



26  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIETILENO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

(ÁREA MECÁNICA)

P R E S E N T A :

GABRIEL DAGDA LADRON DE GUEVARA

DIRECTOR DE TESIS:

ING. UBALDO EDUARDO MARQUEZ AMADOR



MEXICO, D. F.

MARZO DEL 2001.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



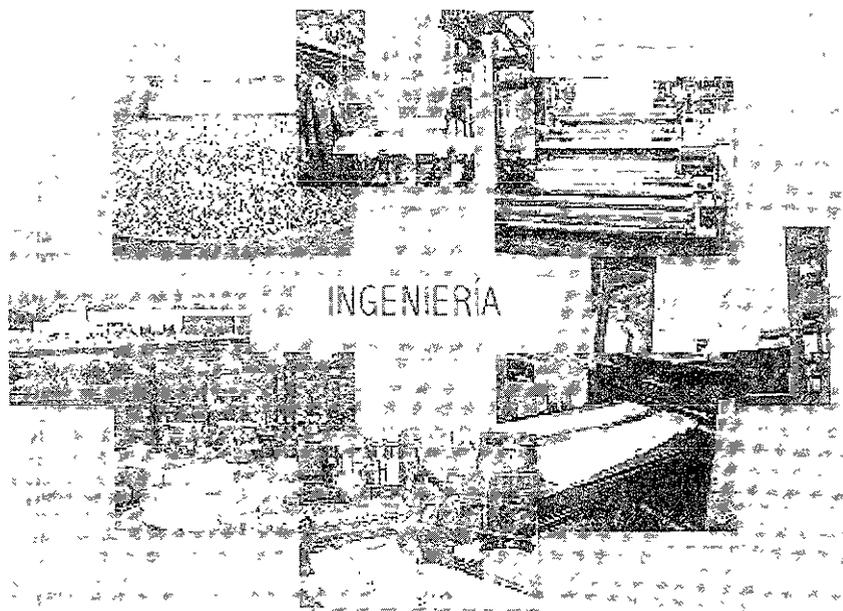
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

U.N.A.M.



FACULTAD DE INGENIERÍA



DEDICATORIAS:

A Dios por permitirme vivir y disfrutar de la vida.

A Karen por su apoyo, ayuda y compañía en la elaboración de este trabajo.

---

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE BOLSA DE  
POLIETILENO"

---

A Karen

En las tinieblas y en la inmensidad,  
siempre se tiene la esperanza  
de encontrar un punto de luz  
que guíe nuestro camino.

*KG*

---

## ÍNDICE:

	PÁGINA
ÍNDICE.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>CAPÍTULO # 1</b>	
<b>CONCEPTOS BÁSICOS E HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS .....</b>	<b>5</b>
> 1.1 Definición de Plástico.....	5
> 1.2 Historia del Plástico.....	6
> 1.3 Obtención del Plástico.....	15
> 1.4 Clasificación de los Plásticos:.....	20
1.4.1 Según su comportamiento ante el calor.....	20
1.4.2 Según las sustancias químicas de origen.....	25
<b>CAPÍTULO # 2</b>	
<b>EL POLIETILENO.....</b>	<b>27</b>
> 2.1 Historia del Polietileno.....	28
> 2.2 Propiedades y características del Polietileno.....	31
> 2.3 Proceso de obtención del Polietileno.....	34
<b>CAPÍTULO # 3</b>	
<b>FABRICACIÓN DEL POLIETILENO Y SUS IMPLICACIONES.....</b>	<b>37</b>
> 3.1 Tipos de extrusores para fabricación de bolsas de Polietileno.....	48
> 3.2 Tipos de maquinaria para sellado y corte de bolsas de Polietileno.....	57
3.2.1 Alimentación.....	66
3.2.2 Descarga de bolsa .....	67

CAPÍTULO # 4	
PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN .....	69
➤ 4.1 Materia Prima.....	69
➤ 4.2 Producto terminado.....	72
➤ 4.3 Espacios y Mano de Obra.....	79
➤ 4.4 Propuesta de maquinaria.....	80
➤ 4.5 Ventajas y desventajas de la propuesta de fabricación en línea por módulos....	83
4.5.1 Ventajas de la propuesta de fabricación en línea por módulos.....	84
4.5.2 Desventajas de la propuesta de fabricación en línea por módulos.....	85
CAPÍTULO # 5	
CONCLUSIONES.....	87
ANEXO.....	90
ABREVIATURAS.....	123
GLOSARIO.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	132
REFERENCIAS ADICIONALES.....	135

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN:

La presente tesis está elaborada principalmente como una propuesta para la organización de un proceso de fabricación de bolsas más versátil y así lograr disminuir los costos de maquinaria, tiempo máquina y mano de obra; así como reducir el espacio necesario para bodega y para maquinaria obteniendo un costo de producción más bajo. El objetivo es proponer una máquina que logre la fabricación de bolsas en línea, esto es, que logre unificar los distintos procesos que se llevan a cabo para la obtención de un producto terminado; ya sea bolsa suelta, en rollo, de camiseta, etc.

En la actualidad el procesamiento de productos plásticos ha tenido un gran auge ya que se tratan de productos de materiales de fácil elaboración y con muchas ventajas sobre los productos antes utilizados para el empaque de diversos productos que regularmente eran el papel periódico, las bolsas de papel, las cajas de cartón, etc. y todo esto nos daba como resultado un empaque en ocasiones difícil de utilizar y además inseguro; ya que los materiales con los que eran fabricados eran mucho menos resistentes y con esto se obtenía un empaque muy deficiente y además en muchos casos de un costo muy elevado, ya que los demás envases anteriormente utilizados (bolsas de papel, cajas, etc. se obtenían pagando el producto por pieza y no por kilogramo, lo que provoca que se incremente el precio del producto que se necesita envasar.

Esta tesis propone una mejor organización del proceso de fabricación de bolsas con un sistema en línea que logre hacer distintos tipos de bolsas: todo esto se logrará teniendo algunos pequeños módulos intercambiables dentro de la máquina en línea para poder hacer el cambio de producto sin necesidad de tener otra máquina y así poder darle una mayor utilización a cada una de las máquinas que se tienen.

Todo esto es necesario ya que en la mayoría de las micro y pequeñas empresas se tienen espacios justos para la zona de maquinaria, de materia prima, de producto terminado, etc. y con este tipo de maquinaria por medio de módulos, se tendría un mayor aprovechamiento, tanto del personal, como del espacio necesario para la maquinaria.

*CAPÍTULO NO. 1*

---

## CAPITULO # 1

### CONCEPTOS BÁSICOS E HISTORIA DE LOS PLÁSTICOS

#### 1.1 DEFINICIÓN DE PLÁSTICO:

La expresión plástico es una derivación de una palabra griega que significa desarrollo, crecimiento o formación.

A través del tiempo el hombre denominó plásticos a los materiales de tipo orgánico que incluyen algunas sustancias inorgánicas, las cuales bajo influencia de presión y temperatura, o de ambos factores, son capaces de ser moldeados y pueden conservar la forma obtenida.

La mayor parte de los plásticos son productos de la química orgánica, es decir, que su componente principal es el carbono (junto con oxígeno e hidrógeno). Éstos no se encuentran en forma natural, por lo tanto se producen en forma sintética.

El plástico se empezó a utilizar hace cientos de años, cuando se descubrió que con ciertas resinas naturales combinadas se podían hacer diversos objetos de uso práctico. estas resinas eran extraídas de algunos árboles y plantas.

Conforme transcurrió el tiempo se tuvo la necesidad de modificar estos plásticos rudimentarios para una mayor diversificación, surgiendo así los materiales sintéticos que se producen a través de un tratamiento químico a las resinas naturales, aumentando así sus propiedades originales. El primer material sintético fue el hule vulcanizado descubierto por Charles Goodyear, el cual era más resistente a los cambios de temperatura y esfuerzos mecánicos que el material original.

Es a partir del siglo XX, que los industriales descubren los plásticos que ofrecen una gran gama de propiedades, a precios muy razonables, con los cuales se pueden substituir materiales como el vidrio, madera, cuero, cartón, papel y ciertos metales.

En México no es sino hasta el año de 1940 que se logra el conocimiento de los plásticos. Actualmente, es una de las industrias que tiene mayor auge tanto en nuestro país como en el mundo entero. El plástico es un material casi nuevo, económico, fácil de procesar y muy versátil. La aceptación de éstos materiales ha sido tal que en casi todos los sectores encontramos aplicaciones del plástico.

## 1.2 HISTORIA DEL PLÁSTICO:

Actualmente, los plásticos son polímeros desarrollados artificialmente, pero aún desde antes de la aparición del hombre, han existido en la tierra polímeros naturales

---

que se encuentran tanto en componentes vegetales como animales. Algunos ejemplos son: el ámbar o fosilización de resinas vegetales y la goma-laca que es una secreción producida por un insecto asiático. Ambas sustancias presentan un comportamiento característico de los plásticos, ya que con el calor o la presión se comportan como fluidos, pero al desaparecer la presión o al enfriarse, mantienen su forma como sólidos.

La historia de los plásticos modernos, coincide con una serie de descubrimientos muy diversos pero relacionados entre sí. Los productos con altos pesos moleculares, como las resinas naturales, el caucho, el algodón y la celulosa, fueron y han sido objeto de amplias investigaciones y estudios. Gracias a los adelantos desarrollados en la tecnología de instrumentos y procedimientos, se descubrió que este tipo de productos según el estado en que se encontraran, eran cristalinos o amorfos. A partir de entonces surgieron innumerables investigaciones con estos productos.

Los iniciadores de la industria del plástico, que sirvió de base a la que conocemos actualmente, fueron los químicos Braconnot (francés) y Schoenbein (suizo – alemán), quienes efectuaron sus investigaciones a mediados del siglo antepasado.

Enrique Braconnot, profesor de química en Nancy, Francia, descubrió en 1833 la preparación de una sustancia que, por sus características, él consideraba semejante a la lignina. y que se obtenía tratando el almidón, el aserrín y el algodón con ácido

---

nítrico. Con este material, Braconnot, intentó preparar revestimientos, películas y otros artículos. Estos experimentos son el origen de los plásticos y de las placas de iaca.

Christian F. Schoenbein, en 1846, trató el algodón con una mezcla de ácido nítrico con ácido sulfúrico y predijo que tal mezcla reemplazaría a la pólvora. La naturaleza explosiva de este producto. llamado nitrocelulosa, atrajo muchísimas investigaciones. Schoenbein encontró que podía transformar la celulosa de los vegetales en un material compacto, claro y resistente capaz de preservar la apariencia de las maderas, se disolvía en alcohol y se aplicaba como barniz.

A partir de la creación de la nitrocelulosa, junto con la introducción en el mercado de las fibras naturales y la vulcanización del hule por Charles Goodyear, empieza la creación de los plásticos sintéticos.

Hubo entonces varios intentos por preparar materiales utilizando la nitrocelulosa. Alexander Parkes, un metalúrgico inglés, se percató de que esta substancia era potencialmente moldeable y la mezcló con alcafor molido para obtener la “parkesina”.

Simultáneamente en Estados Unidos. John Westley Hyatt, utilizó los mismos elementos que conformaban la “ parkesina”, y con la colaboración de su hermano

---

fabricó bolas de billar de celuloide, nombre que asignó al material recién descubierto. La situación que provocó las investigaciones de los hermanos Hyatt, fue la oferta realizada por los fabricantes de bolas de marfil para billar, Pheian y Colander en 1863, quienes ofrecieron un premio de diez mil dólares, para el que perfeccionara un sustituto adecuado para el marfil natural. Este anuncio pretendía evitar el sacrificio de grandes manadas de elefantes con las cuales se satisfacían las necesidades del mercado del marfil natural. Después de patentar su descubrimiento, ya para 1871, Hyatt tenía su compañía manufacturera de celuloide.

Con el descubrimiento de la bakelita por Leon H. Baekeland, y su introducción en el mercado en 1909, aparecieron los primeros plásticos fabricados con resinas sintéticas. Baekeland había estado buscando un sustituto para la goma laca ya que ésta tenía precios muy altos; y como resultado de sus investigaciones obtuvo un nuevo plástico, el cual fue derivado del fenol (ácido fénico) y formaldehído, al que llamó bakelita. Este producto tuvo gran éxito debido a que era resistente al calor e insoluble, propiedades que los productos fabricados con nitrocelulosa no presentaban.

Y así fue, como gracias al trabajo realizado durante el transcurso de los años por muy diversos investigadores, fueron apareciendo diferentes tipos de plásticos con

nuevas propiedades y aplicaciones, las cuales permitieron ir mejorando día a día la calidad y cualidades de los productos, aunque en la actualidad podemos observar muchas investigaciones para la mejora de los productos que actualmente se tienen.

No es posible describir en un breve resumen el vertiginoso proceso evolutivo de los materiales plásticos desde los principios de este siglo hasta nuestros días, pues este desarrollo está lleno de frecuentes descubrimientos y de innumerables aplicaciones.

En la siguiente tabla es interesante apreciar las fechas de aparición de los materiales plásticos que son productos versátiles, por lo cual actualmente se usan como material básico en muchas industrias para transformarlos en productos terminados.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

AÑO	PLÁSTICO
1872	Celuloide (nitrato de celulosa) hojas - barras.
1909	Fenol-formaldehído (bakelita) resinas para vaciado.
1910	Fenol-formaldehído - polvos para moldeo.
1912	Acetato de celulosa - película fotográfica
1918	Caseína - formaldehído (galatita) hojas - barra.
1919	Polímeros de acetato vinílico - adhesivos.
1922	Fenol-formaldehído - cartones aislantes bakelizados.
1924	Urca-formaldehído - resinas para vaciado.
1924	Resinas alquidálicas - pinturas.
1927	Acetato de celulosa - hojas - barras y tubos.
1929	Acetato de celulosa - polvos de moldeo.
1930	Poliestireno - polvos de moldeo.
1930	Urca-formaldehído - polvos de moldeo.
1931	Hule sintético (cloropreno).
1933	Cloruro de polivinilo (PVC) - hojas y barras.
1933	Resinas de poliéster no saturadas.
1935	Poliamidas (nylon) monofilamentos.
1936	Polimetil-metacrilato (plexiglas) hojas transparentes.
1939	Melamina-formaldehído - polvos para moldeo.
1940	Acetato bunitato de celulosa.
1940	Poliétileno.
1940	Politetrafluoretieno (PTFE).
1942	Poliamidas (nylon) - gránulos para moldeo.
1942	Resinas de silicón.
1943	Resinas de poliéster saturadas.
1946	Poliuretanos.
1946	Resinas epóxicas.
1948	Poliestireno alto impacto.
1950	Polímeros termoplásticos fluorados.
1954	Polipropileno.
1956	Policarbonatos.
1959	Resinas acetálicas.
1960	Resinas alquidálicas y aditivos de moldeo.
1960	Copolímeros ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno).
1962	Poliamidas.
1963	Elastómeros o hules termoplásticos.
1965	Polióxido de fenileno.
1966	Polisulfonas.
1967	Poliésteres termoplásticos.
1968	Poliamidas termofijos.
1974	Resinas aramídicas (poliamidas aromáticas).
1978	Poli-acrilatos.
1982	Resinas politérmicas.

Tabla 1.1.- Aparición de los materiales plásticos. "Plásticos modernos Barrón H

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

Desde los primeros descubrimientos hasta nuestros días, la gran cantidad de investigaciones realizadas, han cambiado a la industria del plástico, obteniendo una amplia gama de productos con características y propiedades sorprendentes, cuyo éxito se debe a facilidad de producción y adaptabilidad.

A continuación, se observan dos tablas que ilustran la producción y el consumo de los plásticos a la largo de los años 40's (nacimiento del polietileno) en Europa.

PLÁSTICO	1941 (TONS.)	1942 (TONS.)	1943 (TONS.)	1944 (TONS.)	1945 (TONS.)	1946 (TONS.)	1947 (TONS.)
Resinas sintéticas fenólicas	16.096	20.931	23.979	24.424	25.424	35.069	41.027
Resinas sintéticas cresílicas	—	—	8.723	8.293	6.996	9.280	11.727
Resinas sintéticas de urea	—	—	5.924	5.905	7.902	11.744	15.487
Otras resinas sintéticas	—	—	0.395	0.582	0.468	1.086	2.843
Polvos de moldeo fenólicos y cresílicos	13.521	13.124	14.289	15.249	17.531	25.221	24.723
Resinas de moldeo de urea	4.136	4.080	3.869	2.760	3.996	6.471	7.941
Acetato de celulosa	1.207	1.343	1.489	1.307	2.162	4.294	3.730
Acetato de celulosa en planchas, varillas y películas	2.335	2.718	3.059	2.623	1.133	1.443	1.310
Celuloide	1.719	1.531	1.486	1.572	1.976	2.100	2.091
Cloruro de polivinilo sin plastificar	—	—	0.745	3.365	4.122	5.471	6.467
Cloruro de polivinilo plastificado	—	—	—	10.082	8.463	10.774	11.278
Materiales plásticos de caseína	1.480	1.724	1.523	1.433	2.051	2.002	2.528
Materiales laminaaos.	—	—	7.422	8.446	5.895	6.412	6.538

Tabla 1.2.- Producción de plásticos en Europa \* Plásticos, su estudio científico y tecnológico. Fleck ii.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

PLÁSTICO	1941 (TONS.)	1942 (TONS.)	1943 (TONS.)	1944 (TONS.)	1945 (TONS.)	1946 (TONS.)	1947 (TONS.)
Resinas sintéticas fenólicas	—	—	9.016	9.636	10.364	12.309	11.111
Resinas sintéticas cresílicas	—	—	8.695	8.436	6.964	8.768	11.115
Resinas sintéticas de urea	—	—	5.894	5.890	7.701	9.833	12.528
Polvos de moldes fenólicos y cresílicos	11.117	11.952	13.679	14.742	15.814	22.332	26.709
Resinas de moldeo de urea	2.456	3.243	3.447	2.396	3.115	5.132	7.248
Acetato de celulosa	1.063	1.279	1.326	1.262	1.784	3.587	2.863
Acetato de celulosa en planchas, varillas y películas	1.938	2.041	2.928	2.571	1.215	1.348	1.195
Perspex	1.011	1.102	2.764	3.407	1.798	3.568	3.484
Celuloide	1.019	1.518	1.501	1.331	1.391	1.856	2.071
Cloruro de polivinilo sin plastificar	—	—	3.875	5.892	5.122	7.932	7.941
Cloruro de polivinilo plastificado	—	—	—	10.025	8.736	10.280	10.890
Materiales plásticos de caseína	1.801	1.735	1.530	1.370	1.421	1.413	2.156
Materiales laminados	—	—	7.422	8.446	5.895	6.412	6.538

Tabla 2.3.- Consumo de plásticos en Europa. \* Plásticos, su estudio científico y tecnológico Fleck H.

Por otra parte, se presentan las siguientes tres tablas en donde se pueden observar algunos de los cambios en la demanda de materiales que se presentaron en la década pasada, para poder ejemplificar el aumento en la demanda de plástico en México:

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

TIPO DE PLÁSTICO	% DE UTILIZACIÓN	1982 (TONS.)	1983 (TONS.)	1984 (TONS.)
PEBD*	29.6	262 000	251 000	263 550
PEAD*	14.2	120 000	120 200	128 600
PVC*	14.5	137 300	123 300	129 150
PS*	8.6	95 000	72 900	73 000
PP*	6.1	65 000	51 000	53000
TERMOFIOS	27.0	251 700	228 600	237 000
TOTAL:	100.0	932 300	846 700	884 300

Tabla 1.4 .- Demanda de plásticos y resinas en el mundo. \* Folleto IMPI "Nuestro futuro los plásticos". Enero 1993.

SECTOR ALIMENTICIO	12 000 tons.
SECTOR INDUSTRIAL	16 000 tons.
SECTOR FARMACÉUTICO	3 700 tons.
SECTOR AGROPECUARIO	6 300 tons.
SECTOR COMERCIAL	82 200 tons.
TOTAL:	120 200 tons.

Tabla 1.5 .- Mercado de Polietileno de Alta Densidad (1983). \* Folleto IMPI "Nuestro futuro los plásticos" Enero 1993.

\* Revisar lista de abreviaturas al final de la tesis

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

TIPO DE PRODUCTO:	1982 (tons.)	1983 (tons.)	% DE VARIACIÓN
Película transparente	197 600	191 000	3
Película Industrial de Alta Resistencia	20 800	19 000	9
Envases para alimentos farmacéuticos.	13 000	11 300	13
Artículos para el hogar, tapones industriales y farmacéuticos.	15 600	15 000	4
Tubería conduit y de riego.	10 400	11 500	11
Cable eléctrico y alambre electrónico	1 300	1 000	23
Otros	1 300	1 200	8
<b>TOTAL:</b>	<b>260 000</b>	<b>250 000</b>	<b>4</b>

Tabla 1.6 .- Mercado de Polietileno de Baja Densidad. \* Folleto IMP1 "Nuestro futuro los plásticos"

Enero 1993.

### 1.3 OBTENCIÓN DEL PLÁSTICO:

En un principio los plásticos se fabricaron a partir del carbono y de sustancias vegetales, pero este tipo de materiales eran muy escasos y generalmente no proporcionaban buenos resultados.

A partir de los 50's, comenzó el desarrollo a gran escala de materiales orgánicos sintéticos, gracias a la disponibilidad de materia prima derivada del petróleo.

Desde entonces, los subproductos de las refineras se han convertido en materiales esenciales para la obtención de complicados compuestos orgánicos, especialmente de los llamados polímeros, que son la base de la producción de diferentes artículos de gran utilidad para la vida moderna.

Los polímeros son compuestos de alto peso molecular, que pueden ser naturales (almidón, celulosa, proteínas) o sintéticos.

Los plásticos son llamados también polímeros, tienen estructuras muy grandes y por lo tanto un peso molecular elevado. Están constituidos por varias unidades moleculares repetitivas llamadas monómeros. Las propiedades de éstos dependerán de su tamaño. Podrán estar formados por un solo tipo de unidad repetitiva recibiendo el nombre de homopolímeros, o por unidades repetitivas diferentes llamadas copolímeros.

Los principales monómeros están formados por etileno, propileno y butadieno, adicionándose a éstos diferentes compuestos para dar lugar a diferentes tipos de plásticos.

Existen algunos métodos importantes para la fabricación de polímeros o polimerización y a continuación se observarán 2 distintas formas de separar los métodos para esto:

Primeramente se tiene una división en 4 métodos que son:

1. Método directo: En este método se hace reaccionar el monómero puro con aditivos y son mezclados en un reactor agitador. El calor de reacción hace, generalmente, que el polímero se mantenga en estado líquido o fundido. En esta reacción se produce una gran cantidad de calor exotérmico, lo cual hace necesario refrigerar y tener una extrema vigilancia de control de temperatura; por eso, sólo es económicamente accesible este método cuando se requieren polímeros de muy alta calidad. En éste método el resultado es un bloque del polímero que se presentan en gránulos también llamados pellets.
2. Método de solución: En este caso, el monómero se diluye en un solvente con el catalizador. El solvente no es recuperable, lo cual hace que este proceso sea costoso e ineficiente, el cual es utilizado únicamente cuando no se desean materias sólidas en el producto, sólo soluciones. En este proceso la temperatura se eleva, como resultado de reacciones exotérmicas, por lo que es necesario realizarlo en un reactor agitador para disipar la temperatura. Tras llevar a cabo el proceso, el producto de esta polimerización se precipita formándose un polvo capaz de ser aislado al secarse.
3. Método en suspensión: La polimerización en suspensión es la más utilizada en la actualidad por su producto en forma de perlas de alta calidad, económico y de

realización muy sencilla. En éste se mezclan el monómero y el iniciador, dispersándose en agua mediante un sistema de agitación que lo mantiene en suspensión a lo largo de la reacción y controlándose de este modo, también, la temperatura.

4. Método de Emulsión: Aquí el monómero, finamente dividido, se emulsiona en algún líquido dispersante. Cuando se utiliza una gran cantidad de éste adicionado con el monómero y un aditivo emulsionante, puede controlarse bastante bien la temperatura. El desarrollo de la reacción es mucho más rápido que en los demás tipos de polimerización y se pueden obtener polímeros de mayor peso molecular.

Por otra parte, se puede observar otra división en la que se tienen solamente 2 métodos para la obtención de polímeros:

a) REACCIÓN DE ADICIÓN: Se presenta cuando moléculas simples de una misma sustancia, llamadas monómeros, rompen sus dobles enlaces, uniéndose para formar cadenas. Generalmente, se obtienen plásticos Termoplásticos que se mencionarán más adelante.

b) REACCIÓN DE CONDENSACIÓN: Es cuando algunos monómeros se combinan para formar una molécula mayor y desprenden una molécula de alguna sustancia

simple como el agua. A los polímeros obtenidos por este proceso se les conoce como Termofijos, que se verán en las siguientes páginas.

Los polímeros son macromoléculas de peso molecular elevado, y sus propiedades dependen de tres factores esenciales:

- a) SU NATURALEZA QUÍMICA: La cual determina las capacidades de cada molécula, sus efectos y así como la base de sus propiedades físicas.
- b) SU PESO MOLECULAR: Del cual dependen la mayor parte de sus propiedades, como por ejemplo, viscosidad, solubilidad, capacidad de formar fibras, propiedades elásticas, etc.
- c) SU MORFOLOGÍA: Es decir, la forma en que han sido construidas sus moléculas; ya sea por adición o por condensación.

Los elementos primordiales con los que se obtienen gran número de compuestos indispensables para la elaboración de plásticos sintéticos, son los hidrocarburos gaseosos, que son separados de los componentes sólidos del petróleo crudo, cuando éste se destila a través de un proceso denominado “craqueo catalítico”. Este consiste en calentar a temperaturas elevadas los compuestos orgánicos cuyas moléculas, que constan de muchos átomos, se descomponen formando moléculas más pequeñas; para facilitar este proceso se utilizan diversos tipos de catalizadores.

---

La mayoría de los casos obtenidos en la planta de destilación son hidrocarburos saturados, es decir, poseen enlaces sencillos fuertes, como por ejemplo el propano y el butano. Pero el metano o gas natural es importante ya que puede ser convertido en alcohol, que al oxidarse se convierte en formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), el cual se utiliza en la fabricación de plásticos, por ejemplo: la bakelita.

Entre los hidrocarburos no saturados se encuentran el etileno del cual se obtiene el polietileno (PE), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS); el propileno, del que se derivan la acetona, el fenol que es el material inicial para la formación del fenol-formaldehído y epóxicos, el poliisopropileno (PP); y por último el butadieno y el butileno, que se utilizan en la producción de caucho sintético y de gran variedad de plásticos.

#### 1.4 CLASIFICACION DE LOS PLÁSTICOS.

Dentro de los plásticos, se pueden observar distintos tipos de clasificaciones dependiendo de algún comportamiento, algunas sustancias que tienen, etc.

##### 1.4.1 SEGÚN SU COMPORTAMIENTO ANTE EL CALOR:

La agrupación de los plásticos, puede ser realizada de diferentes formas, según el punto de vista que sea considerado, por lo que a continuación se observan dos clasificaciones diferentes:

Según su comportamiento ante el calor, los plásticos se pueden clasificar en:

- 1.- Termofijos o Termoestables.
- 2.- Termoplásticos.

#### 1.- Termofijos o Termoestables:

Son aquellos que al moldearse por presión, por acción del calor, por catalizadores, etc., experimentan en su naturaleza cambios moleculares que impiden su reutilización una vez procesados o moldeados en forma determinada. No es factible que sufran alteraciones, reformas o remodelados sin tener grandes pérdidas en sus propiedades químicas. Su estructura no está formada por cadenas paralelas, sino por una red tridimensional, como es el caso de las bakelitas. Por lo tanto, podemos decir que quedan permanentemente endurecidos por el calor. Entre éste tipo de materiales se encuentran: - Epóxicos.

- Resinas de urea-formaldehído.
- Resinas de fenol-formaldehído.

#### 2.- Termoplásticos:

En general, este tipo de productos están formados por productos que presentan una estructura lineal. Sus moléculas se encuentran en forma de cadenas y los enlaces que ocurren entre éstas, se puede decir que son relativamente pocos.

Esta estructura lineal permite que el plástico pueda repetidamente suavizarse cuando es sometido al calor y endurecerse cuando es enfriado sin perder sus propiedades, motivo por el cual éste tipo de plásticos pueden ser trabajados muchas veces. Son típicos de la familia de los termoplásticos: - Polímeros y copolímeros de estireno.

- Acrílicos.
- Celuloideos.
- Polietilenos.
- Vinílicos.
- Nylons.
- Materiales formados con fluorocarburo.

A continuación se presentan cuadros comparativos entre algunos materiales termoestables y termoplásticos:

## TERMOESTABLES

PLÁSTICO	PRODUCTOS QUÍMICOS EMPLEADOS	AÑO	PROPIEDADES IMPORTANTES	USOS IMPORTANTES
Plásticos de fenol-formaldehído (bakelita).	Fenol, formaldehído.	1909	Duro, duradero, buen aislante, buena resistencia térmica, no se afecta por la humedad, grasas y disolventes orgánicos.	Barriles que forman superficies protectoras, productos laminados, cementos fenólicos
Plásticos de urea-formaldehído.	Urea, formaldehído.	1924	Duro, duradero, muy resistente a la tensión y a las grasas, sin olor ni sabor	Platos, copas, mangos de radio, cierres de botellas, adhesivos de urea.
Plásticos de melamina-formaldehído.	Melamina, formaldehído.	1939	Buena resistencia térmica y química, aislante.	Componentes eléctricos, papel adhesivo
Caseína.	Caseína, formaldehído.	1918	Imita al cuerpo natural, buen aislante pero poco resistente a la humedad; se trabaja con facilidad, admite colores brillantes	Botones, hebillas, mangos de cuchillos, plumas, agujas de tejer, bisutería
Polimetacrilato de metilo.	Acetona, cianuro-sódico.	1936	Tenaz, ligero, muy resistente a la intemperie, transparencia análoga al cristal.	Señales indicadoras, escaparates, accesorios ligeros, ventanas, parabrisas, brazos para tocadiscos, teléfonos, teclas
Poliámidas (nylon).	Ácido adípico, hexametildiamina	1942	Formado por moléculas muy grandes, ligero pero fuerte y tenaz.	Fibras artificiales, levas, ruedas dentadas para transmisiones, aislantes, cepillos, envoltorios

Tabla 1.7.- Materiales Termoestables. © Modern Plastics Encyclopedia. Mc. Graw Hill

## TERMOPLÁSTICOS

PLÁSTICO	PRODUCTOS QUÍMICOS EMPLEADOS	AÑO	PROPIEDADES IMPORTANTES	USOS IMPORTANTES
Nitrato de celulosa (celuloide).	Celulosa, ácido nítrico	1872	Tenaz, resistente a la abrasión y a la tensión, fácil de trabajar.	Recubrimientos protectores para madera, fabricación de películas.
Acetato de celulosa.	Celulosa, ácido acético, anhídrido acético.	1912	Tenaz, resistente a la tensión, no flamable	Películas de seguridad, material aislante, material para revestimientos, ribetes, adornos.
Poliétileno.	Etileno.	1940	Tenaz, flexible, buen aislante, irrompible, sin bordes cortantes, a prueba de agua y productos químicos.	Vasijas, recipientes y artículos domésticos en general, recipientes, envoltorios, cañerías de agua, aislantes
Cloruro de polivinilo (PVC).	Etileno, acetileno, ácido clorhídrico.	1933	Duro, córneo y flexible, tenaz, resistente a la abrasión, a prueba de agua y productos químicos, resistente a los agentes atmosféricos, buen aislante.	Impermeables y prendas protectoras, aislante para cables, objetos inflables, juguetes, maletas, tapicería, revestimientos, canaletas de los tejados, caños de bajada.
Poliestireno.	Etileno, benceno.	1930	Resistente al agua y a los agentes químicos, excelentes propiedades aislantes.	Espuma de plástico.

Tabla 1.8 .- Materiales Termoplásticos.\* Modern Plastics Encyclopedia. Mc. Graw Hill.

La división de los plásticos en Termoeestables y Termoplásticos, es lo que se utiliza con mayor frecuencia dentro de la industria y en la literatura existente sobre el tema.

Por otra parte, cabe señalar que algunos autores tienen además dentro de la clasificación a los elastómeros (es decir, polímeros elásticos) que comprende a los hules naturales (también conocidos como goma o caucho) y todos los hules sintéticos, que se caracterizan por una elevada elongación del orden de entre 200 y el 1000 %. Dentro de éste grupo, se desarrollaron los llamados hules termoplásticos que tienen razonablemente buenas propiedades elásticas dentro de los límites de temperatura de operación más restringidos con respecto a los hules vulcanizados.

#### 1. 4. 2 SEGÚN LAS SUBSTANCIAS QUÍMICAS DE ORIGEN:

Dentro de la clasificación que se establece en base a las sustancias químicas en las que tienen su origen los plásticos son:

- a) Plásticos de proteína: Éstos son los que se obtienen a partir de la caseína, soya, cacahuete, café en grano y otros productos agrícolas.

El más importante de éstos, es la caseína que es la proteína obtenida de la leche. El material formado con ella presenta las características de un producto termoestable.

b) Plásticos de celulosa: Son elaborados con borra de algodón la cual se trata con ácido nítrico, ácido sulfúrico y alcohol.

Estos materiales con las cualidades de un termoplástico, a pesar de que son inflamables y de que se decoloran con el tiempo, tienen algunas aplicaciones para ser al mismo tiempo flexibles, duros, agradables a la vista y resistentes al agua y a la humedad.

c) Plásticos de resinas sintéticas: Son los que se obtienen de cuerpos que presentan características similares a las de las resinas naturales y que se denominan resinas sintéticas. En este grupo se encuentran todas las formas de materiales sintéticos, los cuales se pueden agrupar en termofijos (termoestables) y termoplásticos, y que poseen las características que se mencionaron en la clasificación anterior.

CAPÍTULO NO. 2

---

CAPITULO # 2  
“EL POLIETILENO”

Durante años se han llevado a cabo muchos experimentos para convertir el etileno en combustible líquido para motores. El etileno es una materia abundante que se obtiene de la depuración de gases (gas natural, gas de carbón, etc.) o también de deshidratar alcohol etílico, y por lo tanto, puede obtenerse de gran número de materias agrícolas. Siendo un gas, se puede producir sometiendo a elevadas presiones, de ésta forma se logra su producción.

Sin embargo, hasta el momento no se ha podido producir el polietileno en condiciones económicamente favorables para hacer de él un combustible barato. Desde los comienzos del plástico, la Imperial Chemical Industries, Ltd. se interesó en esta explotación industrial persiguiendo la técnica de someter el etileno a muy altas presiones y a elevadas temperaturas, operación extremadamente difícil que exige la solución de complicados problemas, sin llegar a convertirlo en combustible; pero, en cambio, obtuvo un nuevo plástico (etileno polimerizado) que denominó polietileno.

Actualmente, el polietileno forma parte de un grupo de materiales obtenidos por este procedimiento.

## 2.1 HISTORIA DEL POLIETILENO:

En esta parte, se tocará más a fondo el tema del Polietileno y así podrá ser visto todo desde otro punto de vista más actual.

Comúnmente, se piensa que la industria plástica es una industria nueva, y esto es verdad en el sentido moderno de los plásticos sintéticos. Sin embargo, como muchas cosas en la vida moderna, esta industria tiene sus bases en la antigüedad. En Inglaterra esta tradición se ha preservado, en donde una de las organizaciones de la industria plástica todavía conserva el nombre de “Sociedad del Cuerno”. El plástico transparente para envoltura, conocido en todas partes hoy en día, es un descendiente directo del “Libro del Cuerno” en el cual los niños en el tiempo de la colonia aprendieron a leer.

Cuerno y carey o concha de tortuga son en un sentido plásticos naturales, en cuanto a que pueden ser ablandados en agua caliente y prensados en un molde, volviendo a su dureza original cuando se secaban.

Las cucharas y copas de cuerno muestran una similitud relevante con respecto a sus equivalentes plásticos actuales. El desarrollo de las técnicas del proceso del cuerno hicieron posible usar los nuevos materiales tan pronto como fueron descubiertos.

A diferencia del desarrollo de las resinas termofijas, el cual comenzó sólo con resinas sintéticas, el de las resinas termoplásticas puede ser visto desde los plásticos naturales como el cuerno y las resinas naturales, como la laca (goma) y el copal hasta

---

## “PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO”

---

los plásticos que están basados en productos naturales modificados como es el caso del polietileno.

El uso de trozos de ámbar, para moldearlos bajo temperatura y presión, en varios artículos, tales como boquillas para cigarrillos, es un arte muy antiguo en los países Bálticos. Los moldes y técnicas empleadas para este propósito son en principio idénticas a las que se usan actualmente en el moldeo por compresión de termoplásticos.

Una limitada experiencia había indicado que a fin de cuentas el polietileno se moldeaba bien, se extruía con bastante facilidad y una vez que se tuviera el control absoluto sobre él podría ser, incluso, calandrado en una lámina bastante buena; por lo tanto, es fácil comprender porque un tremendo número de firmas se precipitaron sobre una parte del nuevo “plástico maravilloso”, en 1952, cuando la corte federal reglamentó que la compañía británica Imperial Chemical Industries (ICI) tendría que prescindir de la patente. Para sorpresa de la gente conservadora, el apetito por el polietileno probó ser casi tan insaciable como había sido previsto. Los problemas iniciales fueron resueltos con rapidez y las modificaciones de la resina, muy pronto, ampliaron su rango de aplicación.

El siguiente escalón de la historia del polietileno, comenzó con el anuncio del Dr. K. Ziegler del Instituto Max Planck de Munich, Alemania en 1954, y el de la Phillips Petroleum Company, en 1955, en cuanto a que los polímeros plásticos de etileno que podían usarse, podrían ser producidos sin las presiones tan elevadas que requería el proceso de ICI. Cuando se anunció la viabilidad del nuevo procesamiento la

---

precipitación fue aún mayor que la que se había tenido en 1952. Por el verano de 1956, antes de que una planta comercial estuviera en producción, una planta de polietileno de baja presión había sido planeada para producir no menos de 395,000 lbs. al año, una producción dos veces mayor que la que había alcanzado el acetato de celulosa en 1955 después de 20 años de crecimiento, y mucho mayor que la producción total de polietileno de 1955. Esta tremenda capacidad fue planeada para un material que había sido sólo probado en cantidades de planta piloto; jamás había sido probado para determinar su verdadera posición en el mercado.

Este proyecto estaba basado en un razonamiento similar al que había predicho el mercado para el proceso de alta presión. El equipo y las técnicas en la industria plástica habían alcanzado nuevas metas y apareció un nuevo polímero que tenía todo lo que le faltaba al polímero anterior.

El crecimiento del polietileno tomó un proceso similar al de todos los termoplásticos, un periodo relativamente largo de crecimiento seguido por una expansión repentina. Es notable que el reciente crecimiento del polietileno explica en buena parte el crecimiento de todos los termoplásticos. Esto no significa que sea el único componente que lo incrementa, pero el incremento en los otros componentes ayuda a compensar las pérdidas de los componentes que permanecen fijos.

Sin duda alguna, el polietileno es el principal factor de crecimiento de los termoplásticos y este crecimiento ha sido a expensas de otros termoplásticos y de materiales fuera de la industria plástica.

---

La introducción del polietileno en los campos de otros termoplásticos ha sido un factor importante, aunque raramente mencionado, en el precio del vinilo, como del poliestireno, en los últimos años frente al incremento general de los costos.

Por otra parte, se encontró que la combinación de baja conductividad, baja constante dieléctrica y alta intensidad dieléctrica, junto con su dureza y flexibilidad hacían del polietileno el dieléctrico ideal para aplicaciones de alta frecuencia. Su gran uso en el radar lo conservó reservado para éste propósito durante casi 7 años.

Una vez que se tomó la decisión de desarrollar el polietileno, se aplicaron todos los recursos previamente conocidos de la ciencia de los polímeros, de los plásticos y de la industria del hule.

En 1940, la producción comercial del polietileno comenzó por ICI en Northwich en Cheshire, y fue incrementándose hasta que, a fines de la 2ª. guerra mundial, Inglaterra produjo aproximadamente 1500 toneladas por año.

## 2.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL POLIETILENO:

Con la palabra polietileno (PE) se denominan aquellos materiales formados por la unión de una gran cantidad de moléculas de etileno.

El PE es un producto termoplástico, por lo tanto, se ablanda por la acción del calor y puede ser moldeado muchas veces sin que sus propiedades se vean afectadas considerablemente. Este polímero se sintetiza a partir del etileno que es un subproducto del petróleo obtenido de las refinerías.

El PE es en la actualidad un material sumamente utilizado, ya que con él se pueden fabricar una gran cantidad de artículos, tanto para uso doméstico como para uso industrial. Existen en el mercado muchos tipos de PE con una amplia variedad de propiedades, las cuales se reconocen principalmente por las diferencias de densidad. Es así como, podemos distinguir entre tres clases diferentes de PE:

- Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de  $0.945$  a  $0.970 \text{ g/cm}^3$ .
- Polietileno de Media Densidad (PEMD) de  $0.925$  a  $0.944 \text{ g/cm}^3$ .
- Polietileno de Baja Densidad (PEBD) de  $0.910$  a  $0.925 \text{ g/cm}^3$ .

En realidad, solamente son tomados en cuenta dentro de la industria el PEAD y el PEBD, y su rango de densidad es un poco más flexible que el indicado dentro de los libros.

Las propiedades mecánicas (resistencia al impacto, resistencia al rasgado, resistencia al agrietamiento por esfuerzos ambientales, módulo de rigidez, alargamiento y punto de reblandecimiento), ópticas (nebulosidad, claridad y brillo) y eléctricas, varían según la densidad. Esta, a su vez, depende de la estructura molecular del

---

polímero. El PEBD presenta una estructuración en su mayor proporción amorfa y el PEAD presenta una estructura principalmente cristalina.

Como una clase general de materiales, el PE es reconocido por las siguientes características:

1. Excelentes propiedades dieléctricas.
2. Excelente resistencia química a los solventes, ácidos y alcaloides.
3. Alta resistencia.
4. Buenas propiedades aislantes.
5. Su relativa adaptabilidad a las variadas técnicas y procesos utilizados para la fabricación de plásticos.

El PE es una materia prima esencial en una gran cantidad de importantes industrias importantes, tales como el embarque, transporte, comunicación, electricidad, construcción y artículos para el hogar. Un factor que ha influido enormemente en el rápido crecimiento de usos para el PE, ha sido la gran variedad de técnicas de fabricación con las que puede ser elaborado, así como sus múltiples aplicaciones.

El PEBD encuentra su mayor utilidad en la fabricación de película, a partir de la cual se elaboran diferentes tipos de bolsas, debido a que ofrece una deseable combinación de claridad, flexibilidad, resistencia e inactividad química. Por estas mismas razones es utilizado para cubrir otros materiales como papel, cartón y hojas metálicas. En algunas ocasiones, cuando se desea una alta resistencia a la humedad, se utiliza para este proceso el PEAD.

La fabricación de envases y otros productos a través de moldeo por soplado se realiza también con PEAD, aún cuando los primeros fueron elaborados con PEBD. El PEAD se utiliza cuando la rigidez, la resistencia y la inactividad química, son propiedades importantes.

En el moldeo por inyección se utiliza tanto el PEBD como el PEAD. El primero se emplea cuando se desea claridad, flexibilidad y resistencia; mientras que el segundo se utiliza cuando la dureza, rigidez y una mayor fuerza son necesarios.

Otra aplicación importante para el PE es el revestimiento de cables utilizados en electricidad y comunicaciones, para lo cual ambos tipos de PE son utilizados, principalmente en aislamientos y cubiertas, gracias a que una importante propiedad de este material es su alta resistencia eléctrica.

A pesar de todas las ventajas que presenta el PE su empleo está limitado por la temperatura (se reblandece aproximadamente a  $90^{\circ}\text{C}$ ), lo cual lo hace no apto o adecuado para manejar materiales muy calientes. Además, si se le somete a grandes tensiones pierde su elasticidad por lo que estas 2 características deben evitarse.

## 2.3 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL POLIETILENO.

El polietileno es una resina termoplástica que se obtiene de la polimerización del gas etileno por el proceso de alta presión.

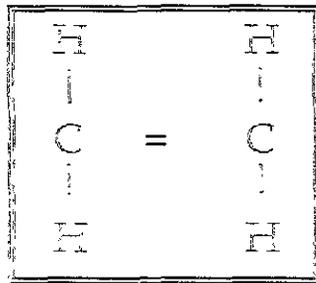
"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIETILENO"

---

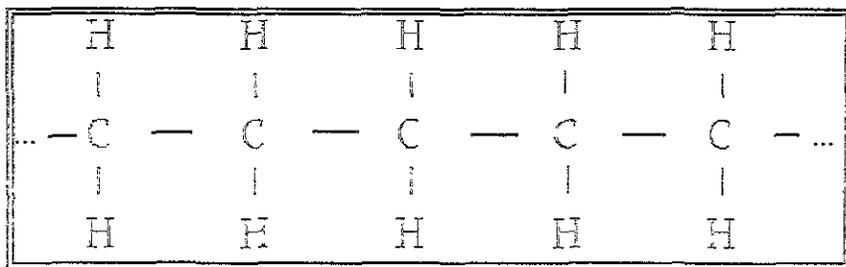
El etileno, materia prima esencial para la fabricación de este polímero, forma parte de las olefinas, que son una serie de compuestos relacionados químicamente y que se obtienen principalmente del fraccionamiento del petróleo y del gas natural; se caracterizan por estar constituidos solamente por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H), y por que en cada molécula hay el doble de átomos de hidrógeno que de carbono.

El miembro más pequeño de esta familia es el etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Los átomos de carbono están unidos entre sí por un doble enlace que es el responsable de la mayoría de las propiedades de las olefinas. En el caso del polietileno, al presentarse el proceso de polimerización (que generalmente es por adición) con las moléculas de etileno, se rompen los dobles enlaces de los átomos de carbono, dando lugar a una cadena que forma un material llamado polietileno (PE).

ETILENO:



POLIETILENO:



Los polietilenos obtenidos se clasifican en varios tipos dependiendo de su densidad, índice de fluidez y de ciertas propiedades específicas que determinan su aplicación, como ya se vio con anterioridad dentro de este mismo capítulo.

El polietileno, como se obtiene directamente de PEMEX, no siempre es adecuado para el uso que se le va a dar, por lo que es necesario incorporarle ciertos aditivos (como deslizantes, lineal, etc.) que lo hacen aceptable para una aplicación específica; como inyección, extrusión, etc.

Esta resina puede ser transformada en artículos para múltiples usos. Debido a sus propiedades el PEBD es el que con mayor frecuencia se utiliza dentro de la industria, y específicamente, para la elaboración de bolsas de polietileno.

*CAPÍTULO NO. 3*

---

### CAPÍTULO # 3

#### FABRICACIÓN DE POLIETILENO Y SUS IMPLICACIONES.

Cuando los químicos encontraron el procedimiento para unir pequeñas moléculas orgánicas y formar otras mas grandes y pesadas, comparables a las de las resinas vegetales, se gestó el mundo de las resinas sintéticas que todos conocemos con el nombre genérico de “plásticos”.

Las resinas sintéticas se empezaron a industrializar durante la II Guerra Mundial. Hoy en día, se pueden disponer de aproximadamente 60 materiales, algunos de ellos en distintas presentaciones o tipos; como por ejemplo el nylon, en el que hay un tipo para la fabricación de películas y otro para moldear engranes. Esto multiplica las opciones de los materiales plásticos que se encuentran disponibles en la actualidad.

La Industria Mexicana del Plástico está integrada por varios sectores, que son:

- Sector de la transformación: Es el sector que alberga al mayor número de empresas, las cuales se dedican a producir artículos terminados y subproductos a partir de la materia prima.
- Sector de materia prima: Dentro de la siguiente tabla, se podrá observar el número de empresas que producen cada uno de los polímeros básicos.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

---

POLÍMEROS	NO. DE EMPRESAS
Poliétileno de Baja Densidad	1
Poliétileno de Alta Densidad	1
Policloruro de Vinilo	5
Poliestirenos	5
Polipropileno	-
Nylon	2
Acrílico	4
Poliacetato	1
Policarbonato	1
Teflón	-
Poliéster	17
Poliuretanos	4
Uréticos	10
Fenólicos, Melaminas y Epóxicos	29

Tabla 3.1 - Productores de Polímeros. \*Folleto IMPI "Los plásticos en el mundo" sep. 1997

◦ Sector de fabricación de moldes y dados: En este sector encontramos a aquellas empresas que utilizan al hierro y al acero para la elaboración de moldes y dados (elementos de formación) y cuyos principales destinatarios son las industrias del sector de la transformación.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

---

◦ Sector del reciclaje: Se dedican principalmente a la compra de desechos plásticos provenientes de basureros e industrias transformadoras, los cuales son seleccionados cuidadosamente y tratados para ser reincorporados como materia prima al proceso productivo. En otras palabras, los desechos son reintegrados al círculo de producción para ser adquiridos por las industrias transformadoras.

◦ Sector de producción de monómeros: Son aquellas industrias cuya función es dotar o proveer de materia prima a las industrias productoras de polímeros, por ejemplo PEMEX, que produce estireno que es la base para la producción de poliestirenos.

SECTOR	NO.	NO:DE
	EMPRESAS	EMPLEADOS
Transformadores	3,000	100,000
Polímeros	125	20,000
Moldes	110	8,000
Reparación / Equipos	50	200
Fabricación / Equipos	10	1,000
Recicladores	30	300
Monómeros	15	10,500

Tabla 3.2.- Integración de la Industria Mexicana del Plástico. \*Folleto IMPI "Los plásticos en el mundo" sep. 1997.

Como es de suponerse, al igual que le mayoría de las industrias nacionales, la industria del plástico se encuentra concentrada en la cuenca del Valle de México, ya que si se observa la figura no. 1, se puede notar que el 20 % está repartido en tan sólo ocho estados del país.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIÉTILENO"

A continuación, se puede observar una tabla que indica el consumo nacional de resinas básicas, hasta 1999, dentro de la industria del Plástico:

PLÁSTICO	CONSUMO (miles de tons.)	% DE PARTICIPACIÓN
Poliétileno de Baja Densidad	350	32.2
Poliétileno de Alta Densidad	170	15.5
Policloruro de Vinilo	130	11.6
Poliestireno	95	9.5
Polipropileno	100	9.0
Uréicos	50	4.0
Poliuretanos	40	3.0
Poliéster insaturado	30	2.0
Acrílicos	20	1.5
Fenólicas	15	1.2
Otras resinas	120	10.4
<b>TOTAL</b>	<b>1120</b>	<b>100</b>

Tabla 3.3.- Consumo Nacional de Resinas Básicas. \*Folleto IMPI "Los plásticos en el mundo" sep

1997

De todos los plásticos se puede, además, hacer una pequeña separación o clasificación de los llamados "comodines", porque son utilizados en el mercado masivo por su fácil procesabilidad y por lo tanto se obtienen altos volúmenes de producción a un precio muy bajo y por medio de una tecnología más accesible, estos son:

1. El Polietileno (PE) con sus variantes:

- a) Baja densidad (LDPE, siglas en inglés y PEBD en español). Es el más común.
- b) Lineal de baja densidad (LLDPE, siglas en inglés y PELBD en español). De excelente resistencia mecánica.
- c) Alta densidad (HDPE, siglas en inglés y PEAD en español). Muy usado en la fabricación de cuerpos huecos.

2. El Cloruro de Polivinilo (PVC), en sus formas rígida y flexible o plastificado.

3. El Poliestireno (PS).

4. El Polipropileno (PP), que es usado para película, para placa y para cuerpos rígidos.

La evolución del consumo de estos plásticos tiende a crecer en nuestro país, como en el resto del mundo. El mayor consumo corresponde al PE que, en la actualidad, es de aproximadamente 430,000 ton. por año, le sigue el PVC con un consumo muy por debajo de esa cifra y que es de 220,000 tons. por año, después el PP con 165,000 ton. y el PS con 122,000 tons. por año.

De estos cuatro plásticos, el PE y el PP se convierten en películas, siendo el primero el de uso más extenso como tal; una buena parte del PP se utiliza en cuerpos rígidos, valijas, etc. El PVC tiene como aplicación principal la extrusión de tubos y perfiles. El poliestireno se aplica en empaques rígidos como estuches y cajas, carcazas para artículos del hogar, vasos térmicos, etc.

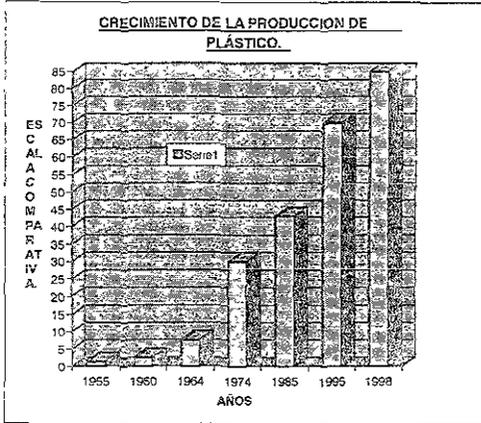
Del PEBD producido mundialmente, aproximadamente el 90% es transformado en películas para bolsas y envolturas.

La industria del plástico ha registrado, en los últimos años, un desarrollo muy importante ya que ha ido ganando terreno en la industria de los envases de cartón, vidrio, lámina y demás.

Con la industria del plástico aparece el concepto dinámico del envase, ya que son los plásticos, en función de sus características más intrínsecas como materiales moldeables y adaptables a las más variadas exigencias, los que facilitan o posibilitan la concepción de diseños más creativos e innovadores.

A nivel mundial, encontrándonos aproximadamente a cien años de la aparición del plástico, se considera que apenas pocos años atrás se empezó a vivir “La Edad del Plástico”, ya que ahora es cuando realmente se están aprovechando sus cualidades, substituyendo a los materiales tradicionales como: a los metales en su resistencia, al vidrio en su transparencia y a la madera en su ligereza.

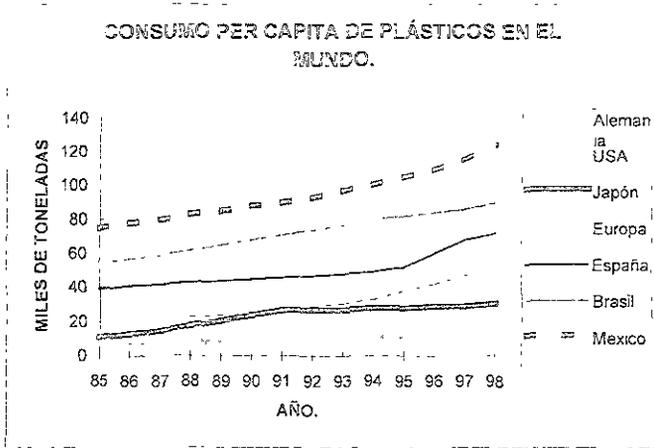
Como se puede ver en la siguiente gráfica, la producción de plásticos creció aprox. un 1000% en un periodo de 58 años y se espera un aumento del 8 % anual por los mercados potenciales.



Gráfica 3.1.- Crecimiento de Producción Mundial de Plástico.\* Folleto IMPI. “Nuestro Futuro los Plásticos”. 1998.

En base a estas consideraciones, la diversificación de los productos plásticos ha aumentado y se han culminado ambiciosos proyectos, como el monopolio de envases para bebidas y el lanzamiento del papel plástico al mercado entre otros.

Datos recientes nos muestran que en países desarrollados el consumo per capita de plásticos es mayor que aquellos en vías de desarrollo, como se puede observar en la siguiente gráfica 3.2, y además se espera que el consumo per capita de estos últimos aumente en proporción directa a su crecimiento.

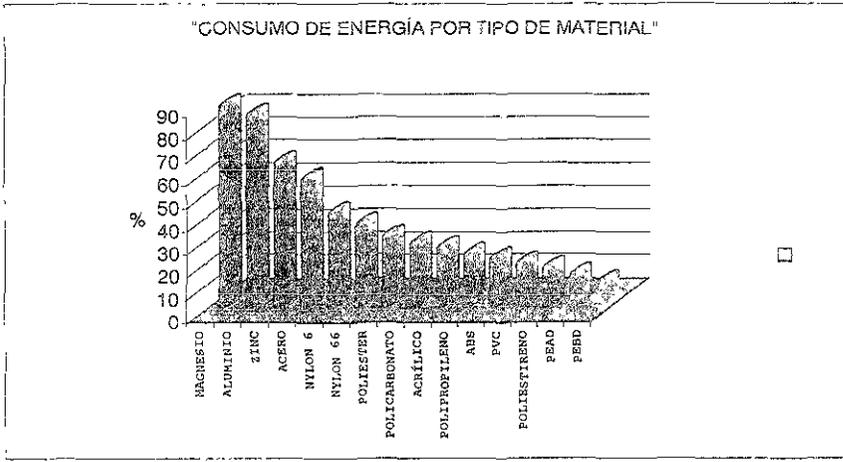


Gráfica 3.2.- Consumo Per Cápita de Plásticos en el Mundo (kg./hab).<sup>a</sup> Folleto IMPI "Nuestro Futuro los Plásticos". 1998.

Debido a la situación por la que actualmente atraviesa México, la opinión popular sería que todos los problemas del país tienen un origen económico, político y social, tomando en cuenta que además de éstos se tiene que contemplar el aspecto tecnológico.

Sin embargo, la industria del plástico en México, es tal vez una de las áreas industriales que tiene mayores perspectivas de desarrollo a corto, mediano y largo plazo; debido a que no requiere una inversión muy alta y el precio, así como las características de los productos terminados, son altamente competitivos en el mercado, y así es necesario observar los materiales utilizados en cada proceso, así como la energía que éstos consumen para su procesamiento.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"



Gráfica 3.3.- Consumo de Energía por tipo de material.\* Folleto IMPI "Nuestro Futuro los Plásticos"

1998.

Las empresas transformadoras, dependiendo del segmento de mercado al que se dediquen, enfocan su consumo del plástico hacia ciertos tipos en especial como se observará en la tabla 3.4.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIETILENO"

PLÁSTICOS	TRANSFORMA- DORAS	PRODUCTORAS	IMPORTADORAS
PEBD	2,000	1	6
PEAD	800	1	6
Policloruro de Vinilo	500	5	-
Poliestirenos	350	5	2
Polipropileno	150	-	4
Nylon	50	2	3
Acrílico	50	4	-
Poliacetato	40	2	1
Policarbonato	25	1	2
Teflón	10	-	1
Plásticos de Ingeniería	15	2	5
Poliéster Termoplástico	5	2	-
Poliéster insaturado	170	15	-
Poliuretanos	80	4	-
Uréicos	50	10	-
Fenólicas	30	14	-
Melaminas	15	10	-
Epóxicos	15	5	-

Tabla 3.4. - Empresas transformadoras, productoras e importadoras. \* Folleto IMPI. "Nuestro Futuro los Plásticos" 1998

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIETILENO"

---

Los principales mercados en los que ya se distribuyen los productos terminados de las diversas transformadoras se verán dentro de la siguiente tabla:

MÉXICO	MERCADO	MUNDO
15%	Construcción	25%
45%	Empaque	21%
5%	Electrónica	15%
7%	Pinturas	10%
3%	Automotriz	7%
4%	Muebles	5%
1%	Agrícola	4%
14%	Doméstico	3%
6%	Otros	10%

Tabla 3.5.- Distribución del consumo de plásticos en México y el Mundo, hasta 1999. \* Folleto

IMPI "Los Plásticos en el Mundo". 1999

La industria del plástico en México se encuentra en una etapa de expansión moderada, es por esto que es necesario que se redoblen esfuerzos para acelerar su desarrollo o de lo contrario se podrían sufrir cambios negativos al enfrentarse ante industrias de países desarrollados. Como ya sabemos, la crisis económica mundial de hoy en día y los problemas financieros de nuestro país han provocado un acelerado encarecimiento de la planta productiva nacional, especialmente en lo que respecta a materiales como el metal y el papel.

Esto ha permitido que los plásticos hayan invadido prácticamente todos los mercados de consumo y día a día van substituyendo a más y más artículos que anteriormente se producían a partir de los materiales básicos ya mencionados.

Por otra parte, algunas de las características de nuestro país que favorecen ampliamente al desarrollo de los plásticos son: se cuenta con mano de obra barata, se cuenta con la mayoría de la materia prima necesaria para producir los principales polímeros y además, la mayor parte de la República Mexicana cuenta con una industria plástica débil con la cual es muy posible fomentar un desarrollo nacional a gran escala y si a esto se suma el que nuestro país cuenta con una excelente posición geográfica se puede pronosticar un amplio desarrollo.

### 3.1 TIPOS DE EXTRUSORES PARA FABRICACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO.

En los últimos años, la tecnología de película soplada se ha desarrollado rápidamente. Las transformaciones y combinaciones de la maquinaria disponible y la producción de un producto en particular, son virtualmente ilimitadas.

Desde el punto de vista del proceso, existen 4 criterios básicos para la selección del equipo correcto, estos son:

- Productividad.
- Versatilidad.
- Calidad y Factibilidad.
- Mantenimiento.

Para la fabricación de películas y perfiles se utiliza el extrusor (figura no. 2 y 3), que es una máquina que procesa todo tipo de termoplásticos y está compuesta principalmente por 6 partes, que son: admisión de materia prima, zona de calentamiento, área de globo, zona de embobinado, tablero de controles y aparato de dosificación de aire (figura no. 4).

- A) Zona de Admisión.
- B) Zona de Calentamiento.
- C) Área de globo.
- D) Zona de Embobinado.
- E) Tablero de Controles.
- F) Aparato de Dosificación.

A) Zona de Admisión: Se compone de una tolva y del husillo que es el que se encarga del movimiento del material cuando éste se encuentra en estado semifundido.

La materia prima granulada se introduce por la tolva donde el husillo la transporta a lo largo del cañón que se está calentando. De esta manera, el material se va fundiendo y ocupando menos espacio hasta que en el otro extremo sale el material fundido.

El husillo o tornillo, como se ve en las figuras no. 5 y 6, es el elemento que mediante giro empuja el material y que se compone de 3 zonas:

- a) La zona de alimentación de materia prima: En esta zona no hay fusión y sirve para empujar el material sólido contra el material semifundido y éste contra el fundido.
- b) La zona de compresión: Es donde el material empieza a fundirse y a expulsar aire en retroflujo.
- c) La zona de dosificación: Es la que obliga al material, homogéneamente fundido, a fluir con un gasto uniforme hacia el lado.

Se ha encontrado que para el polietileno, la longitud óptima del husillo o tornillo es de 24 veces su diámetro; relaciones menores no nos dan una masa fundida termodinámicamente homogénea y siendo más largos degradan el material por exceso de permanencia en el cañón a temperaturas altas, como podemos observar en la Figura no. 7.

El husillo va dentro de una pieza tubular o cañón con un diámetro ligeramente mayor (50-150 micras). Durante el trabajo del extrusor hay un contraflujo a través de éste, que sirve de lubricación no permitiendo el contacto físico del cañón con el husillo, como se puede observar en la Figura no. 8.

B) Zona de Calentamiento: Está compuesta de 4 resistencias que son las encargadas de fundir el material y así lograr tenerlo a la temperatura necesaria para poder tener un material fluido, pero además consistente para poder darle un grosor dependiendo de la velocidad con la que se mueve la película y la temperatura de ésta.

En la salida del material va una pieza de acero con agujeros donde se pone un paquete de mallas normalmente de acero inoxidable que sirve para romper la rotación del flujo, colar cualquier material extraño y producir una compresión dentro de la máquina.

Todo este sistema va montado en una estructura y se le imparte movimiento por medio de un motor de velocidad variable a través de un reductor de flechas paralelas.

Todos los componentes mecánicos del extrusor, son del dominio tecnológico desde hace muchos años; sin embargo, el que más variaciones presenta hoy en día es el husillo o tornillo, y éste es responsable de la buena calidad de la bolsa.

Después del portamallas (figura no. 9) se coloca el dado, del cual existen diferentes tipos, dependiendo del tipo de producto que se desee fabricar::

- 1.- Recubrir alambre.
- 2.- Manguera y tubería.
- 3.- Perfiles.
- 4.- Película tubular.
- 5.- Película plana.

El dado tubular (figura no. 10) consta principalmente de un cuerpo interior o corazón y de uno exterior que dejan entre ambos, por diferencia de diámetros, un conducto anular donde sale el polietileno fundido, en forma de un tubo que se infla con aire que es inyectado desde el exterior. Este material fundido se enfría con aire que se

---

reparte uniformemente alrededor del tubo de polietileno por medio de un anillo distribuidor que en la actualidad se puede encontrar desde el más simple hasta uno muy perfeccionado (figuras 11, 12 y 13).

C) Área de globo: Es una de las partes en donde se logra el tamaño de la bolsa y se cuida que la bobina de polietileno no salga irregular y por consiguiente se tengan problemas con el último proceso, ya que si la bobina no se encuentra en perfecto estado provocará dificultades para terminar el producto.

La burbuja, así formada, es jalada por unos rodillos en la parte superior de una estructura, previo aplastamiento mediante una placas o cortinas en ángulo (figura no. 14).

D) Zona de Embobinado: Por medio de rodillos guidores se baja éste material ya plano a un sistema en donde se embobina (figura no. 15).

El calibre uniforme en la película se logra centrando el corazón del dado mediante tornillos de ajuste. Algunos dados son rotatorios, giran sobre su eje vertical y distribuyen cualquier irregularidad del calibre a lo ancho de la película. En ocasiones el anillo del aire gira con el dado.

E) Tablero de Controles: En éste podemos observar lo relacionado al control de la temperatura como son contactos, pirómetros, amperímetros, y los arrancadores del motor principal y del ventilador.

F) Aparato de Dosificación: Regularmente es un equipo especial por medio del cual se va introduciendo intermitentemente material dentro de la tolva.

Por otra parte, el dado para película plana (figura no. 16), está formado por dos piezas del largo de lo que será el ancho de la película. En éste caso la uniformidad del calibre a lo ancho de la película se obtiene cerrando por flexión el labio mediante tornillos uniformemente espaciados.

La película plana es más fácil de calibrar por la construcción del dado. Las irregularidades se pueden hacer desaparecer oscilando el embobinado unos 5 cm.

La película fundida cae sobre un rodillo de acero enfriado por agua, allí se condensa el material fundido que, en otro rodillo también enfriado, se lleva a la temperatura ambiente. Enseguida, unos rodillos jalan la película y otros rodillos guías la llevan al sistema de embobinado; en este proceso, la película resultante tiene las orillas más gruesas por el fenómeno de tensión superficial; éstas se cortan después de los rodillos de tiraje (figura no. 17).

De manera parecida se hace el recubrimiento de otros productos en los que se realiza una unión de dos materiales para lograr unas características específicas, ya que se funde el polietileno y se deja caer sobre el otro material y se hace pasar por otros rodillos para lograr la unión entre los dos materiales y además así poder obtener un material uniforme. Cabe señalar que la película de polietileno fundida cae sobre el otro material y pasa por un rodillo enfriador y el lado en el que pasa el otro material en proceso es sólo un rodillo de hule (figura no. 18).

La película extruida se presenta en rollos, ya sea en forma tubular o plana; en algunas ocasiones en la línea del tubular se ponen unos formadores a los lados de la cortina para formar fuelles de tubo (figura no. 19).

La película hasta aquí producida, puede tener muchas aplicaciones pero no es posible imprimirla.

La superficie de polietileno no admite adhesivos ni tintas por ser inerte químicamente, es necesario romper algunas ligaduras de las moléculas superficiales para activarla, esto se logra con una descarga eléctrica de alto voltaje (corona o estación de tratamiento de película, ver figuras no. 20 y 21) o sometiéndola a la acción de la zona oxidante de una flama. Los equipos que sirven para esto se instalan en las líneas de extrusión ya mencionadas.

El procedimiento de la flama se había dejado de usar hace mas de 30 años, sin embargo, actualmente se recomienda en casos en que se requieren ciertas características especiales, por ejemplo cuando el producto se va a usar para cintas adhesivas.

La película tratada se puede imprimir con cualquiera de dos procedimientos: flexografía (figura no. 22) o rotograbado; aunque la primera ha ganado mucho terreno, no se debe desdenar el segundo sin un estudio previo.

La película de PE es utilizada como envoltura de cajas de distintos tipos o tamaños o convertida en bolsas de varias capacidades y utilizadas en supermercados para transportar las mercancías compradas o para contener frutas, verduras, ropa, etc., y

---

se pueden encontrar en los mercados de los más escondidos pueblos de nuestro país. Es un material barato, impermeable, ocupa poco espacio, es fácil de almacenar, etc.

Dos procesos más para la fabricación de bolsas son:

1.- Cuando se parte de material tubular con fuelle o plano, se coloca en una maquina borseadora; el rollo, que es tirado intermitentemente por unos rodillos que alimentan la longitud de película que corresponde al largo de la bolsa, cuando los rodillos están en reposo una mordaza caliente presiona la película contra un cojín de hule y la sella, al mismo tiempo en otra estación de la máquina se corta el material sellado resultando así bolsas normales o con fuelle según la película alimentada (figura no. 23), aunque éste proceso se tocará más adelante.

2.- Cuando se parte de película plana ésta se dobla por medio de un formador en triángulo que alimenta a la máquina borseadora por medio de dos rodillos medidores como en el equipo anterior, cuando estos rodillos están parados baja una mordaza caliente, con más o menos filo, y corta por fusión la película sobre otro rodillo de hule (silicón) que no permite que se adhiera el material fundido, de esta manera el corte también sella los lados de la bolsa, este sistema se conoce como sello lateral o “side weld” (figura no. 24).

Sin embargo, la calidad en gran parte de la producción nacional es un gran ausente. Sólo grandes empresas tienen un sistema de control tal que el producto rivaliza con el de países considerados de primer orden, éste es el caso de la envoltura para pañales, detergentes, dulces, semillas, etc. Entre las empresas pequeñas, existen notables excepciones y el resto ignora este concepto.

---

Al hablar de calidad, las características de la película de PE que deben evaluarse entre otras son:

1.- El calibre o grueso: Se mide en micras o milésimas de pulgada y en caso de películas gofradas o grabadas, se expresa como peso por unidad de superficie que es medido por medio de un calibrador de espesores (figura no. 25). El calibre tiene variaciones en la producción a lo ancho de la máquina y mientras mayor sea esa variación menor resistencia a la ruptura tendrá el material.

2.- Las dimensiones de la película: ancho y largo, en caso de la bolsa. Cuando ésta proviene de material tubular las grandes variaciones en el ancho son muy comunes.

3.- El conteo de ojos de pescado o geles, causados por material extraño o resina mal fundida, que se manifiestan en puntos gruesos de distinta textura (figura no. 60).

4.- Las rayas en la superficie causadas por deslizamiento o roce en partes sucias del equipo o zonas carbonizadas del dado, en este último caso resulta en una película debilitada en el sentido de la máquina.

5.- Las arrugas, causadas por un proceso defectuoso, ya sea por descalibre, por exceso de tensión, etc.

6.- El color, cuando las películas son pigmentadas, a lo largo de un lote, debe de ser uniforme dentro de ciertas tolerancias y se debe repetir el color cuando se repite la producción.

7.- La intensidad del tratamiento, según si la película va a ser impresa o se le va a aplicar adhesivo.

8.- Índice de deslizamiento, esta característica es muy importante si se va a utilizar el material en máquinas automáticas de envasado.

Si se dan valores y tolerancia a dichas características se tendrá una norma de calidad, dichos valores se establecen entre proveedor y usuario y constituyen un compromiso que no se debe eludir.

En algunos casos la sola palabra “calidad” lleva la imaginación a costosos equipo o instrumentos de laboratorio fuera del alcance de los pequeños productores; sin embargo en la fabricación de bolsas esto es solo un fantasma, una inversión modesta pone a su alcance métodos para medir la calidad si tiene un poco de ingenio.

En las figuras no. 26, 27, 28 y 29, se pueden observar algunos ejemplos de extrusores que en la actualidad son encontrados en el mercado.

### 3.2 TIPOS DE MAQUINARIA PARA SELLO Y CORTE DE BOLSAS DE POLIETILENO.

En la actualidad, los materiales plásticos han sustituido casi por completo a los empaques que tradicionalmente se venían usando, como es el caso de las bolsas de papel, las cajas de cartón, los embudos de periódicos (muy utilizados dentro de los mercados populares), como ya se había comentado anteriormente.

La bolsa de plástico es, sin lugar a dudas, el empaque más usado en la actualidad.

Por su versatilidad y economía la industria bolsera se ha convertido en la panacea de la industria del empaque y embalaje; las hay de diferentes tamaños, formas y materiales, transparentes, de colores, impresas y en muchas otras variantes.

Desde el supermercado hasta en cualquier industria, millones de bolsas son usadas a diario; sin embargo, en México la tecnología para la fabricación de éstas no ha crecido tanto como su demanda.

Actualmente, es importante ofrecer al mercado bolsas específicas para su uso; también, es importante elevar la producción y mejorar la calidad.

Se comenzará por conocer los tipos más comunes de bolsas que existen y sus ventajas en cuanto a producción y calidad.

Existen varios métodos, o procedimientos, en el campo del bolseo para la fabricación de bolsas, distinguiéndose principalmente dos variables:

- a) El tipo de sello.
- b) La manera de alimentación de la película.

Por el tipo de sello, el más conocido es el de “sello de fondo”, como se puede ver en la figura no. 30. Primero, se hace el estirado de la lámina tubular del rollo a

través de rodillos tensores, hasta situar la película en la parte de la máquina donde se hará el sellado; después, una vez sellada la bolsa será cortada mediante cuchillas (figura no. 31). En este tipo de bolsas sólo existirá un sello que se hará a lo ancho (sello transversal). La impresión en este tipo de bolsa se hará en un sólo lado de la película; o en ambos lados, requiriéndose un doble paso en la impresión o volteo de película (que significa dividir el número de tintas de la impresora).

A continuación, se muestra la fabricación de bolsas con sello en el fondo (sello transversal (figura no. 32) y sello longitudinal o lateral. Este proceso se realiza utilizando película plana, la que es doblada en dos pliegues para su sellado (figura no. 33). Si la película viene impresa, al doblarse la impresión quedará en ambas caras de la bolsa (figura no. 34).

Estos dos procedimientos muestran bolsas con fondos soldados.

El método de sello lateral (“side weld”), se hace mediante una película plana que es doblada por la mitad y sellada transversalmente, al mismo tiempo que es cortada y separada. Este sistema puede utilizar de igual manera película tubular en rollo, que es cortado en dos para obtener dos bolsas simultáneamente (figura no. 35 y 36).

El sistema de sello lateral con cuchilla caliente se distingue de los anteriores por el hecho de no ocupar cuchillas para corte y separación de las bolsas terminadas, ya que aprovechando la temperatura, corta y sella a la vez dos extremos de la película doblada.

Este mismo proceso puede utilizarse con película tubular fuellada para la obtención de bolsas tipo “camiseta”, aunque para este tipo de bolsa generalmente se ocupa una versión del tipo “sello de fondo”, al que generalmente se le llama “dobie sello” (figura no. 37).

Al hablar de tipos de sellado, también se debe hablar de tipos de sello. Dos películas de termoplásticos pueden ser unidas mediante calor y presión, durante un período o ciclo de sello.

Normalmente, hay dos tipos de sellos usados para la fabricación de bolsas utilizando calor y presión. En el primero, al que se le llama “sello por presión”, dos piezas de película son unidas en un ciclo de sellado, la fusión de las superficies en la interfase es efectuada por medio de calor y presión aplicados por la mordaza de sello.

Dentro de la figura 30, también podemos ver el arreglo típico del sistema de sello de fondo. Debe señalarse que todo el calor debe alcanzar el sitio de sellado por medio de transferencia a través de una de las capas de la película y como las resinas termoplásticas son pobres conductoras de calor, se puede decir que el sello por medio de presión sólo es práctico en películas de hasta cinco milésimas de pulgada (calibre 500) (0.13mm).

El otro tipo de sellado usado, que se conoce como “sello - corte”, se obtiene por la fusión completa de las dos películas a unir. Aquí, una cuchilla o mordaza afilada es calentada para fundir y cortar las películas dando como resultado dos sellos, uno a cada

lado de la cuchilla. Existe una pequeña contracción del material que ocurre por efecto del calor sobre la película.

Finalmente, se tiene un sello que poco se ha utilizado y es del tipo “sello por presión”, aunque se tiene calor de los dos lados de la bobina y así se logra elevar el grosor de película a sellar hasta 10 milésimas de pulgada (calibre 1000).

Varios son los métodos de sellado que se ocupan para obtener estos dos tipos de sellos.

La “mordaza caliente” produce una unión del tipo sello por presión. Aquí, la temperatura es controlada durante todo el proceso utilizando resistencias eléctricas (figura no. 38) que son montadas dentro de la mordaza por lo que ésta se fabrica de un buen conductor térmico (regularmente bronce) para que la temperatura se mantenga uniforme a lo largo de la superficie de trabajo. La temperatura de la mordaza es medida por medio de un termopar conectado al cuerpo y el suministro de corriente es controlado por algún instrumento (pirómetro, figura no. 39) por medio de un transformador variable. Otros sistemas de control emplean un simple regulador bimetalico para gobernar el flujo de corriente hasta las resistencias.

La “mordaza por impulso” tiene como característica principal que la temperatura no permanece constante durante todo el ciclo de sellado, en realidad esta mordaza no se calienta en sí, lo que sella en una resistencia tipo banda de aleación níquel-cromo que sólo es calentada en una porción pequeña de tiempo del ciclo total de sellado. El cuerpo de este tipo de mordaza puede ser, incluso, enfriado circunlando agua por el interior u

otro tipo de enfriador. El control de la temperatura de las mordazas de impulso se logra regulando el período del impulso de la corriente, por medio de un temporizador electrónico (timer), y regulando el voltaje suministrado a la resistencia, con un transformador variable.

Las secuencias de sellado por impulso puede ser descrita de la siguiente manera:

1. Primero, las dos películas por unir son puestas juntas entre las mordazas del sellador.
2. Las mordazas sujetan la película, aplicando cierta presión.
3. Un impulso eléctrico de corriente es aplicado a la resistencia, la cual se calienta en un lapso muy corto provocando el sello.
4. Finalmente, después del impulso, las mordazas continúan presionando mientras que el enfriador baja la temperatura del sello.

El sello por impulso permite remover el calor rápidamente después de que el sello se ha producido y tiene presiones mayores sin flujo de material fundido, lo que representa una ventaja en el sellado porque produce una unión más resistente y una apariencia más homogénea. Además, hace la transferencia de calor en la interfase más efectiva.

Otro tipo de sistema usado para realizar sellos por presión es el de selladores “rotatorios”, que en realidad es una mordaza caliente modificada; se utiliza para hacer sellos longitudinales continuos. Consiste en una barra caliente construida en forma circular que gira sincronizadamente con la velocidad lineal de la película (Figura no. 40 y 41).

El mismo resultado se puede obtener mediante el sellado de bandas rotatorias. En esta unidad la película es aprisionada fuertemente entre dos bandas sinfín que son guiadas hacia una zona de calentamiento y sello, y después hacia una zona de enfriamiento. Debido a que en este sistema la fuente de calor proviene de ambas caras de la película, la transferencia de calor es más efectiva, por lo que se pueden sellar calibres de películas gruesas (0.005” - 0.010”). Este sistema es generalmente usado para la fabricación de sacos industriales.

En el sistema de cuchilla caliente la unión corte - sello se hace fundiendo completamente los extremos de la bolsa mediante una mordaza que, por ser afilada y estar elevada a altas temperaturas (280 a 400 °C), atravesará la película cortándola y sellándola a la vez que ha sido sellada (figura no. 42 y 43). En este proceso se puede observar un aglutinamiento de material que se aloja a lo largo de la línea de sellado; esto se debe a que la presión ejercida por la mordaza provoca un flujo de material en estado plástico hacia los lados a la vez que hay una retracción por efecto térmico.

Otro tipo de sistema usado para hacer sello - corte es el de la “navaja caliente”. En este sistema se hace correr la película a través de una navaja que es calentada a altas temperaturas dándonos como resultado un sello - corte longitudinal, normalmente formando dos o más tramos de película tubular a partir de un sólo rollo.

Una vez que se han dado a conocer los tipos de sello y su mecanismo, se deben conocer las variables que intervienen en el proceso. Esas son tres:

- A) Temperatura.
- B) Presión.
- C) Tiempo de sellado.

Estas variables están interrelacionadas de tal manera que variando alguna puede variar cada una de las demás.

A) Temperatura.

Los requerimientos de calor para sellar los diferentes materiales termoplásticos varían considerablemente.

Por estas diferencias y por los distintos calibres que se manejan, las selladoras comerciales están equipadas con aditamentos de alta capacidad de variación térmica.

Sin embargo, hay un rango donde un sello es bueno cuando cualquiera de las otras variables permanece constante.

El calibre de la película por sellar tiene efecto sobre los requerimientos de calor para cualquier termoplástico. Hay un calibre determinado con el cual un buen sello es casi imposible de lograr. El sello de espesores gruesos (más de 0.15mm) requerirá de tan altas temperaturas que por la presión ejercida, habrá un flujo de material en estado plástico hacia afuera de la mordaza, este material proviene de la capa que primero se funde debilitando la película.

## B) Presión.

Esta es necesaria para garantizar el contacto preciso en la interfase de las películas, produciendo buena conducción del calor, además de dar la fuerza necesaria para sellar al fundirse las superficies.

En el caso de las cuchillas de sello - corte, para atravesar la película cortándola, se usan dispositivos mecánicos y neumáticos como fuentes de presión; los equipos neumáticos tienen más control sobre la película, sin embargo no siempre son los más económicos.

El polietileno puede ser sellado más eficazmente entre 10 y 20 PSI (0.7-104 kg./cm<sup>2</sup>).

El ciclo de sellado, es el ciclo que describe cualquier máquina de boiseo para lograr su objetivo:

1. Primero, los rodillos de alimentación jalan la película y la alimentan a través de la mordaza de sello o cuchilla, hasta que la longitud sea la deseada.
2. Los rodillos se detienen y la mordaza o cuchilla empieza a descender para realizar el sello.
3. La mordaza o cuchilla sube mientras el dispositivo de descarga separa la bolsa ya fabricada.
4. Más película es conducida hacia la zona de corte y sello para repetir el ciclo.

Este ciclo se puede realizar en las máquinas más veloces, llegando hasta 300 o más sellos en un minuto con velocidades lineales de más de 60 metros por minuto.

### C) Tiempo de sellado.

Cuando una película es sellada, es necesario dar un tiempo adecuado para que el calor sea conducido desde la mordaza hasta la interfase de las películas, elevando la temperatura de la superficie hasta su punto de fusión y provocando el sello.

Desde el punto de vista productivo, si el tiempo de sellado es muy largo, la producción será baja. Ciclos cortos necesitan temperaturas y presiones mayores.

### 3.2.1 ALIMENTACIÓN.

La alimentación de películas juega un papel crítico en el ciclo de sellado, debiendo tener características especiales para el buen funcionamiento del sistema. Como ya se mencionó, la alimentación se hace en intervalos pausados, es decir, que entra en función sólo la primera mitad del ciclo de sellado, quedando en estado de espera la segunda mitad del ciclo, mientras se hace el sello y el corte. Esto implica que en pocas fracciones de segundo, varios centímetros de película tengan que ser conducidos desde el rollo hasta el sistema de sellado, lo que acarrea problemas específicos como son, el jaloneo de película, provocando estiramientos en la misma, así como el mal funcionamiento de rodillos alimentadores. Los problemas de jaloneo pueden resolverse adecuando al sistema de desembobinado, un acumulador de película que puede ser conocido como brazo bailarín o “dancer” (figura no. 44) o simplemente

el desembobinado excesivo de película, como en el sistema asiático, que impide que el jaloneo llegue hasta el rollo.

Es importante que el desembobinado del rollo de película tenga una velocidad óptima constante y que será igual al doble de la velocidad de los rodillos de alimentación.

Otra característica primordial que debe tener la alimentación de película es el control de la longitud que se está alimentando, es decir, que los rodillos jaladores alimenten sólo la cantidad requerida, ajustada según las necesidades específicas de la bolsa a producir, evitando deslizamientos de película entre los rodillos o inercias en los rodillos que alimenten más de la requerida.

Los sistemas más usados para la transmisión de los rodillos de alimentación son:

- a) Embrague mecánico de contra vuelta (rodillos, levas, resorte).
- b) Embrague y freno electromagnéticos.
- c) Servomotores.

### 3.2.2 DESCARGA DE BOLSA.

Diferentes sistemas son usados para la descarga y el acomodo de bolsas. Por ejemplo, el sistema asiático simplemente deja caer la bolsa sobre una mesa ayudado por el movimiento de la cuchilla de corte de tijera (figura no 45). Sin embargo, el sistema

---

más usado es el de bandas transportadoras, que consta de dos juegos de rodillos que abren y cierran atrapando la bolsa, que previamente ha sido liberada de las mordazas de sello, y transportándola hacia el sitio de recepción y acomodo (figura no. 46). La velocidad tangencial de las bandas deberá ser, por lo menos, igual a la velocidad tangencial de los rodillos de alimentación.

Otro tipo de descarga de bolsas es el llamado “wicketer”, formado por brazos en forma de aspas que van atrapando, por medio de succión de vacío, las bolsas fabricadas colocándolas en pernos hasta formar bloques de un número determinado de bolsas. Este sistema es todavía poco usado en México, sin embargo es ampliamente usado en los Estados Unidos, para la fabricación de bolsas llamadas de “pan”, para envase automático y semiautomático de productos.

La fabricación de bolsas de película termoplásticas de tan difundido uso en la actualidad para el empaque y embalaje, constituye toda una tecnología cuyo desarrollo cuenta apenas con algunos años de haberse iniciado a nivel industrial (figura no. 47). En México, el retraso tecnológico ha ocasionado que el desarrollo de empaques flexibles sea mínimo y solamente una copia de las tendencias mundiales. Toca a los industriales de este ramo desarrollar nuevos productos y abrir nuevos mercados en cuanto a este aspecto, objetivo que se logrará conociendo, estudiando y desarrollando máquinas y equipos de conversión adecuados a nivel nacional.

En las figuras no. 48, 49, 50 y 51 se pueden ver algunos ejemplos de máquinas bolseras que actualmente se pueden encontrar en el mercado.

CAPÍTULO NO. 4

---

## CAPÍTULO # 4

### PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN

#### 4.1 MATERIA PRIMA:

Partiendo de la base de fabricar bolsas o rollos con materia prima 100% virgen, se cuenta con la siguiente información:

A nivel nacional tenemos como único proveedor de las resinas necesarias para la fabricación del polietileno a PEMEX, ya sea directamente o a través de canales de distribución.

Como producto importado, se puede adquirir directamente en fábricas, pero hay que tomar en cuenta que los volúmenes de consumo son muy altos y además se tiene que pagar en moneda extranjera; o bien por medio de distribuidores ubicados en la República Mexicana, dependiendo también del tipo de cambio de la moneda del país de origen.

La resina necesaria para este proceso es Polietileno de Alta y Baja densidad, habiendo de varios tipos con diferentes características cada uno; como por ejemplo del Polietileno de Baja densidad la 20020X y la 20020P, que son las más comunes y son proporcionadas por PEMEX. Este tipo de resinas son las que se utilizan para hacer las bolsas naturales.

Si se trata de bolsas de colores, se utilizan los diferentes pigmentos para dar el color que se desee, a estos pigmentos son a los que se les llama “Master Bach”.

Respecto a la materia prima proveniente de PEMEX, la cuota de abastecimiento no implica ningún problema, únicamente es indispensable que haya en el momento del trámite oferta de resinas por parte de ellos, que en muchas ocasiones no es así y por lo tanto, la resina de los distribuidores sube su precio enormemente.

PEMEX tramita las cuentas en 30 días, requiriendo para esto:

- 1.- Copia de Acta Constitutiva.
- 2.- Copia de R.F.C.
- 3.- Copia de Factura de la Máquina extrusora.
- 4.- Visita a las instalaciones de la fábrica de bolsas.

Además, durante los primeros tres meses la compra es de contado y a partir del cuarto mes se cuenta con crédito a 30 días.

El volumen mínimo de consumo con PEMEX es de 50 toneladas al mes (50tons/mes). En dado caso que el volumen necesario de la fábrica sea menor al mencionado o que el trámite de la cuota no se concrete para la fecha requerida para la fábrica, existe una serie de distribuidores directos de PEMEX que actualmente venden el producto con un porcentaje de entre 10 y 15% arriba del precio de PEMEX.

De igual forma, existen varios distribuidores de resina que pueden abastecernos de materia prima.

Por otro lado, las características de las resinas (brillo, deslizamiento y otras) dependen de la combinación de los diferentes compuestos de dichas resinas y se deciden dependiendo del tipo de bolsa a fabricar.

La resina se compra en sacos que regularmente son de 25 kg. o a granel (toneladas). La materia prima, dependiendo del volumen, es llevada a la fábrica por distribuidores de PEMEX o por importadores.

La resina de PEMEX, cuando se compra a granel, es almacenada en un lugar llamado “silo”, que es donde se surte directamente la máquina; si se compra por saco, se guarda en un almacén de materia prima para después poder procesarla.

Por otra parte, la maquinaria para la fabricación de bolsas de plástico tiene diferentes opciones dependiendo del tipo de bolsa que se va a fabricar, como por ejemplo se pueden encontrar principalmente las bolsas transparentes que se hacen de infinidad de medidas dependiendo del alto y ancho que se necesite; también se tienen las bolsas de color que tienen un poco menos demanda; y así también, se pueden observar estos dos tipos de bolsas fabricadas en rollo para mayor facilidad de manejo. Además, se tienen también otros tipos de bolsas distintas en las formas o usos, como son las llamadas “camisetas” o las utilizadas para emboisar plantas, etc.

#### 4.2 PRODUCTO TERMINADO.

Dentro de la industria del plástico, se tiene una línea de medidas básicas que pueden ser cambiadas dependiendo de las necesidades del cliente. A continuación, se muestran en las siguientes tablas las principales medidas y formas en que se fabrican las bolsas:

MEDIDA (cm.)	COSTO MATERIAL (\$)	COSTO MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
8 x 12	10.50	1.50	14.80	13
8 x 16	10.50	1.50	14.80	13
10 x 15	10.50	1.50	14.80	13
10 x 20	10.50	1.50	14.80	13
12 x 20	10.50	1.50	14.80	13
12 x 25	10.50	1.50	14.80	13
15 x 20	10.50	1.50	12.80	6
15 x 25	10.50	1.50	12.80	6
18 x 25	10.50	1.50	12.80	6
20 x 30	10.50	1.50	12.80	6
25 x 35	10.50	1.50	12.80	6
30 x 40	10.50	1.50	12.80	6
35 x 45	10.50	1.50	12.80	6
40 x 60	10.50	1.50	12.80	5
50 x 70	10.50	1.50	12.80	5
60 x 90	10.50	1.50	12.80	6
80 x 120	10.50	1.50	12.80	5
100 x 160	10.50	1.50	12.80	6

Tabla 4.1.- Bolsa Natural Suelta.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
15 X 20	6.32	1.50	9.50	18
15 X 25	6.32	1.50	9.50	18
18 X 25	6.32	1.50	9.50	18
20 X 30	6.32	1.50	9.50	18
25 X 35	6.32	1.50	9.50	18
30 X 40	6.32	1.50	9.50	18
35 X 45	6.32	1.50	9.50	18
40 X 60	6.32	1.50	9.50	18
50 X 70	6.32	1.50	9.50	18
60 X 90	6.32	1.50	9.50	18

Tabla 4.2.- Bolsa de Color Sueita de Plástico (PEBD).

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
50 X 70	6.32	1.50	9.00	13
60 X 90	6.32	1.50	9.00	13
80 X 120	6.32	1.50	9.00	13
100 X 160	6.32	1.50	9.00	13

Tabla 4.3 - Bolsa Negra para Basura de Plástico (PEBD).

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
Mini (22 x 32)	6.32	2.80	12.50	26
Chica (25 x 35)	6.32	2.50	12.00	28
Mediana (30 x 50)	6.32	2.50	12.00	28
Grande (40 x 60)	6.32	2.50	12.00	28
Jumbo (50 x 70)	6.32	2.50	12.00	28

Tabla 4.4 .- Bolsa Camiseta de Plástico (PEBD).

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
Mini (22 x 32)	11.20	2.80	15.00	7
Chica (25 x 35)	11.20	2.50	14.50	6
Mediana (30 x 50)	11.20	2.50	14.50	6
Grande (40 x 60)	11.20	2.50	14.50	6
Jumbo (50 x 70)	11.20	2.50	14.50	6

Tabla 4.5 .- Bolsa Camiseta de Polipapel (PEAD).

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO”

---

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
15 x 25	6.32	2.50	11.00	20
18 x 25	6.32	2.50	11.00	20
20 x 30	6.32	2.50	11.00	20
25 x 35	6.32	2.50	11.00	20
30 x 40	6.32	2.50	11.00	20
35 x 45	6.32	2.50	11.00	20
40 x 60	6.32	2.50	11.00	20
50 x 70	6.32	2.50	11.00	20
60 x 90	6.32	2.50	11.00	20
80 x 120	6.32	2.50	11.00	20

Tabla 4.6 .- Bolsa de Color en Rollo de Plástico (PEBD).

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

---

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
15 x 25	10.50	2.50	14.80	12
18 x 25	10.50	2.50	14.80	12
20 x 30	10.50	2.50	14.80	12
25 x 35	10.50	2.50	14.80	12
30 x 40	10.50	2.50	14.80	12
35 x 45	10.50	2.50	14.80	12
40 x 60	10.50	2.50	14.80	12
50 x 70	10.50	2.50	14.80	12
60 x 90	10.50	2.50	14.80	12
80 x 120	10.50	2.50	14.80	12

Tabla 4.7. - Bolsa Natural en Rollo de Plástico (PEBD).

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

MEDIDA (cm.)	COSTO DE MATERIA PRIMA (\$)	COSTO DE MANO DE OBRA (\$)	PRECIO DE VENTA (\$)	GANANCIA (%)
15 x 25	11.20	2.50	15.00	9
18 x 25	11.20	2.50	15.00	9
20 x 30	11.20	2.50	15.00	9
25 x 35	11.20	2.50	15.00	9
30 x 40	11.20	2.50	15.00	9
35 x 45	11.20	2.50	15.00	9
40 x 60	11.20	2.50	15.00	9
50 x 70	11.20	2.50	15.00	9
60 x 90	11.20	2.50	15.00	9
80 x 120	11.20	2.50	15.00	9

Tabla 4.8. - Bolsa Natural en Rollo de Polipapel (PEAD).

Aunque hace tiempo la bolsa que tenía mayor demanda era la bolsa natural suelta, en la actualidad se puede observar un notorio cambio teniendo un incremento muy importante hacia la bolsa en rollo, ya sea en PEAD (conocida vulgarmente como "polipapel") y en PEBD (conocida como la de "plástico") y, como se puede ver dentro de las tablas anteriores, en la bolsa en rollo se obtiene un mayor margen de ganancia para poder solventar los gastos de transportación, tiempos máquina, tiempos hombre, renta, etc. Además, se obtiene un margen extra a causa del tubo que contienen los rollos de bolsa, pues dicho tubo es fabricado con material de la más baja calidad por lo que su

costo es muy bajo y en el momento de la venta de la bolsa se puede decir que se vende el peso del tubo como si fuese bolsa procesada.

Por lo anterior, resulta más atractivo para el fabricante el incursionar en el mercado de la bolsa en rollo, aunque en muchos casos se puede observar que se decide por llevar en paralelo la producción de bolsa suelta y bolsa en rollo.

Cabe mencionar que, la bolsa de cubre polvo es fabricada obteniendo la misma película tubular que se obtiene para cualquier bolsa natural, aunque con un calibre mucho menor y se pasa por una máquina especialmente diseñada para que, después del corte de la bolsa, se haga un sello con la forma superior de dicha bolsa, que es el que le permite obtener la forma de gancho.

Por otra parte, cabe destacar que en la actualidad casi ninguna empresa tiene la capacidad de producir todos los distintos tipos de bolsas de línea básica y mucho menos algo más especializado, como las bolsas con jareta, con cierre, con pestañas especiales, con fuelles especiales, etc., ya que para lograr tener una producción que valga la pena para poder fabricar todo esto, sería necesaria una planta muy grande y por lo menos en nuestro país, no existe una que fabrique todo lo relacionado con bolsas. Lo que se hace es que para poder surtir una mayor gama de artículos los fabricantes de bolsas se encargan de unirse, para que si un cliente requiere de un artículo distinto a la línea

---

básica que en su empresa se tiene, por lo tanto se consigue para dar un mejor servicio al cliente y, aunque en ocasiones esto lleva a una ganancia en esos artículos mucho menor, se tiene la seguridad de que el cliente estará siempre en manos de la empresa, ya que no es necesario que busque quien lo surta de lo que esa fábrica no produce.

#### 4.3 ESPACIOS Y MANO DE OBRA.

Esta tesis se enfoca principalmente a la organización de una fábrica de bolsas de polietileno dentro del aspecto de optimización de la producción teniendo la misma cantidad de equipo y disminuyendo la mano de obra, ya que en la actualidad, aunque el salario de los trabajadores a nivel bajo es muy poco, en conjunto y aunado a que se tiene que incluir dentro de varios tiempos máquina el costo de cada bolsa, con lo que respecta a la mano de obra, es necesario estudiar cada una de las máquinas que intervienen para fabricar cada producto.

Por ejemplo, se puede estudiar la fabricación de bolsa en rollo, aunque cabe destacar que cada una de las medidas que se fabrican, dependiendo del calibre, largo, ancho, etc., tiene un distinto tiempo máquina, ya que si por ejemplo, se fabrica una bolsa con un calibre muy grueso, se tiene una mayor producción en la zona de boiserie y en la de impresión que con bolsas de calibre delgado, ya que para la fabricación de un kilogramo de bolsa se tiene un menor número de golpes en cada máquina si ésta es gruesa que si fuese delgada.

#### 4.4 PROPUESTA DE MAQUINARIA

Después de que se hizo un estudio de todas las máquinas que intervienen la fabricación de varios tipos de bolsa de polietileno, que en la actualidad se fabrican, puede darse una idea de lo elaborado que es el proceso de fabricación y lo simple del producto final; por lo que se tiene que optimizar lo más posible dicho proceso para así lograr bajar costos de producción para lograr una competitividad dentro del mercado no sólo nacional, sino también internacional.

Primeramente, cabe destacar que es necesario que todas las fabricas en nuestro país deben lograr una producción en línea, ya que en México existen muy pocas fábricas que manejan la producción en línea; esto es, que se haga un acomodo de maquinaria para poder solamente introducir la materia prima dentro de la tolva del extrusor y se obtenga ya un producto terminado (figura no. 52); ya sea siendo bolsa impresa, suelta, en rollo, camiseta, o de la forma, color y tamaño que sea necesario sin que se convierta en una infinidad de procesos que provocan que la producción se disminuya considerablemente.

Además, es necesario que dentro de este tipo de maquinaria de producción en línea se tenga la opción de cambiar diversos accesorios que permitan fabricar distintos tipos de bolsas, sin tener que adquirir una máquina de éstas para lograr la producción en línea para cada tipo de bolsa.

A) CAMBIOS DENTRO DEL EXTRUSOR: Dentro del extrusor, lo único que es necesario es que el husillo sea uno que permita fabricar con polietileno de alta y de baja densidad como el de la figura no. 5, así como el extensor de enfriamiento para la bolsa de alta densidad, ya que cabe mencionar que el material de alta tiene un enfriamiento más lento que el de baja densidad por lo que es necesario una guía encima del corazón del cabezal para que la bobina pueda enfriarse (figura no. 53); todo esto para poder fabricar bolsas de “polipapel” y de “plástico” en el momento en que sea necesario y en realidad los demás instrumentos que se tienen en cualquier tipo de extrusor siempre son los mismos, ya que simplemente se cambia el tipo de material, el grosor de la bolsa y en algunos casos el fuelle (como en las bolsas de vivero o las de camiseta) utilizando los formadores de fuelle como en la figura no. 19; así como las temperaturas dependiendo del material que se esté utilizando en ese momento.

Así pues es muy sencillo el acoplamiento en el extrusor para lograr la producción en línea y obtener mejores resultados.

B) CAMBIOS DENTRO DE LA IMPRESORA: Con lo que respecta a la impresora, lo ideal es que se tenga una en que se pueda hacer la impresión por los dos lados o, lo que es lo mismo, que es necesario tener una imprenta (figura no. 54), después de la otra, con un aditamento que permita el cambio de cara de la bolsa para poder lograr las impresiones por los dos lados como el sistema que se puede observar en la figura no. 34 o en su defecto colocar una dobladora antes y después de la impresora para desdoblar y doblar la película de polietileno antes y después de la

imprensa respectivamente como en la figura no. 33. Finalmente, tener una bolsera que reciba la bobina o película de polietileno y tenga la versatilidad para poderla usar como máquina para fabricar bolsa suelta, bolsa en rollo y bolsa de camiseta; esto sería:

C) CAMBIOS DENTRO DE LA BOLSERA: Dentro de la parte del sellado y corte de la bolsa (figura no. 55), es necesario tener en cuenta cada tipo de bolsa que se va a fabricar:

1.- Bolsa suelta: En este caso se debe tener simplemente una bolsera que tenga la zona de sellado con una barra simple de bronce para el sello de la bolsa (figura no. 56), después una cuchilla de corte (figura no. 57) y finalmente una mesa desmontable en donde pueda caer la bolsa después de procesada apilándose por efecto de la gravedad (figura no. 58).

2.- Bolsa en rollo: Dentro de este caso lo que se necesita es que se tenga exactamente lo mismo que en la bolsera anterior, pero con la diferencia primeramente de que se cambia la cuchilla de corte por una cuchilla punteadora (figura no. 59) para poder seguir teniendo la línea de película, después debe tenerse un sistema desmontable que conste de un basculante para poder hacer de un proceso discontinuo a uno continuo (figura no. 60) y, a continuación, los platos embobinadores de bolsa para poder formar los rollos de bolsa; todo ésto unido a la bolsera por una estructura en forma rectangular que sea desmontable o desensamblable por medio de pequeñas llantas en el inferior del pequeño mueble.

3.- Bolsa tipo camiseta: En este tipo de bolsa lo que se necesita es que se tenga exactamente lo mismo que en la máquina para bolsa suelta, pero con la única diferencia que la barra de sellado esté dividida en dos bases para lograr un doble sello y así se obtendrían, al finalizar, pilas de bolsas selladas por los dos lados y tener un troquel desmontable en la mesa en donde se recibe la bolsa que tenga un timer para que en un tiempo determinado de un sólo golpe se obtenga una pila de bolsas de camiseta ya terminadas y así se ahorra tiempo al troquelear varias bolsas de un solo golpe, en vez de que se troquele bolsa por bolsa, ahorrando así mucho tiempo máquina y mano de obra por la remoción de bolsa en conjunto, aunque cabe señalar que en el caso de que la máquina bolsera que se tiene no tiene la parte del troquel, simplemente al obtener la pila de bolsas sin troquelear se pasan a una troqueladora que haga el suaje y se obtengan las bolsas terminadas.

#### 4.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PROPUESTA DE FABRICACIÓN EN LÍNEA POR MÓDULOS.

Como se vio dentro del capítulo se tiene una propuesta de maquinaria para la producción en línea de diversos tipos de bolsa, lo cual nos lleva, primeramente, a observar las ventajas y las desventajas de dicho proceso:

#### 4.5.1 VENTAJAS DE LA PROPUESTA DE FABRICACIÓN EN LÍNEA POR MÓDULOS.

- 1.- Se disminuye considerablemente el espacio necesario para la maquinaria, ya que al tener una maquina detrás de la otra, se reduce el espacio entre ellas. Por otro lado este mismo equipo permite fabricar distintos tipos de bolsa
- 2.- Se tiene un mayor aprovechamiento de la maquinaria disponible, ya que en todo momento se utilizarían las partes primordiales de la maquinaria y sólo se tendría que adaptar la máquina rápidamente dependiendo del tipo de bolsa que se tenga.
- 3.- Se disminuye el costo de maquinaria ya que evita la adquisición de nuevas máquinas para la fabricación de otros tipos de bolsa. Por otro lado debido a su diseño es posible aprovechar el 100% de la capacidad de la máquina.
- 4.- Se tiene un mejor rendimiento del personal, ya que no es necesario tener tantos maquinistas para la finalización del proceso pues se obtiene directamente el producto terminado (Figura no. 61).

5.- Son utilizados mejor los espacios que se tienen para el material, ya que cuando se fabrica por bloques se tiene que ir almacenando el material mientras le toca el turno en el siguiente bloque, lo cual implica el almacenamiento de productos con la fabricación incompleta.

#### 4.5.2 DESVENTAJAS DE LA PROPUESTA DE FABRICACIÓN EN LÍNEA POR MÓDULOS.

1.- Se tiene el problema que se tienen que coordinar todas las partes de la máquina para que se obtenga un proceso continuo, o sea que si en un determinado tipo de bolsa el extrusor podría ser más rápido, es necesario disminuir su velocidad y así sucesivamente.

2.- Si alguna de las partes de la máquina falla, se tendrá que detener por completo todo el proceso y volver a iniciarlo cuando se tenga controlada la falla.

3.- Es necesario tener el equipo en óptimas condiciones para no propiciar un aumento desmedido de desperdicio por fallas en alguna parte.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIETILENO"

---

4.- Se tiene un 30% menos de producción cuando se fabrica bolsa de Alta Densidad, ya que como el material de Alta es mucho más duro que el de Baja Densidad y esto afecta directamente al costo de la bolsa.

*CAPÍTULO NO. 5*

---

## CAPÍTULO # 5

### CONCLUSIONES

Como se puede ver, la industria bolsera ha tenido un aumento considerable en los últimos años, y esto implica que el proceso de obtención de producto tenga que ser mucho mejor, ya que se tiene que fabricar un producto de un costo muy bajo y por lo tanto es necesario cuidar mucho el aumento en la producción para que en volumen se obtenga el aumento de ganancia; todo esto teniendo en cuenta que como en la actualidad está muy competido este ramo, se necesita un producto de muy alta calidad para poder competir nacional e internacionalmente.

Así pues, se necesita tener mucho ingenio para aprovechar más eficientemente las herramientas con que se cuenta y así obtener un beneficio mayor sin una inversión tan elevada.

En nuestro país, es necesario hacer un estudio muy eficiente con respecto al espacio de fabricación; por ejemplo, es necesario efficientar el espacio que se ocupe en almacenamiento, maquinaria, oficinas, etc. ya que el terreno ocupado por una planta tiene un costo para el fabricante y si se logra utilizar mejor cada uno de los lugares que se disponen para cada parte de la fábrica. Primeramente, se necesita disminuir el

espacio de almacenamiento de materia prima y de producto que se encuentre a medio proceso; ya que por lo regular, en almacén se tiene entre un 20 y 30% del desperdicio de material, ya sea por derrame del envase, por deterioro del producto, etc.

Ahora, con lo que respecta a una maquinaria en línea, se pueden observar mucho más ganancia por concepto de disminución de mano de obra, desperdicio de material, tiempo máquina, etc., aunque cabe destacar que como ya se mencionó, es necesario tener la maquinaria en óptimas condiciones para evitar detener el proceso por alguna falla y la única forma de hacer esto es tener un mantenimiento preventivo en vez de un mantenimiento correctivo; o sea, es necesario revisar algunas partes periódicamente debido al desgaste o la carga de trabajo, como por ejemplo los ejes, rodillos, baleros, chumaceras, piezas lubricadas, conexiones de cableado, termopares, etc. y en el momento en que se detecte algún tipo de falla, se deberá remplazar la pieza que esté afectada, ya que en muchas ocasiones si no se hace de esta forma, el desgaste de alguna pieza, provoca un aceleramiento en el desgaste de otras piezas.

También, es necesario tener los llamados “módulos” de manera que se intercambien dichos módulos para lograr disminuir tiempos muertos dentro de los procesos y así también aumentar la producción en los cambios de tipo de bolsa, lo que disminuye el gasto que lleva consigo cada producto.

Todo lo relacionado a la máquina nos refleja directamente un cambio considerable dentro del costo de la energía eléctrica consumida, ya que en el arranque de cada uno de los motores utilizados, es necesario un consumo mayor de energía para vencer la inercia del motor detenido y si cualquier motor se arranca varias veces al día, se provocaría un aumento en el gasto de energía eléctrica.

Así pues, teniendo en cuenta cada uno de los puntos tocados dentro de esta tesis, es posible que una máquina logre, con mayor eficiencia, los objetivos de aumento de ganancia, ya que cualquier arreglo que implique un aumento de producción y una disminución en gastos, implicará una mayor ganancia neta al fabricante y así poder competir en el mundo con productos de calidad y bajo precio.

ANEXO

---

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO"

ANEXO:

REPUBLICA MEXICANA

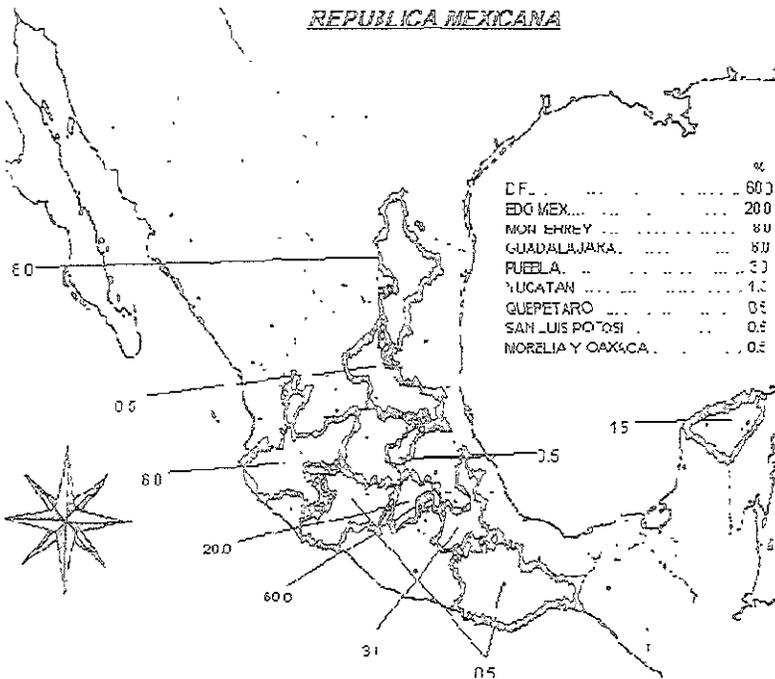


FIGURA NO. 1.- Consumo Nacional de Resinas Básicas de Plástico

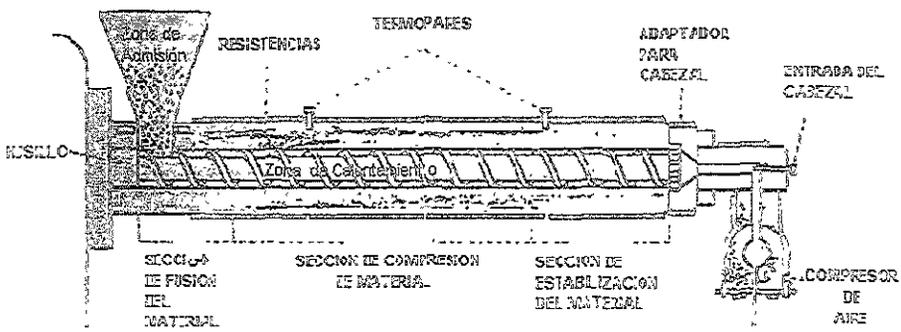


FIGURA NO. 2: Partes de un Extrusor para bolsas.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO"

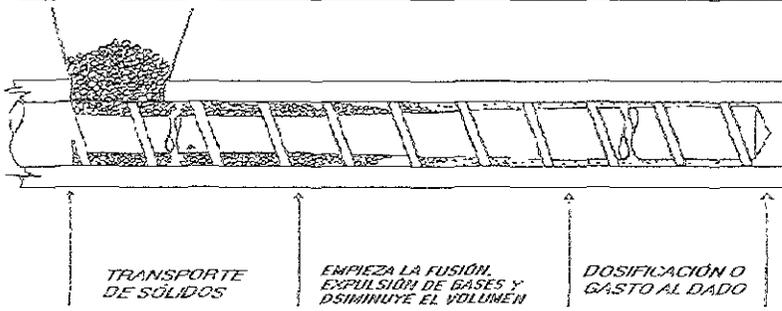


FIGURA NO. 3.- Zonas de un Extrusor.

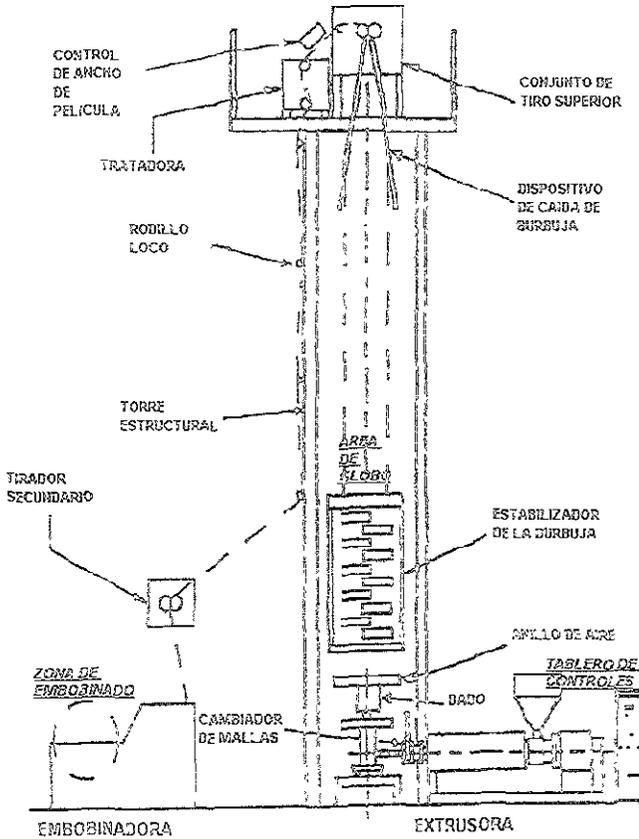


FIGURA NO. 4.- Partes de una máquina extrusora de bolsas.



FIGURA NO. 5.- Cañón y Husillo.

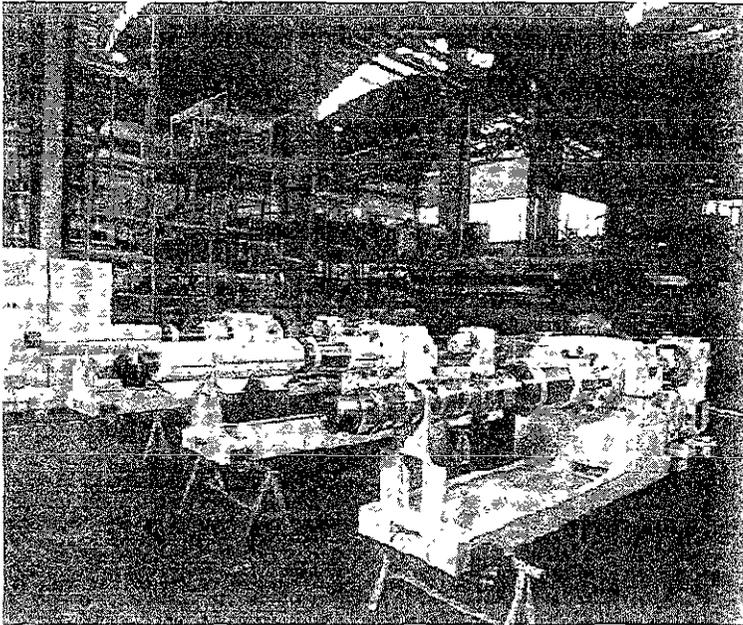


FIGURA NO. 6.- Resistencias y Cañones.

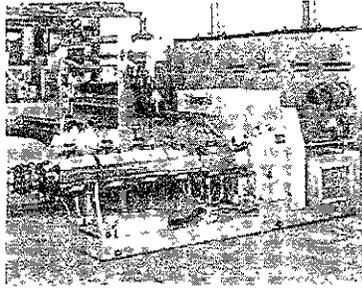


FIGURA NO. 7.- Resistencias y Cañones modernos.

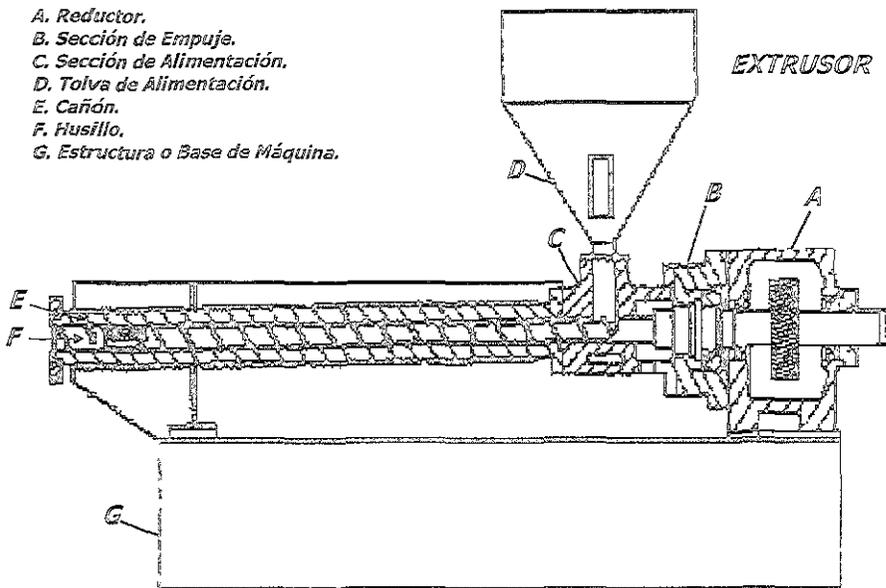


FIGURA NO. 8.- Secciones de un extrusor.

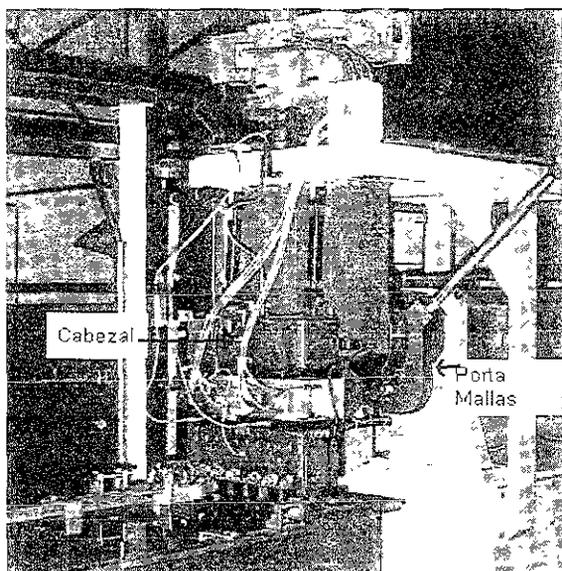


FIGURA NO. 9.- Cambiador de mallas.

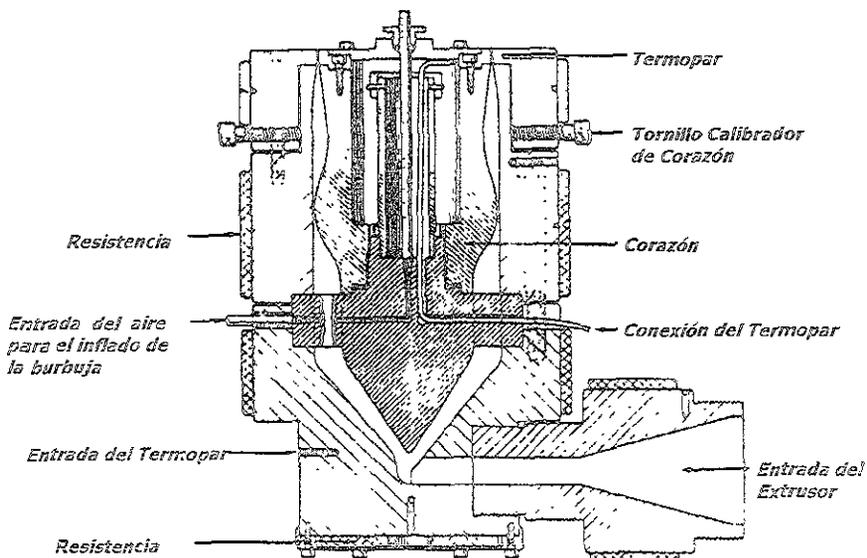


FIGURA NO. 10.- Partes de un Cabezal.

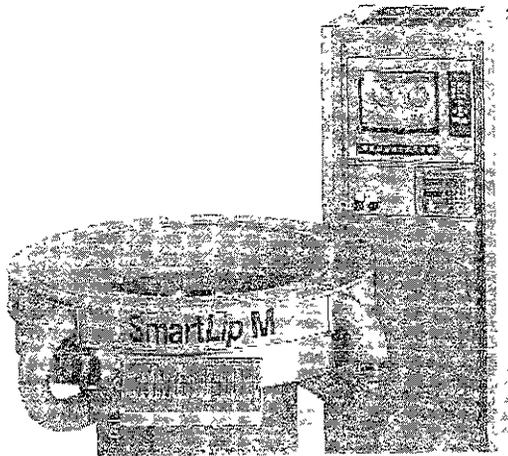


FIGURA NO. 11.- Anillo distribuidor de aire.

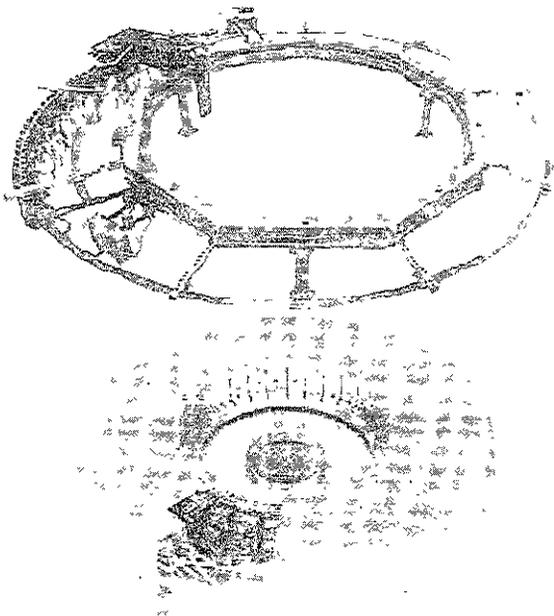


FIGURA NG. 12.- Anillo electrónico de aire.

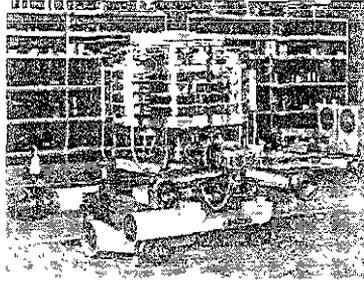


FIGURA NO. 13.- Anillo múltiple de distribución de aire.

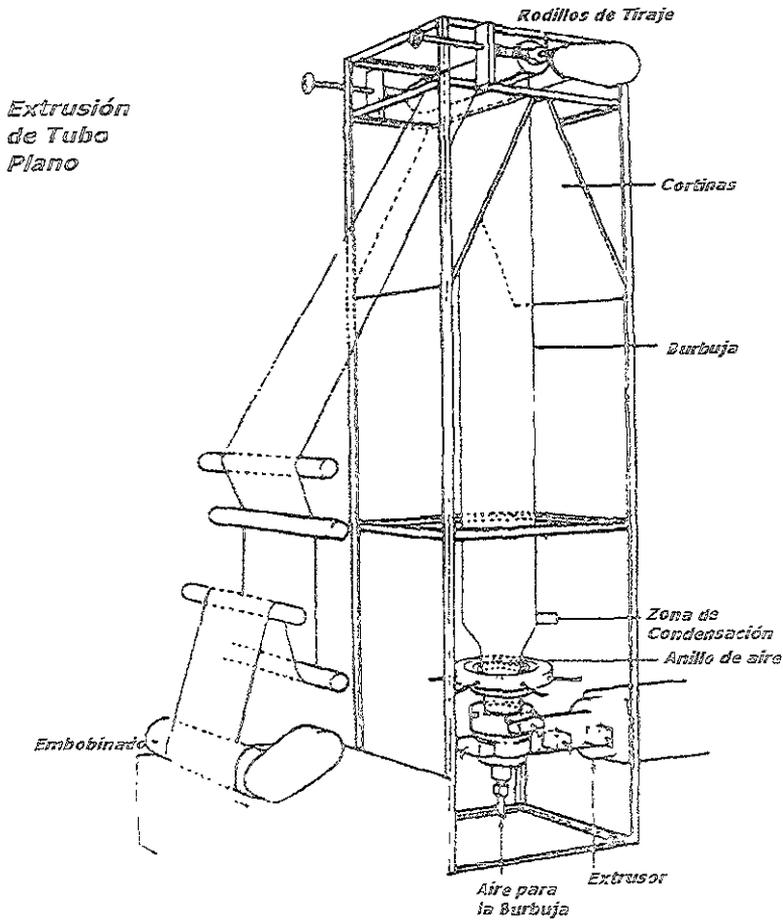


FIGURA NO. 14.- Formado del Globo en el Extrusor.

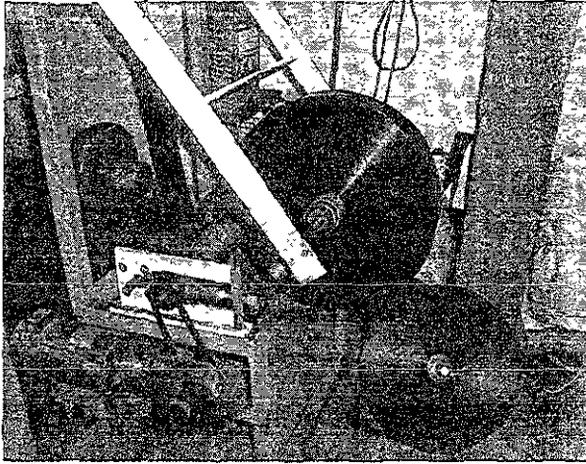


FIGURA NO. 15.- Zona de embobinado del globo.

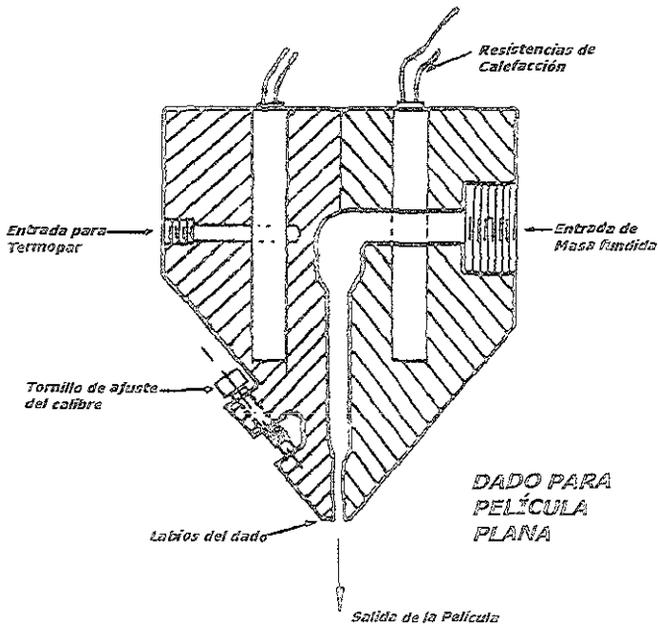


FIGURA NO. 16.- Corte transversal del Dado para película plana.

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO”

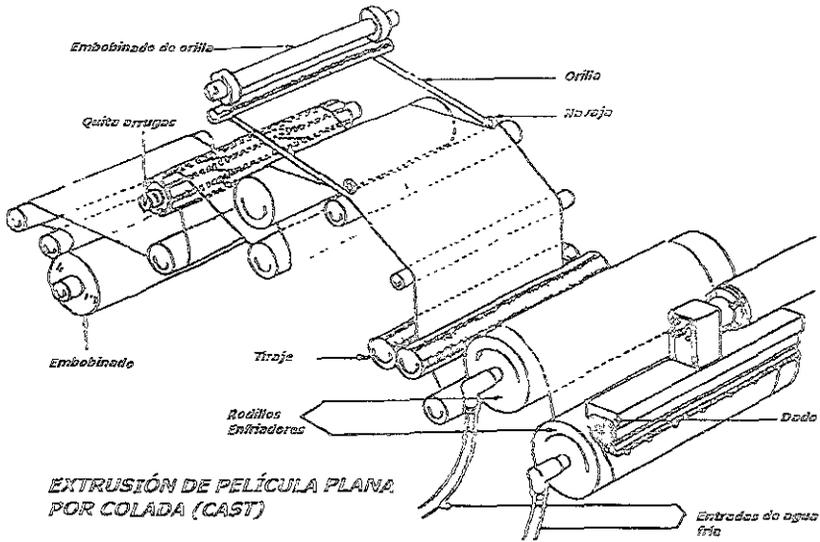


FIGURA NO. 17.- Esquema gráfico de extrusión de película plana.

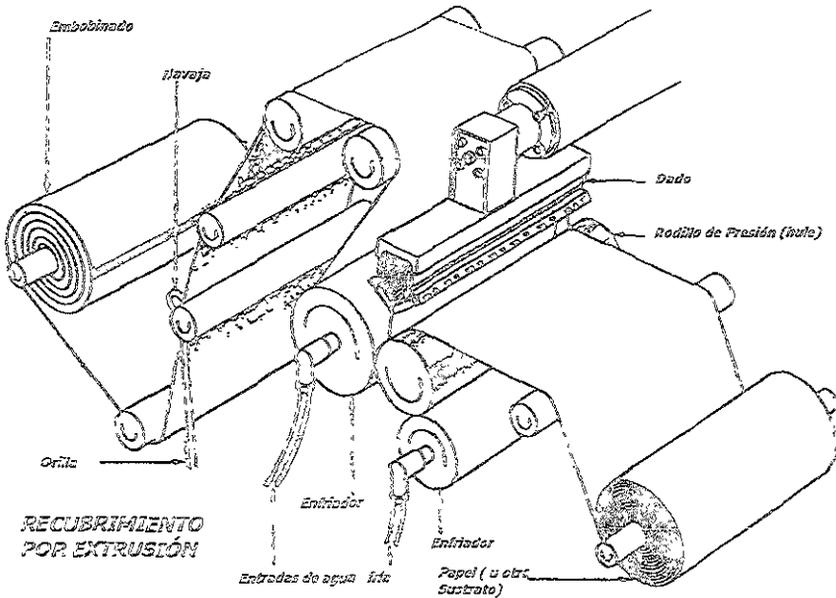


FIGURA NO. 18.- Esquema del Sistema de Recubrimiento por Extrusión.

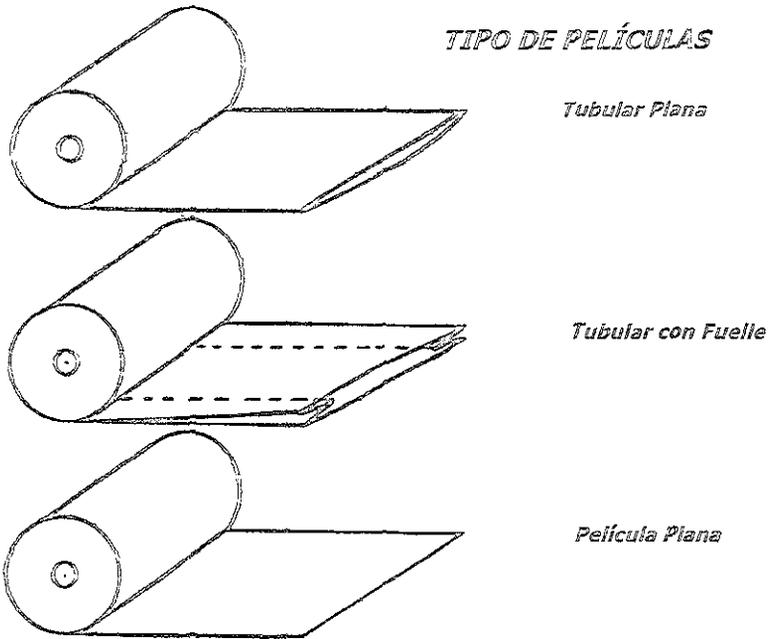


FIGURA NO. 19.- Modelos de Tipos de Películas.

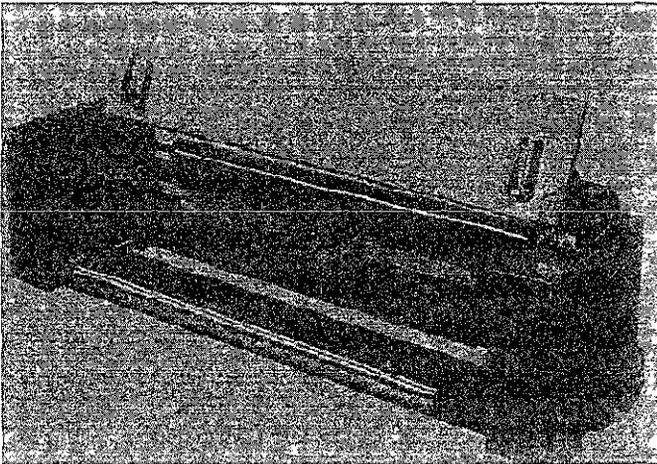


FIGURA NO. 20.- Corona para Tratamiento de Película.



FIGURA NO. 21.- Estación de Tratamiento de Película.

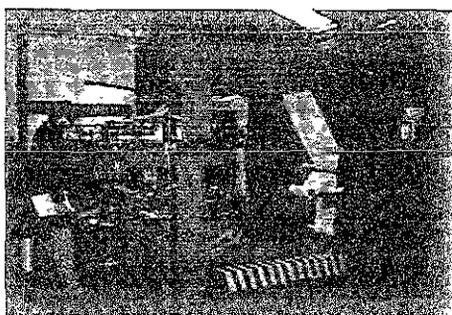


FIGURA NO. 22.- Máquina Flexográfica.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO"

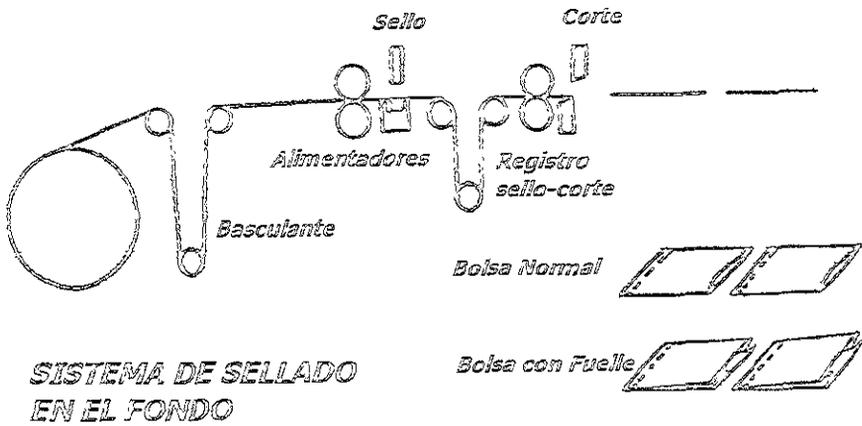


FIGURA NO. 23.- Esquema total del Sistema de Sellado de Fondo.

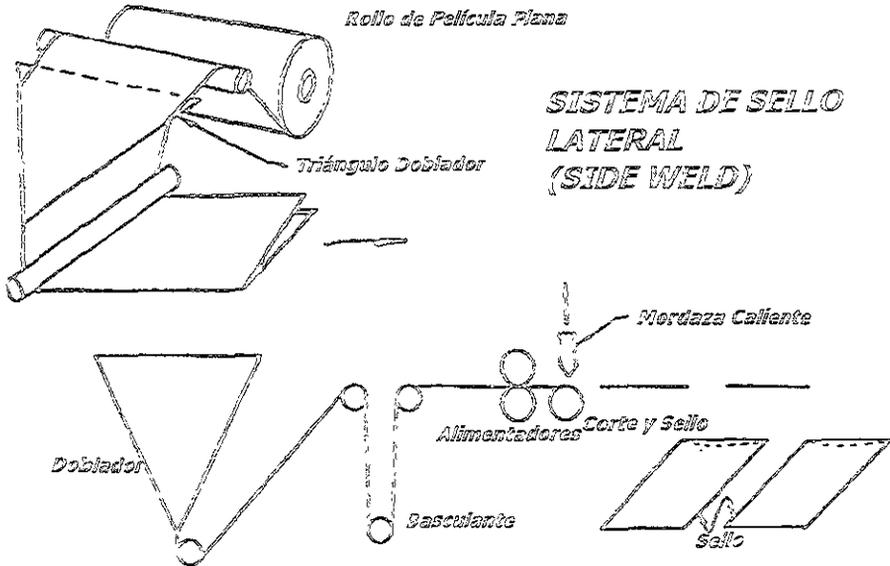


FIGURA NO. 24.- Sistema de Sello Lateral.

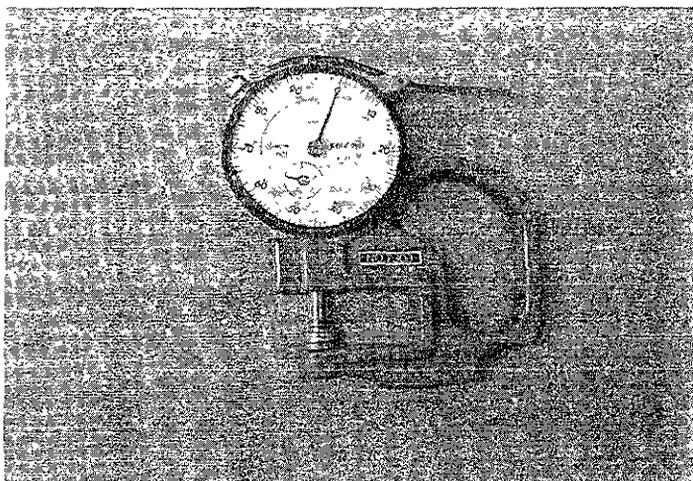


FIGURA NO. 25.- Calibrador de espesores.

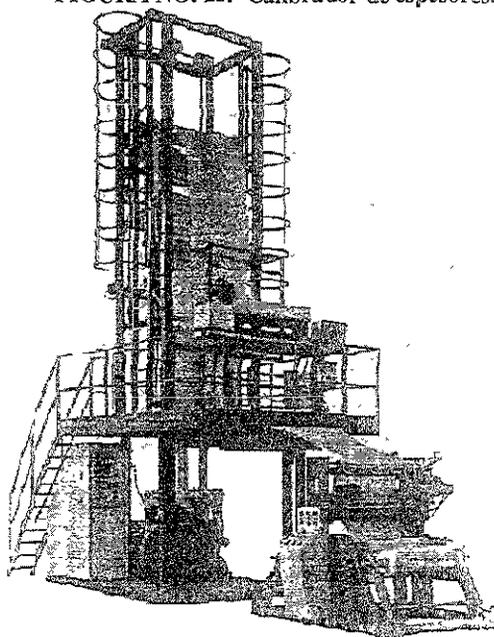


FIGURA NO. 26.- Extrusor para PEAD.

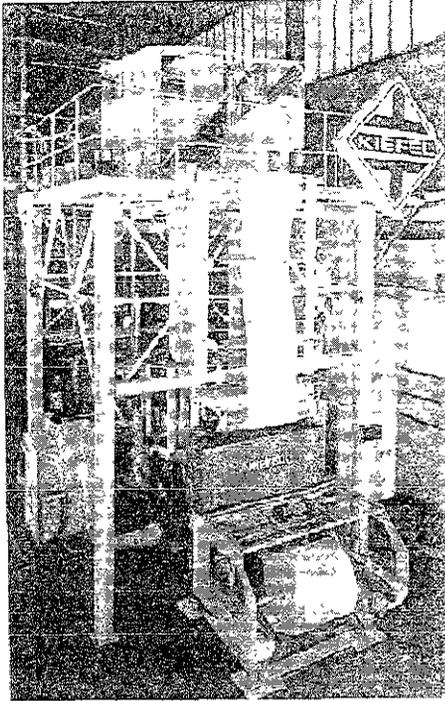


FIGURA NO. 27.- Extrusor KIEFEL para PEBD.

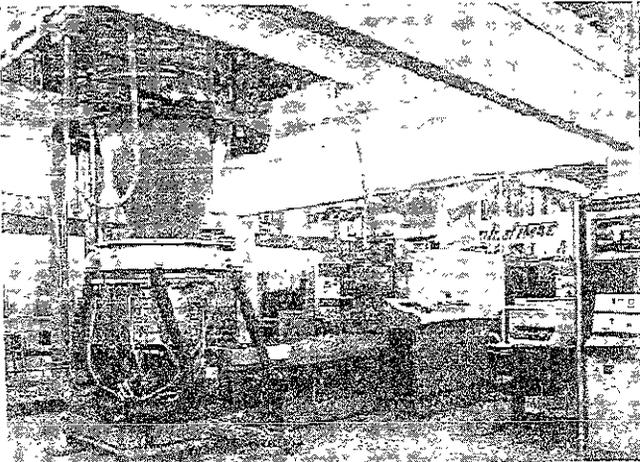


FIGURA NO. 28.- Extrusor computarizado para un ancho máximo de 2 mts.

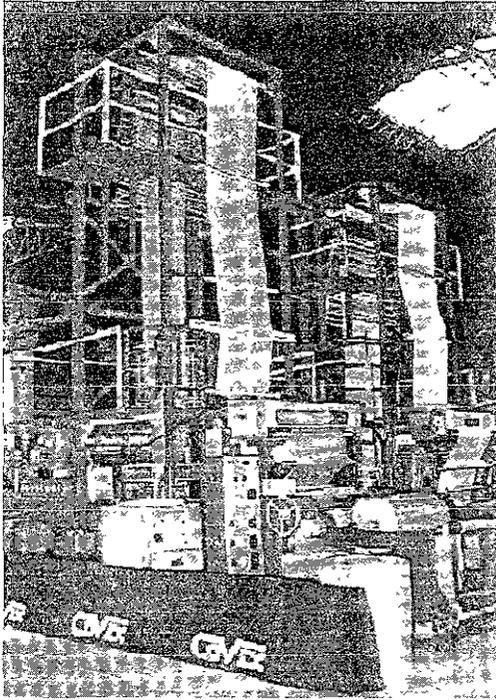
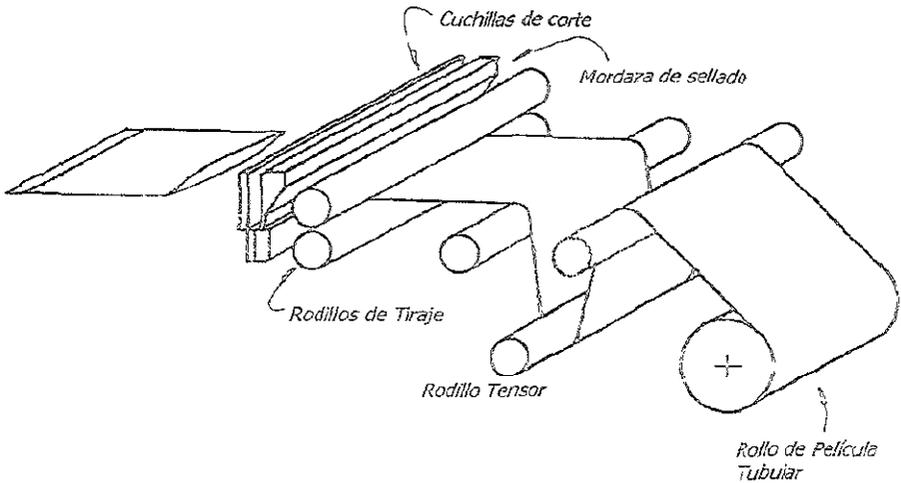


FIGURA NO. 29.-Extrusor para PEBD COVEX.



SISTEMA DE FABRICACIÓN DE BOLSAS DE SELLO DE FONDO A PARTIR DE PELÍCULA TUBULAR  
FIGURA NO. 30.- Esquema del Sistema para fabricar boisas de sello de fondo con película tubular.

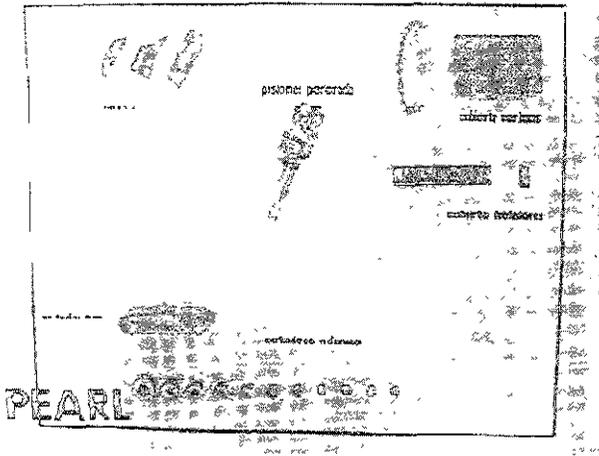


FIGURA NO. 31.- Cortadores para máquinas bolseras.

*FABRICACIÓN DE BOLSAS DE DOS SELLOS (TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL) A PARTIR DE PELÍCULA PLANA*

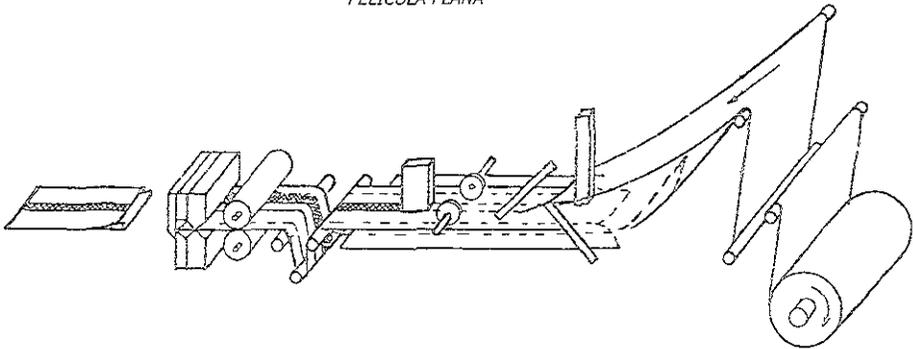


FIGURA NO. 32.- Esquema del sistema para fabricar bolsas de 2 sellos con película plana.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSAS DE POLIÉTILENO"

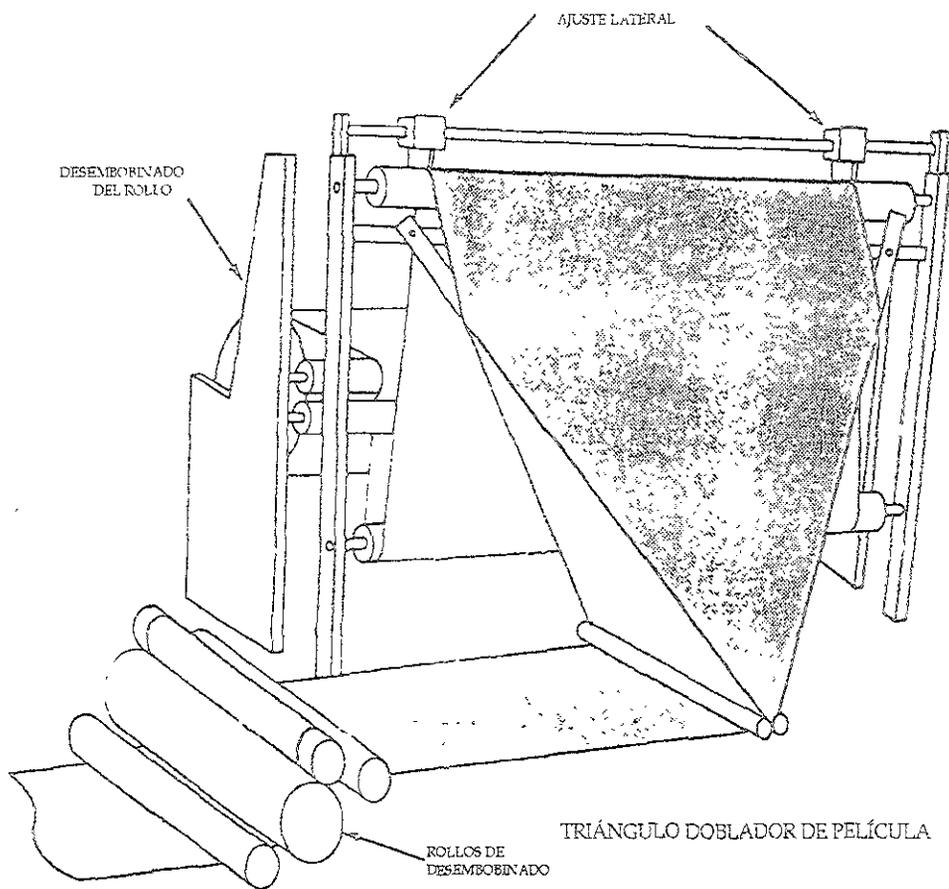
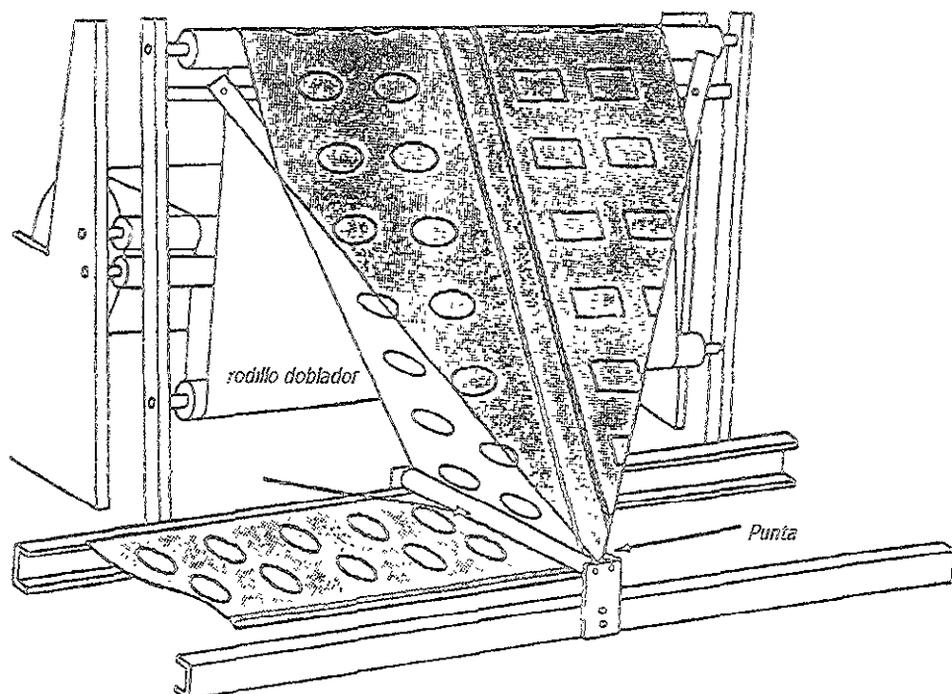


FIGURA NO. 33.- Sistema de triángulo doblador de película plana.

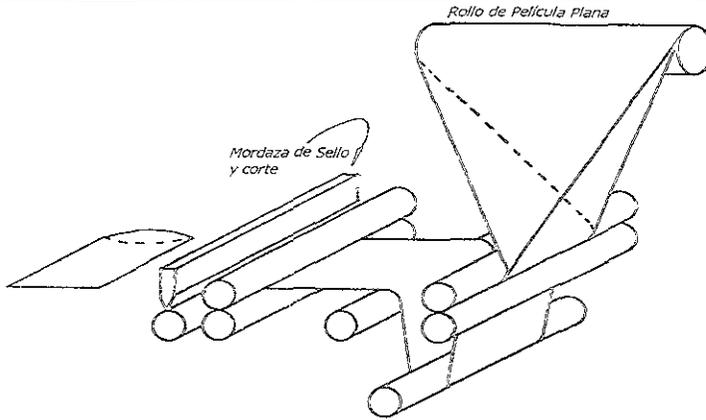


*SISTEMA DE TRIÁNGULO DOBLADOR*

*La película queda impresa por ambos lados de la bolsa*

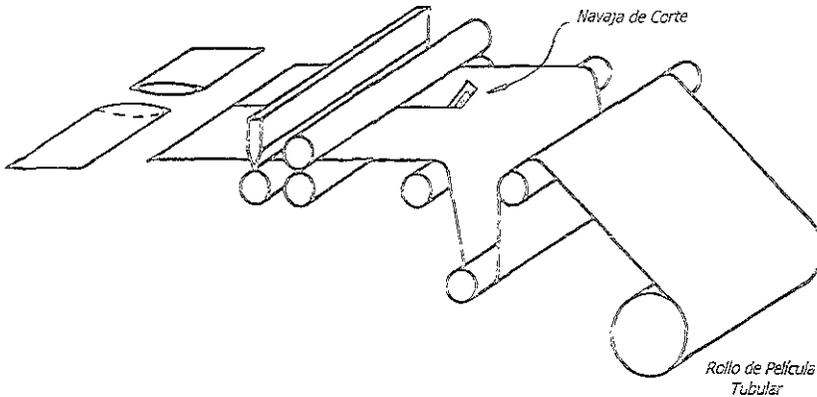
FIGURA NO. 34.- Sistema de Triángulo doblador para impresión de película plana.

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO”



*SISTEMA DE FABRICACIÓN DE BOLSAS SELLADAS LATERALMENTE A PARTIR DE PELÍCULA PLANA*

FIGURA NO. 35.- Sistema para fabricar bolsas con sello lateral utilizando película plana.



*SISTEMA DE FABRICACIÓN DE BOLSAS SELLADAS LATERALMENTE A PARTIR DE PELÍCULA TUBULAR*

FIGURA NO. 36.- Sistema para fabricar bolsas con sello lateral con película tubular.

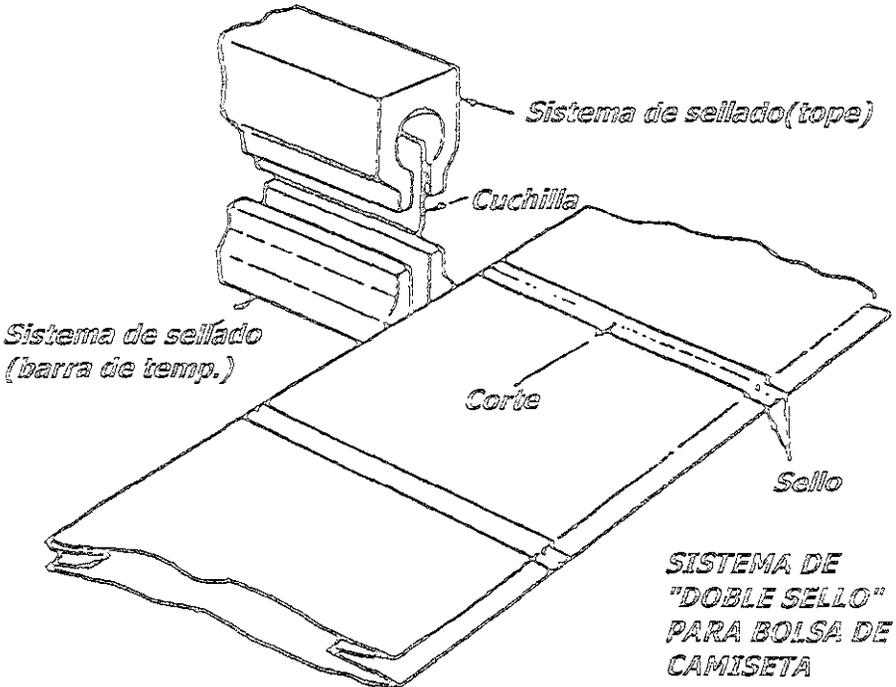


FIGURA NO. 37.- Esquema del sistema de doble sello para bolsa tipo "camiseta".

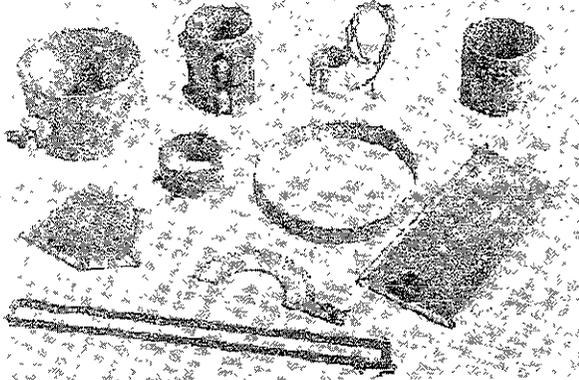


FIGURA NO. 38.- Resistencias eléctricas.

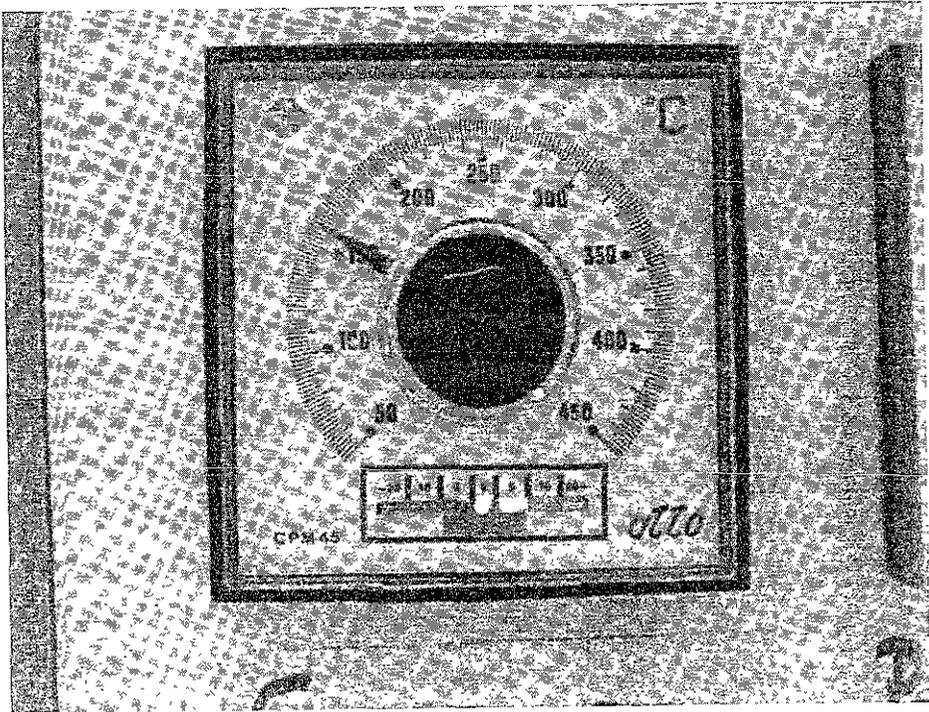
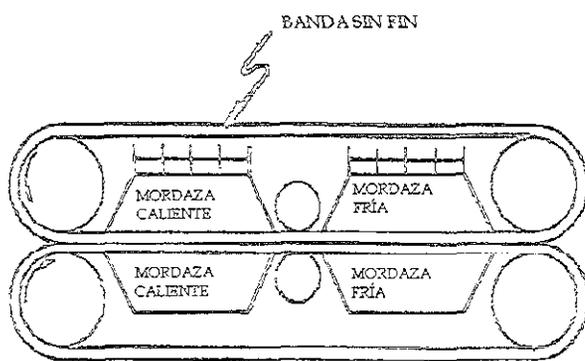
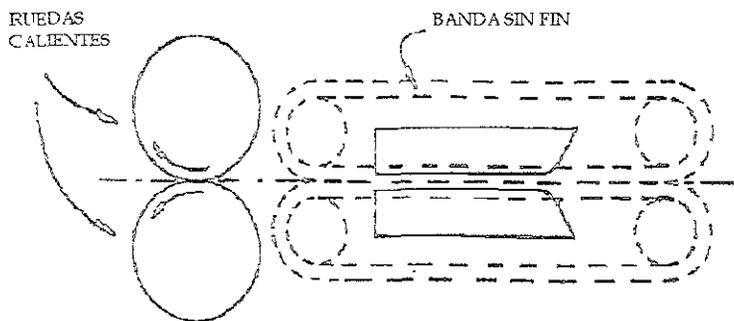
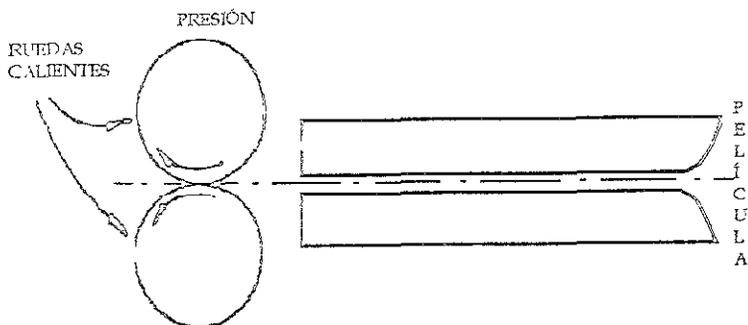


FIGURA NO. 39.- Pirómetro.

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIÉTFLENO”



SISTEMAS DE SELLADO CONTINUO

FIGURA NO. 40.-Diferentes esquemas de el sistema de sellado continuo.

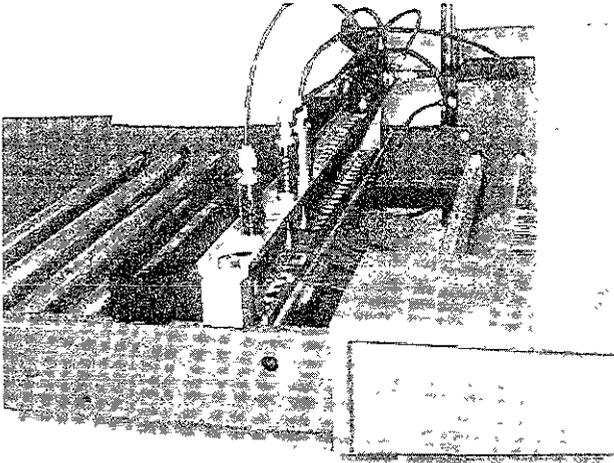


FIGURA NO. 41.- Sistema de sellado rotatorio.

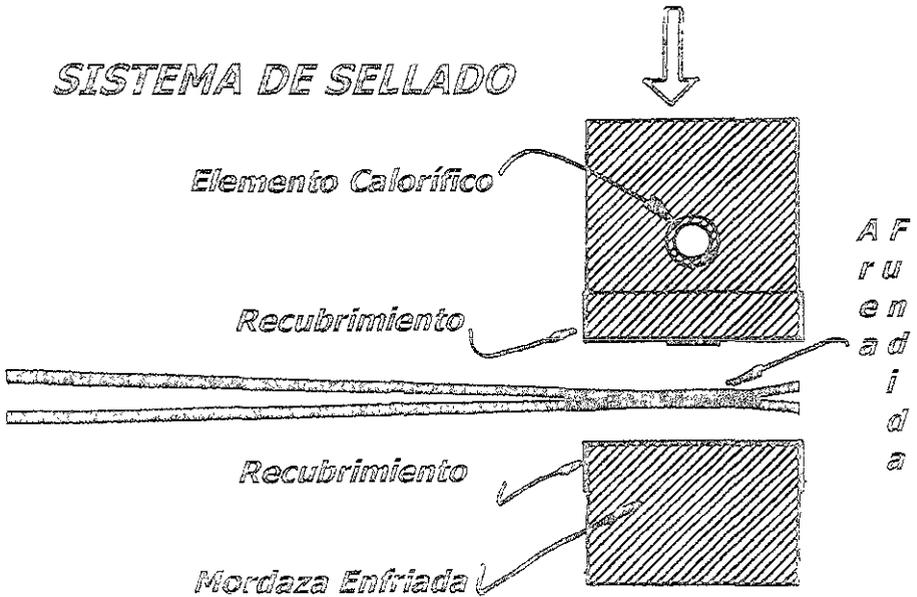


FIGURA NO. 42.- Sistema de sellado con cuchilla caliente.

*CUCHILLA  
CORTE - SELLO*

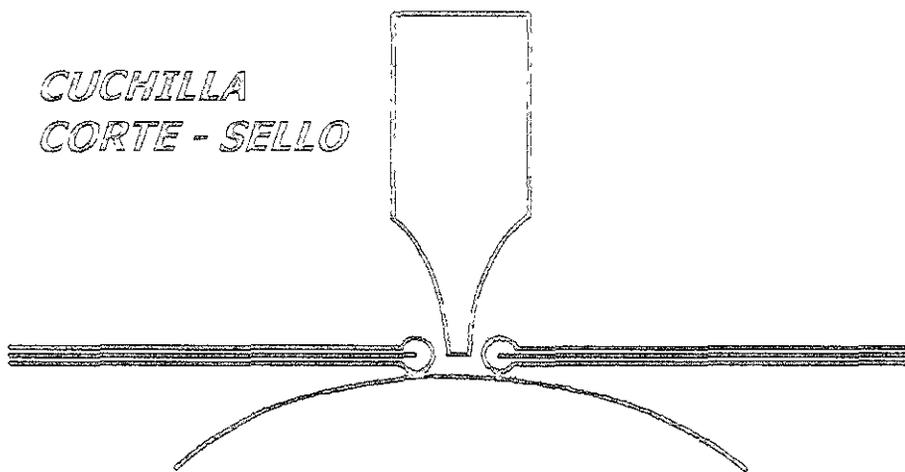


FIGURA NO. 43.- Esquema de sistema de corte - sello.  
ACUMULADOR DE PELÍCULA

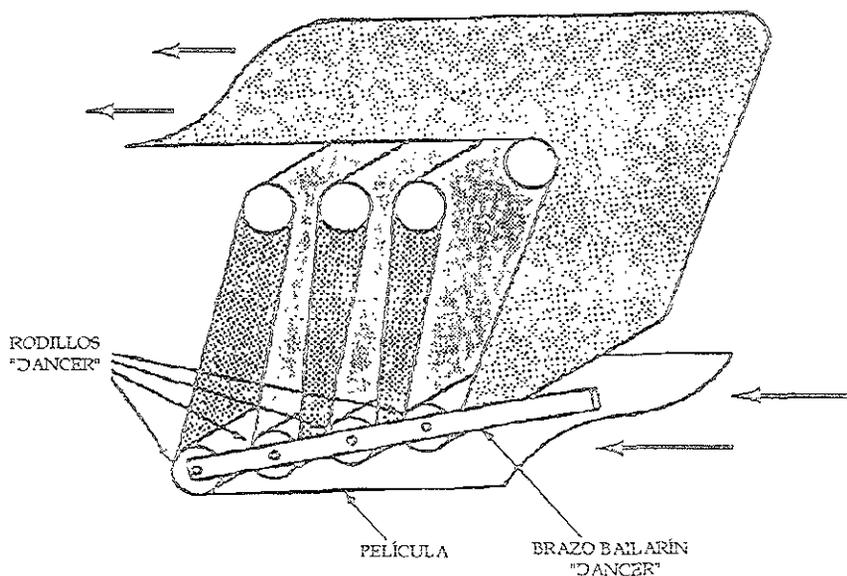


FIGURA NO. 44.- Sistema acumulador de película.

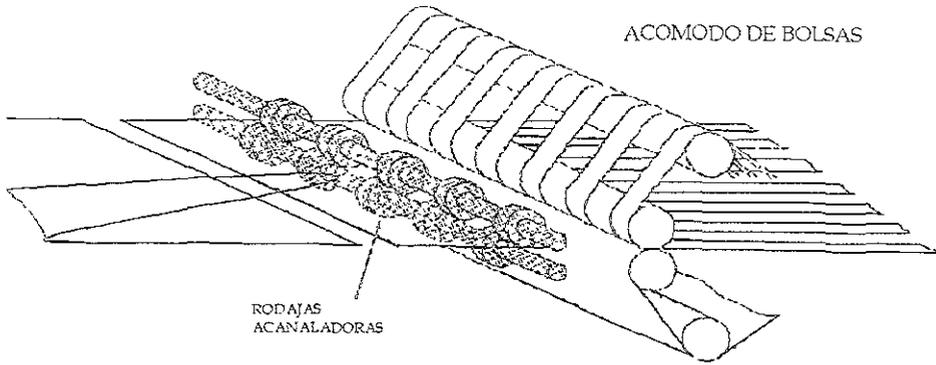


FIGURA NO. 45.- Sistema de acomodo de bolsas por rodillos.

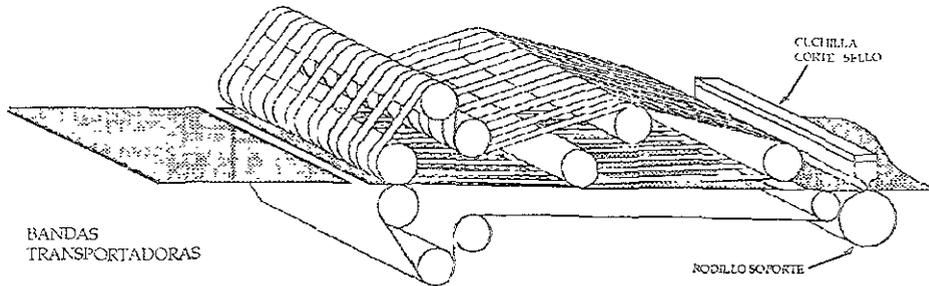


FIGURA NO. 46.- Sistema de bandas transportadoras.

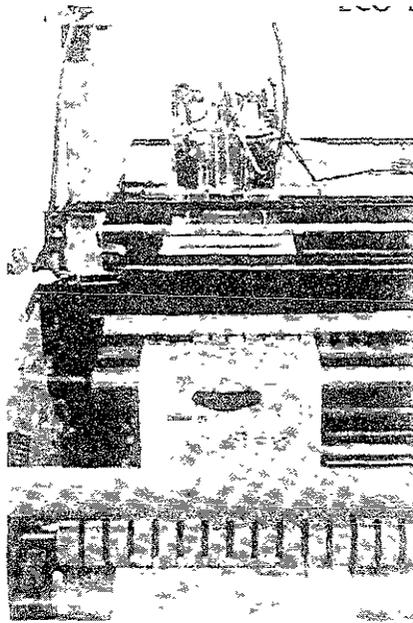


FIGURA NO. 47.- Fabricación de bolsas impresas con asa troquelada.

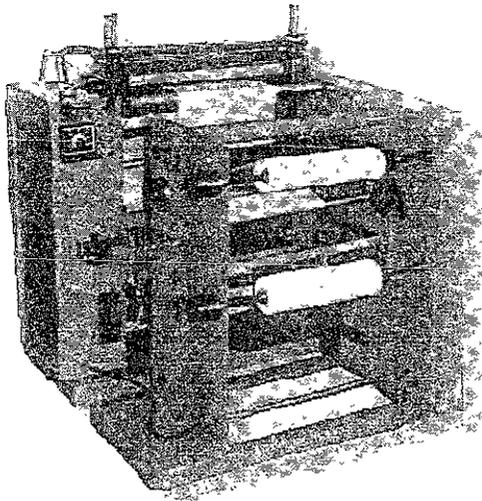


FIGURA NO. 48.- Bolsera ECO E 5000 Mecánica Tecnomac.

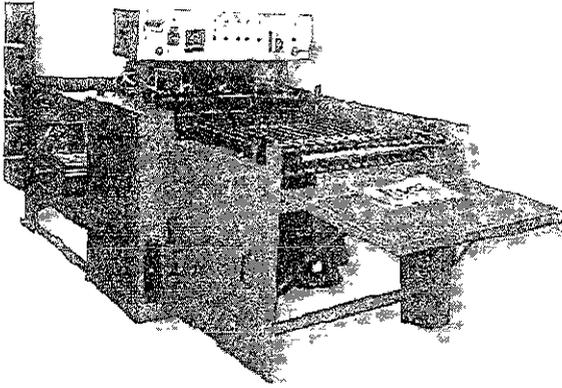


FIGURA NO. 49.- Bolsera sello lateral.

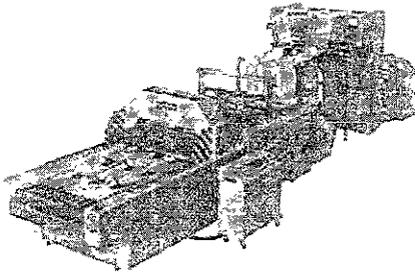


FIGURA NO. 50.- Bolsera sello de fondo de 3 líneas.

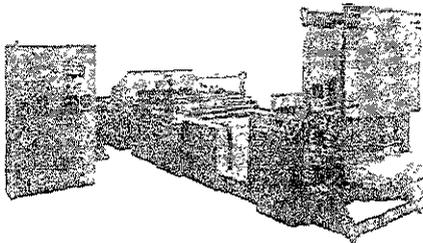


FIGURA NO. 51.- Bolsera sello de fondo con tablero computarizado.

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE POLIETILENO”

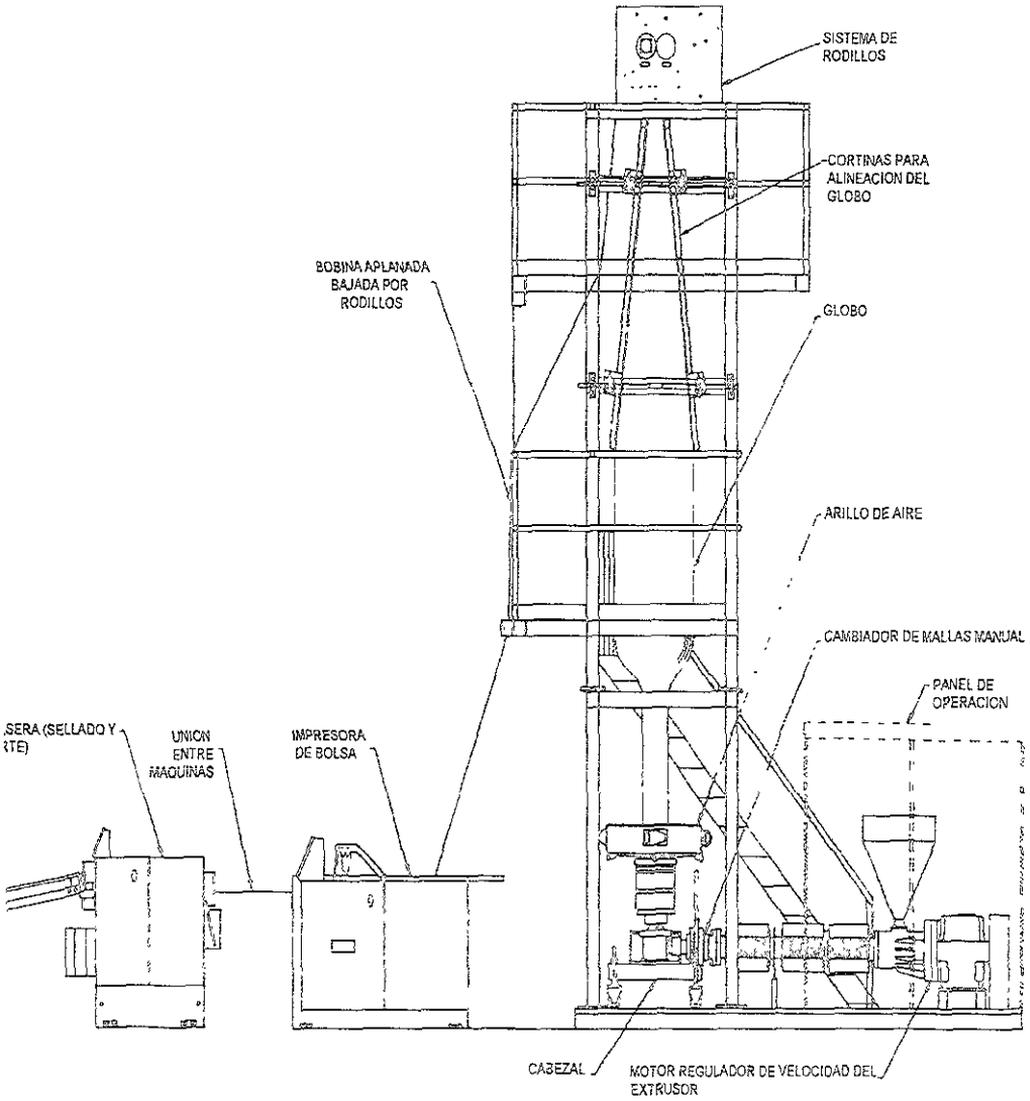


FIGURA NO. 52.- Producción en línea de bolsa de polietileno impreso.

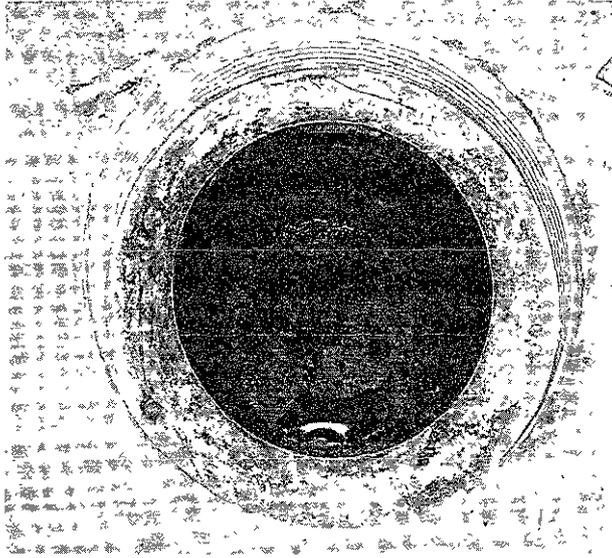


FIGURA NO. 53.- Corazón del cabezal.

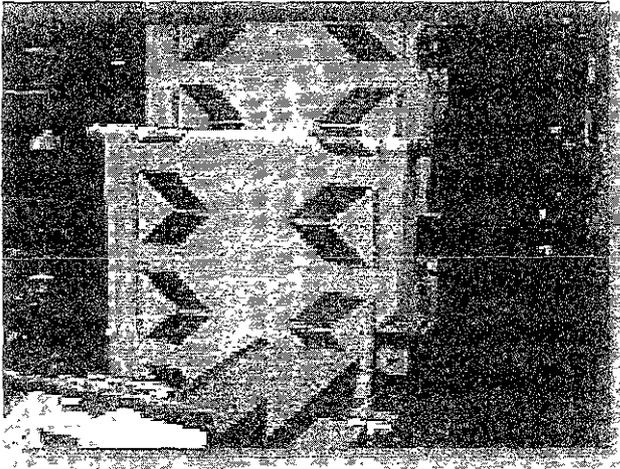


FIGURA NO. 54.- Impresora.

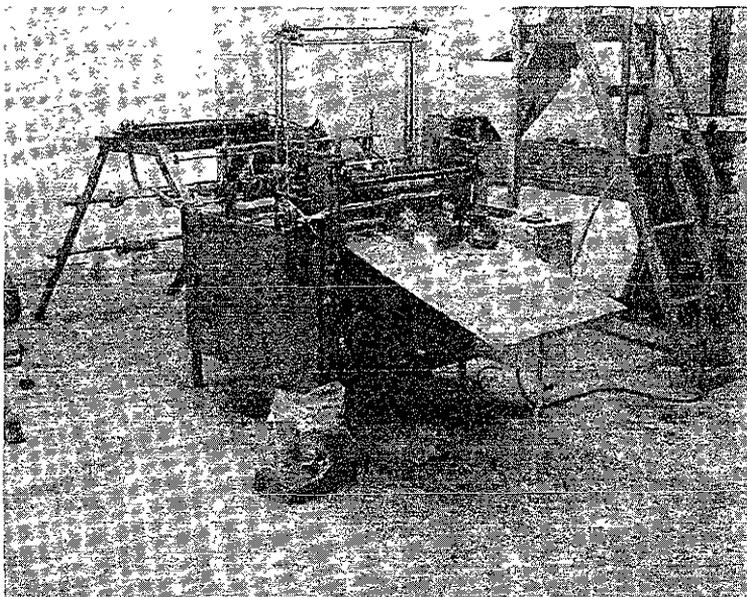


FIGURA NO. 55.- Bolsera.

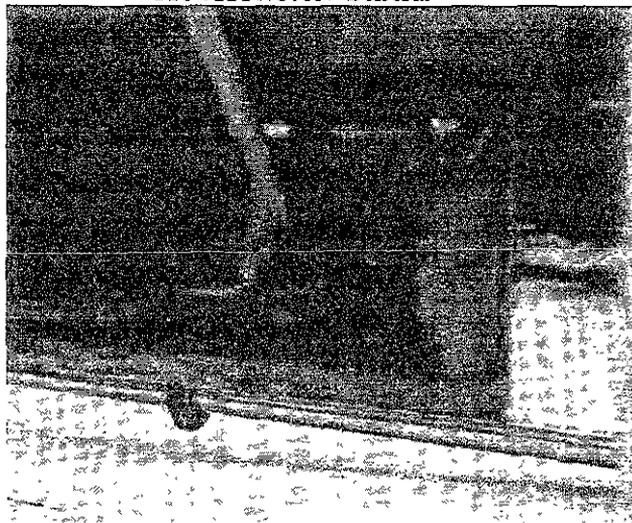


FIGURA NO. 56.- Sellado con barra de bronce.

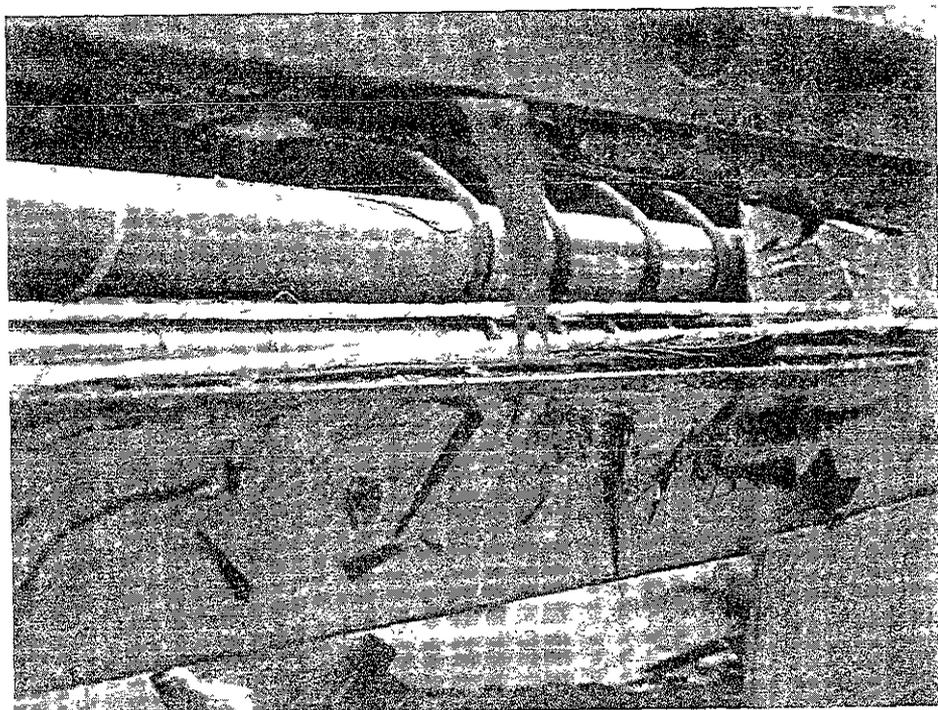


FIGURA NO. 57.- Corte de la bolsa.

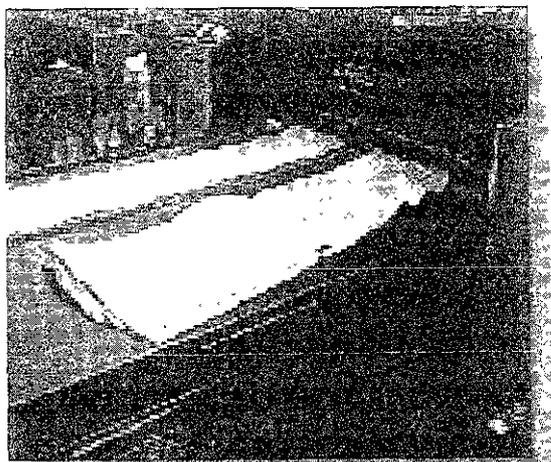


FIGURA NO. 58.- Mesa de recepción de bolsa.

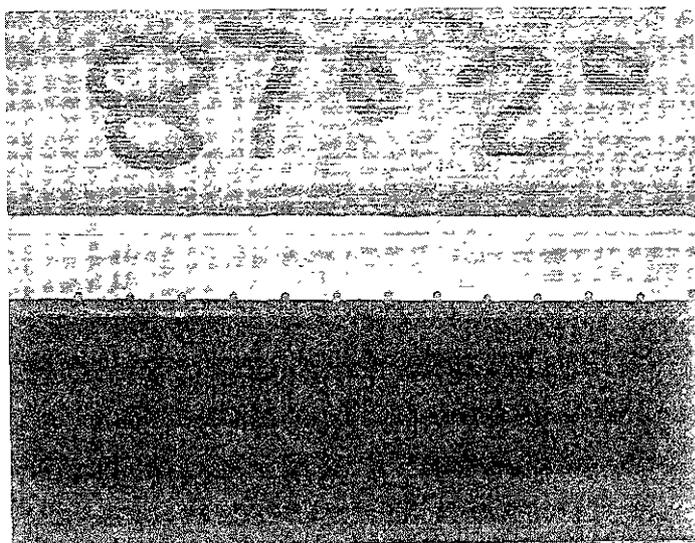


FIGURA NO. 59.- Cuchilla de punteo para bolsa en rollo.

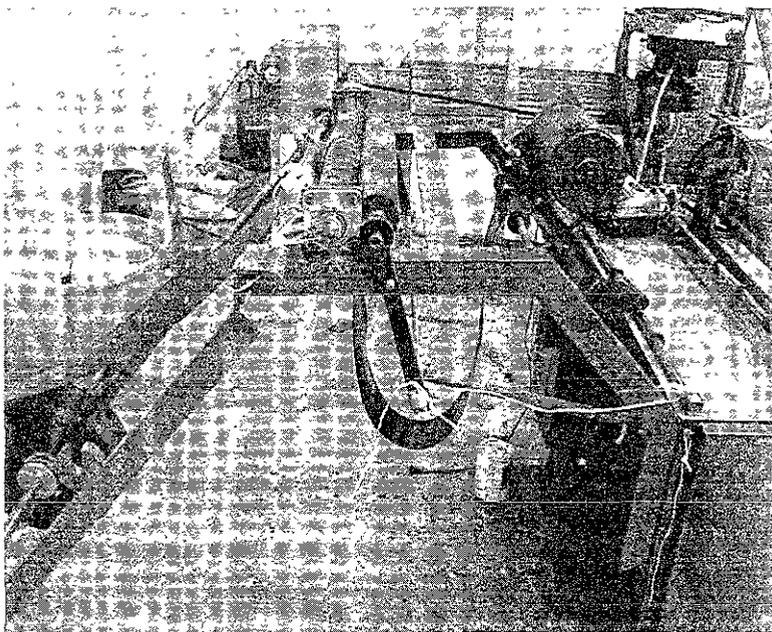


FIGURA NO. 60.- Basculante.

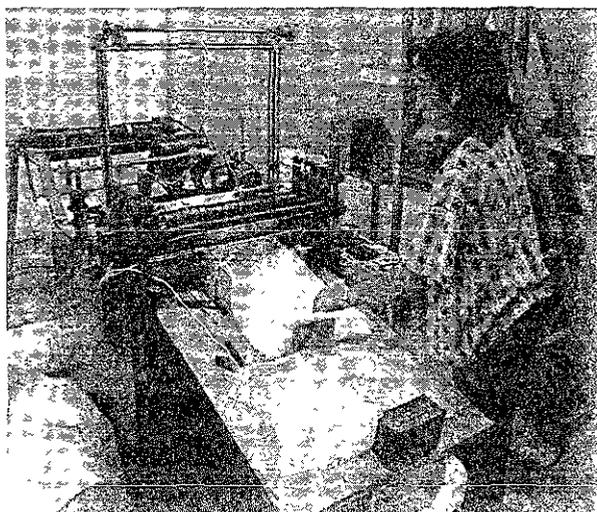


FIGURA NO. 61.- Bolseando.



## ABREVIATURAS

ABREVIATURAS:

HDPE: Polietileno de alta densidad (siglas en inglés).

LDPE: Polietileno de baja densidad (siglas en inglés).

PE : Polietileno.

PEAD: Polietileno de alta densidad.

PEBD: Polietileno de baja densidad.

PP: Polipropileno.

PS: Poliestireno.

PVC: Policloruro de vinilo.

## GLOSARIO

**GLOSARIO:**

**ADITIVO.** Sustancia que modifica las propiedades del plástico en diferentes formas

**AISLAR.** Apartar por medio de aisladores un cuerpo electrizado de los que no lo están.

**AISLADOR.** Se dice de los cuerpos que interceptan el paso a la electricidad y al calor.

**ALCALOIDES.** Compuestos orgánicos nitrogenados que se encuentran en los vegetales y que representan los principios activos de las plantas que los contienen.

**AMORFO.** Característica de algunos materiales plásticos, cuyas cadenas están desordenadas en el espacio, permitiendo el paso de la luz. Este concepto es contrario a la cristalinidad.

**ANTIESTÁTICO.** Método o sustancia que evita la estática. Agentes adicionados a una formulación para evitar que se acumulen cargas estáticas sobre la pieza.

**BAKELITA.** Nombre con el que se conoce a la resina de fenol-formaldehído. Resina sintética usada industrialmente como aislante eléctrico y como adhesivo, además de ser un material indispensable en la manufactura de una gran cantidad de productos.

**BOLSA.** Especie de saco que sirve para envasar.

**CABEZAL.** Sección final de un extrusor, donde el polímero fundido toma la forma del producto a formar.

**CALANDRADO.** Producto obtenido por el proceso de calandreo.

**CALANDREO.** Proceso para generar láminas o películas plásticas por medio de una serie de rodillos calientes colocados adecuadamente.

**CALANDRIA.** Máquina que sirve para prensar y satinar ciertas telas, plásticos o papel.

**CALIDAD.** Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa. En sentido absoluto, superioridad o excelencia.

**CAMBIAMALLAS.** Dispositivo mecánico o hidráulico que permite cambiar una malla cuando ésta se satura de contaminantes.

**CAREY.** Materia córnea, susceptible de pulimento, que se obtiene calentando por debajo las escamas de la concha de la tortuga carey (tortuga marina).

**COEXTRUSIÓN.** Técnica en extrusión que permite unir dos o más capas de plástico recién salidas del extrusor, cuando aún no son totalmente sólidas, en ocasiones se utiliza una capa intermedia de material como adhesivo.

**COMBUSTIBLE.** Sustancia o materia que se quema para producir energía.

**CONDENSAR.** Reducir un fluido a menor volumen para darle mayor consistencia.

**CONTRAFLUJO.** En inyección y extrusión, se denomina así al flujo de material plástico que intenta regresar al cañón de la máquina.

**DADO.** Pieza cúbica que en las máquinas sirve de apoyo a los tornillos, ejes, etc.

**DEGRADACIÓN.** Deterioro en las propiedades del polímero, pérdida de transparencia, amarillamiento, alteración del peso molecular por la acción de solventes, decremento de las propiedades mecánicas por fatiga, oxidación por calor excesivo y degradación biológica.

**DENSIDAD.** Es la masa por unidad de volumen de una sustancia, expresada en  $\text{gm} \times \text{cm}^3$

**DEPURAR.** Acción de limpiar o purificar.

**DESMOLDANTE.** Película de alguna sustancia que facilita la extracción de la pieza. Usualmente se esprea desmoldante de silicón sobre la cavidad del molde.

**DESTILACIÓN.** Proceso de evaporación y recondensación empleado para separar los líquidos en distintas fracciones acordes a su punto de ebullición.

**DESTILAR.** Separar por medio del calor, en alambiques u otros vasos una sustancia volátil de otras menos volátiles, enfriando luego su vapor para reducirla nuevamente a un líquido.

**DIELÉCTICA.** Propiedad asignada a los materiales que son muy pobres conductores de las corrientes eléctricas ya que, al contrario de los metales, no tienen electrones libres que puedan correr a través de los materiales.

**DUCTIBILIDAD.** Es la propiedad que tienen los materiales de transformarse con facilidad.

**DUREZA.** Resistencia que opone un material a ser rayado por otro. Para determinarla se utiliza por ejemplo el esclerómetro, o el método basado en la escala de Mohs, que establece diez grados de dureza. Los métodos de prueba más importantes para ésta propiedad son: Brinell, Rockwell y Shore.

**EMULSIÓN.** Dispersión coloidal estable de un líquido en otro inmiscible con él, por lo que aparecen pequeñas partículas en suspensión. sin llegar a constituir una disolución. Gas explosivo que al polimerizar produce Polietileno bajo condiciones adecuadas de presión y Temperatura.

**EQUIPOS NEUMÁTICOS.** Aparatos operados a base de aire comprimido.

**EXTRUSIÓN.** Dar forma a una masa metálica o plástica haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta. Método de transformación donde un plástico es forzado a pasar a través de una abertura con forma definida, previa fusión del mismo.

**FASE.** Se dice de cada una de las partes homogéneas y separables físicamente en un sistema formado por uno o varios componentes.

**FENOL.** Compuesto químico orgánico, que sirve como punto de partida para la producción de epoxies, resinas, aspirinas y otros productos. Cristales blancos que cambian a color rojo o rosa bajo a influencia de la luz o impurezas. Se torna líquido cuando absorbe agua del medio ambiente. es tóxico por ingestión e irritante a la piel, funciona como biocida, desinfectante y en la fabricación de materias primas para diversas resinas plásticas.

**FENOL FORMALDEHIDO.** El primer polímero termofijo, obtenido de una reacción entre los cristales de fenol y una solución de formaldehído.

**FLEXIBILIDAD.** Deformación de un sistema mecánico sometido a la acción de una fuerza. Capacidad de adaptación a los cambios.

**FLUIDÉZ** Propiedad de las moléculas de los fluidos de moverse sin apenas rozamiento entre sí.

**FLUJO.** Velocidad de masa, volumen o energía por unidad de sección transversal, normal a la dirección del flujo.

**FORMALDEHÍDO.** Compuesto orgánico que es una muy importante materia prima para uso industrial, principalmente en la manufactura de resinas plásticas, explosivos y desinfectantes. Gas conocido como metanal, es el primero del grupo de los aldehídos, se presenta comercialmente en solución de agua y alcohol. Encuentra aplicaciones en las resinas uréicas, melamínicas, fenólicas y acetálicas.

**FUSIÓN** Paso del estado sólido al líquido. En cada sustancia se produce a temperatura determinada denominada punto de fusión.

**HOMOPOLÍMERO.** Un polímero consistente de sólo una especie monomérica.

**HULE.** Caucho o goma elástica

**HUSILLO** Elemento metálico de geometría helicoidal que plastifica los polímeros girando en un cilindro hueco llamado barril o cañón. Los diseños empleados en los husillos varían en función de los requerimientos del material plástico y del proceso de transformación.

**IMPERMEABLE** Objeto que no permite el paso un fluido.

**ÍNDICE DE FUIDEZ.** Cantidad expresada en gramos, del polietileno que fluye por un orificio determinado en condiciones específicas de presión y temperatura, en un lapso de diez minutos.

**INYECCIÓN.** Introducir a presión un líquido o una masa fluida en el interior de un cuerpo o de una cavidad Técnica de moldeo en la que se pueden formar piezas plásticas de geometría compleja. El proceso se basa en un husillo que inyecta plástico fundido dentro de un molde, donde el material toma la forma deseada.

**LIGNINA.** Compuesto orgánico con estructura polimérica, que junto con la celulosa forma el principal constituyente de la madera. Es uno de los materiales orgánicos más abundantes sobre la tierra y se usa industrialmente como adhesivo y como ingrediente activo en las resinas fenólicas.

**MALLA.** Filtro colocado en las máquinas de extrusión para retener las impurezas presentes en el material plastificado.

**MASTER BATCH.** Compuesto de plástico con alta concentración de uno o varios aditivos, está diseñado para usar las cantidades apropiadas del aditivo sobre la resina base, los master batch de color son ampliamente usados para varios plásticos como método para obtener tonos uniformes de color.

**MOLDE.** Pieza en la que se hace en hueco la figura que en sólido quiere darse a la materia fundida, que en él se vacía.

**MOLÉCULA.** Grupo de átomos que se mantienen unidos por fuerzas químicas. Estos átomos pueden ser idénticos o pertenecer a elementos diferentes. La molécula es la unidad más pequeña de materia que puede separarse de un cuerpo sin alterar su composición química; es, por lo tanto, el límite de la división de la materia por medios físicos.

**MONÓMERO.** Molécula o grupo molecular simple, de bajo peso y aislable, capaz de reaccionar consigo misma o con otras similares para formar polímeros. Es la base fundamental de la industria de los plásticos sintéticos. Molécula relativamente simple, que contiene carbono e hidrógeno, puede también tener otros elementos como oxígeno, cloro, flúor y azufre. Al repetirse varias veces, la molécula forma el polímero a través de una reacción conocida como polimerización. Ejemplos de estas moléculas son de cloruro de vinilo y metacrilato de metilo. En general, toda molécula capaz de enlazarse para formar cadenas de alto peso molecular.

**MORDAZA.** Aparato formado por dos piezas entre las que se coloca un objeto para su sujeción.

**OLEFINAS.** Familia de hidrocarburos caracterizados por tener al menos un doble enlace en su conformación. También se denominan alquenos y son el monómero de diversos materiales plásticos. Por extensión, una poliolefina es un alqueno polimerizado.

**PELLET.** Partícula en forma de ovoide o esfera utilizada en materiales plásticos para obtener una mejor fluidez y densidad para su manejo. Gránulos de plástico con tamaño regular, de forma esférica o cilíndrica, constituyen la presentación comercial del material.

**PELLETIZAR.** Proceso en el que se forman pellets, usando un extrusor cuyo dado tienen muchos orificios por donde sale el plástico con las dimensiones requeridas. Esta operación puede efectuarse en frío o caliente.

**PESO MOLECULAR.** En el caso de los plásticos, es una medida directa de la longitud de las cadenas de un polímero. A mayor peso molecular, mayor longitud en la misma.

**PETRÓLEO.** Aceite mineral hidrocarbonado, oleaginoso, inflamable, de olor acre, densidad inferior a la del agua y cuyo color varía desde el negro al incoloro. Mediante diversas operación de destilación y refinado se obtienen de él productos utilizables con fines energéticos e industriales.

**pH.** Valor que indica la alcalinidad o acidez de cualquier sustancia generalmente líquida. El agua pura sirve como referencia de este parámetro con un valor de 7. una lectura menor implica naturaleza ácida mientras que un valor mayor significa que se tiene un álcali o base.

**PIGMENTO.** Cualquier materia colorante que se encuentra en el protoplasma de las células vegetales y animales.

**PIRÓMETRO.** Instrumento que permite medir temperaturas muy elevadas, como las de un horno de fundición o un extrusor.

**PLASTICIDAD.** Capacidad de adaptación morfológica, fisiológica o funcional, a un cambio en el medio.

**PLÁSTICO.** Material formado por largas cadenas hidrocarbonadas, de naturaleza orgánica, susceptibles de ser moldeados. Sus propiedades varían en función de su conformación química y modificaciones de las que pueden ser objeto (mezclas y aditivos). Se dice del material que puede cambiar de forma y conservar esta de modo permanente, a diferencia de los cuerpos elásticos.

**PLASTIFICACIÓN.** Fundir un material por efecto de esfuerzo cortante o calentamiento, de manera que sea moldeable. Acción de un plastificante sobre la resina, éste absorbe al primero, de manera que las partículas resbalan unas sobre otras, suavizando el material.

**PLASTIFICANTE.** Agentes químicos agregados a las composiciones de plástico para proporcionar flujo y procesabilidad y para reducir su rigidez. Esto es alcanzado al bajar su temperatura de transición vítrea.

**PLASTIFICANTE.** Se dice de un compuesto líquido muy estable que se mezcla con materiales poliméricos para aumentar su flexibilidad y plasticidad.

**POLIESTIRENO (PS).** Resina sintética que se obtiene por polimerización del estireno.

**POLIETILENO (PE).** Materia plástica obtenida mediante la polimerización del etileno.

**POLIMERIZACIÓN.** Proceso químico por el cual, mediante calor, luz o un catalizador, se unen varias moléculas de un compuesto, generalmente de carácter no saturado, llamado monómero, para formar una cadena de múltiples eslabones, moléculas de elevado peso molecular y de propiedades distintas.

**POLÍMERO.** Palabra derivada del latín poli = muchos y meros = partes; utilizada para designar materiales formados por la unión de monómeros. Los polímeros pueden ser naturales (lana, algodón) o sintéticos. Se dice de la sustancia de mayor masa molecular entre dos de la misma composición química resultante de un proceso de polimerización.

**PRODUCTIVIDAD.** Relación entre la producción y la cantidad de recursos de toda índole que son utilizados para obtenerla.

**RESINA.** Fluido polimérico denso, viscoso, natural o sintético con alto peso molecular. Sustancia obtenida sintéticamente mediante reacciones de polimerización.

**RESISTIVIDAD.** Habilidad de un material para resistir el paso de corriente eléctrica a través de su volumen o superficie. La unidad de resistividad volumétrica es de ohm/cm, y la de resistividad superficial es ohm.

**SINTÉTICO.** Se dice del producto obtenido por procedimientos industriales.

**TECNOLOGÍA.** Conjunto de instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.

**TEMPERATURA.** Magnitud que representa el estado térmico de los cuerpos. Es proporcional a la energía cinética media de las moléculas de dichos cuerpos. Existen cuatro escalas de temperatura: Celsius o Centígrada, Fahrenheit, Réaumur y, por último la escala absoluta, de Kelvin o termodinámica.

**TEMPERATURA DE FUSIÓN.** Es la temperatura, en la cual un material cambia del estado sólido al líquido.

**TEMPERATURA DE TRANSICIÓN VITREA.** Conocida como  $T_g$ , es el punto en el que el plástico se vuelve semilíquido. Por encima de ésta, el material se reblandece gradualmente y antes de ella presenta rigidez, semejante al vidrio.

**TENSIÓN.** Estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas que lo estiran. Fuerza que impide separarse unas de otras a las partes de un mismo cuerpo cuando se hallan en dicho estado.

**TERMOFIJO.** Polímero que solidifica irreversiblemente cuando se calienta por primera vez debido al entrecruzamiento de las cadenas que lo constituyen. La pieza moldeada no fundirá al calentarse de nuevo, si la temperatura resulta excesiva, el plástico se carbonizará antes de fundir.

**TERMOFORMADO.** Formado por temperatura. Moldear por calor una lámina termoplástica utilizando presión o vacío de manera auxiliar.

**TERMOFUNDIBLE.** Que se vuelve líquido con el calor.

**TERMOFUSIÓN.** Proceso en el que un sólido se convierte en líquido por efecto de la temperatura.

**TERMOPAR.** Elemento de medición de la temperatura, que consta de un par de metales que al dilatarse por efecto del calor, envían una señal eléctrica proporcional a la temperatura a la que se encuentren.

**TERMOPLÁSTICO.** Plástico capaz de ser moldeado en repetidas ocasiones, ya que puede fundirse y enfriarse. Los miembros típicos de esta familia son los polímeros estirénicos, acrílicos, vinílicos y olefínicos, entre otros.

**TIEMPO.** Cuarta coordenada espacial en el continuo espacio-tiempo.

**TRANSLÚCIDO.** Cuerpo o superficie que permite el paso de la luz, pero no se puede ver a través de él.

**VELOCIDAD.** Relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo.

**VERSATILIDAD.** Acción de adaptarse a muchas cosas o situaciones.

**VISCOELÁSTICO.** Denominación que recibe un material que tiene un comportamiento intermedio entre un líquido viscoso y un sólido elástico. Esta conducta es característica de todos los plásticos en mayor o menor grado.

**VISCOSIDAD.** Resistencia que presenta un líquido a fluir, generalmente debido a la fricción entre las moléculas del líquido.

**ZONA DE MEZCLADO.** Sección de husillo donde el plástico se somete a esfuerzos mediante un maquinado especial, existen diversos diseños de estas zonas de acuerdo a las necesidades del material a procesar y del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFIA

- ❖ Amador B. Generadores, motores y transformadores eléctricos. U.N.A.M. México. 1994.
- ❖ Askeland D. La Ciencia e Ingeniería de los materiales. Grupo Editorial Iberoamérica.,México.1987.
- ❖ Barrón, H. Plásticos Modernos.Ed. Gustavo Gill, S. A. Barcelona. 1952.
- ❖ Barsa. Enciclopedia. Tomo XII. Enciclopedia Británica. U.S.A.. 1958.
- ❖ Beer, P. and Johnston E. Mecánica de materiales. Mc. Graw Hill., 2ª. Edición. Santa Fé de Bogotá, Colombia. 1993.
- ❖ Beer, P. and Johnston E. Mecánica Vectorial para Ingenieros. Mc. Graw Hill., 5ª. Edición. México. 1990.
- ❖ Bodini, G. et. al. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de Plásticos. Mc. Graw Hill., 2ª. Edición. México. 1992.
- ❖ Fleck, H. Plásticos. su estudio científico y tecnológico. Ed. Gustavo Gill, S.A. Barcelona. 1953.

- ❖ Grover, M. Fundamentals of Modern Manufacturing . Materials, Processes and Systems. Prentice Hall. E.U.A. 1996.
- ❖ Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. (IMPI). Nuestro Futuro los Plásticos. México. 1983.
- ❖ Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. (IMPI). Nuestro Futuro los Plásticos. México. 1999.
- ❖ Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. (IMPI). Los Plásticos en el Mundo. México. 1997.
- ❖ Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. (IMPI). Los Plásticos en el Mundo. México. 1998.
- ❖ Modern Plastics Encyclopedia. Mc. Graw Hill. New York. 1971.
- ❖ Modern Plastics Encyclopedia. Mc. Graw Hill. New York. 1974.
- ❖ PEMEX, Manual del Polietileno Baja Densidad. Galache. México. 1976.
- ❖ Quillet. Enciclopedia. Tomo III. Impresora y Editora Mexicana, S.A. de C.V. México. 1980.

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE BOLSA DE POLIETILENO"

---

- ❖ Rodriguez, F. Principios de Sistemas de Polímeros. Ed. El Manual Moderno. México. 1984.
- ❖ Universitas, Enciclopedia de Iniciación Cultural. Tomo XIX. Salvat. España. 1959.
- ❖ Wittcoff, H. Productos Químicos, Orgánicos e Industriales. Ed. Limusa. México. 1984.

REFERENCIAS  
ADICIONALES

---

REFERENCIAS ADICIONALES:

[www.american-screw-barrel.com](http://www.american-screw-barrel.com)

[www.arlingtonmachinery.com](http://www.arlingtonmachinery.com)

[www.asian-machinery.com](http://www.asian-machinery.com)

[www.be-ca.com](http://www.be-ca.com)

[www.bge.battenfeld.com](http://www.bge.battenfeld.com)

[www.cbmfg.com](http://www.cbmfg.com)

[www.colorco-flo.com](http://www.colorco-flo.com)

[www.chemconnect.com](http://www.chemconnect.com)

[www.elba-spa.it](http://www.elba-spa.it)

[www.estruder.com.tw](http://www.estruder.com.tw)

[www.estruderman.com](http://www.estruderman.com)

[www.fob.com](http://www.fob.com)

[www.fobplastics.com](http://www.fobplastics.com)

[www.icislor.com](http://www.icislor.com)

[www.italwork.it](http://www.italwork.it)

[www.jumbosteel.com.tw](http://www.jumbosteel.com.tw)

[www.jung-meng.com](http://www.jung-meng.com)

[www.maag.com](http://www.maag.com)

[www.modplas.com](http://www.modplas.com)

[www.munchy.com](http://www.munchy.com)

[www.oprex.com](http://www.oprex.com)

[www.perryvidex.com](http://www.perryvidex.com)

[www.philadelphiaplasticrecycling.com](http://www.philadelphiaplasticrecycling.com)

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOLSA DE  
POLIETILENO”

---

[www.plastecusa.com](http://www.plastecusa.com)

[www.plastico.com.mx](http://www.plastico.com.mx)

[www.plasticstechnology.com](http://www.plasticstechnology.com)

[www.reed-prentice.com](http://www.reed-prentice.com)

[www.sitio.de/acoplásticos.com](http://www.sitio.de/acoplásticos.com)

[www.sysca.com](http://www.sysca.com)

[www.tecnologiadelplastico.com](http://www.tecnologiadelplastico.com)

[www.tradepro.com](http://www.tradepro.com)

[www.welex.com](http://www.welex.com)

[www.wuh-lengerich.de](http://www.wuh-lengerich.de)