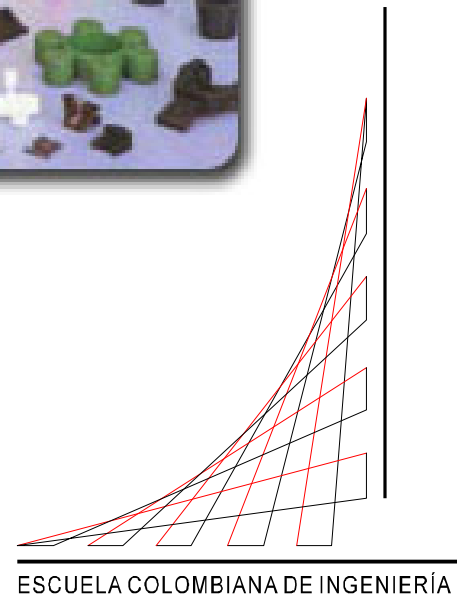


# **PLÁSTICOS PROTOCOLO**

## **Curso de Procesos de Manufactura**



**EDICION 2007-2**  
**FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL**  
**LABORATORIO DE PRODUCCION**



ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS .....	3
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD .....	4
1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS.....	5
2 INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES PLÁSTICOS.....	6
2.1 Reseña histórica.....	6
2.2 Características de los plásticos .....	8
2.3 Clasificación de los Polímeros.....	8
2.3.1 Elastómeros .....	8
2.3.2 Termoestables .....	9
2.3.3 Termoplásticos.....	9
3 ADITIVOS.....	11
4 PROCESOS DE MANUFACTURA DE LOS PLÁSTICOS .....	14
4.1 Procesos de conformado (termoplásticos) .....	14
4.1.1 Inyección.....	14
4.1.2 Extrusión .....	20
4.1.3 Termoformado .....	24
4.2 Procesos de moldeo (termoestables) .....	24
4.2.1 Compresión (Cauchos). .....	24
4.2.2 Moldeo por transferencia (polímeros termoestables).....	24
4.2.3 Colada.....	25
4.2.4 Espumado. ....	25
4.2.5 Calandrado.....	25
5 RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE PLÁSTICOS.....	26
5.1 Compactadora .....	27
5.2 Aglutinadora .....	28
6 BIBLIOGRAFÍA.....	29

## INTRODUCCIÓN

En el proceso de formación de un Ingeniero Industrial, es muy importante el conocimiento de la Ciencia de los Materiales, ya que esta proporciona las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes, sistemas y procesos que sean confiables y económicos.

Las ventajas de los plásticos son bien conocidas: son seguros, lo que los convierte en materiales adecuados para envases y embalajes de todo tipo; son ligeros, lo que permite ahorros sustanciales de energía en su producción y en el transporte de mercancías envasadas; son versátiles, es decir, hay un plástico para cada aplicación, desde la técnica aeroespacial mas sofisticada, pasando por aplicaciones en automoción, industria eléctrica, electrónica, construcción y agricultura, hasta la medicina, el envasado y la industria del ocio.

Son resistentes y duraderos, lo que, lejos de ser un inconveniente, es una gran ventaja para perfiles, tuberías, parachoques o contenedores; finalmente, los plásticos son reciclables y pueden ser utilizados de nuevo mediante gran variedad de métodos (reciclado mecánico, químico o recuperación energética, entre otros).

En el presente protocolo se mostrarán la historia y características más relevantes de los polímeros; los procesos más usados para la manipulación de plásticos así como la importancia del reciclado, y algunas formas más usuales de hacerlo.

## OBJETIVOS

Los objetivos que persigue la correcta realización de esta práctica son:

- Conocer las normas de seguridad que intervienen en el procesamiento y reciclado de polímeros.
- Dar una introducción a los materiales plásticos más usados en la industria y sus aplicaciones.
- Conocer la manufactura de los plásticos.
- Conocer el funcionamiento de una maquina inyectora
- Conocer el funcionamiento de una máquina extrusora
- Conocer el funcionamiento de maquinas para reciclado como la trituradora y la compactadora.

## **INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

Para evitar posibles lesiones causadas durante la realización de la práctica, es necesario que los estudiantes al momento de realizarla tengan en cuenta los diferentes tipos de riesgos que se presentan durante la manipulación de plásticos.

### **RIESGOS FÍSICOS**

Al trabajar con una máquina de conformación se está expuesto a riesgos mecánicos, debido al movimiento de las máquinas, sistemas de presión neumática e hidráulica, ruido, calor y vibraciones, los cuales pueden producir lesiones graves al operario u otra persona. Para protegerse de estos peligros lo más importante es conocer bien el funcionamiento de la máquina y las partes en movimiento que podrían generar una lesión, para evitar la exposición innecesaria a estas, y utilizar elementos de protección personal como gafas y tapa oídos entre otros.

### **RIESGOS ELÉCTRICOS**

Respecto a la parte eléctrica es necesario tener los cuidados básicos como son el no operar el sistema bajo humedad extrema, con las manos humedecidas o usando joyas y elementos metálicos que podrían generar un corto circuito. En lo que concierne al inicio en los procedimientos de conexión eléctrica de las máquinas de conformación de plásticos, se debe encender la alimentación principal, abrir el sistema de control eléctrico y energizarlo, para su posterior uso.

### **RIESGOS MECÁNICOS**

La disposición del puesto de trabajo mantiene alejado al trabajador de riesgos mecánicos, pero se debe tener cuidado con el movimiento del embolo – husillo en el momento de plastificar ó inyectar, el cual se hace repentinamente cuando la leva toca uno de los interruptores de comienzo ó final de carrera, y este se desplaza de tal forma que puede golpear o atrapar a otra persona u objeto que este en el recorrido normal de la máquina.

Otros riesgos mecánicos que se producen con menor probabilidad por el diseño de la máquina, son en la unidad de cierre, ya que el operario es quien acciona esta unidad, de lo anterior la única forma por la cual se podría generar una lesión es que otra persona introduzca la mano u otro elemento mientras el operario cierra la unidad; otro riesgo sería al acercar la boquilla de la máquina al canal de llenado del molde, en el cual como en el caso anterior solo se puede producir si otro individuo se interpone entre el molde y la inyectora mientras el operario está realizando la aproximación.

## RIESGO TÉRMICO

El riesgo con mayor grado de peligrosidad es el térmico, ya que la unidad de plastificación de cualquier máquina de conformado de plásticos está expuesta y es posible tener contacto con ella por equivocación; generalmente, esta unidad esta compuesta por tres bandas calefactoras y un cilindro plastificador los cuales pueden producir graves quemaduras si se tiene contacto directo durante su funcionamiento.

Para la inyectora, durante la limpieza de la boquilla de la maquina o del canal de llenado del molde es necesario usar elementos de protección personal, con el fin de evitar quemaduras con la unidad de plastificación o la boquilla; entre los elementos usados para este procedimiento están los guantes de carnaza, overol, pinzas, espátula, mascarilla.

## RIESGO QUÍMICO

Dependiendo del polímero termoplástico que se esta procesando es necesario tener diferentes cuidados y usar diferentes elementos de protección personal e industrial; entre los mas peligrosos para la salud humana al ser inhalados se encuentran los gases producidos por el Etilen propileno fluorado, el policlorotrifluoroetileno y el politetrafluoroetileno; respecto a seguridad en la maquinaria se debe tener en cuenta ciertos plásticos que pueden ser corrosivos como el PVC (cloruro de polivinilo).

## 1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS

TEORÍA - PRÁCTICA	Tiempo (min.)
-Introducción a los materiales plásticos	45
-Manufactura de plásticos por inyección, compresión y extrusión	45
-Proceso de inyección y componentes de una unidad inyectora de plástico	30
-Proceso de extrusión y componentes de una unidad extrusora de plástico	30
-Procesos reciclado, trituradora y compactadora, funcionamiento y partes	30
Tiempo Total	180

## **2 INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES PLÁSTICOS**

### **2.1 Reseña histórica**

Los primeros materiales con las propiedades maravillosas que hoy se le atribuyen a los plásticos, fueron los cuernos (asta natural), las pezuñas animales e incluso en ocasiones conchas de tortuga, que eran usados para fabricar peines y botones, entre otros artículos de moda o accesorios.

Se usaron también polímeros naturales como la goma laca o la Gutapercha, pero debido a su difícil recolección, recuperación o purificación, el primer paso a la búsqueda de polímeros sintéticos, fue la modificación de materiales naturales que tratados químicamente resultaban en materiales duros, flexibles y elásticos; como el caucho vulcanizado de Charles Goodyear quien descubrió que al combinar azufre en polvo con caucho natural, mejoraba enormemente sus características.

El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural, destinado a la fabricación de bolas de billar. Una de las personas que compitieron fue el inventor norteamericano Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol.

En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído; este plástico se bautizó con el nombre de baquelita (o bakelita), el primer plástico totalmente sintético de la historia.

Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 aparece el polipropileno (PP).

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego, especialmente adecuado para tubería de todo tipo. Al agregarles diversos aditivos se logra un material más blando, sustitutivo del caucho, comúnmente usado para ropa impermeable, manteles, cortinas y juguetes.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS), un material muy transparente comúnmente utilizado para vasos, potes y hueveras. El poliestireno expandido (EPS), una espuma blanca y rígida, es usado básicamente para embalaje y aislante térmico.

También en los años 30 se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers, que trabajaba para la empresa Dupont. Descubrió que dos sustancias químicas como la hexametildiamina y el ácido adípico, formaban polímeros que bombeados a través de agujeros y estirados formaban hilos que podían tejerse. Su primer uso fue la fabricación de paracaídas para las fuerzas armadas estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial, extendiéndose rápidamente a la industria textil en la fabricación de medias y otros tejidos combinados con algodón o lana. Al nylon le siguieron otras fibras sintéticas como por ejemplo el orlón y el acrilán.

Los plásticos se deben en su mayoría a los desarrollos en la segunda guerra mundial, ya que eran sustitutos perfectos de fibras naturales que escaseaban durante la guerra. Durante los años de la posguerra se mantuvo el elevado ritmo de los descubrimientos y desarrollos de la industria de los plásticos destinados a diferentes usos.

En el pasado siglo, su producción y uso aumento significativamente en relación a los materiales metálicos, debido a su versatilidad.

El desarrollo cronológico de algunos materiales plásticos se presenta en la Tabla 1:

<b>Año</b>	<b>Material</b>	<b>Ejemplo</b>
1909	Baquelita	Aislantes electrónicos
1919	Caseína	Agujas de tejer
1927	Acetato de Celulosa	Cepillos de dientes, envases
1927	Policloruro de vinilo	Impermeables
1938	Acetato butirato de celulosa	Mangueras
1938	Poliestireno o estireno	Accesorios de Cocina
1938	Nylon (Poliamida)	Engranajes
1942	Polietileno	Botes compresibles
1943	Silicona	Aislantes de Motor
1954	Poliuretano o uretano	Cojines de Espuma
1957	Polipropileno	Cascos de Seguridad
1957	Policarbonato	Piezas para electrodomésticos
1970	Poli(amida-imida)	Películas
1970	Poliéster termoplástico	Piezas de electricidad y electrónica
1985	Polímeros de cristal líquido	Componentes electrónicos

**Tabla 1. Desarrollo Cronológico**

## 2.2 Características de los plásticos

Son compuestos constituidos por moléculas que forman estructuras muy resistentes, que permiten moldeado mediante Presión y Calor. La American Society for Testing Materials (ASTM) define como plástico a cualquier material de un extenso y variado grupo que contiene como elemento esencial una sustancia orgánica de gran peso molecular, siendo sólida en su estado final; ha tenido o puede haber tenido en alguna etapa de su manufactura (fundido, cilindrado, prensado, estirado, moldeado, etc.) diferentes formas de fluidificación, mediante la aplicación, junta o separada, de presión o calor.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y no son adecuados para utilizarse a temperaturas elevadas.

Los plásticos son producidos mediante un proceso conocido como polimerización, ya sea por adición, por condensación, o por etapas, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico.

## 2.3 Clasificación de los Polímeros

Según a su estructura y comportamiento al calor, los polímeros se clasifican en:

- Elastómeros
- Termoestables
- Termoplásticos

### 2.3.1 Elastómeros

Los elastómeros son compuestos químicos cuyas moléculas consisten en varios miles de monómeros, que están unidos formando grandes cadenas, las cuales son altamente flexibles, desordenadas y entrelazadas.

Cuando son estirados, las moléculas son llevadas a una alineación y con frecuencia toman una distribución muy ordenada (cristalina), pero cuando se las deja de tensionar retornan espontáneamente a su desorden natural, un estado en que las moléculas están enredadas.



Entre los polímeros que son elastómeros se encuentran el poliisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el poliisobutileno y los poliuretanos:

### **2.3.2 Termoestables**

Los polímeros termoestables, son aquellos que solamente son blandos o "plásticos" al calentarlos por primera vez. Después de enfriados no pueden recuperarse para transformaciones posteriores. Es un material compacto y duro, su fusión no es posible (la temperatura los afecta muy poco), Insoluble para la mayoría de los solventes, encuentran aplicación en entornos de mucho calor, pues no se ablandan y se carbonizan a altas temperaturas.

Según su componente principal y características algunas de las clasificaciones de los polímeros termoestables son:

- Resinas fenólicas
- Resinas de Poliéster
- Resinas Ureicas
- Resinas epóxicas
- Poliuretano
- Resinas de Melamina

### **2.3.3 Termoplásticos**

Las resinas termoplásticas son fácilmente conformables al aplicárseles temperatura y presión, entre los métodos mas usados para su manufactura se encuentran la inyección, extrusión, soplado y termoformado.

La temperatura máxima de trabajo para los productos moldeados son bastante más bajas que la temperatura de ablandamiento o de fusión, usualmente alrededor de la mitad de la temperatura de fusión correspondiente.

Variaciones en los esfuerzos mecánicos o condiciones ambientales pueden reducir los márgenes de resistencia del material. Otra característica de estos materiales es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión.

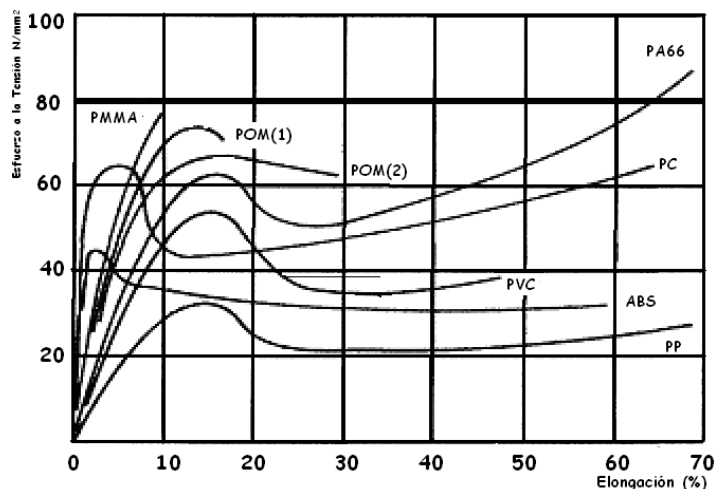
En general, los termoplásticos se pueden clasificar con referencia a su arreglo molecular, lo cual influye en su proceso de fusión, solidificación, y puede determinar las propiedades físicas y mecánicas:

Estructura	Formación	Características	Ejemplo
Amorfa	Las moléculas no presentan ningún tipo de orden: están dispuestas aleatoriamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son normalmente transparentes.</li> <li>• La fusión se realiza en un intervalo de temperatura, no existe un punto de fusión preciso.</li> <li>• A medida que la temperatura aumenta el material pasa de un estado sólido a uno pastoso, hasta convertirse finalmente en un fluido muy viscoso.</li> <li>• En el intervalo de fusión pueden ser manufacturados por inyección, extrusión, soplado, etc.</li> <li>• Sin carga tienen una contracción en el moldeo de 0.3 % a 0.9%, con carga este valor es menor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PVC</li> <li>• PS</li> <li>• SAN</li> <li>• ABS</li> <li>• PMMA</li> <li>• PC</li> </ul>
Cristalina	Al enfriarse, sus cadenas tienden a enlazarse muy ordenadamente por lo que se produce un empaquetamiento muy ordenado, que se denomina cristalización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son opacos</li> <li>• Poseen un punto característico de fusión</li> <li>• El intervalo útil de transformación está limitado a pocos grados centígrados: un poco abajo del punto de fusión, está todavía sólido y no se puede moldear; y no es prudente superar mucho la temperatura de fusión porque puede intervenir el fenómeno de degradación térmica.</li> <li>• Tienen contracción elevada en el moldeo. La contracción para un polímero no reforzado varía de 1 al 5 %.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE</li> <li>• PP</li> <li>• POM</li> <li>• PA</li> <li>• PET</li> </ul>

**Tabla 2.** Propiedades de los termoplásticos

A continuación se muestra un diagrama con las características físico - mecánicas de los plásticos de ingeniería más conocidos que permiten reconocer que tipo de proceso de moldeo de plástico se puede realizar, según el tipo de polímero.

**Curvas de esfuerzo vs. Elongación correspondientes a diversos  
polímeros termoplásticos (sin refuerzos fibrosos)  
Esfuerzo a la tensión a 23°C – 50% humedad relativa)**



SÍMBOLO ISO	NOMBRE COMPLETO DEL TERMOPLÁSTICO
PMMA	Polimetacrilato
POM	Poliacetil(Homopolímero, Copolímero)
PA66	Poliamida 66 (Semicristalino)
PA6	Poliamida 6 (Semicristalino)
PC	Policarbonato
PVC	Cloruro de Polivinilo
ABS	Copolímero compuesto por acrilonitrilo Butadieno-Estireno
PP	Polipropileno
PBTP	Polibutelen-tereftalato
PPO	Polióxido de fenileno

### 3 ADITIVOS

Con frecuencia se añaden sustancias químicas para modificar o mejorar determinadas propiedades de los polímeros y obtener mayores beneficios en su uso industrial:

Aditivo	Características	Sustancia usada
Antioxidantes	El oxígeno origina un serie de reacciones químicas que resultan en la ruptura de enlaces, para evitarlo se añaden sustancias químicas; los paquetes contienen antioxidantes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primarios, para detener o dar fin a las reacciones</li> <li>• Secundarios, para neutralizar los materiales reactivos que provocan los ciclos de oxidación</li> </ul> Se añaden durante su fabricación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenólico</li> <li>• Amina</li> <li>• Fosfito</li> <li>• Tioésteres</li> </ul>
Agentes Antiestáticos	Atraen la humedad del aire haciendo que la superficie sea más conductora, para disipar las cargas estáticas Se puede incluir en la composición de los plásticos o aplicarse en la superficie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aminas</li> <li>• Fosfatos orgánicos</li> <li>• Ésteres de polietilenglicol</li> </ul>

Aditivo	Características	Sustancia usada
Colorantes	Para darle color a los plásticos se añaden durante la fabricación, se usan cuatro tipos:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tintes: Son orgánicos, solubles en plásticos y colorean formando uniones químicas con moléculas, son brillantes y resistentes.</li> </ul>	
	Pigmentos Orgánicos: no son solubles en los disolventes comunes, son los colores opacos más brillantes, tienden a formar aglomerados que producen manchas y vetas	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pigmentos inorgánicos: La mayoría tienen una base de metal, no producen colores tan brillantes pero resisten mejor la luz y el calor.</li> <li>• Algunos de ellos están restringidos, debido a los efectos peligrosos que suponen para la salud.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxidos y sulfuros de titanio, zinc, hierro, cadmio y cromo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pigmentos de efecto especial: pueden ser orgánicos o inorgánicos y se usan para dar efectos especiales de color, como brillo, tonos reflectantes, lustres perlados, fluorescencia y luminiscencias especiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• laminillas de aluminio, latón u oro</li> <li>• Polvo metálico</li> <li>• Esencia de perla</li> </ul>
Agentes de Copulación	Aceleradores, se usan para mejorar la unión entre las fases de matriz, refuerzos y estratos, se usan como tratamientos superficiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Silano</li> <li>• Titanato</li> </ul>
Agentes de Curado	Producen reticulación mediante la unión de extremos de los monómeros, son sustancias que favorecen la polimerización; deben ser manejados con precaución debido a su toxicidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peróxidos de benzoilo y de metil cetona</li> </ul>
Retardadores de Llama	<p>Muchos de ellos emiten un gas halógeno que extingue el fuego, otros reaccionan hinchándose o expandiéndose y formando una barrera</p> <p>El ATH enfría el área de llama produciendo agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trihidrato de alumina (ATH)</li> <li>• Materiales halogenados</li> <li>• Compuestos de Fósforo</li> </ul>

<b>Aditivo</b>	<b>Características</b>	<b>Sustancia usada</b>
Plastificantes	Se añade al plástico para aumentar su flexibilidad y reducir la temperatura de fundido y la viscosidad Dependiendo del polímero se usa un tipo de plastificante diferente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ftalato dedioctilo</li> <li>• Parafinas cloradas</li> <li>• Fosfato de cresil difenilo</li> </ul>
Agentes de formación de espuma/ soplado	Existen dos tipos:  Físicos: se descomponen a temperatura específica, liberando gases que originan células o huecos en los plásticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hidrocloro fluorocarb onados (HCFC), aunque dañan la capa de ozono y se están buscando sustitutos</li> </ul>
	Químicos: liberan gases debido a una reacción química.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• azodicarb onamida</li> </ul>
Estabilizantes térmicos	Retardan la descomposición causada por el calor, energía luminosa, oxidación o esfuerzo inducido cortante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• formulacio nes:</li> <li>• bario-zinc</li> <li>• calcio-zinc</li> <li>• magnesio -zinc</li> <li>• fosfito</li> </ul>
Lubricantes	Ayudan a evitar parte de la fricción entre la resina y el equipo de fabricación Favorecen la emulsión de otros ingredientes y proporcionan lubricación interna Evitan que los plásticos se peguen a la superficie del molde durante el tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácidos grasos</li> <li>• Ceras amidas</li> <li>• Ésteres y alcoholes</li> <li>• Ceras de parafinas</li> </ul>

**Tabla 3. Aditivos**

## 4 PROCESOS DE MANUFACTURA DE LOS PLÁSTICOS

Dependiendo del tipo de plástico que se desea emplear existen diferentes formas de manufacturarlo, como se menciono anteriormente, los termoplásticos son producidos por procesos de inyección, extrusión, soplado, termoformado; para los plásticos termoestables se encuentra el moldeo por compresión, el moldeo por transferencia, la colada.

### 4.1 Procesos de conformado (termoplásticos)

#### 4.1.1 Inyección

Consiste en introducir el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfín que actúa de igual manera que el émbolo de una jeringuilla. Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo sinfín lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma.



**Figura 1.** Inyectora

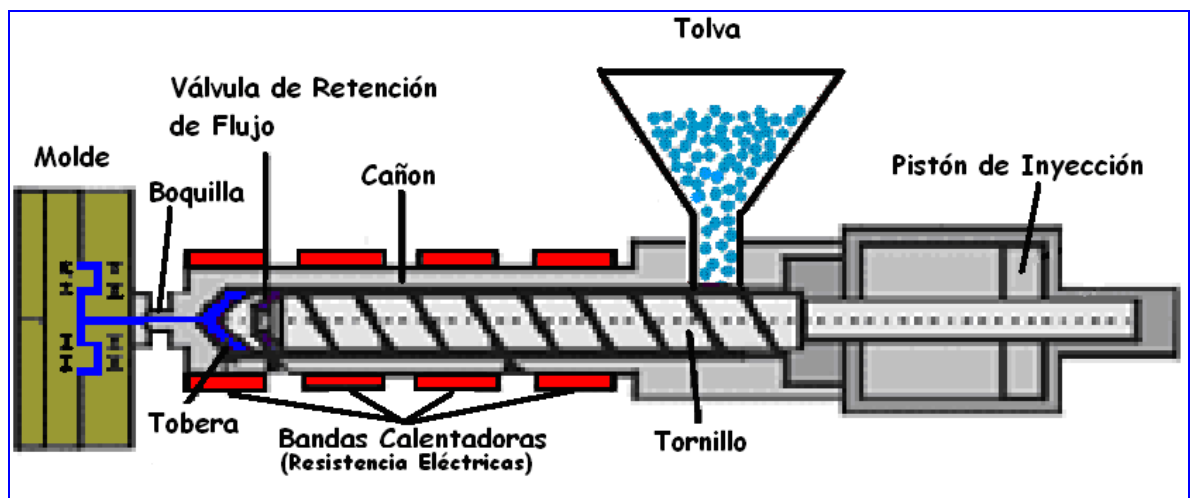
El molde y el plástico inyectado se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección resulta muy indicado para la producción de grandes series de piezas. Por este procedimiento se fabrican palanganas, cubos, carcasas, componentes del automóvil, etc.

Este proceso es apropiado para todos los termoplásticos con la excepción de los fluoroplásticos de politetrafluoroetileno (PTFE), las poliimidas y algunos poliésteres aromáticos.

La inyección es útil debido a su alto índice de productividad, pues brinda la posibilidad de aplicar, cargas e insertos a los polímeros; permite moldear piezas pequeñas con márgenes de dimensión ajustados y deja la posibilidad de moler y volver a utilizar los desechos termoplásticos.

## Ciclo de Moldeo

1. Se cierra el molde.
2. Se calienta para plastificar el material, manteniendo la temperatura en el cañón.
3. Se empuja el material caliente hacia la cavidad del molde.
4. El tornillo mantiene la presión hasta que se enfría el plástico
5. El tornillo retrocede para recoger material nuevo de la tolva y plastificar nuevamente.
6. Se abre el molde y se extrae la pieza



**Figura 2.** Diagrama Inyectora

Una maquina de moldeo por inyección consta de tres secciones esenciales:

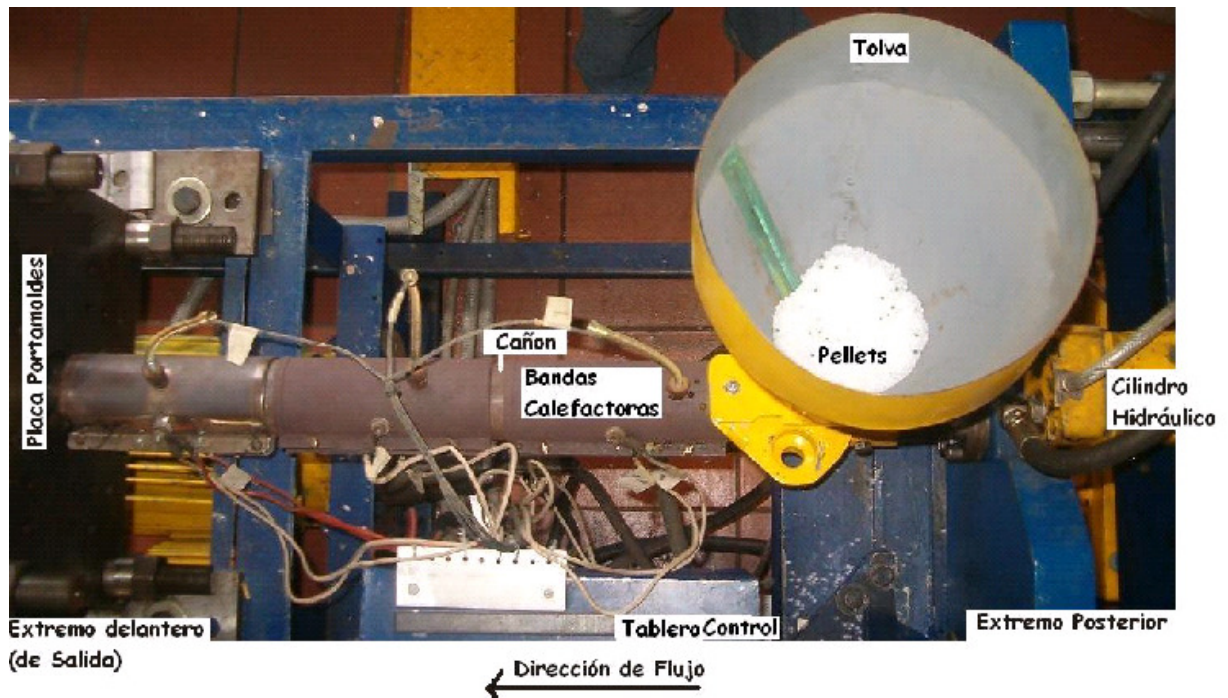
- Unidad de inyección
- Unidad de plastificación
- Unidad de Cierre



#### 4.1.1.1 La unidad de inyección.

Es la parte plastificante del proceso, la cual se encarga de fundir el polímero en una masa homogénea y uniforme. Consta principalmente de tobera, tornillo de empuje, válvula de retención, bandas de calefactoras y cilindro hidráulico.

Durante la fase de plastificación el extremo de salida y el tornillo acumulan una reserva o carga de material fundido al frente, el tornillo se mueve hacia atrás en contra del frente de presión mientras gira, con lo cual empuja el material hacia la parte frontal y a su vez ayuda a fundirlo con el rozamiento que genera. Cuando se completa la etapa de plastificación, se abre la válvula de retención de flujo, el tornillo detiene su giro y se le aplica presión que lo convierte en un embolo o pistón que impulsa el material fundido acumulado, a través de la boquilla hacia el molde, que se encuentra montado en la placa porta moldes.



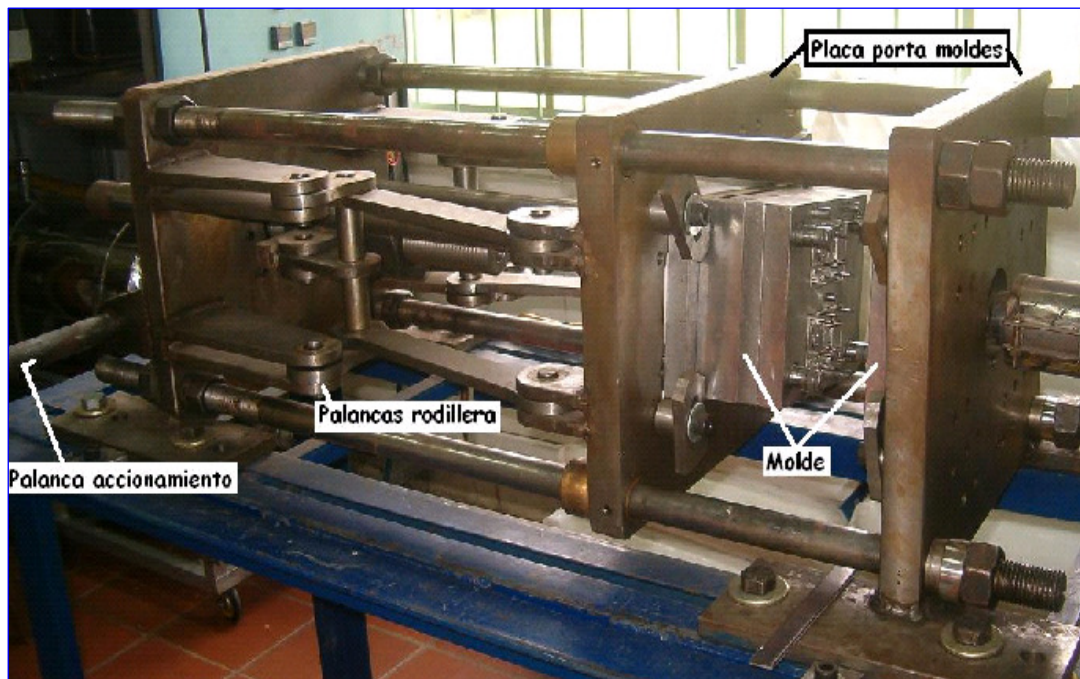
**Figura 3.** Vista superior de la unidad de inyección



#### 4.1.1.2 La unidad de cierre

Es la encargada de sostener el molde y generar la fuerza de cierre mientras se inyecta el polímero, además permite la expulsión de la pieza. El cierre del molde se realiza por medio de una prensa controlada por sistemas hidráulicos o mecánicos. La fuerza de cierre requerida depende de la máxima área proyectada de la pieza a inyectar, y la presión de moldeo. Esta fuerza contrarresta la resistencia que genera el material fundido cuando se inyecta.

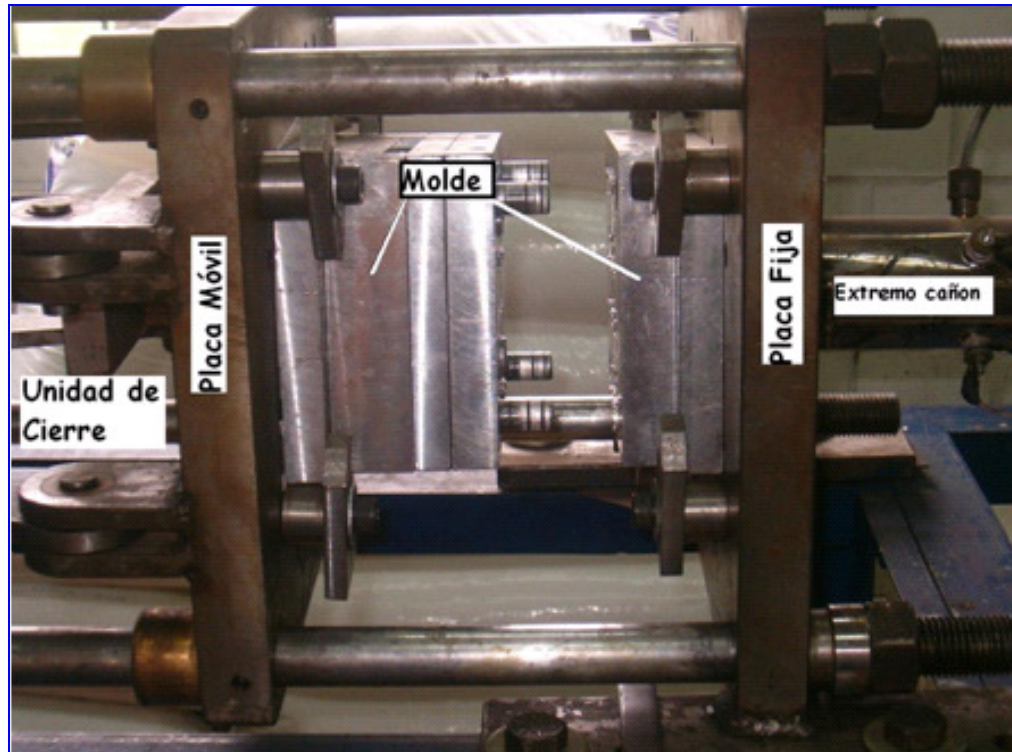
La unidad de cierre de la inyectora que se encuentra en el laboratorio esta conformada por un mecanismo piñón-cremallera, para mover la placa móvil, por medio de palancas de rodillera y mantener la fuerza necesaria para contrarrestar la presión de inyección.



**Figura 4.** Unidad de cierre de la máquina.

#### 4.1.1.3 El molde o herramienta

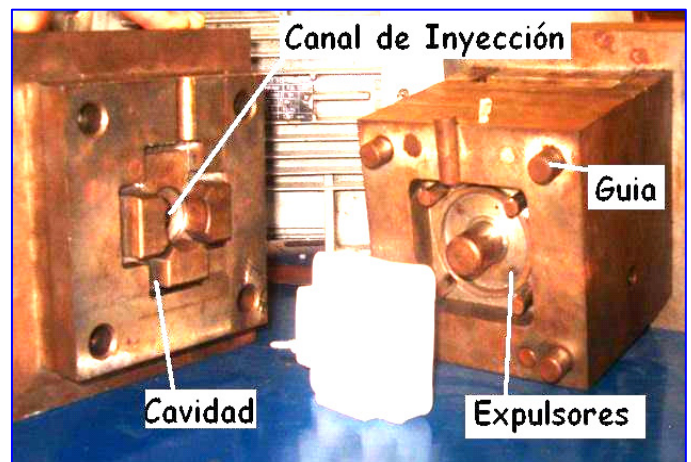
Es sujetado en la unidad de cierre por medio de tornillos, para permitir su fácil instalación, entre la placa fija y la placa móvil de la unidad de cierre.



**Figura 5.** Molde de inyección de plásticos

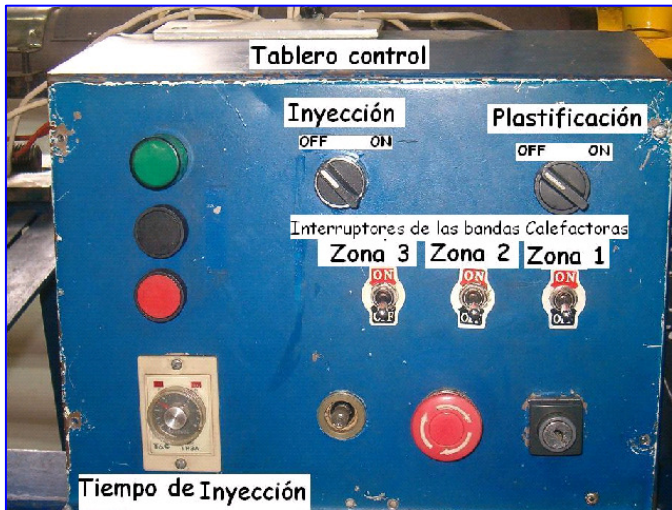
Sus características generales son:

- **Cavidad o impresión:** aquí se moldea el producto, puede existir una o varias cavidades
- **Canales:** por donde fluye el material fundido a inyectarse
- **Canales de enfriamiento:** Por donde se bombea el agua de enfriamiento para eliminar el calor del material fundido (No se muestran).
- **Expulsores:** sacan la pieza moldeada de la cavidad



**Figura 6.** Partes del molde de inyección

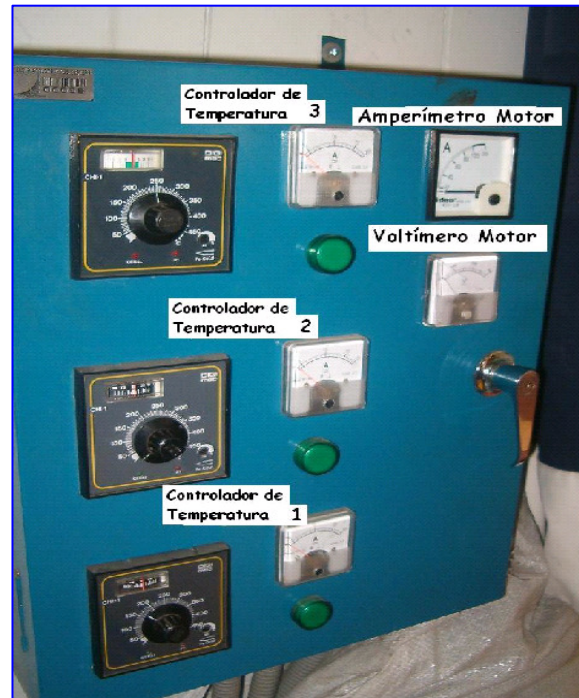




**Figura 7.** Tablero de control de máquina inyectora

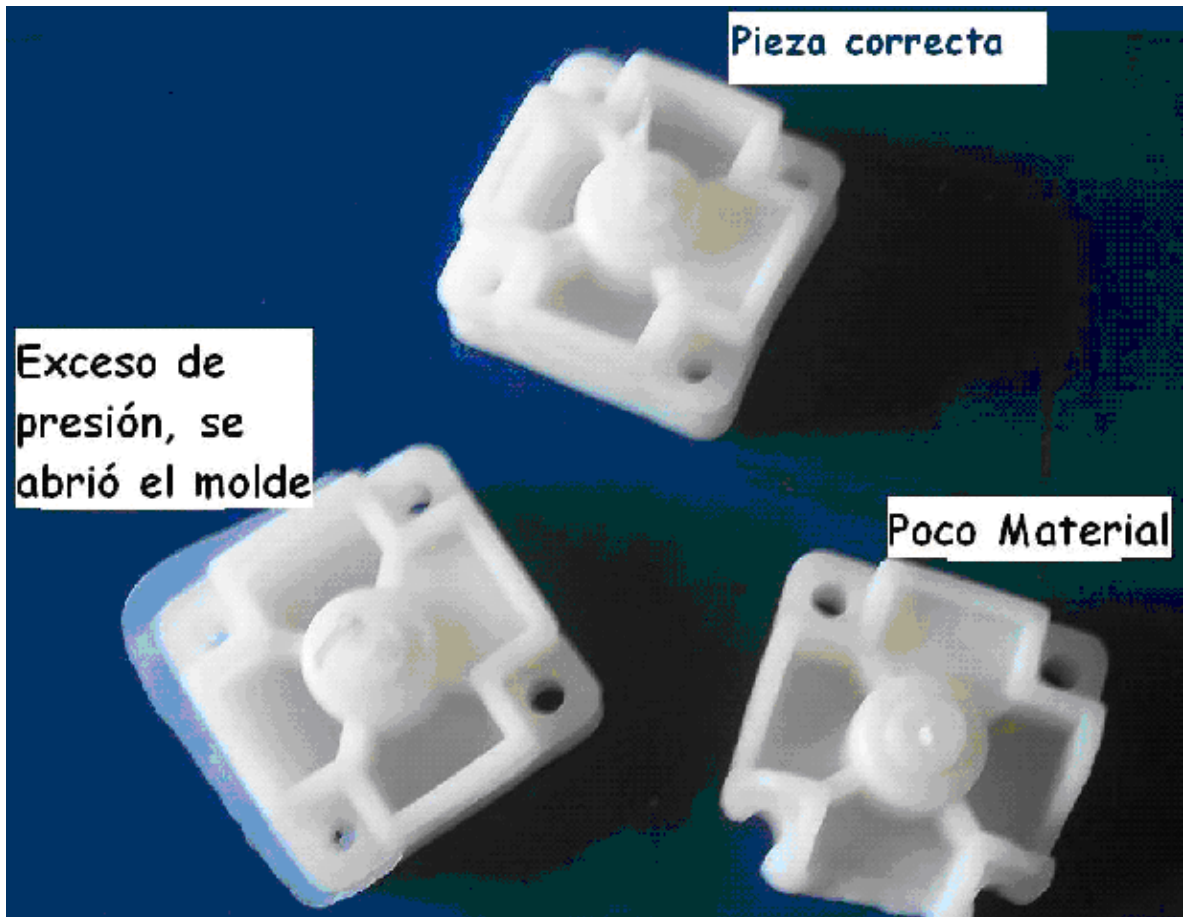
La cantidad de material a inyectar determina el tiempo del ciclo de inyección, teniendo en cuenta la capacidad de flujo del tornillo de la inyectora.

La temperatura de las bandas calefactoras en zonas 1, 2 y 3 de la cañón de inyección es controlada por los controladores de temperatura, ubicados en el segundo tablero de control colocado detrás de la máquina; en el cual, además se mide el voltaje y corriente del motor, para conocer la energía consumida durante el proceso de inyección.



**Figura 8.** Tablero de control de temperaturas de máquina inyectora

Las piezas obtenidas por inyección, pueden tener problemas en el formado, debido al conjunto de especificaciones de presión, temperatura y cantidad de material con que se aplique.



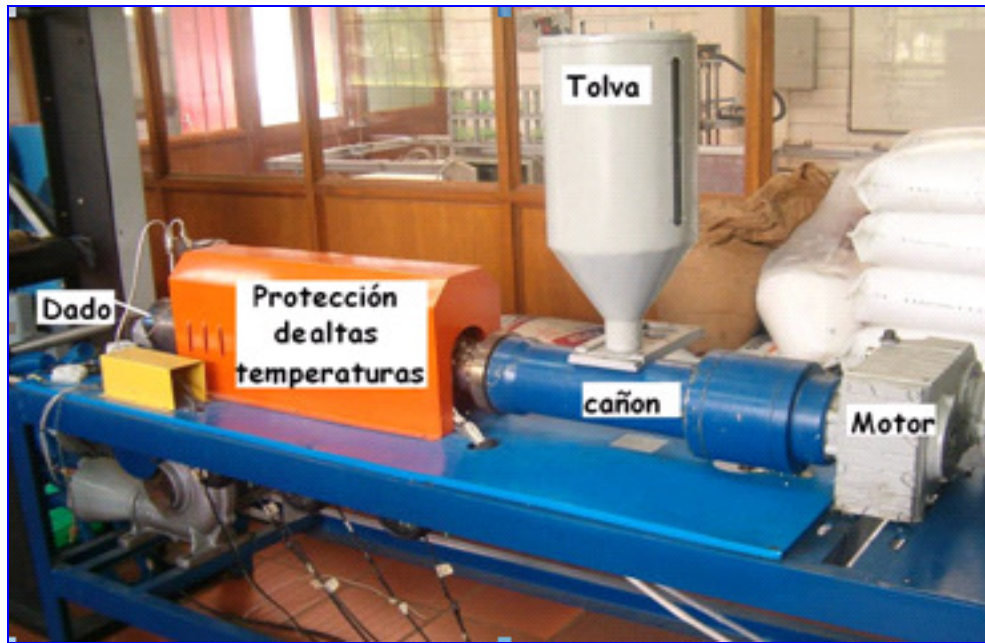
**Figura 9.** Piezas obtenidas por inyección de plásticos

#### 4.1.2 Extrusión

Es el proceso más importante de obtención de formas plásticas, en volumen de producción. Es un proceso continuo, en el que la resina es fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que le proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, manguera, láminas, filamentos y pellets.

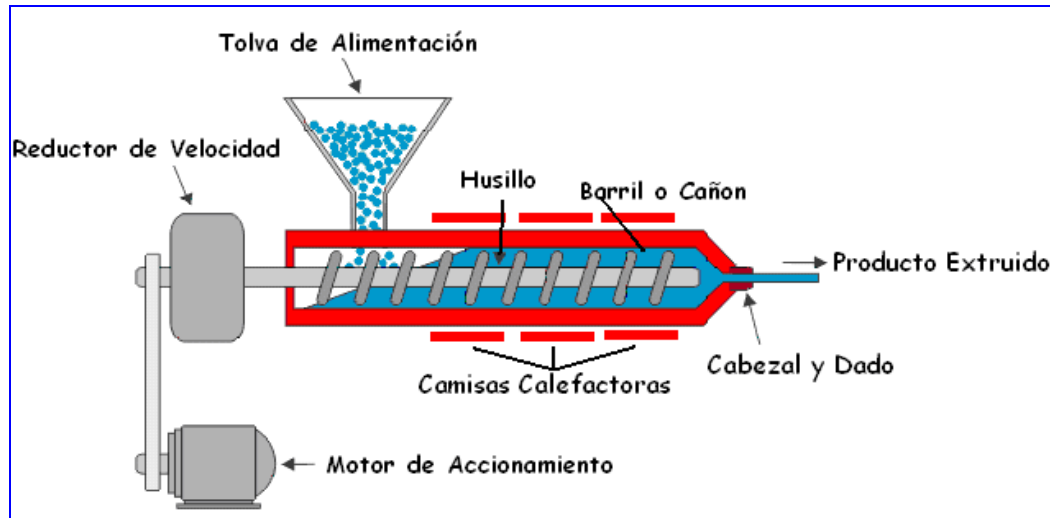
La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de película tubular o la formación de la unión o socket en el caso de tubería.

#### 4.1.2.1 Máquina extrusora



**Figura 10.** Máquina extrusora

Una máquina de extrusión consta de un eje metálico central con álabes helicoidales, llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico (cañón), revestido con una camisa calefactora de resistencias eléctricas. En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación, generalmente de forma cónica; en ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad. En la punta del tornillo, se ubica la salida del material y el dado que da la forma final al producto plástico.



**Figura 11.** Diagrama de Extrusión

**Tolva.** La tolva es el depósito de materia prima granulada para la alimentación continua del extrusor.

**Barril o Cañón.** Es un cilindro metálico que aloja al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento (que puede ser flujo de líquido o por ventiladores de aire), para controlar mejor la temperatura exacta del material.

**Husillo.** Gracias a los intensos estudios del comportamiento del flujo de los polímeros, el husillo ha evolucionado ampliamente desde el auge de la industrial plástica hasta el grado de convertirse en la parte que contiene la mayor tecnología dentro de una máquina de extrusión.

Sus álabes o filetes, recorren el husillo de un extremo al otro y son los verdaderos impulsores del material a través del cañón. Las dimensiones y formas que éstos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir por el dado.

**Camisas calefactoras.** Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.



**Dado de Extrusión** El dado en el proceso de extrusión es como el molde en el proceso de moldeo por inyección: a través del dado fluye el polímero fuera del cañón de extrusión y gracias a éste toma el perfil que se busca; el perfil del dado suele ser diferente del perfil deseado en el producto final, debido a la memoria que presentan los polímeros, esfuerzos residuales y orientación el flujo resultado del arrastre por el husillo.

Existen dados para tubos, filamentos, película, láminas y perfiles de complicadas geometrías y cada uno tiene características de diseño especiales que le permite al polímero adquirir su forma final evitando los esfuerzos residuales en la medida de lo posible.



**Figura 12.** Dado de extrusión

### 4.1.3 Termoformado

Se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde. Se emplean, básicamente, dos procedimientos:

- Efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde.
- Aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde.

## 4.2 Procesos de moldeo (termoestables)

### 4.2.1 Compresión (Cauchos).

El material es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde, y calor para que el material reticule y adopte definitivamente la forma deseada. En algunos casos la reticulación es acelerada añadiendo reactivos químicos, por ejemplo peróxidos. Se habla entonces de moldeo por compresión con reacción química.

También se utiliza este proceso con materiales compuestos, por ejemplo plásticos reforzados con fibra de vidrio. En este caso el material no reticula sino que adopta una forma fija gracias a la orientación imprimida a las fibras durante la compresión.

Este proceso requiere temperatura, presión y tiempo, para moldear la pieza deseada; se usa para obtener piezas no muy grandes ya que las presiones necesarias son altas, por ejemplo se puede hacer los mangos aislantes del calor de los recipientes y utensilios de cocina.

### 4.2.2 Moldeo por transferencia (polímeros termoestables).

En moldeo por transferencia el molde está cerrado y restringido completamente; todo el material para la inyección de las piezas se carga en el pote. Este material es usualmente en forma de pastillas comprimidas y precalentadas llamada las preformas. Por último un segundo cilindro empuja el material afuera del pote, por los canales y entradas y en las cavidades. El cilindro está contenido bajo presión y el molde se mantiene cerrado el tiempo suficiente para curar las piezas. (La presión en el cilindro de transferencia debería ser de alrededor 70 kg/cm<sup>2</sup> (1.000 psi) y la duración de transferencia debería ser desde 8 hasta 12 segundos.) Esto típicamente significa que las piezas están mantenidas en el molde hasta que puedan ser quitadas sin que se haga una ampolla después de retirarse del molde.



La duración de curar será determinada por la sección transversal más gruesa en la pieza, la temperatura del material cargada en el pote de transferencia y la temperatura del molde. El molde está calentado por calentadores de cartucho eléctrico, vapor o aceite caliente, de acuerdo al material a formar, con una escala de temperaturas de 165 °C hasta 185 °C (330 °F hasta 365 °F)

#### **4.2.3 Colada.**

La colada consiste en el vertido del material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y se solidifica. La colada es útil para fabricar pocas piezas o cuando emplean moldes de materiales baratos de poca duración, como escayola (yeso) o madera. Debido a su lentitud, este procedimiento no resulta útil para la fabricación de grandes series de piezas.

#### **4.2.4 Espumado.**

Gracias a la adecuada formulación del polímero con los aditivos necesarios se logra la formación de burbujas de aire (con mayor o menor densidad) dentro de la masa en proceso. Por este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano (PUR), etc. Con estos materiales se fabrican colchones, aislantes termo-acústicos, esponjas, embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros.

#### **4.2.5 Calandrado.**

Consiste en hacer pasar el material plástico en estado líquido a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor. Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor.

## 5 RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE PLÁSTICOS

El reciclaje es una buena opción para contrarrestar la contaminación producida por el exceso de desperdicios plásticos sólidos. Hay cuatro tipos de reciclaje de plásticos, que se usan de acuerdo a la limpieza y homogeneidad del material con que se cuenta.

- **Reciclaje primario:** se usa con termoplásticos cuando se cuenta con materiales limpios y homogéneos; para ello se deben separar muy bien, de acuerdo al tipo de termoplástico, con la ayuda de la marca registrada, luego, limpiar, para moler y peletizar de nuevo, convirtiéndose en nueva materia prima, del mismo material original.
- **Reciclaje secundario:** En este tipo de reciclaje no se obtiene el plástico original, sino uno con propiedades inferiores, debido a la calidad del material a reciclar, pueden ser termoestables, o plásticos contaminados; estos materiales se muelen y funden juntos dentro de un extrusor.
- **Reciclaje terciario:** Este degrada al polímero en compuestos químicos básicos y combustibles. Es fundamentalmente diferente a los dos tipos de reciclaje mencionados anteriormente porque involucra un cambio químico además del físico. Aquí las largas cadenas del polímero se rompen en pequeños hidrocarburos (monómeros) o monóxido de carbono y hidrógeno. Actualmente el reciclaje terciario cuenta con dos métodos principales: la pirólisis y la gasificación
- **Reciclaje cuaternario:** Consiste en el calentamiento del plástico con el objeto de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros procesos, es decir, el plástico es usado como un combustible con objeto de reciclar energía.

Para todos los métodos de reciclaje anteriores, el paso más importante lo constituye la clasificación de los materiales, para lo cual existen diferentes técnicas manuales y automáticas, entre ellas, la clasificación por densidad con un sistema de flotación, o en seco con insufladores, que logran separar los materiales con corrientes de aire fuertes para mover los finos y materiales contaminantes de poco peso, pero no tanto para mover los materiales más pesados.

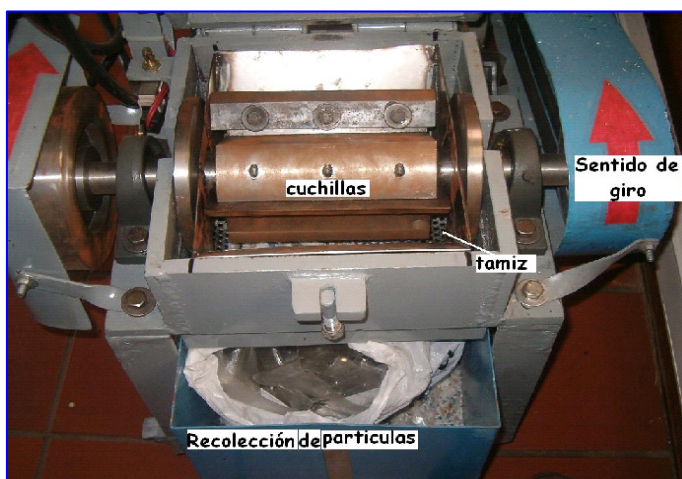
Se usan también detectores de rayos x, que identifican átomos de cloro en el PVC; detectores ópticos que distingan colores, infrarrojos de onda larga simple para determinar la opacidad y clasificar en lotes transparentes, translucidos u opacos; o detectores infrarrojos de onda larga múltiple que pueden comparar la constitución química de un elemento, comparándola con un patrón.

Tras una correcta separación, para utilizar el tipo de reciclaje adecuado, se debe triturar y compactar el material del que se dispone, obteniendo partículas pequeñas y manejables. Para ello se cuenta con algunas máquinas de tratamiento de objetos plásticos:

### 5.1 Compactadora

Funciona como una licuadora tamaño industrial, donde se trituran los desechos.

La trituradora está constituida por una unidad de carga con las características de una simple tolva, que tiene que disponer el material de la mejor manera posible dentro del grupo de trituración con el fin de evitar cualquier inconveniente posible durante la molidura.



**Figura 13.** Máquina Compactadora

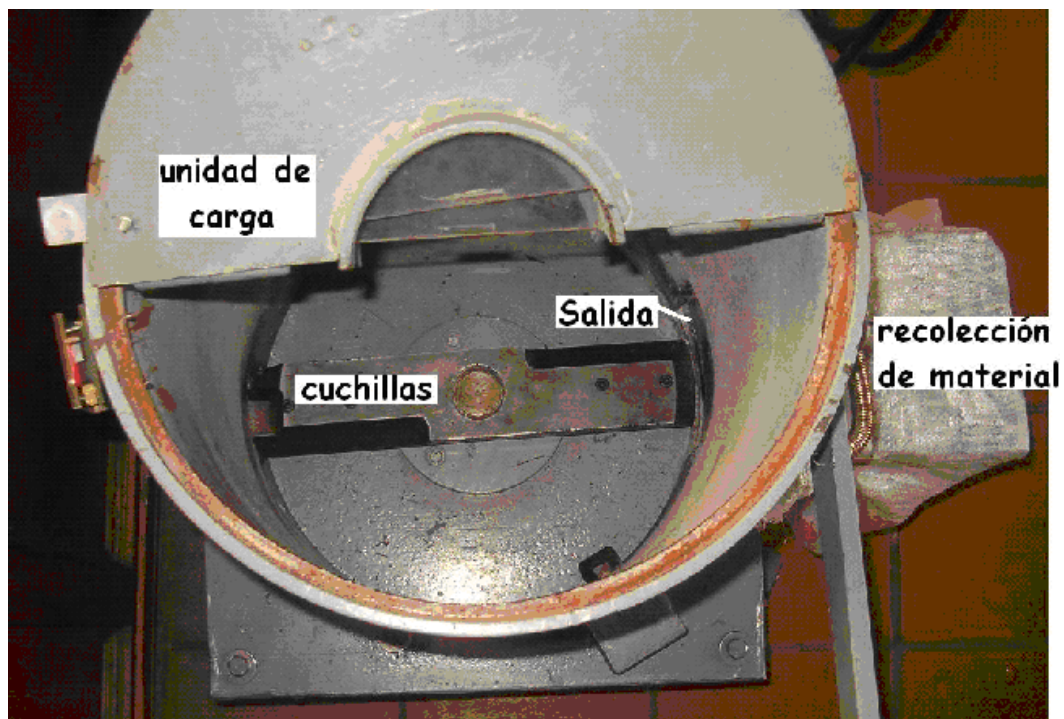
La acción de corte de la trituradora se produce mediante una serie de cuchillas que al cruzarse machacan al producto. Los elementos principales del sistema son unos discos de cantos agudos provistos de garfios, cuya función consiste en agarrar el producto y llevarlo hasta las cuchillas montadas sobre ejes motores contragiratorios, que realizan un corte neto del material.

El material pasa a un tamiz, donde solo pasan a la unidad de recolección las partículas suficientemente pequeñas, las grandes son agarradas nuevamente por las cuchillas para molerlas, hasta obtener la dimensión aceptada.

## 5.2 Aglutinadora

Esta máquina se usa para compactar bolsas plásticas, rompiéndolas en pequeños pedazos que puedan ser usados de nuevo como materia prima.

Las bolsas son introducidas en la unidad de carga, donde cuchillas giratorias actúan como aspas de molino, para partirlas en pequeños pedazos. Cuando se han obtenido partículas del tamaño deseado, se abre la compuerta de salida, para recoger el material.



**Figura 14.** Máquina aglutinadora

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Richardson Lokensgard, Industria del plástico: plástico industrial.- Madrid: Paraninfo, c2000.
- Askeland, Donald R. Ciencia e ingeniería de los materiales 4a. ed. México : Thomson, 2004
- [www.plastunivers.com](http://www.plastunivers.com)
- <http://www.anig.org.mx/cipres/index.asp>
- <http://www.textoscientificos.com/polimeros/plasticos>