo:Polimeros1.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Polimeros1.png> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was Untrozo at es.wikipedia

Archivo:Polimerización1.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Polimerización1.png> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was Untrozo at es.wikipedia

Archivo:Polimeros2.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Polimeros2.png> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was Untrozo at es.wikipedia

Archivo:Ethene-2D-flat.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ethene-2D-flat.png> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Benjah-bmm27

Archivo:Polyethene monomer.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Polyethene_monomer.png *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Wiki User

Archivo:Styren.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Styren.svg> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Lukáš Mižoch

Archivo:Polystyrene PS.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Polystyrene_PS.png *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Cjp24, PulkoCitron, 1 ediciones anónimas

Archivo:Commons-logo.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Commons-logo.svg> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* SVG version was created by User:Grunt and cleaned up by 3247, based on the earlier PNG version, created by Reidab.

Licencia