

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE		
	Facultad de Arquitectura		
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005		1 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”		

UNIDAD TEMÁTICA N°10

“PLÁSTICOS”

Dentro del campo relativamente nuevo y en rápida expansión de los plásticos, es natural que el proyectista se encuentre con materiales y técnicas que no le son familiares. Los materiales se le presentan como algo exótico, misterioso y confuso y, además, hay tantos que no sabe cuál escoger. Afortunadamente, aunque la química de los plásticos puede ser extremadamente compleja, no es difícil adquirir una idea general. En particular, para el proyectista acostumbrado a pensar en términos de disposiciones geométricas y estructurales, no es complicado comprender la estructura molecular de los plásticos que es uno de los principales factores que definen su comportamiento.

1. ¿QUÉ SON LOS PLÁSTICOS?

Esta pregunta es a la vez tan fácil y difícil de contestar como por ejemplo: "¿Qué son los metales?". Los plásticos pueden ser blandos, tenaces, duros, quebradizos, transparentes, opacos; pueden poseer una resistencia excelente a la intemperie o deteriorarse rápidamente al exterior, etc. En resumen, poseen una vasta extensión de propiedades, dentro de su propio dominio, tan grande como los metales en el suyo.

Prácticamente, hay del orden de veinte a treinta familias de materiales denominados plásticos. Éstas, a su vez, están constituidas por un número casi ilimitado de variantes o especies. La variedad de materiales comerciales disponibles es muy amplia y continuamente están apareciendo otros nuevos.

Una manera de definir a los plásticos es la de describir un número de cualidades que tengan en común:

- los plásticos se llaman así porque en alguna etapa de su fabricación o utilización tienen propiedades plásticas: pueden modelarse en la forma deseada, a veces por simple colada pero generalmente por la acción de presión y temperatura. Pueden ser plásticos sólo una vez, o bien tantas veces como lo deseemos.
- los plásticos son materiales orgánicos, esto es, están basados en la química del carbono (a excepción de las siliconas, basadas en el silicio).
- los plásticos son materiales sintéticos, productos de la industria química, que convierte materias primas en formas nuevas y radicalmente diferentes.
- los plásticos son polímeros de elevado peso molecular, esto es, son moléculas gigantes formadas por numerosas, pequeñas y sencillas unidades repetidas combinadas en agregados muy grandes.

Un material plástico será aquel que cumpla **simultáneamente** con las cuatro condiciones enunciadas.

Resumiendo, podemos decir entonces que los materiales plásticos son materiales orgánicos, sintéticos, de elevado peso molecular, que en alguna etapa de su elaboración poseen características "plásticas".

2. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LOS POLÍMEROS

El examen de la estructura o "arquitectura" de los polímeros típicos proporciona una visión interna de los varios tipos de plásticos y de sus propiedades. Esto obliga a considerar las peculiares características del átomo de carbono. El átomo de carbono, en una visión simplificada, puede imaginarse como una bola con cuatro puntos de enlace a los que pueden fijarse otros átomos. Estos puntos de enlace son llamados valencias y el carbono, por lo tanto, tiene cuatro valencias.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE		
	Facultad de Arquitectura		
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005		2 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”		

Espacialmente, los cuatro puntos son los vértices de un tetraedro, pero simplifícadamente se los suele representar en un plano como cuatro puntos equidistantes que rodean al átomo de carbono. Veamos algunas posibles combinaciones elementales:

- el átomo de hidrógeno tiene valencia uno y cuatro átomos de hidrógeno pueden unirse a uno de carbono formando metano (componente del "gas natural").
- el átomo de oxígeno tiene valencia dos: por lo tanto dos átomos de oxígeno pueden unirse a uno de carbono formando dióxido de carbono.
- dos átomos de carbono adyacentes pueden unirse entre sí formando un par y si se añaden otros se formará una hilera. Si esto ocurre y las valencias restantes son tomadas, por ejemplo, por hidrógeno, resulta una agregación corta o larga, en forma de cadena o molécula.
- dos carbonos adyacentes pueden conectarse en más de una valencia, por ejemplo con una valencia doble (etileno) o una valencia triple (acetileno). En estos casos se dice que la molécula está "no saturada", mientras que una cadena cuyos enlaces entre carbonos son todos simples, se dice que está "saturada".

Las uniones "no saturadas" de doble o triple valencia pueden abrirse o "activarse" bajo determinadas condiciones. Si es así, los enlaces abiertos de los átomos de carbono quedan disponibles para unirse a algo. Por ejemplo, si muchas moléculas de etileno son activadas estando unas cerca de otras, los átomos de carbono pueden unirse formando una cadena.

El conjunto más sencillo de átomos que forma una cadena se llama **monómero** (el "eslabón" de la cadena) y la cadena formada se llama **polímero**. Si el número de eslabones de la cadena es grande (por ejemplo de cien a varios miles) se ha formado un **polímero de elevado peso molecular**: es decir, un **plástico**.

La cadena formada a partir del etileno, se llama polietileno, un plástico bien conocido que tiene numerosas aplicaciones (envases, filmes o películas, tuberías).

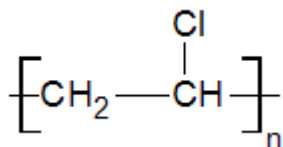
Si en la estructura del etileno (4 átomos de hidrógeno) se reemplaza uno o más átomos de hidrógeno por otros átomos o grupos de átomos con una valencia neta igual a uno, pueden formarse diferentes polímeros.

Inmediatamente se comprende la inmensa variedad de polímeros que pueden formarse, según sean las combinaciones que se planteen al reemplazar los átomos de hidrógeno, y muchos de ellos han sido obtenidos experimentalmente.

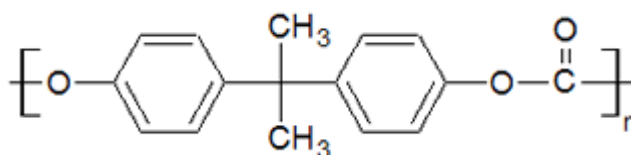
2.1 Polímeros

Algunos de los polímeros más conocidos que responden a una estructura de este tipo son:

- **policloruro de vinilo (PVC)**: conocido por su sigla **PVC** (Polivynil Compound), que tiene numerosas variedades con diferentes propiedades. Se lo utiliza en caños, perfiles rígidos y flexibles, materiales para aislamiento eléctrico, placas, revestimiento de pisos y paredes, tapicería, revestimiento de piezas metálicas, etc.

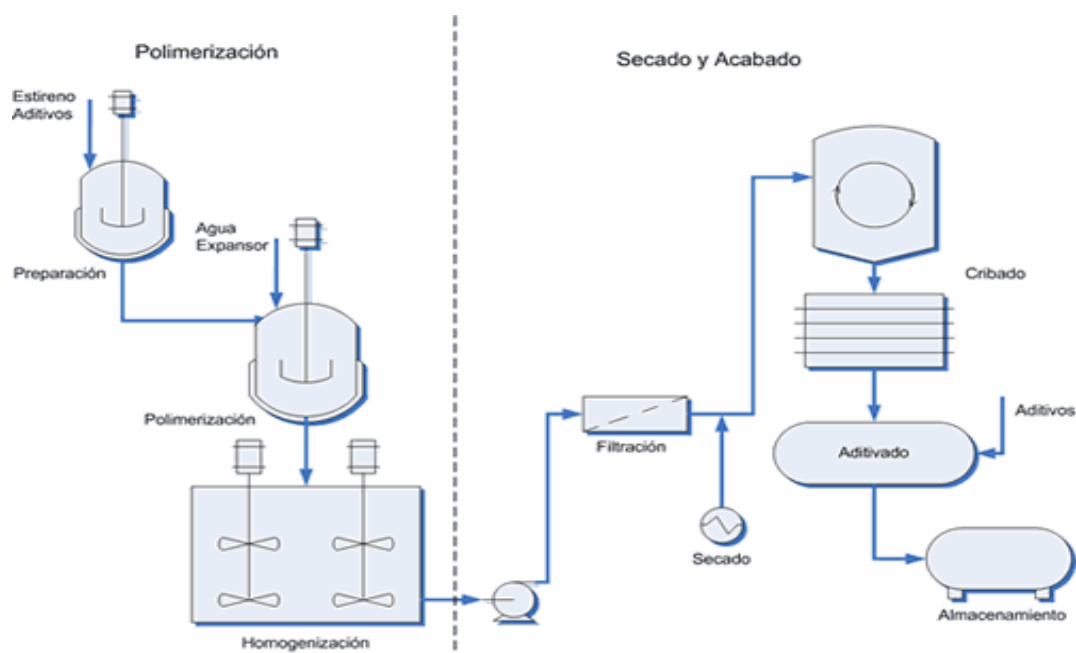
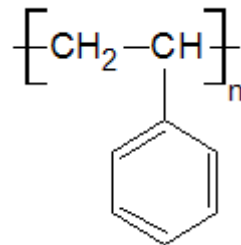


- **poli carbonatos (PC)**: utilizado mucho en la fabricación de láminas translúcidas de buena resistencia.

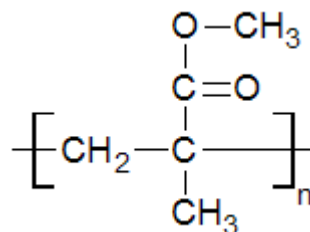


	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	3 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

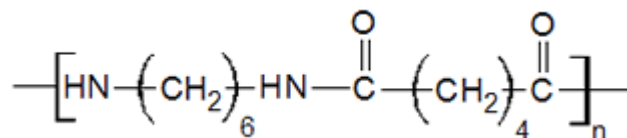
- **poliestireno (PS)**: utilizable para el moldeo de piezas de aparatos y muebles, ya sea en forma maciza o de espumas de diversa densidad y rigidez. Una variedad de estas espumas de poliestireno expandido se conoce con el nombre comercial de **Telgopor**.



- **polimetilmetacrilato (PMMA)**: grupo conocido con el nombre genérico de **acrílicos**, caracterizados por su transparencia, dureza y tenacidad; se los utiliza en claraboyas, piezas transparentes. Una de las marcas comerciales más difundidas es el **Plexiglas**.

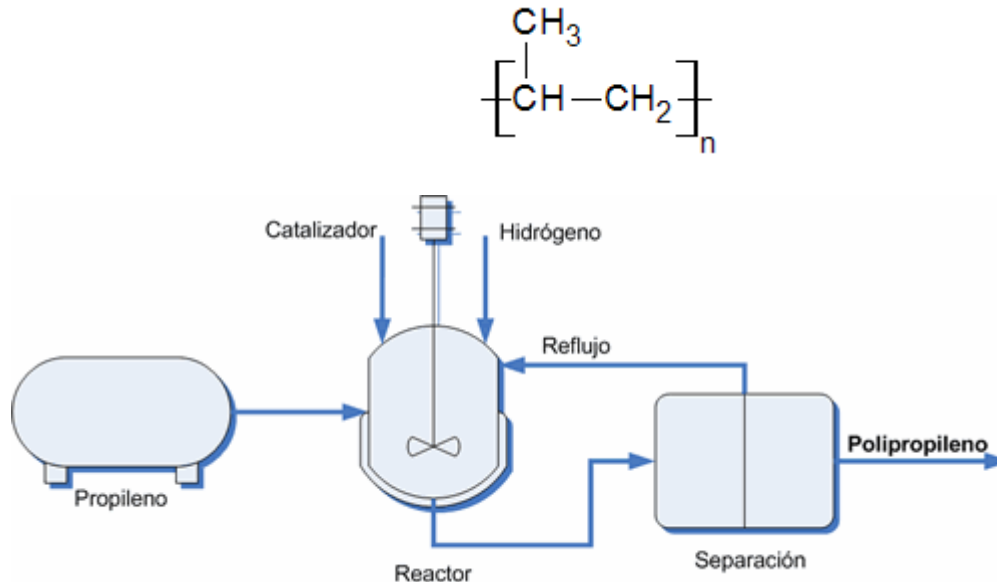


- **poliamidas (PA)**: como el **Nylon** (nombre comercial). Se los utiliza moldeados para piezas que requieran buena resistencia mecánica (engranajes, cerraduras) o hilado en la confección de tejidos sintéticos.



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	4 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

- **polipropileno (PP)**: utilizado en tubos, autopartes, baldes, recipientes, botellas, muebles, juguetes, películas para envases de alimentos, fibras y filamentos, bolsas y bolsones, fondo de alfombras, pañales, toallas higiénicas, ropa, etc.



- **politetrafluoretileno (PTFE)**: conocido comercialmente como **Teflon**, utilizado en piezas macizas sometidas a grandes esfuerzos y temperaturas o a posible corrosión, o bien en delgadas películas protectoras (por ejemplo en baterías de cocina).

2.2 Copolímeros

No tan sólo es posible, sino que es una práctica común, unir unidades **monoméricas** diferentes dentro de la misma cadena molecular, produciendo de este modo **copolímeros**. Éstos no son meramente mezclas, ya que las unidades componentes son parte de la misma molécula final. Las propiedades resultantes pueden ser bastante diferentes de las de las cadenas sencillas y variando las proporciones de los dos constituyentes puede obtenerse una amplia gama de flexibilidades, consistencias, tenacidades, etc.

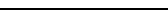
2.3 Celulósicos

Otro tipo de polímeros lineales o de cadena se obtiene modificando la celulosa, un polímero lineal **natural** de elevado peso molecular. A este grupo de plásticos pertenecen, por ejemplo:

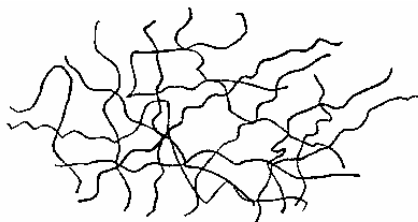
- **celuloide**: o nitrato de celulosa, empleado en la elaboración de películas fotográficas, mangos de herramientas, juguetes, etc.
- **acetato de celulosa**: empleado en guarniciones decorativas, piezas transparentes para muebles, material de dibujo, hilados ("Rayón"), envoltorios ("Celofán"), etc.

2.4 Diversas configuraciones

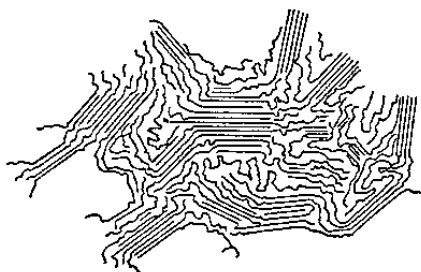
Las moléculas de los materiales plásticos no están necesariamente ordenadas en cadenas continuas y netas. Por ejemplo, el polietileno puede obtenerse por dos procedimientos diferentes: si se lo obtiene mediante alta temperatura y presión es a menudo muy ramificado; en cambio, si se lo obtiene por un proceso catalítico se forman cadenas no ramificadas y por ello se lo llama también "polietileno lineal".

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE		
	Facultad de Arquitectura		
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005		5 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”		

Evidentemente, las cadenas ramificadas no se juntan bien entre sí y tienden a ser un enredo, mientras que las cadenas no ramificadas pueden empaquetarse estrechamente entre sí y en disposiciones "cristalinas" regulares. Este ordenamiento incide notablemente sobre las propiedades del plástico obtenido. En el ejemplo del polietileno, si bien las composiciones químicas de ambas variedades son idénticas, el polietileno ramificado es más liviano, más blando, menos consistente y tiene un punto de ablandamiento por calor más bajo que el polietileno lineal.



Polímero de estructura amorfa



Polímero de estructura cristalina

3. TERMOPLASTICOS

Las moléculas lineales descritas hasta ahora tienen una característica común: no están interconectadas. Mientras que la unión a lo largo de las cadenas es extremadamente fuerte, las fuerzas de atracción entre las cadenas adyacentes son relativamente pequeñas. Al aumentar la temperatura, las fuerzas de atracción se reducen, el material se dilata y se vuelve más blando, a veces suficientemente blando como para fluir fácilmente y adoptar una nueva forma. En otras palabras, es termoplástico. Al enfriarse, se vuelve nuevamente rígido.

La propiedad característica de los materiales termoplásticos, debida a su estructura lineal, es la de poder ablandarse y endurecerse reiteradamente por calentamientos y enfriamientos sucesivos.

Poseen además cierta ductilidad, porque bajo la acción de fuerzas exteriores las cadenas moleculares pueden deslizarse. Después de ese deslizamiento las fuerzas de cohesión vuelven a mantenerlas unidas en su nueva posición.

3.1 Interconexión de cadenas moleculares

Una clase importante de plásticos es la de los poliésteres no saturados. En estos plásticos, por el hecho de ser no saturados, la molécula lineal contiene (además de los enlaces simples o saturados que hemos visto hasta ahora) algún doble enlace de vez en cuando. En esta forma son termoplásticos y realmente son a menudo líquidos a las temperaturas ordinarias.

Los dobles enlaces pueden abrirse o activarse y los enlaces así abiertos quieren unirse a algo. Si cerca hay otras moléculas activadas y, además, un adecuado agente de unión, es posible unir moléculas adyacentes; esto es, intercomunicarlas. Un agente de unión es el monómero de estireno activado. Los puntos de valencia abiertos del monómero de estireno

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE		
	Facultad de Arquitectura		
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005		6 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”		

se conectan a los puntos de valencia abiertos en la molécula de poliéster contigua y forman una interconexión en las tres dimensiones.

Esto puede ocurrir en casi todos los puntos de enlace doble abierto o activado de la molécula de poliéster, formando así una red continua e interconectada. Las cadenas contiguas de poliéster, en vez de ser atraídas una con respecto a otra sólo por débiles fuerzas secundarias, están ahora unidas fuertemente por fuerzas químicas y ya no son libres de moverse entre sí. Al ir avanzando la reacción, el poliéster líquido se vuelve progresivamente espeso y más viscoso y, por último, se endurece. En esta última forma, puede variar desde elástico (como caucho) a duro y vítreo, dependiendo del grado de interconexión espacial. Como todo está unido entre sí, es desde luego un polímero de elevado peso molecular; en esencia, el artículo final es una gran molécula. No puede ablandarse de nuevo: el endurecimiento es irreversible como ocurre con el fraguado del cemento.

Juntamente con los poliésteres no saturados, los epoxis y poliuretanos tienen la misma propiedad de interconectarse en el espacio. Este tipo de endurecimiento irreversible, desde líquido a sólido, es fundamental en todo el campo de los plásticos reforzados, el material más fuerte entre los utilizados.

3.2 Termoendurecimiento

Otro ejemplo de interconexión de moléculas es la reacción del fenol con formaldehído. Bajo la influencia de calor, presión, catalizadores, etc, dos moléculas cercanas de fenol se vinculan con una de formaldehído dando además como producto secundario una molécula de agua. Dado que las moléculas de fenol tienen varias posibilidades de vinculación, se desarrolla durante la polimerización una estructura tridimensional fuertemente interconectada y el producto final es esencialmente una molécula gigante.

La reacción de interconexión del poliéster no produce ningún subproducto. La interconexión del fenol y el formaldehído produce en cambio como subproducto vapor de agua que se condensa. Por eso se llama **polimerización por condensación** (esto es una diferencia importante). Durante las primeras etapas del interconectado, antes que todo esté rígidamente unido, el fenol-formaldehído es blando y viscoso y puede dársele la forma que uno desee: es decir, es un **plástico**. Después que se ha interconectado totalmente, se vuelve duro y rígido y deja de ser plástico, no pudiendo reblandecerse de nuevo al calentarlo. Cuanto más calor se le aplica, más duro se vuelve. Entre otros importantes plásticos obtenidos por condensación pueden citarse el resorcinol-formaldehído, melamina-formaldehído y urea-formaldehído. En una u otra forma los encontramos en diferentes aplicaciones.

4. TERMOESTABLES

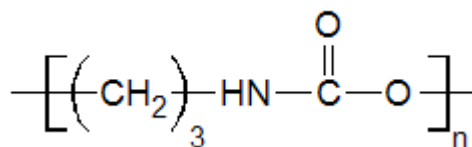
Este tipo de reacción de interconexión en la que el material va de una etapa líquida o plástica a otra en que endurece o se estabiliza de forma irreversible, se llama **termoestabilización**, palabra que se inventó cuando se creía que se precisaba calor para realizarla. Estas reacciones irreversibles pueden efectuarse ahora a temperatura ambiente, tal como en los poliésteres y epoxis, pero la palabra "termoestable" se ha fijado firmemente.

Entre los plásticos termoestables más difundidos tenemos:

- **urea-formaldehído (UF):** o resinas ureicas. Un uso muy difundido es como ligantes en tableros de fibras y partículas (madera aglomerada) o adhesivos (terciados, multilaminados, enchapados, etc.). También pueden emplearse para moldeo de piezas y para la obtención de espumas conformadas.
- **melamina-formaldehído (MF):** especialmente conocidas por su aplicación en la elaboración de laminados plásticos decorativos (marcas como "Fórmica", "Karikal", "Nerolite"), revestimiento de distintas superficies, adhesivos, etc.

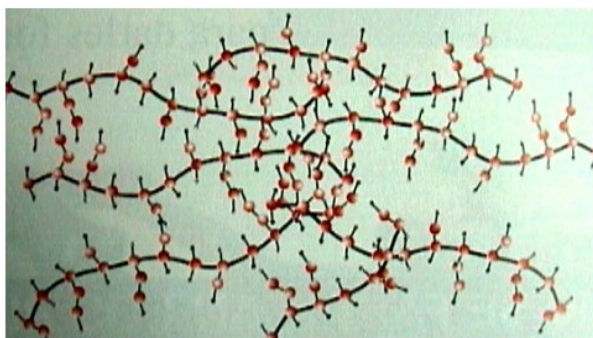
	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	7 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

- **fenol-formaldehído (PF):** muy difundidas como resinas adhesivas, de excelente resistencia a la humedad. Asimismo se la utiliza como polvos de moldeo (por compresión en caliente) para fabricar los más diversos objetos. La "bakelita" y la "mikarta" fueron las primeras aplicaciones de este tipo de resinas.
- **resinas poliéster (UP):** utilizadas especialmente en la elaboración de productos de plástico reforzado con fibra de vidrio u otras. También se emplean como pinturas.
- **resinas epoxi (EP):** con aplicaciones similares a las anteriores, tienen en general mejor desempeño.
- **poliuretanos (PUR):** utilizados ya sea en forma de espumas (rellenos, aislación) o como películas de recubrimiento (lacas, barnices).

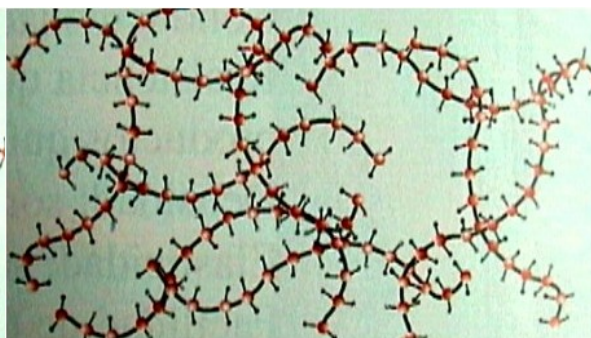


5. RESUMEN DE LOS TIPOS DE PLASTICOS

Hay dos grandes clases de plásticos: los termoplásticos que son polímeros de tipo lineal interconectados, los cuales pueden ablandarse y volverse plásticos o aún fundirse reiteradamente por el calor y endurecerse por enfriamiento; y los termoestables que son polímeros endurecibles de forma irreversible, pudiendo ser plásticos tan sólo una vez, pero que luego, a través de una acción de interconexión, forman una red tridimensional que no puede volverse de nuevo plástica.



Termoplástico



Termoestable

6. MODIFICANTES

Las diversas clases de plásticos y sus copolímeros proporcionan una amplia variedad de propiedades, pero no son suficientes para cubrir las muchas demandas de propiedades y aplicaciones especiales que suelen necesitarse. Los llamados modificantes amplían el campo de aplicación de los plásticos y proporcionan una gradación muy matizada de propiedades, principalmente los plastificantes y las cargas, completados por los estabilizadores y los pigmentos o tintes.

6.1 Plastificantes

La dureza y rigidez a las temperaturas ordinarias inherentes a muchos plásticos pueden superarse mediante el uso de plastificantes. Por ejemplo, el PVC rígido puede convertirse en un material tenaz y flexible para tapicería, incorporándole plastificantes. Son materiales líquidos o sólidos que se mezclan con los plásticos y los vuelven blandos, más flexibles, más

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE		
	Facultad de Arquitectura		
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005		8 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”		

tenaces (y a veces más débiles) de lo que serían en cada caso. En otras palabras, ellos hacen a bajas temperaturas lo que podría hacer el calor a temperaturas más altas, a base de atenuar las fuerzas de atracción entre las moléculas lineales y permitiendo que puedan moverse más fácilmente unas respecto de otras.

Un buen plastificante debe ser compatible (permaneciendo en su sitio durante toda la vida útil del plástico), estable, no degradante del plástico y deberá ser utilizado en la menor proporción posible.

6.2 Cargas

Los plásticos puros con frecuencia no poseen las propiedades deseadas y deben modificarse mediante cargas. Esto es especialmente cierto para los termoestables. Las cargas son necesarias para muchos fines, como por ejemplo: mejorar la moldeabilidad, mejorar la resistencia eléctrica o al calor, aumentar la tenacidad (por ejemplo con fibras), etc.

6.3 Estabilizadores

Los plásticos sin mezcla pueden degradarse cuando se exponen a ciertos ambientes, como por ejemplo la luz solar. Sin embargo, pueden reforzarse con estabilizadores, tales como los absorbentes de rayos ultravioleta y antioxidantes. El negro de humo, por ejemplo, convierte el polietileno (que es un material rápidamente degradable) en otro que resiste muy bien la luz solar y la intemperie.

6.4 Pigmentos

Muchos plásticos son inherentemente transparentes e incoloros y son infinitamente coloreables; otros, en este aspecto, son limitados. Los acrílicos, por ejemplo, pueden incluirse entre los de la primera clase; los fenólicos, en la segunda. En algunos casos, el color puede ser tanto en transparente como en opaco, en otros sólo en opaco. Los **tintes** proporcionan colores transparentes; los **pigmentos**, opacos.

7. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Debido a la diversidad de polímeros, copolímeros y modificantes, la variedad de propiedades útiles es muy extensa, pero un conocimiento de algunas de estas propiedades básicas es útil para determinar si los plásticos pueden usarse o no en una determinada aplicación.

7.1 Resistencia y rigidez

Algunos laminados y plásticos reforzados están entre los más fuertes de los materiales comerciales, especialmente teniendo en cuenta la relación resistencia/peso. La resistencia varía desde estos valores tan elevados hasta otros muy bajos correspondientes a plásticos blandos y flexibles.

Como valores indicativos, podemos tomar valores de resistencia a la tracción variables entre 100 y 2500 kg/cm² para plásticos moldeados (límites inferior y superior respectivamente). El límite superior puede extenderse hasta más de 10000 kg/cm² en el caso de los plásticos reforzados y laminados.

De forma parecida, la rigidez puede variar desde débil (como la de los films flexibles) hasta valores muy elevados, pero aún los plásticos reforzados y laminados están muy por debajo del acero y del aluminio, pudiéndose considerar más cerca del campo del hormigón armado y la madera.

La comparación y selección del material más apropiado para un determinado fin entre una variedad de plásticos y otro material alternativo convencional deberá hacerse considerando el balance entre las tres siguientes propiedades: **densidad, rigidez y**

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	9 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

resistencia, teniendo en cuenta que la mayoría de los plásticos tienen una densidad relativamente baja.

7.2 Efectos de la temperatura y del tiempo

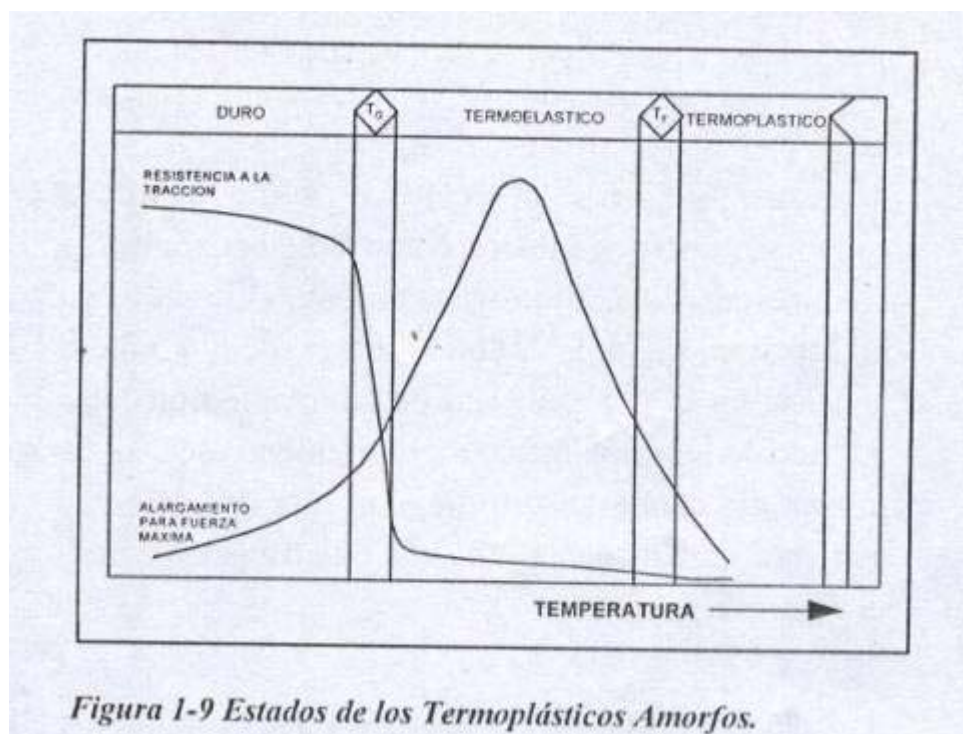
Tanto la resistencia como la rigidez pueden verse afectadas por dos factores decisivos: la temperatura y el tiempo. Esto es particularmente cierto para los termoplásticos, que se reblandecen a elevadas temperaturas y se vuelven más rígidos al enfriarse y cuando se emplean termoplásticos debe, desde luego, tenerse en cuenta la temperatura de utilización o "servicio". Los termoestables, debido a su estructura interconectada en retícula, son un poco menos afectados por los cambios de temperatura, aunque algunos pueden reblandecerse y endurecerse moderadamente al aumentar o disminuir la temperatura. Por su parte los plásticos laminados y reforzados con base termoestable son aún menos afectados debido a que están estabilizados por el material de refuerzo.

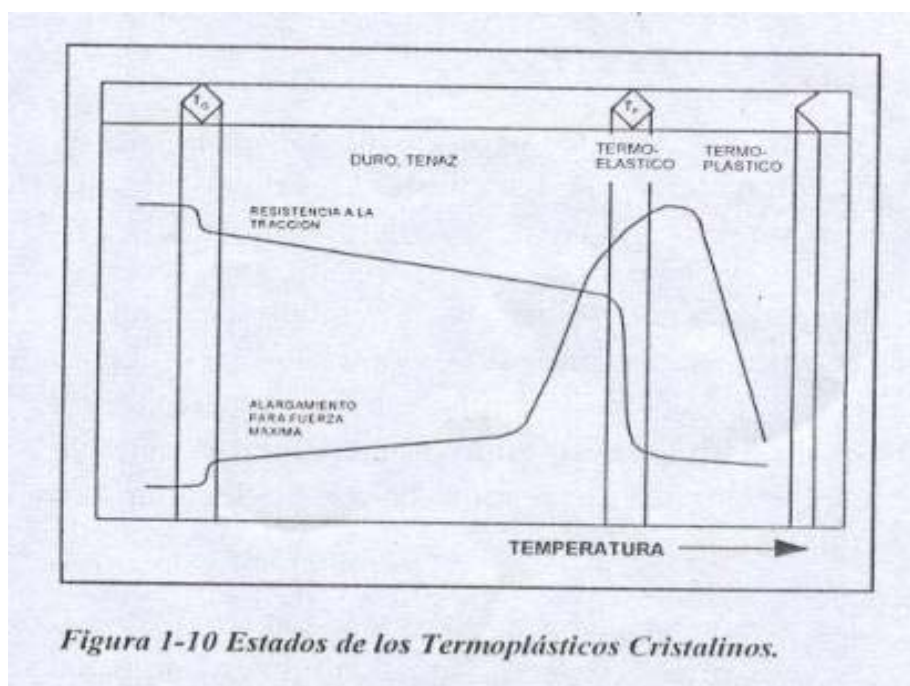
Por otra parte, muchos plásticos pueden soportar cargas más elevadas en tiempos cortos que cuando las cargas se aplican lentamente o se dejan actuando durante largos períodos de tiempo. Lo mismo que otros materiales, los plásticos pueden **fluir**, esto es deformarse continuamente bajo tensión. El fenómeno es tanto más notable cuanto más se acercan las cargas a los niveles de falla: para esfuerzos pequeños puede producirse una pequeña fluencia inicial que gradualmente cesa, mientras que a elevados niveles de esfuerzo la fluencia es elevada desde el comienzo y luego continúa aumentando pudiendo provocar la falla.

En la mayoría de los materiales estos fenómenos a menudo se desprecian y el cálculo o "dimensionamiento" se limita a comprobar que no se superen los límites admisibles de esfuerzos, prescindiendo de la duración de la carga, la temperatura, etc.

En los plásticos, en cambio, es de fundamental importancia la consideración de estos aspectos y, en especial, su superposición:

- nivel de carga aplicada.
- duración de la carga.
- temperatura de servicio.





Además, pueden influir en los valores de resistencias los siguientes factores:

- el proceso de fabricación: en los termoplásticos extruados (tales como tuberías) las moléculas están en su mayoría orientadas en la dirección de la extrusión y la resistencia es, por lo tanto, mayor en esa dirección que en la perpendicular. El mismo efecto direccional puede ocurrir en el moldeo por inyección y en la fabricación de fibras sintéticas de alta resistencia se utiliza deliberadamente esta orientación y alineamiento de las moléculas (en este caso las moléculas se alinean durante el estirado del hilo y así resulta, por ejemplo, que si la resistencia del nylon es de aproximadamente 700 kg/cm² para los productos moldeados, aumenta hasta 4200 kg/cm² para las fibras de nylon).
- el diseño de las piezas elaboradas: el diseño puede contribuir tanto a reforzar como a debilitar una pieza de plástico. Tanto las esquinas entrantes con cantos agudos como los agujeros, son siempre zonas de concentración de esfuerzos. Para evitar estos aumentos de esfuerzo deben emplearse lo más posible radios e inclinaciones amplias y curvas graduales.

7.3 Tenacidad

Las mediciones de la tenacidad son empíricas y los valores obtenidos son comparativos sólo de una manera aproximada. Además, las probetas de plástico de laboratorio pueden diferir ampliamente de las piezas fabricadas (como ocurre con muchos otros materiales). Los ensayos de tenacidad que se usan normalmente incluyen caídas de bolas sobre placas o láminas, o bien el impacto de un péndulo pesado golpeando una barra (probeta) con una pequeña **entalla** (sección debilitada intencionalmente).

El trabajo (energía) necesario para romper la probeta, referido a la sección resistente, es la **resistencia al impacto** y es la medida de la tenacidad. Los resultados varían según la formulación química básica y las cargas, pudiendo llegar a multiplicarse el valor inicial por 40 o 50.

Entre los plásticos especialmente utilizados por su elevada tenacidad tenemos los **acrílicos**, el copolímero **ABS**, los **policarbonatos**, etc.

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	11 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	



7.4 Dureza

La dureza es una propiedad algo difícil de evaluar en los plásticos, ya que se comportan de manera muy variable al ser sometidos a estos ensayos. Las comparaciones entre distintos materiales son difíciles de hacer, pero es evidente que los plásticos no son tan duros como el acero o el vidrio, pero muchos son más duros que la madera, en el sentido normal a las fibras. Asimismo, la resistencia a ser rayado es difícil de medir y comparar en pleno sentido. Los plásticos se rayan más fácilmente que el vidrio, pero el acabado con melamina, en laminados de alta presión, es más resistente al rayado que las lacas y barnices corrientes. Las rayaduras en los materiales plásticos suelen ser menor irregulares que si se tratara de otros materiales más duros y quebradizos y generalmente puede eliminarse con facilidad mediante un pulimento.



7.5 Dilatación y contracción térmica

Como todos los materiales, los plásticos se dilatan y contraen al aumentar y disminuir la temperatura, pero para muchos plásticos la magnitud del cambio es apreciablemente mayor que para la mayoría de muchos materiales. En el caso de que el elemento diseñado estuviera sujeto a variaciones importantes de temperatura, en el diseño deben preverse tolerancias para estos cambios dimensionales, ya sea absorbiéndolas por la forma del elemento o bien disponiendo juntas de dilatación. Por ejemplo, una sección curvada puede alabearse o aplanarse ligeramente sin afectar su utilidad.

La dilatación y la contracción pueden producir esfuerzos importantes en los plegados agudos o en los puntos de fijación, tales como las tuercas apretadas o pernos. Repetidos esfuerzos causados por cambios de temperatura pueden conducir a la fatiga, agrietamiento y rotura. Deben preverse, desde luego, radios y chaflanes amplios, y los agujeros para la sujeción deben ser lo suficientemente grandes para permitir el movimiento debido a los cambios de temperatura.

7.6 Aislación térmica

Comparados con los metales, los plásticos son excelentes aislantes del calor. La mayoría de los plásticos sólidos y no modificados tienen coeficientes de aislación del calor más bajos que la madera pero mayores que los vidrios, los cerámicos o el hormigón.

En general, a medida que disminuye la densidad aumenta la capacidad de aislación térmica, y en el extremo de esta escala tenemos las espumas plásticas, que con densidades tan bajas como 10 a 35 kg/m³ resultan excelentes aislantes (poliestireno expandido, espumas de poliuretano, etc.).

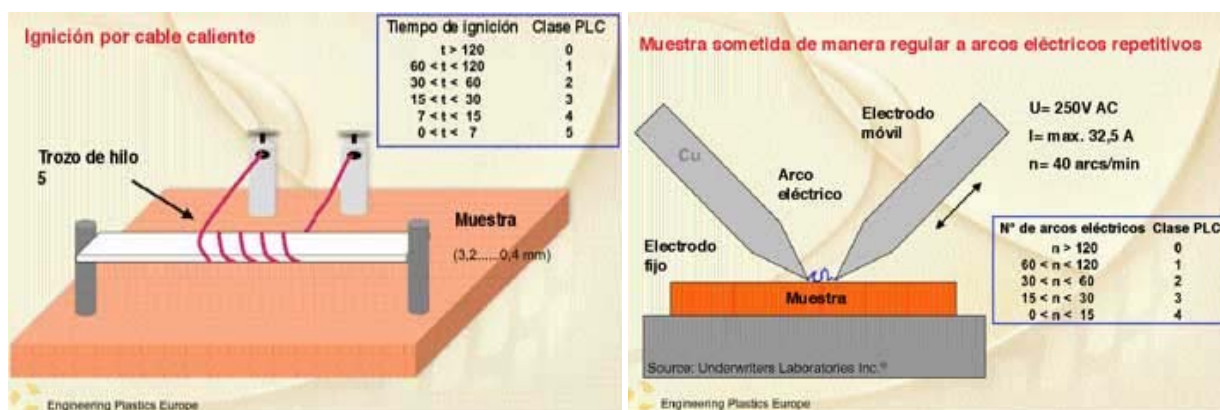
7.7 Resistencia al fuego

Como otros materiales orgánicos, todos los plásticos pueden ser destruidos por el fuego. Algunos plásticos no se encienden, otros son autoextinguibles (no continúan quemándose solos) y otros queman más o menos rápidamente. En la inflamabilidad tienen una incidencia importante las cargas, plastificantes y otros constituyentes.

Existen diversos ensayos normalizados que valoran tanto la velocidad de la combustión como la resistencia a fuegos de distintas temperaturas, y las correspondientes especificaciones de calidad permiten clasificar al material ensayado en diferentes grupos.

Los productos de la combustión resultante de un plástico dependen no solamente de la composición química del material sino también de las condiciones de combustión: con exceso de aire los productos de la combustión de la mayoría de los plásticos, madera, papeles y tejidos son los inofensivos dióxido de carbono y agua, pero con deficiencia de oxígeno pueden haber grandes volúmenes de monóxido de carbono y humos, altamente tóxicos. Este aspecto debe ser considerado desde el punto de vista de la seguridad cuando se evalúa la posibilidad de incendios.





7.8 Durabilidad

Sobre los plásticos se hace con frecuencia la pregunta de cuánto tiempo pueden durar. Debido a su novedad (en comparación con la madera, vidrio y aún el acero y el aluminio) todavía hay muchas preguntas no totalmente contestadas con relación a la durabilidad de los plásticos bajo distintas condiciones de exposición. Cada año que pasa suministra información y experiencia adicional.

La resistencia a la corrosión es excelente. Igual que otros materiales orgánicos, los plásticos no se enmohecen. La resistencia a la putrefacción es también excelente pero los insectos y los gusanos pueden atacar, a veces, a los plásticos: es evidente que los plásticos no les proporcionan alimento, pero los insectos pueden atacar por el olor a los plásticos que encuentren en su camino.

Todos los plásticos son resistentes a una gran variedad de disolventes, pero no obligatoriamente a los mismos. Unos pocos, como el "Teflón", son inmunes a prácticamente todos los reactivos químicos, con excepción de los más enérgicos. La resistencia de un plástico concreto a una determinada aplicación debe comprobarse previamente, pero la mayoría de los plásticos son resistentes a los disolventes que con más frecuencia podemos encontrar en las viviendas y en las condiciones de uso normales.

En una exposición a la intemperie, por su parte, las temperaturas y humedades extremas, acompañadas de intensa radiación solar, pueden causar el rápido deterioro de los plásticos que no sean adecuados para la aplicación exterior.

8. PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN PARA MATERIALES PLÁSTICOS

El conocimiento de los principales métodos de fabricación, sus posibilidades y limitaciones, es útil al proyectista, en el momento de decidir si una determinada solución constructiva es viable a base de plástico y por qué medios pueden realizarse.

Los métodos de fabricación condicionan muchas veces los tipos de plásticos que pueden emplearse. Además, las técnicas de fabricación influyen con frecuencia en las propiedades de las piezas resultantes. Estas técnicas son numerosas, correspondiendo a las muchas variedades, propiedades y utilizaciones de los plásticos. Algunas requieren elevadas temperaturas y presiones; algunas sólo una débil presión (o bien ninguna) y temperaturas ordinarias, y para algunas otras técnicas debe emplearse el vacío. Algunos procedimientos se han desarrollado especialmente para plásticos, mientras que otros tienen una aplicación más generalizada.

8.1 Moldeo por compresión

Los polvos o "pellets" termoplásticos y termoestables se calientan normalmente hasta alcanzar la plasticidad tomando la configuración definitiva en los moldes (esto es válido para todos los procesos llamados "de alta presión", que incluyen la inyección y la extrusión).

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	14 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

El molde consta generalmente de dos partes: el punzón y la matriz (macho y hembra), cuyas formas corresponden a la que debe adoptar la pieza terminada, y que se acoplan a los platos de una prensa. El molde se calienta internamente, a menudo con vapor a presión.

El polvo de moldeo suelto o compacto se coloca en el molde, se cierra la prensa y se calienta el molde hasta que el plástico se reblandece, fluye, llena el molde y es curado. Luego se abre la prensa y se saca la pieza (en el caso de termoplásticos la pieza debe enfriarse previamente hasta adquirir una cierta rigidez).

Las presiones son elevadas (150 a 700 kg/cm²) por lo que se requieren moldes de aceros especiales y prensas muy potentes. Por ello el moldeo por compresión se limita a la elaboración de piezas pequeñas y en cantidades tales que justifiquen el costo de los moldes.

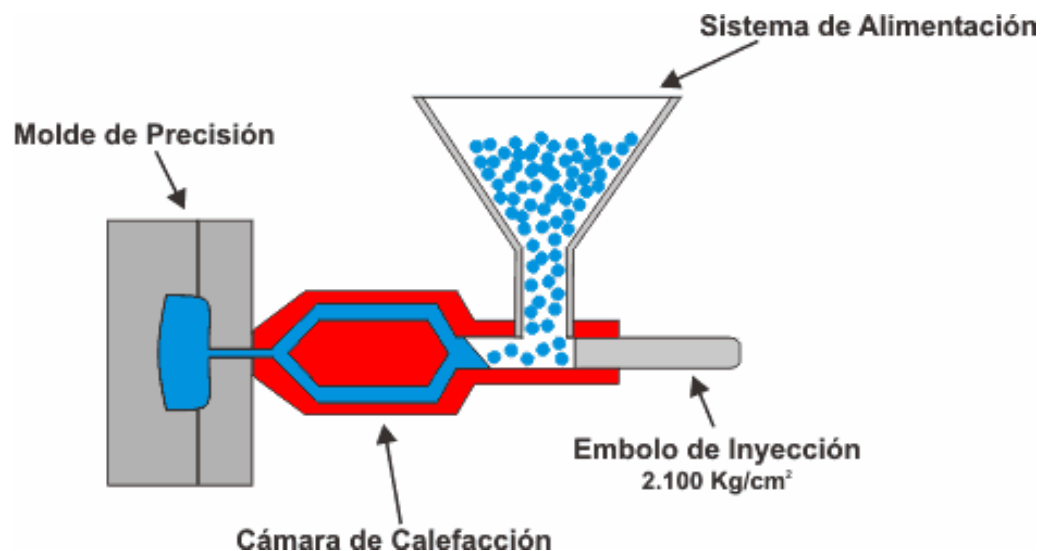
El mismo concepto de curado mediante una compresión en caliente se utiliza para elaborar los llamados "laminados plásticos" que consisten en láminas de papel embebidas de resinas termoestables (fenólicas y/o melamínicas) posteriormente estabilizadas por prensado en caliente. Similar tratamiento se aplica en la superficie de algunas maderas aglomeradas.

8.2 Inyección

El moldeo por compresión es de bajo rendimiento para termoplásticos debido a que el calentamiento inicial y refrigeración final prolonga el ciclo de moldeo y desperdicia calor. Para ellos, es mejor el moldeo por inyección.

El polvo de moldeo es empujado por un pistón a tornillo desde una tolva hacia un extremo de una cámara calentada donde funde a la vez que se desplaza. En el otro extremo el plástico caliente y fundido es forzado a través de una tobera a alta presión hacia un canal en un molde cerrado. Este canal conduce a una cavidad o a otros canales secundarios que se abren a través de entradas a cavidades múltiples. El molde permanece frío. El plástico endurece por enfriamiento en el hueco, se abre el molde, se saca la pieza, se cierra el molde y continúa el ciclo.

El ciclo de inyección es rápido. Además, el material solidificado en los canales de alimentación puede recuperarse y fundirse nuevamente, reduciendo los desperdicios. Las altas presiones necesitan moldes costosos y maquinaria pesada y los tamaños de las piezas son limitados sobre todo debido a los costos de producción. No obstante, hay piezas tan grandes como hojas de puertas y estantes para muebles que son moldeados por inyección. Piezas de ferretería, muebles pequeños, rejillas para lámparas y muchos otros objetos similares son fabricados típicamente por moldeo por inyección.



	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	15 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

8.3 Moldeo por transferencia

El moldeo por inyección es casi siempre más rápido que el moldeo por compresión ordinaria, pero no puede utilizarse bien para termoestables que pueden endurecer en la cámara de calentamiento. Para obtener las ventajas del moldeo por inyección para termoestables, el moldeo por transferencia emplea un molde cerrado vacío y canales de entrada similares al de un molde por inyección. Cada carga individual de material termoestable se coloca en una pequeña tolva o recipiente, donde se calienta hasta el punto de plasticidad y es forzado inmediatamente mediante un pistón a penetrar dentro del molde calentado donde se completa el curado.

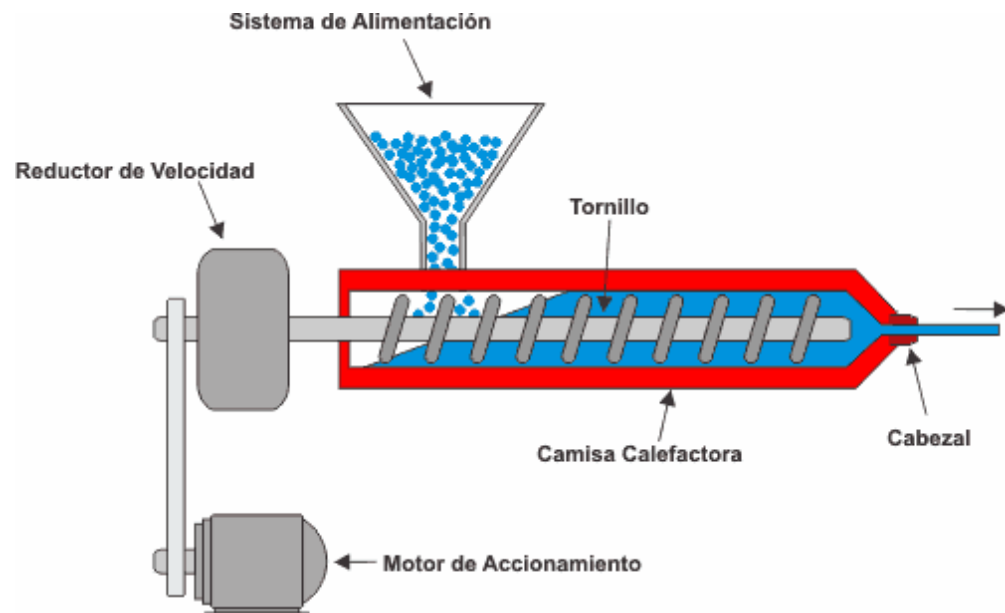
El ciclo es más rápido que en el moldeo ordinario por compresión y debido al precalentamiento y mezclado perfecto mientras fluye el plástico, las piezas acabadas pueden curarse en forma más uniforme y obtenerse detalles más finos.

8.4 Extrusión

La extrusión proporciona perfiles continuos entre los que tenemos cantos, molduras y tuberías. El polvo de moldeo termoplástico se alimenta desde una tolva en el extremo de una cámara calentada, se traslada mediante un tornillo y, después de reblandecerse y unirse los granos en la cámara, se le obliga a pasar a través de una boquilla a una correa sin fin donde el perfil extruido continuo se enfría y endurece.

Un chorro de aire o un baño de enfriamiento a la salida puede enfriar la pieza antes de que pase a la correa. Si la correa se mueve más rápidamente de lo que el material sale de la boquilla, el perfil se estira a una medida más pequeña conservándose las proporciones relativas. De esta forma pueden obtenerse diferentes tamaños con una sola tobera.

Una vez que el perfil se ha enfriado puede enrollarse o cortarse en la longitud deseada. Las dimensiones de la sección transversal viene limitada sólo por la capacidad del extrusor. De esta forma se fabrican por ejemplo, tuberías de gran diámetro y pared gruesa y, en el extremo opuesto, también se recubre por extrusión alambres de pequeño diámetro.



8.5 Extrusión y soplado

Se hacen films anchos y finos extruyendo un tubo y expansionándolo inmediatamente utilizando presión interna de aire a medida que sale de la boquilla. El tubo expansionado se corta y se abre en forma de un film continuo y de ancho variable (hasta 8 m).

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	16 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

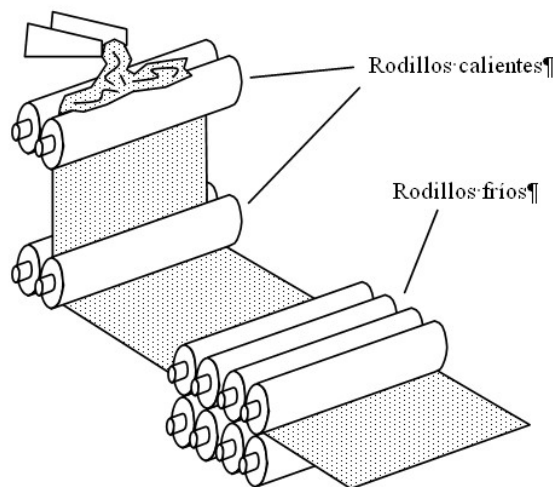
8.6 Colada

Las láminas acrílicas se hacen por colada del monómero líquido entre láminas de vidrio dejando que polimerice en el sitio. Durante este tiempo primero gelifica y luego se endurece a la vez que se contrae. La lámina acabada reproduce fielmente la textura del vidrio y puede ser liso o grabado. La reacción debe progresar lo suficientemente despacio para evitar aumentos excesivos de temperatura y las secciones pueden necesitar muchos días para quedar completamente curadas. Debe tenerse mucho cuidado en evitar burbujas o contaminación por polvos.

8.7 Calandrado

Los termoplásticos tales como el PVC se fabrican en forma de films y láminas continuos mediante unos rodillos llamados "calandras". Primero se mezclan y funden los constituyentes en unos rodillos calentados llamados molinos y luego, a través de uno o más juegos de rodillos, continúan en diversos espesores que van desde algunas décimas de mm hasta unos 3 mm. Los últimos rodillos pueden tener una superficie que dé a la lámina obtenida una terminación especial (acabados texturados mates, brillantes, coloreados, ondulados, etc.). Las láminas acabadas pueden enrollarse o cortarse en piezas más pequeñas.

Los films y láminas pueden llevar un soporte incorporando en el proceso de calandrado tela, papel, fieltro y otros materiales laminares. Este proceso se utiliza, por ejemplo, en la fabricación de telas plásticas para tapicería.



8.8 Moldeo al vacío

Para hacer una claraboya o lucernario en forma de ampolla se calienta una lámina de plástico acrílico hasta la temperatura de ablandamiento (alrededor de 135°C). Se sujeta por sus bordes sobre una abertura de forma apropiada que tiene por debajo un recipiente conectado a una línea de vacío. Se reduce la presión dentro del recipiente y la lámina ablandada es aspirada dentro del tanque adoptando la forma de una ampolla. Se endurece en esta forma a la vez que se enfría; se suprime el vacío y se extrae la pieza.

Cuando debe hacerse una pieza de forma irregular tal como un panel en relieve o una pieza de mobiliario, se reproduce primero la forma del panel en un molde de madera, yeso, etc. y se taladra un gran número de pequeños agujeros especialmente en los puntos más profundos. Todo el conjunto se conecta a una cámara al vacío. La lámina que debe conformarse (por ejemplo de PVC) se cuelga encima del molde, se reblandece por calor (generalmente por radiación) y se deja caer encima del molde. El vacío hace que la lámina

	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA FE	
	Facultad de Arquitectura	
	Cátedra: Tecnología de la Construcción II – Plan 2005	17 / 17
	Unidad Temática N°10 “Plásticos”	

ablandada se ponga en estrecho contacto con el molde "copiando" su forma y luego se enfría.

8.9 Moldeo de plásticos reforzados

Las resinas poliéster que polimerizan a temperatura ambiente son muy utilizadas en la elaboración de elementos laminares reforzados generalmente con fibras de vidrio. El proceso consiste en depositar sobre un molde o matriz de forma adecuada en forma de capas sucesivas (o bien simultáneamente) ambos materiales: el "esqueleto" o refuerzo de fibras y la matriz de resina. El sistema tiene la ventaja de poder elaborar piezas de grandes dimensiones sin equipos demasiado complejos, aunque algunas variantes más sofisticadas aceleran el proceso con la aplicación de presión y/o calor.

De esta manera se elaboran cascos de embarcaciones, elementos de cerramiento, gabinetes para muebles, etc.

8.10 Técnicas de producción de espumas

Existe una importante variedad de espumas plásticas obtenidas por diversas técnicas. Pueden ser preespumadas o espumadas en el lugar de aplicación, rígidas o flexibles, de poros abiertos o cerrados. Las más utilizadas son de poliestireno, poliuretano, PVC y polietileno.

8.11 Mecanizado

Prácticamente pueden realizarse en los plásticos todas las operaciones de mecanización y de corte, siempre que se tenga en cuenta que sus propiedades varían desde blando y flexible a duro y quebradizo, que algunos son muy resistentes y otros débiles, algunos se ablandan al calentarlos y otros no, y que pueden contener una gran variedad de ingredientes que afectan sus características de mecanizado. Los factores que afectan a la mecanización, tales como los ángulos de corte, la relación entre el avance y la velocidad de corte, los tipos de herramienta (desde metal corriente a sierra diamantada), los líquidos de enfriamiento, etc, pueden adaptarse a cada plástico en particular. El mecanizado se realiza sin dificultad cuando se emplea el método y las herramientas adecuadas.

8.12 Moldeo por insuflación de aire

Es un proceso usado para hacer formas huecas (botellas, recipientes). Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruido y luego cortado en el largo que se desea. Luego el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado.

