

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL  
EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**MARIO RONALDO SAPÓN VELÁSQUEZ  
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1,999**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL  
EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 14 de agosto de 1,991.



**MARIO RONALDO SAPÓN VELÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Herbert René Miranda Barrios</b>
<b>VOCAL 1o.</b>	<b>Ing. José Francisco Gómez Rivera</b>
<b>VOCAL 2o.</b>	<b>Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez</b>
<b>VOCAL 3o.</b>	<b>Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana</b>
<b>VOCAL 4o.</b>	<b>Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán</b>
<b>VOCAL 5o.</b>	<b>Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal</b>
<b>SECRETARIA</b>	<b>Licda. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illéscas</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN  
GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Jorge Mario Morales Gonzalez</b>
<b>EXAMINADORA</b>	<b>Ing. Marcia Ivonne Vélz Vargas</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Julio Roberto Fernández Martínez</b>
<b>EXAMINADOR</b>	<b>Ing. Pablo Fernando Hernández</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Edgar José Bravatti Castro</b>

Guatemala, 8 de octubre de 1998

Ingeniero  
José Francisco Gómez R.  
Director Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que en calidad de asesor he realizado la revisión final del trabajo de tesis titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO**, presentado por el estudiante Mario Ronaldo Sapón Velásquez carnet número 8511392.

Considerando que el mencionado trabajo cumple con las condiciones necesarias para su presentación y después de haber desarrollado todos aquellos puntos que conforman el diseño de un sistema de control de calidad y la adecuación del mismo a la industria del empaque flexible de polietileno, extendiendo en forma satisfactoria mi aprobación sobre el trabajo efectuado, siendo corresponsable con el autor de su contenido.

Sin otro particular me suscribo,

Atentamente,



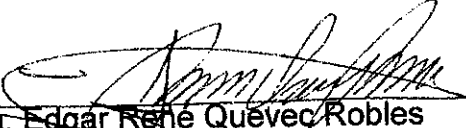
MIRIAM ALEJOS DE SANTIZO  
**ASESOR**  
INGENIERO INDUSTRIAL COLEGIADO No. 1567

Guatemala, 12 de julio de 1999.

Ingeniero  
Jose Francisco Gomez Rivera  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Como revisor de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el contenido y la presentación del trabajo de Tesis titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO", presentado por el estudiante universitario MARIO RONALDO SAPON VELASQUEZ, apruebo el presente trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Edgar René Quevec Robles  
Colegiado No. 4583  
REVISOR



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO**, presentado por el estudiante universitario **Mario Ronaldo Sapón Velásquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, noviembre de 1999.

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO**, presentado por el estudiante universitario **Mario Ronaldo Sapón Velásquez**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, noviembre de 1999

ends

**Agradecimientos y Dedicatoria**

**A DIOS,**

**Mi esposa, Guadalupe**

**Mis hijos, Carlos, Gabriela, Anabella**

**Mi abuela, Juanita**

**Mis padres, Mario y Rosita**

**Mis hermanos, Miriam, Jorge, Jaime**



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
INTRODUCCIÓN	XII
OBJETIVOS	XIV
<b>1. EMPAQUES FLEXIBLES DE POLIETILENO</b>	<b>1</b>
1.1 Definición de empaques flexibles de polietileno	1
1.2 Materiales	2
1.3 ¿Qué es un plástico?	3
1.4 Polietileno y aditivos	4
1.4.1 Formación del polietileno	5
1.4.2 Apariencia y peso molecular de las cadenas de polietileno	7
1.4.3 ¿Cómo se hace el polietileno?	9
1.4.4 Copolímeros	11
1.4.5 Características moleculares básicas determinantes	11
1.4.6 Aditivos	16
1.4.7 Tintas para la impresión del polietileno	21
1.5 Características de los empaques flexibles de polietileno	26
1.5.1 Flexibilidad	26
1.5.2 Brillo	26
1.5.3 Durabilidad	27

1.5.4	Resistencia	27
1.5.5	Procesabilidad	27
1.5.6	Barrera	28
1.5.7	Propiedades eléctricas	28
1.6	Tipos de empaques flexibles de polietileno	29
1.6.1	Bolsas	29
1.6.2	Lienzos	32
1.7	Aplicaciones de los empaques flexibles de polietileno	32
<b>2.</b>	<b>EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS EMPAQUES FLEXIBLES DE</b>	<b>34</b>
	<b>POLIETILENO</b>	
2.1	Diagramas de producción	34
2.2	Procesos principales	37
2.2.1	Extrusión	37
2.2.2	Impresión	42
2.2.3	Conversión	51
<b>3.</b>	<b>CONTROL TOTAL DE CALIDAD</b>	<b>53</b>
3.1	Política de control de calidad	53
3.1.1	¿Qué es calidad?	53
3.1.2	¿Por qué es importante la calidad?	55
3.1.3	¿Quién es responsable de la calidad?	57
3.1.4	¿Qué es la calidad total?	58
3.2	Objetivos del control total de calidad	60
3.2.1	Objetivos generales	60
3.2.2	Objetivos específicos	61
3.3	Ventajas del control total de calidad	62
3.4	Etapas para la implantación del control total de	63
3.4.1	Controles de calidad en el proceso	67
3.4.2	Diseño de equipos para pruebas de control	71

3.4.3	Capacitación del personal a cargo	72
<b>4.</b>	<b>FASES DEL CONTROL TOTAL DE CALIDAD</b>	<b>75</b>
4.1	Control de calidad en la recepción de materiales	75
4.1.1	Definición y propósito	75
4.1.2	Control de calidad en la recepción de polietileno y aditivos	76
4.1.3	Control de calidad en la recepción de tintas flexográficas	82
4.2	Control total de calidad en el proceso de	84
4.2.1	Procedimiento del control de procesos	84
4.2.2	Normas y especificaciones de extrusión	85
4.2.3	Normas y especificaciones en flexografía	91
4.2.4	Normas y especificaciones en la	98
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE DATOS GENERADOS DURANTE LAS FASES DEL CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>102</b>
5.1	Variabilidad	102
5.2	Control estadístico de los procesos	104
5.2.1	Objetivos del control estadístico de los	104
5.2.2	Tipos de datos	104
5.3	Métodos de control	105
5.3.1	Gráficos de control	105
5.3.2	Cómo iniciar un gráfico de control	108
5.3.3	Gráfico de control X - R	108
5.3.4	Gráfico de control X	111
5.3.5	Gráfico de control p	111
5.3.6	Gráfico de control pN	112
5.3.7	Gráfico de control c	112

5.3.8	Gráfico de control U	113
5.3.9	Mantenimiento de los gráficos de control	114
5.3.10	Interpretación de los gráficos de control	114
5.3.11	Preguntas para analizar el proceso	116
5.3.12	Eliminando las causas de la variabilidad en el producto	117
<b>CONCLUSIONES</b>		118
<b>RECOMENDACIONES</b>		120
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		122

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS






No.	TÍTULO	Pág.
1	Apariencia tridimensional de la cadena molecular del polietileno	7
2	Proceso de fabricación del polietileno	10
3	Distribución de pesos moleculares en una resina de polietileno	13
4	Tipos de bolsas	31
5	Diagrama general del proceso de fabricación de empaques flexibles de polietileno	35
6	Diagrama detallado del proceso de fabricación de empaques flexibles de polietileno	36
7	Sección longitudinal de una extrusora típica	39
8	Proceso de extrusión soplada para tubo de polietileno	41
9	Tratamiento "corona" para superficies de polietileno a imprimir	46
10	Unidad de impresión flexográfica estándar de dos colores	47

11	Unidad de impresión flexográfica de tambor central de dos colores	48
12	Unidad de impresión de un color en rotograbado	50
13	Hoja de especificaciones para la fabricación de empaques flexibles de polietileno	66
14	Variabilidad de los datos en un gráfico de control	106

## TABLAS

No.	TITULO	Pág.
I	¿Cómo afectan a las propiedades físicas de los empaques flexibles los cambios en la densidad y el peso molecular de las resinas de polietileno?	15
II	Valores de factores estadísticos para gráficos de control	110

## LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	Descripción
H	Hidrógeno
C	Carbóno
$C_2H_4$	Etileno
$C_nH_{2n}$	Polietileno
	Proceso
	Inspección
	Demora
	Transporte
	Almacenamiento
LSC	Límite superior de control

LC	Límite central
LIC	Límite inferior de control
$\bar{\bar{X}}$	Media aritmética
$\bar{X}$	Media de medias
R	Rango
$C_4$	Factor estadístico para gráficos de control
$d_2$	Factor estadístico para gráficos de control
$A_2$	Factor estadístico para gráficos de control
$A_3$	Factor estadístico para gráficos de control
$d_2$	Factor estadístico para gráficos de control
$D_3$	Factor estadístico para gráficos de control
$D_4$	Factor estadístico para gráficos de control



## GLOSARIO

<b>Calidad</b>	La medida en que un producto cumple y excede las necesidades del cliente.
<b>Control estadístico de procesos</b>	Sistema de medición de la calidad en los procesos de manufactura que refleja la calidad que esta siendo producida, en linea.
<b>Control Total de Calidad</b>	Sistema de mejoramiento continuo de la calidad que tiene como meta elevar la competitividad de la empresa.
<b>Copolímero</b>	Son polímeros modificados por adición de otros tipos de monómeros, con el objetivo de variar sus propiedades físicas o químicas.

**Empaque flexible** Recipiente, contenedor o envoltura con características de flexibilidad.

**Etileno** Hidrocarburo gaseoso cuya molécula simple está compuesta de 2 átomos de carbono y 4 de hidrógeno, su fórmula general es  $C_2H_4$ .

**Extrusión** Proceso mediante el cual las resinas de polietileno son derretidas y transformadas en perfiles variados de forma continua.

**Gráfico de control** Gráfico continuo que compara una característica medida contra sus límites de variación precalculados.

**Monómero** Molécula simple:

**Polietileno** Es un polímero derivado de hidrocarburos etilénicos, su fórmula general es  $C_nH_{2n}$ .

**Polímero**

Cadena molecular compuesta de muchos monómeros.

**Variabilidad**

Variaciones normales y no normales dentro de un mismo proceso de producción. Debe ser medida y controlada.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis cuyo nombre es DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DEL EMPAQUE FLEXIBLE DE POLIETILENO nace por la necesidad de establecer una guía de mecanismos de aseguramiento de la calidad en esta industria. Así mismo dar a conocer los factores que intervienen en ella y que inciden directamente en la calidad y productividad de la misma.

Los empaques flexibles hechos de polietileno han venido a ser de los más utilizados en el comercio, industria y uso doméstico. Por el tipo de aplicaciones que van desde exhibición, protección y manejo de productos es de suma importancia conocer los factores que inciden en la calidad del empaque y cómo controlarlos para así poder exceder los requerimientos de uso final.

El polietileno es un material derivado del petróleo, reciclable, impermeable, dieléctrico y de bajo costo que puede transformarse fácilmente en bolsas o lenzos. Puede procesarse en colores o ser transparente e imprimirse, con diferentes grados de brillo. Es ideal para el manejo, protección y exhibición de alimentos, ropa, productos industriales, químicos y agrícolas.

Su mercado es amplio y exigente, por lo tanto es muy competitivo a nivel industrial. Para mantenerse vigente como industria exitosa es necesario ofrecer calidad, servicio y precio justo. Esto requiere de concientización en la importancia de la calidad en todos los procesos de trabajo como un arma estratégica para lograr costos y servicio de **calidad total** en productos que excedan los requerimientos del consumidor.

## OBJETIVOS

**Objetivo general:** alcanzar, mantener y superar niveles de calidad en la industria del empaque flexible de polietileno para hacerla productiva y competitiva en el mercado.

### **Objetivos específicos:**

1. Definir qué es un empaque flexible de polietileno, sus características, tipos y aplicaciones.
2. Conocer el proceso de producción y las variables que intervienen.
3. Establecer las etapas para la implantación de un sistema de control de calidad.
4. Definir normas y especificaciones en cada fase de control de calidad.
5. Establecer procedimientos para el análisis de los datos generados en las fases del control de calidad del proceso de producción de empaques flexibles de polietileno.

# 1. EMPAQUES FLEXIBLES DE POLIETILENO

## 1.1 Definición de empaques flexibles de polietileno

El empaque flexible es un recipiente contenedor o una envoltura con características de flexibilidad, fácil de doblar. Este caso se refiere a los empaques flexibles de polietileno hechos de un material sintético, termoplástico de bajo peso, flexible, químicamente resistente y con propiedades eléctricas sobresalientes. El polietileno es ideal para empaque, es barato y más durable que su predecesor, la película de celofán y si se requiere, así de transparente. El polietileno es un material impermeable, y puede transformarse fácilmente en bolsas debido a que tiene un amplio rango de termosellabilidad. También es posible imprimirlo para propósitos publicitarios.

Por todas estas razones no hay película plástica mejor adaptada a los requerimientos de protección, exhibición, manejo y empaque de alimentos, productos metálicos, componentes electrónicos, químicos y muchos otros.

Los empaques flexibles de polietileno se utilizan como bolsas, tubos o lienzos, para envolver piezas. Su función es "proteger" de fricciones, contaminación de humedad, polvos, grasas y olores.

Otras de sus funciones, además de la seguridad del producto, es la exhibición del mismo, pues tienen muy buenas propiedades ópticas como brillo y transparencia, se puede pigmentar en colores e imprimir de acuerdo a los requerimientos de presentación de los productos.

## **1.2 Materiales**

Materia prima: es el material no elaborado por el hombre. La materia prima es producida por la naturaleza y se emplea en la industria para su conversión a productos de consumo. Ejemplos de materia prima son, el mineral de hierro, el algodón, el hierro, el petróleo, etc.

Material: es un producto resultado de la conversión industrial de una materia prima, para su utilización en otros procesos de manufactura. Ejemplos de materiales son, el polietileno, las fibras de algodón, el hierro fundido, la gasolina, etc.



### 1.3 ¿Qué es un plástico?

Un plástico es un material sintético (hecho por el hombre artificialmente). Es similar a otras resinas encontradas naturalmente en árboles o plantas. Generalmente tienen un elevado peso molecular.

Un plástico es un sólido habiéndolo procesado o nó; pero mientras está siendo procesado para obtener productos acabados, se le puede suavizar o derretir lo suficiente, mediante la aplicación de calor, presión y trabajo mecánico, para obtener diferentes formas sólidas como película botellas, juguetes, etc. Debido al comportamiento que induce el calor en los plásticos, éstos se han dividido en dos grandes grupos:

- Termofijables y
- Termoplásticos

Los plásticos termofijables, generalmente se suavizan una sola vez bajo la acción del calor y permanecen sólidos en subsecuentes aplicaciones. Esto debido a reacciones químicas de entrecruzamiento de las moléculas y sus ramajes en la primera aplicación de calor.

Los termoplásticos también pueden ser suavizados o derretidos una y otra vez mediante la aplicación del calor y solidificados por enfriamiento. Así como el hielo.

## 1.4 Polietileno y aditivos

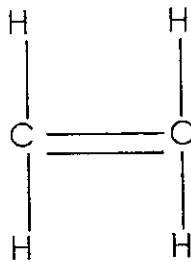
El polietileno es un termoplástico y es miembro de una serie de compuestos químicos llamados poliolefinas o sea polímeros de hidrocarburos etilénicos de fórmula general  $C_n H_{2n}$ .

El polietileno tiene propiedades que lo hacen ideal para muchas aplicaciones, entre las más importantes se encuentran su bajo peso, flexibilidad, resistencia física, resistencia química y sobresalientes propiedades eléctricas.

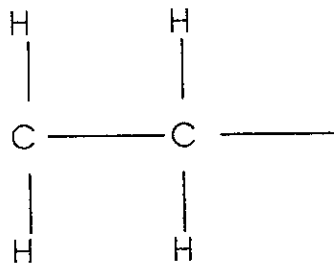
Para aplicaciones específicas del empaque se requiere manejar ciertas propiedades físicas moleculares del polietileno tales como la densidad, el peso molecular promedio y la distribución del peso molecular, las cuales a su vez están controladas por el tamaño, estructura y uniformidad de las moléculas de polietileno.

### 1.4.1 Formación del polietileno

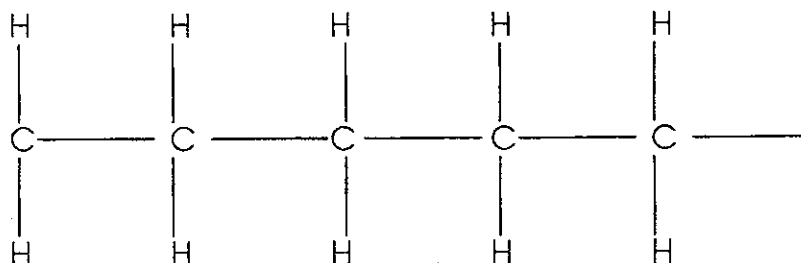
El etileno es un hidrocarburo gaseoso compuesto de dos átomos de carbono y cuatro de hidrógeno ( $C_2H_4$ ) en un arreglo como el siguiente:



Los dos átomos de carbono en la molécula de etileno tienen una doble unión, la cual bajo ciertas condiciones se abre:



Esto posibilita a las moléculas unirse unas a las otras para formar cadenas mediante la unión en sus átomos de carbono cada uno con sus dos átomos de hidrógeno.



Esta cadena de moléculas de etileno es llamada polietileno (poli, del griego muchos). La cadena de polietileno es una entre miles de cadenas conocidas en química orgánica, cada una formada por numerosas moléculas simples o monómeros los cuales en el proceso llamado polimerización se han unido unas a otras para formar moléculas de elevado peso molecular llamadas polímeros.

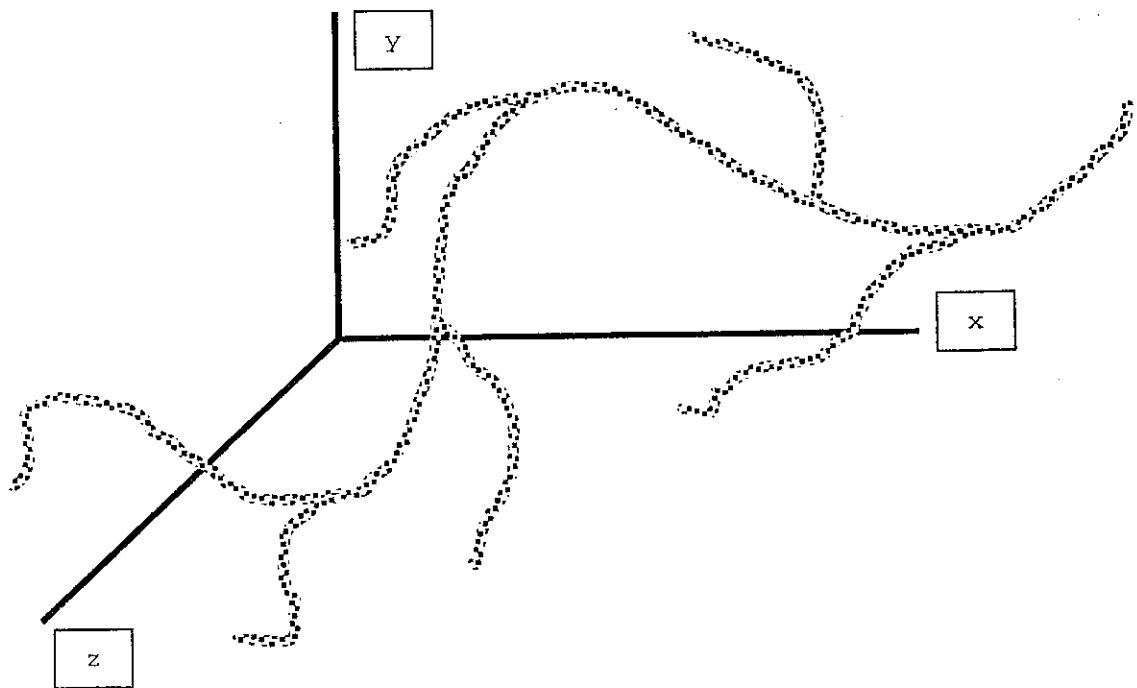
Una molécula = monómero

Varias moléculas = polímero

### 1.4.2 Apariencia, tamaño y peso molecular del polietileno

Estas cadenas son tridimensionales y poseen ramajes a lo largo. Pueden ser cortas o enormemente largas llegando a tener miles de moléculas.

Figura 1. Apariencia tridimensional de la cadena molecular del polietileno.



Fuente: Brent Strong, Plastic Materials & Processing, página 54

De hecho, el proceso de polimerización crea una mezcla de cadenas de largos diferentes. Algunas muy cortas (aproximadamente 12 moléculas) y otras gigantescas (unas 100,000 moléculas).

El peso molecular del etileno es de 28 (2 átomos de carbono x 12 + 4 átomos de carbono x 1). El peso molecular de una cadena de polietileno es un múltiplo de 28 según el número de moléculas de etileno que tenga de largo la cadena.

La presencia de ramajes a lo largo de la cadena de polietileno es la razón de variaciones en importantes propiedades físicas como: densidad, dureza, flexibilidad, viscosidad del fundido y transparencia, que distingue a los diferentes tipos de resina de polietileno.

### 1.4.2 ¿Cómo se hace el polietileno?

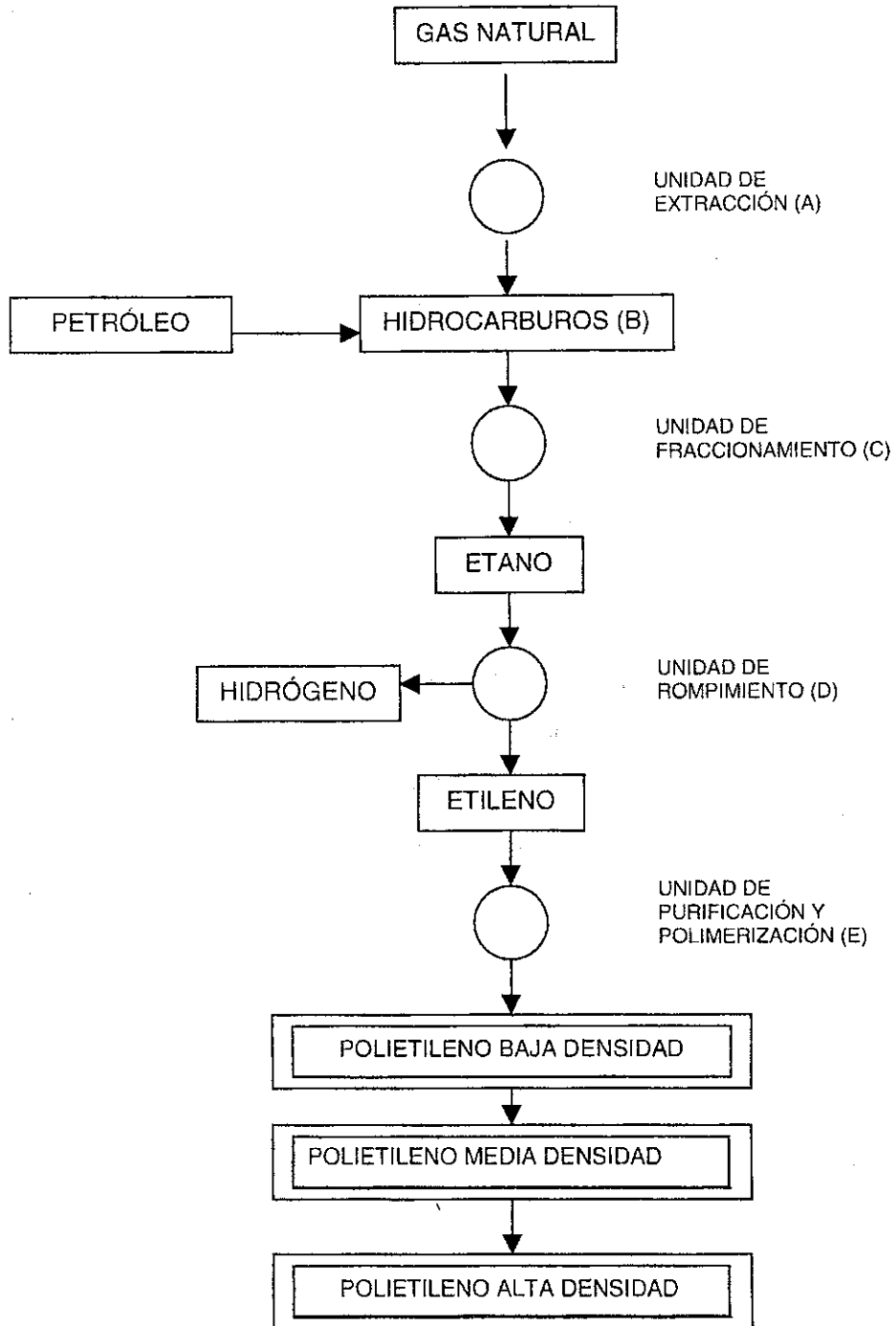
Se requiere de etileno gaseoso de alta pureza para hacer polietileno; el etileno puede ser un subproducto del petróleo o puede ser obtenido de gas natural.

En la unidad de extracción (A) una mezcla de hidrocarburos (B) es extraída del gas natural, luego esta mezcla es pasada a la planta de fraccionamiento (C) en donde se separan componentes como el etano, el cual es sometido a unos 1500 grados farenheit en la unidad de rompimiento (D) y separado en hidrógeno y etileno.

En la Unidad de Purificación y Polimerización (E), el PE requiere de dos etapas, para polietileno de mediana y baja densidad: el etileno gaseoso es comprimido a alta presión y bombeado a un reactor con temperatura moderada en donde se le inyecta un catalizador, el cual inicia el proceso de polimerización. El polietileno formado así pasa a un separador en donde el gas que no reaccionó es removido.

El polietileno lineal de baja densidad y el polietileno de alta densidad, son producidos con catalizadores diferentes a temperaturas y presiones relativamente bajas.

Figura 2. Proceso de fabricación del polietileno.





#### **1.4.4 Copolímeros**

Son polímeros modificados por la adición de otro tipo de monómeros a la cadena de moléculas. Los copolímeros de polietileno tienen otras propiedades adicionales al polietileno no modificado. El copolímero más utilizado en polietileno es el Etil-Vinil-Acetato (EVA).

#### **1.4.5 Características moleculares básicas determinantes**

Tres características moleculares básicas son determinantes en las propiedades de las resinas y productos acabados de polietileno, a saber:

- a. La densidad
- b. El peso molecular promedio
- c. La distribución del peso molecular

Pequeñas variaciones en cualquiera de estas características afectan propiedades térmicas y mecánicas de procesamiento del polietileno.

### 1.4.5.1 Variaciones en la densidad

Las primeras resinas de polietileno tenían densidades de aproximadamente 0.915 a 0.917 gramos/cc. Actualmente se encuentran disponibles en rango de densidades de 0.910 a 0.960 g/cc. Las variaciones en densidad pueden parecer leves numéricamente, pero su efecto es muy marcado en ciertas propiedades. A nivel industrial, las resinas de polietileno se dividen en cuatro rangos de densidad:

<u>DENSIDAD</u>	<u>GRAMOS / CC</u>
Baja	0.910 a 0.925
Media	0.926 a 0.940
Alta	0.941 a 0.959
Muy alta	0.960 en adelante

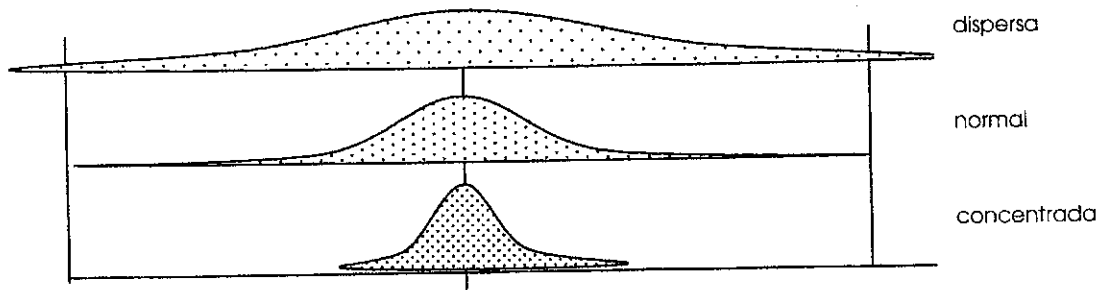
### 1.4.5.2 Variaciones en el peso molecular promedio

Cada tipo de polietileno consiste en una mezcla de moléculas largas y cortas, o sea moléculas de alto y bajo peso molecular. Para la extrusión de películas, el polietileno a usarse debe tener peso molecular promedio más alto que los usados en otros procesos, por ejemplo el moldeo.

### 1.4.5.3 Variaciones en la distribución de peso molecular

La distribución de los pesos moleculares en una resina, nos proporciona una visión general de la distribución de los largos de las cadenas moleculares, sean estas cortas, medianas o largas.

Figura 3. Distribución de los pesos moleculares en una resina de polietileno.



#### **1.5.4.4 Cómo la densidad y el peso molecular afectan propiedades de las resinas de polietileno**

En la tabla 1 se muestra que las dos propiedades básicas moleculares del polietileno, pueden tener efectos contrarios en las propiedades de los productos terminados. En estos casos, el uso final del producto dictará cuál es la propiedad determinante y cuál será la resina de polietileno que mejor cumpla con los requisitos del producto.

Un incremento en el peso molecular promedio (melt-index decreciente) puede hacer a una resina más aplicable a empaques que requieran resistencia. El melt index o índice de fusión es inversamente proporcional al peso molecular promedio, y describe el comportamiento del polietileno en estado fluido (fundido).

Si el índice de fusión de una resina es bajo, la viscosidad del fluido es mayor, o sea su resistencia a fluir, es mayor, en el caso contrario, si una resina tiene índice de fusión alto, esto indica que su resistencia a fluir es menor, por lo tanto más fácil de procesar.

Tabla I. Cambios en las propiedades físicas de los empaques debido a cambios en la densidad y el peso molecular del polietileno.

Propiedad física	Si se incrementa la densidad	Si el peso molecular disminuye
Punto de fusión	No cambia	Disminuye
Resistencia a la abrasión	Aumenta	Aumenta
Pegarse en moldes	Aumenta	Disminuye
Sellado	Aumenta	Disminuye
Termosellabilidad	No cambia	No cambia
Punto de cedencia	Aumenta	Aumenta
Punto de ruptura	Disminuye	Aumenta
Límite elástico	Disminuye	Aumenta
Rígidez	Aumenta	Sin cambio
Flexibilidad	Disminuye	No cambia
Resistencia a impacto	Disminuye	Disminuye
Transparencia	Disminuye	Disminuye
Brillo	Aumenta	Aumenta
Barrera	Disminuye	Aumenta
Dieléctrica	Aumenta	No cambia

### 1.4.6 Aditivos

Los aditivos son usados para dar ciertas propiedades a las resinas básicas de polietileno ó para realzarlas. Entre los más importantes se encuentran:

- Estabilizadores antioxidantes
- Agentes antibloqueo y resbalamiento
- Pigmentos

Algunas veces las resinas de polietileno se mezclan con modificadores como el poli-isobutileno, butil-caucho ó EVA (etil-vinil-acetato) para hacerlo más flexible a bajas temperaturas, y más resistente a la degradación ambiental. También es usual agregarle agentes desmoldantes.

La mayoría de aditivos utilizados son seleccionados de modo que no transmitan olor ni sabor al producto y puedan ser aprobados junto con las resinas por las oficinas gubernamentales encargadas del control de alimentos y salud, ya que una aplicación importante del polietileno es el empaque de alimentos.

#### **1.4.6.1 Aditivos estabilizadores de la oxidación**

Los estabilizadores son agregados al polietileno con el fin de conservar sus propiedades originales durante el almacenamiento y todas las etapas del procesamiento, inclusive durante la vida de servicio de los productos terminados. El polietileno está sujeto a degradación por exposición a oxígeno y radiaciones de calor y rayos ultravioleta. Prácticamente todos los polietilenos son expuestos al aire y al agua, los cuales contienen oxígeno y de allí que puedan oxidarse y debilitarse sus propiedades eléctricas y físicas.

Un buen antioxidante debe ser capaz de inhibir la oxidación durante todas las condiciones de almacenamiento, procesamiento y servicio del bien terminado. Además debe ser permanente; no volátil ni extractable por agua, no decolorante, no tóxico ni afectar alguna propiedad importante de las resinas de polietileno.

La radiación ultravioleta de la luz del sol, es un acelerador de la oxidación del polietileno; para protegerlo de la "foto-oxidación" se ha utilizado el carbón negro, que actúa como una pantalla filtro compuesta de pequeñas partículas que se encuentran dispersas en la resina a razón de un 2-3%, lográndose una protección hasta de 30 años.

Ya que el carbón negro es un pigmento, se utiliza para pigmentar de color negro al polietileno. Existen además otros estabilizadores de la radiación ultravioleta para aplicaciones en donde no se quiera afectar el color o la transparencia de una película pero que no protegen tanto tiempo como el carbón negro.

Ante el efecto destructivo de la radiación ultravioleta (UV) sobre las poliolefinas, se han diseñado muchos tipos de aditivos que ayudan a las resinas a conservar sus propiedades físicas y mecánicas ante la exposición prolongada a la luz:

- Absorbentes de la luz UV (AUV)
- Receptores UV (RUV)
- Halls (aminas con impedimento estérico): son los más utilizados hoy en día por la duración que se logra de los productos.



#### **1.4.6.2 Agentes antibloqueo y resbalamiento**

Se describe el bloqueo de las películas de polietileno, como la dificultad de separar dos superficies de ésta (dificultad de abrir una bolsa) y el resbalamiento, como la facilidad de deslizar sobre la superficie del polietileno.

El bloqueo y la falta de resbalamiento son problemas para el usuario y para el productor de empaques de polietileno, ya que hacen difícil el manejo y procesamiento de los mismos. El productor de empaques no puede tolerar las pérdidas que causan las bolsas que no se pueden abrir fácilmente. Mucho agente de resbalamiento puede causar problemas como la dificultad de sellar con calor, dificultad de apilar sin que se caigan y resbalen paquetes. En el proceso de extrusión el exceso de agente de resbalamiento también puede provocar dificultad de generar calor en el barril de las extrusoras. Lo ideal es utilizar resinas de acuerdo al uso final del empaque, con la cantidad justa de aditivos de resbalamiento y antibloqueo que se requiera.

### 1.4.6.3 Agentes antiestática

Algunas aplicaciones requieren el uso de agentes anti estática en las resinas de polietileno, usualmente para prevenir que el polvo se adhiera a la superficie.

Todos éstos aditivos normalmente vienen mezclados en las resinas de polietileno que se encuentran disponibles comercialmente y se detallan en hojas técnicas de información del proveedor respectivo.

### 1.4.6.4 Pigmentos

Pueden encontrarse comercialmente en una gran gama de colores para ser mezclados con las resinas vírgenes en los porcentajes requeridos para lograr los tonos deseados del producto final. Pueden conseguirse en polvo, líquido o partículas granuladas y son llamados "*master-batches*".

Los "*master-batches*" son resinas termoplásticas con homogénea dispersión y concentración de pigmentos, agentes colorantes y aditivos.

Con tonos que pueden ser opacos o transparentes sus propiedades deben ser constantes:

- Coloración impecable
- Duración larga
- Buena termo-estabilidad
- Resistencia a radiaciones UV
- No tóxico

#### **1.4.7 Tintas para la impresión del polietileno**

Usualmente sólo el polietileno tratado en su superficie puede ser impreso. El tratamiento o pretratamiento del polietileno crea una superficie oxidada controlada, la cual es receptiva a tintas especialmente formuladas para adherirse a ella.

Superficies bien tratadas de polietileno, no requieren tintas muy especializadas. Sin embargo, las tintas disponibles comercialmente difieren en sus propiedades adhesivas, por lo cual es de mucha utilidad probar la adhesión antes de imprimir con alguna marca en especial.

Los substratos o superficies de polietileno se imprimen comúnmente por el método flexográfico. Un gran número de tintas flexográficas para el polietileno se encuentran disponibles en el mercado. También es utilizado el método de impresión llamado rotograbado, para el cual se utilizan tintas conocidas como tintas para grabado tipo "D". Las tintas flexográficas son algunas veces, utilizadas para el rotograbado, lo cual no es muy aconsejable porque para mejores resultados, diferentes solventes deben de ser utilizados. Por otro lado, las tintas para el rotograbado no pueden usarse en las prensas de impresión flexográfica debido a que los solventes utilizados atacan los rodillos y placas de hule de la impresora.

#### **1.4.7.1 Características de las tintas flexográficas**

Debido a que el polietileno es **no** absorbente de las tintas flexográficas, aún después del pretratamiento, las tintas desarrolladas para esa aplicación son del tipo no absorbente, de secado relativamente rápido, de gran brillo y no requieren altas temperaturas para su secado. En general, estas tintas se componen de:

- Vehículo solvente
- Colorante
- Resina
- Aditivos que imparten brillo y resistencia

Los colorantes son sustancias que imparten color a la tinta, el colorante puede ser un pigmento, una tintura o mezcla de los dos.

Un pigmento es un sólido que se encuentra en forma de suspensión en la tinta y de tamaño muy pequeño, usualmente es insoluble en el medio. Una tintura difiere de un pigmento por su solubilidad en diferentes solventes.

En general, los colores deben hacerse tan fuertes como sea posible para que delgadas capas de tinta puedan ser aplicadas.

La porción adhesiva de la tinta es una resina mezclada con materiales modificadores agregados para cumplir con los usos finales, material a imprimirse, equipo de impresión y método de impresión.

El solvente de la tinta es usualmente un líquido orgánico, el cual disuelve la resina adhesiva, y los aditivos en donde se encuentran suspendidos los colorantes. La velocidad de secado de la tinta, importante especialmente en impresiones multicolor, depende del solvente.

La proporción tinta-solvente, es extremadamente importante según sea la velocidad a la que se va a imprimir, diseño y colores que se usarán. La velocidad de secado del solvente a utilizar es determinada por su tasa de evaporación. La mayoría de los solventes son alcoholes, por ejemplo:

- Alcohol isopropílico (secado lento)
- Alcohol etílico (secado medio o rápido)
- Alcohol metílico (secado rápido)
- Acetato de etilo (secado rápido)

Pueden mezclarse para lograr requerimientos especiales del solvente, pero con mucho cuidado, ya que algunos solventes no son compatibles.

Al evaporarse el solvente, quedará una película delgada y flexible de tinta, firmemente unida a la superficie de plástico. Un rendimiento ideal de tinta es aproximadamente 2/3 de galón por 1000 pies cuadrados. Dicho rendimiento es influenciado por la dilución del solvente, por el tipo de superficie y la aplicación.

Las superficies de polietileno pueden imprimirse por el método flexográfico a velocidades por encima de 240 m/min, tal velocidad puede ser afectada por factores como la velocidad de secado de la tinta, el grado de perfección de los clisés, el diseño que se esté imprimiendo, la cantidad de colores y el área que se esté imprimiendo.

Las tintas están diseñadas para un secado rápido, son brillantes, resistentes al raspado, al bloqueo tinta-tinta o tinta-sustrato, a la humedad, al congelamiento, a la mayoría de aceites, solventes, ácidos, álcalis, jabones y detergentes.

Las tintas deben ser inoloras, habiendo secado sobre la superficie del polietileno y no transmitir ninguno de sus componentes por migración a los objetos que van a ser empacados.

## **1.5 Características de los empaques flexibles de polietileno**

Algunas características hacen la película de polietileno ideal para el empaque:

### **1.5.1 Flexibilidad**

Esta propiedad consiste en que la película de polietileno es fácil de doblarse sin se rompa.

Dependiendo de la resina utilizada y el espesor que tenga la película, esta tiene muy buenas propiedades ópticas para la exhibición del producto y su presentación.

### **1.5.2 Brillo**

Es otra de sus características estéticas, ya que refleja la luz y ésto le da realce y lustre al empaque.



### **1.5.3 Durabilidad**

No es fácilmente degradable, pueden pasar muchos años antes de que esto suceda.

### **1.5.4 Resistencia**

Tanto resistencia a elementos y combinaciones químicas que pudieran atacar a otros materiales, como resistencia mecánica en el rozado, en la ponchadura, etc.

### **1.5.5 Procesabilidad**

Debido a que tiene un rango amplio de termosellabilidad, es fácilmente convertible en bolsas de todo tipo; por ser un material termoencogible también se usa en este tipo de empaque por ejemplo en jabones y además es fácilmente imprimible para efectos de exhibición y publicidad de su contenido.

### **1.5.6 Barrera**

La película de polietileno presenta excelentes propiedades de barrera, ya que no permite el paso de gases, ni líquidos de cualquier clase. No absorbe aceites ni grasas.

### **1.5.7 Propiedades eléctricas**

La película de polietileno es un buen dieléctrico y posee muy buenas propiedades antiestáticas.

## 1.6 Tipos de empáques flexibles de polietileno

A medida que la tecnología avanza se pueden encontrar nuevos procesos de conversión de la película extruida de polietileno, ya sea en tubo o en película plana (lienzo o tela).

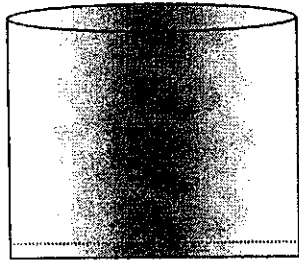
### 1.6.1 Bolsas

Hay muchos tipos de bolsas, entre las más utilizadas se encuentran las que a continuación se describen:

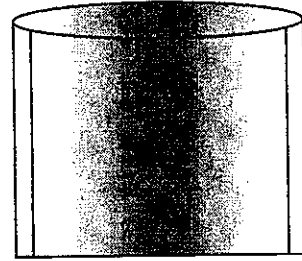
- Bolsas de sello lateral: es decir selladas longitudinalmente a los lados con el fondo sin costura o sello.
- Bolsas con sello de fondo: son hechas a partir del tubo extruido y sin sellos a los lados, sólomente con uno al fondo, el cual es transversal.
- Bolsas con sello de fondo y sello lateral: las que se fabrican a partir de la película plana y tienen un sello longitudinal y otro transversal.

- Bolsas con fuelles: los fuelles son dobleces que se hacen en los extremos de la bolsa, pueden estar tanto en el fondo como en los lados.
- Bolsas troqueladas: del tipo gabacha o "t-shirt", óvalo y perforadas.
- Bolsas con asa; o sea con agarradores de plástico soldados en la boca de la bolsa.
- Bolsas con pestaña, una de las caras de la bolsa es más larga que la otra, quedando un excedente de película en uno de sus lados, el cual puede usarse para colgar la bolsa en ganchos o simplemente doblarse sobre la otra cara para efectos de cerrar el empaque.
- Bolsas con lip o labio, son las que tienen un doblez en la boca de la bolsa en uno de sus lados, puede ser interior o exterior y se usa comúnmente en empaque de ropa (camisas).

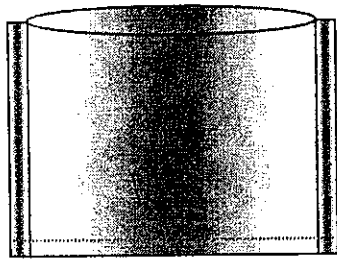
Figura 4. Tipos de bolsas.



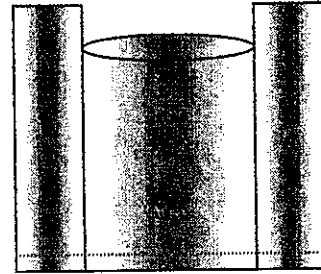
Con sello de fondo



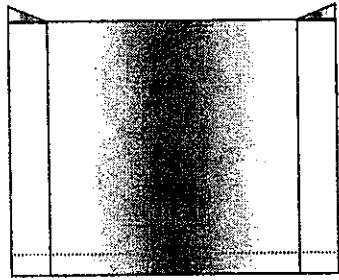
Con sello lateral



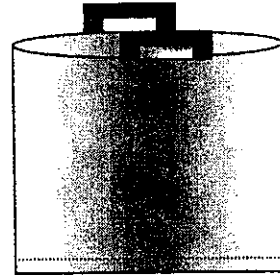
Con sello lateral y de fondo



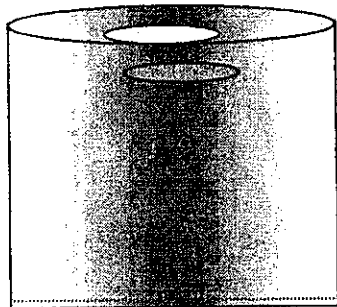
De supermercado



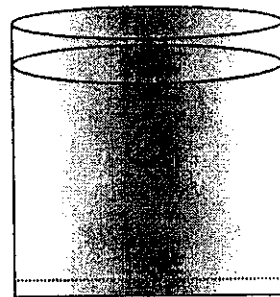
Con fuelles laterales



Con asas



Con pestañas



Con labio superior

### **1.6.2 Lienzos y película continua**

La película plana, se obtiene de cortar un tubo a lo largo de sus extremos cuando se extruye. Puede cortarse transversalmente para obtener áreas rectangulares de película o lienzos y también longitudinalmente en anchos variables, obteniendo bobinas de película muy larga.

Estas se utilizan para formar bolsas directamente en el proceso de empaque de diferentes productos, normalmente bolsas con tres sellos (boca, fondo y longitudinal), para empaques de polvos, dulces y líquidos.

### **1.7 Aplicaciones de los empaques flexibles de polietileno**

El polietileno es una resina barata por el hecho de su baja densidad. El fabricante de empaques flexibles de polietileno puede obtener más área de variado espesor por unidad de peso de resina que de cualquier otra resina aplicada a la fabricación de película.

Las aplicaciones son variadas debido a sus características de durabilidad, resistencia, transparencia, brillo, barrera, flexibilidad y posibilidades de impresión. Desde su uso en invernaderos, para la protección de algunos vegetales de las radiaciones UV, salineras para la obtención de ese mineral, hasta el empaque de alimentos, químicos, ropa, protección ante el polvo, contaminación, humedad y olores, no hay película más adecuada que la del polietileno. Sus aplicaciones generales son de protección, exhibición y manejo de productos.

### 2.2.3 Procesos de conversión

Las películas de polietileno, pueden ser convertidas en diferentes tipos de empaque:

- Bolsas de sello de fondo
- Bolsas de sello lateral
- Bolsas de tres sellos
- Lienzos
- Bobinas de diferentes anchos

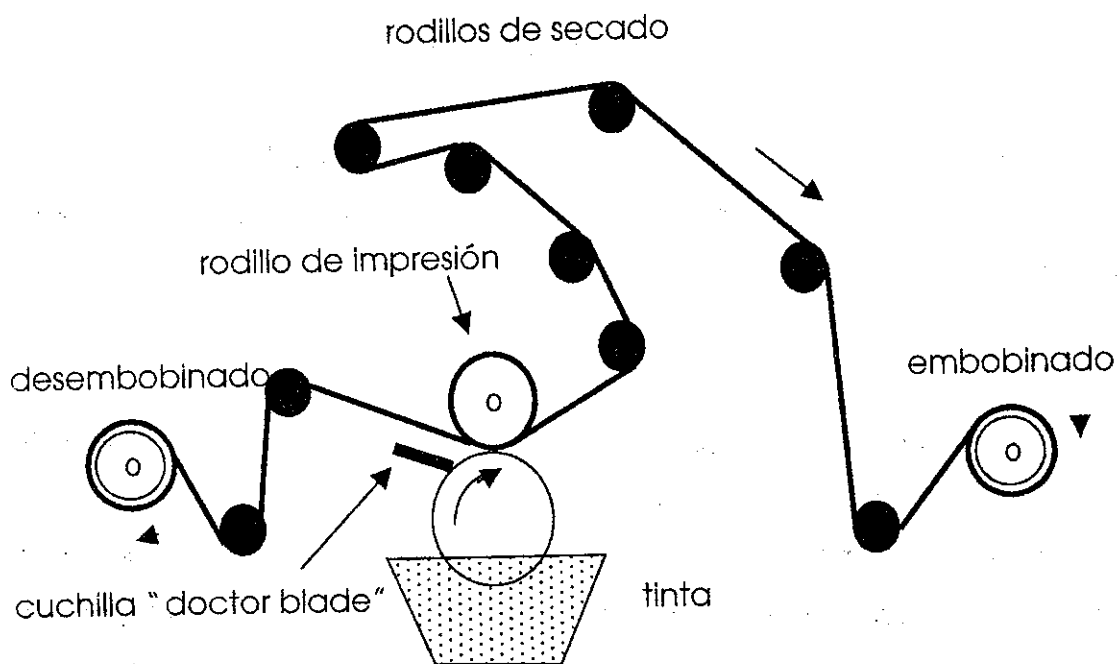
Existe maquinaria muy versátil que puede producir uno o varios tipos de bolsas a altas velocidades, utilizando las bobinas de película impresa o no.

Para el caso de bolsas impresas, las máquinas controlan el sello y corte por medio de fotoceldas. Los largos de repetición están dados en el proceso de Impresión, dependiendo del diámetro de los rodillos portaclishés que se utilizaron para imprimir las bobinas de película. Cuando las bolsas no son impresas, el corte y sello se gradúa en la máquina para obtener las medidas deseadas del empaque.



El grabar rodillos de este tipo en cada impresión es de un costo muy elevado pero se compensa con la habilidad de obtener impresiones con finos detalles de mayor calidad. Esto hace el rotograbado mucho más económico que la flexografía en impresiones de gran volumen que justifiquen el costo de grabar rodillos para cada trabajo de impresión.

Figura 12. Unidad de impresión de un color en rotograbado.



Otros procesos utilizados para la impresión de películas de polietileno son: offset y serigrafía; los cuales son rara vez utilizados debido a que no resultan económicos desde el punto de vista de la velocidad de producción y los costos en que se incurre.

En flexografía, la impresión sobre la superficie es hecha por altos relieves de caracteres hechos en una plancha flexible alrededor del rodillo porta-clishés. La tinta en los recipientes contenedores, es transferida a rodillos de hule y luego al rodillo "Anilox" que se encarga de dosificar la cantidad de tinta sobre los altos relieves del clishé. La palabra Anilox se refiere a un rodillo de acero inoxidable o cerámico que está gravado con finas pantallas o tramas, cuyo propósito es la dosificación controlada de la tinta que se transmite a los clishés.

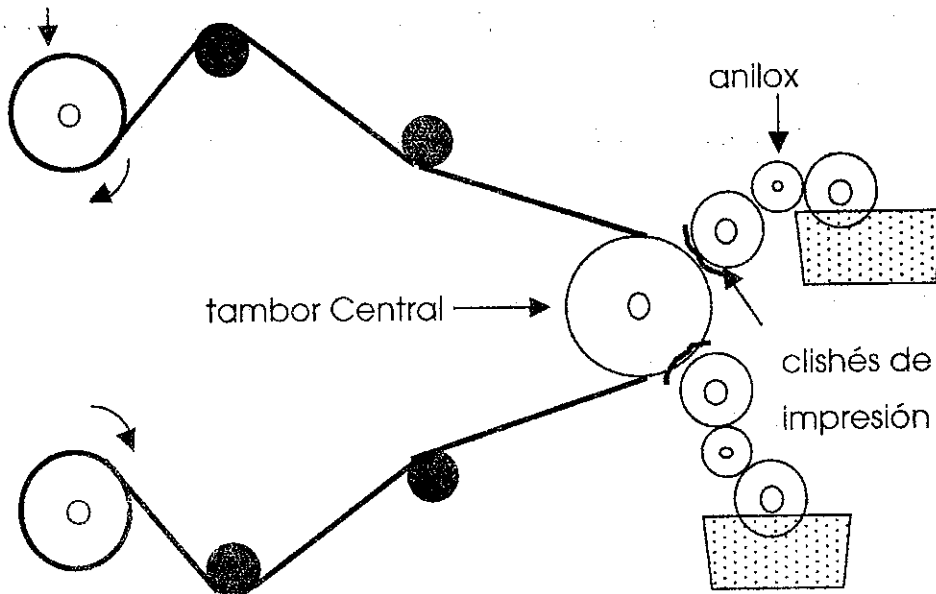
El método de impresión flexográfica es el más utilizado en la industria de los empaques flexibles de polietileno dada su versatilidad, bajo costo y velocidad.

#### **2.2.2.5 Rotograbado**

Un rodillo de impresión presiona a la película de polietileno contra un rodillo grabado con bajos relieves. La tinta es retenida por los bajos relieves y transferida a la película por contacto. Una cuchilla llamada "doctor blade" se encarga de mantener libre de tinta el rodillo grabado, dejando tinta solamente en los bajos relieves. Unidades multicolor tienen varias unidades individuales como la mostrada en la figura 12. Es de hacer notar que en este proceso de impresión el rodillo de impresión y el rodillo de grabado se encuentran en contacto todo el tiempo en contraste con el contacto intermitente de rodillos en la flexografía.

Figura 11. Unidad de impresión flexográfica de tambor central, de dos colores.

bobina de polietileno  
con impresión



bobina de polietileno  
sin impresión

tinta

En las unidades estándar o "stack" como se les conoce, cada rodillo porta-clishés tiene un rodillo de impresión por separado. En las unidades de tambor central, existe un sólo cilindro de impresión con varias estaciones de rodillo portaclishés. Las unidades con tambor central generalmente brindan una mejor calidad en el registro de impresiones multicolor.

### 2.2.2.4 Impresión flexográfica

La flexografía, es el proceso de impresión que utiliza rodillos y tintas de secado rápido de gran fluidez. En las siguientes dos figuras se describen los principios básicos de impresión flexográfica: a) unidad flexográfica estándar de dos colores, b) unidad flexográfica de tambor central de dos colores.

Figura 10. Unidad de impresión flexográfica estandar de dos colores.

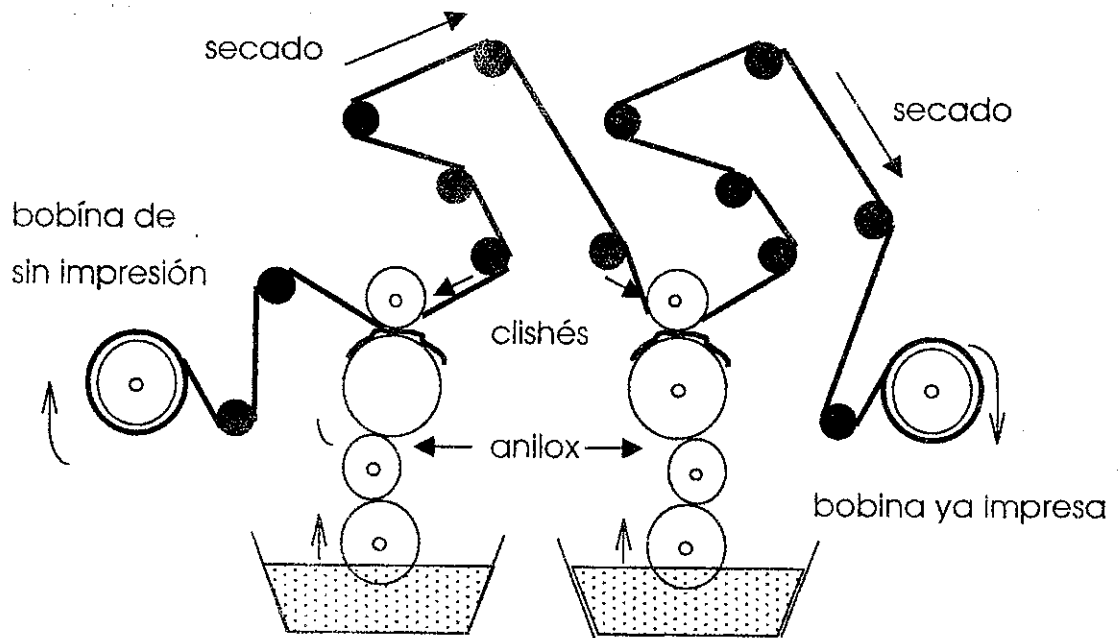
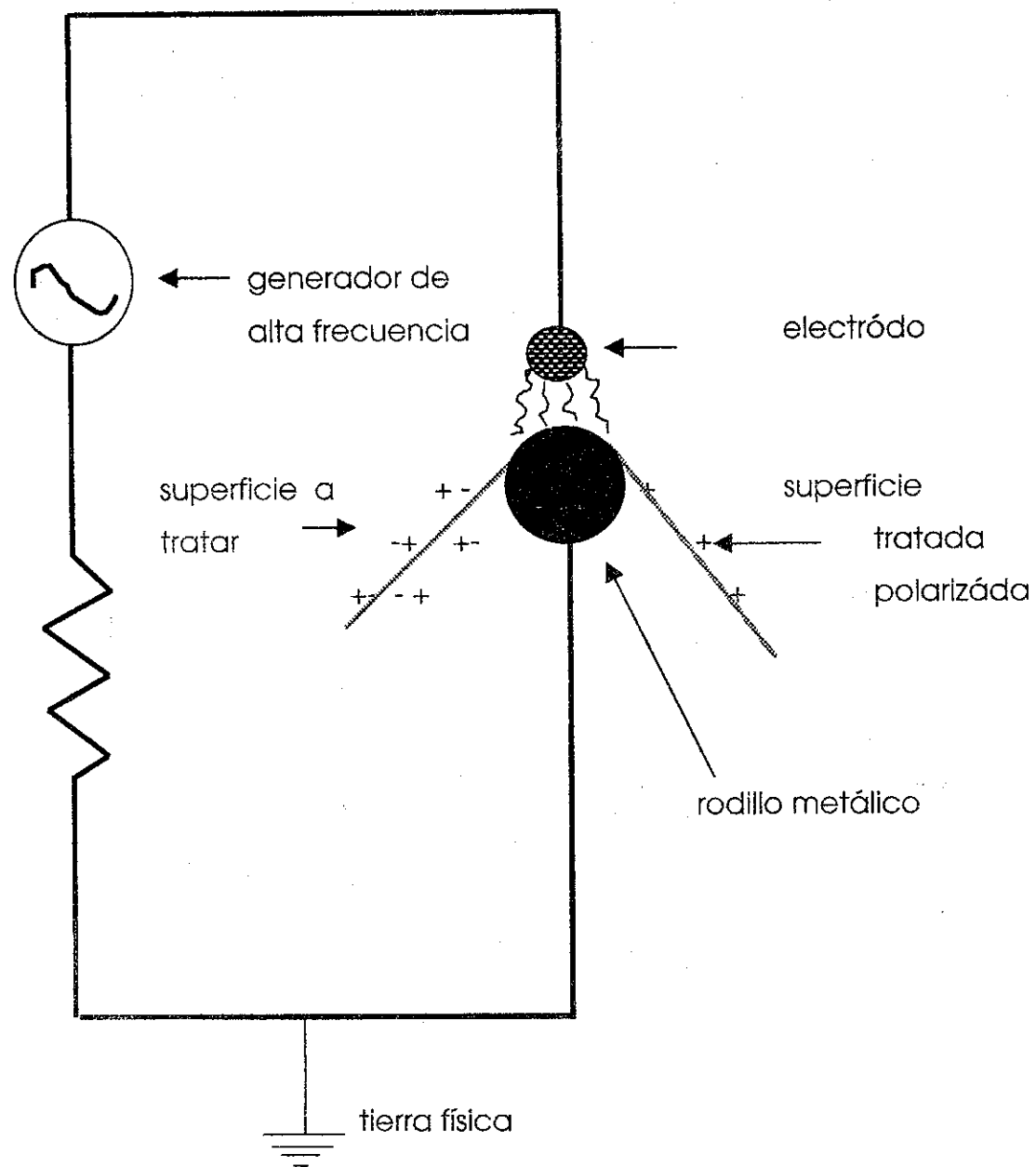


Figura 9. Tratamiento **CORONA** para superficies de polietileno a imprimir.



El sustrato corre sobre un rodillo conectado a tierra y abajo de un electrodo con alto voltaje y carga positiva. Este voltaje generará una chispa que salta desde el electrodo al rodillo metálico debido a la diferencia de potencial, causando una descarga e ionizando el aire entre la abertura. Este ozono generado es la causa de la oxidación en la superficie del polietileno. Al salir del tratamiento corona, la superficie de polietileno está ionizada con carga positiva, lo que actúa como un imán en la tinta que tiene carga negativa. Ver la figura 9.

### 2.2.2.2 Flameado

En este método, una flama está en contacto con la película que corre sobre un rodillo de cromo, éste provee de enfriamiento a la parte de abajo, modificando sólomente un lado de la película de polietileno.

El método de flameado tiene algunas desventajas, como el encogimiento del material cuando el flameado es muy lento y que no puede ser usado en línea después de la extrusión debido a la velocidad tan baja.

### 2.2.2.3 Tratamiento electrónico

Conocido como tratamiento **Corona**, es el método más utilizado en la industria del empaque flexible para lograr imprimir el polietileno. Y consiste en una descarga eléctrica sobre el material. Es relativamente barato, limpio y puede ser fácilmente adaptado a las líneas de extrusión.

Las principales partes de un sistema de tratamiento Corona son un generador, un electrodo y un rodillo metálico.

El pretratamiento puede darse por medios químicos y físicos, ambos medios tienen el efecto de producir una superficie limpia y polar en el sustrato. Esto hace a la superficie, receptiva a la tinta, la cual se adhiere de tal forma que no puede ser removida sin dañar a la superficie misma de la película.

Los tratamientos químicos (oxidación y cloración) son mucho más costosos, difíciles y lentos en su aplicación que los tratamientos físicos. Por tal razón, se explicaran solamente los medios físicos: flameado y tratamiento electrónico.

Estos métodos oxidan levemente las superficies a imprimir, es decir, la polarizan, haciéndola receptiva a la tinta, la cual al evaporarse su vehículo solvente queda firmemente unida a ella.



## **2.2.2 Procesos de impresión**

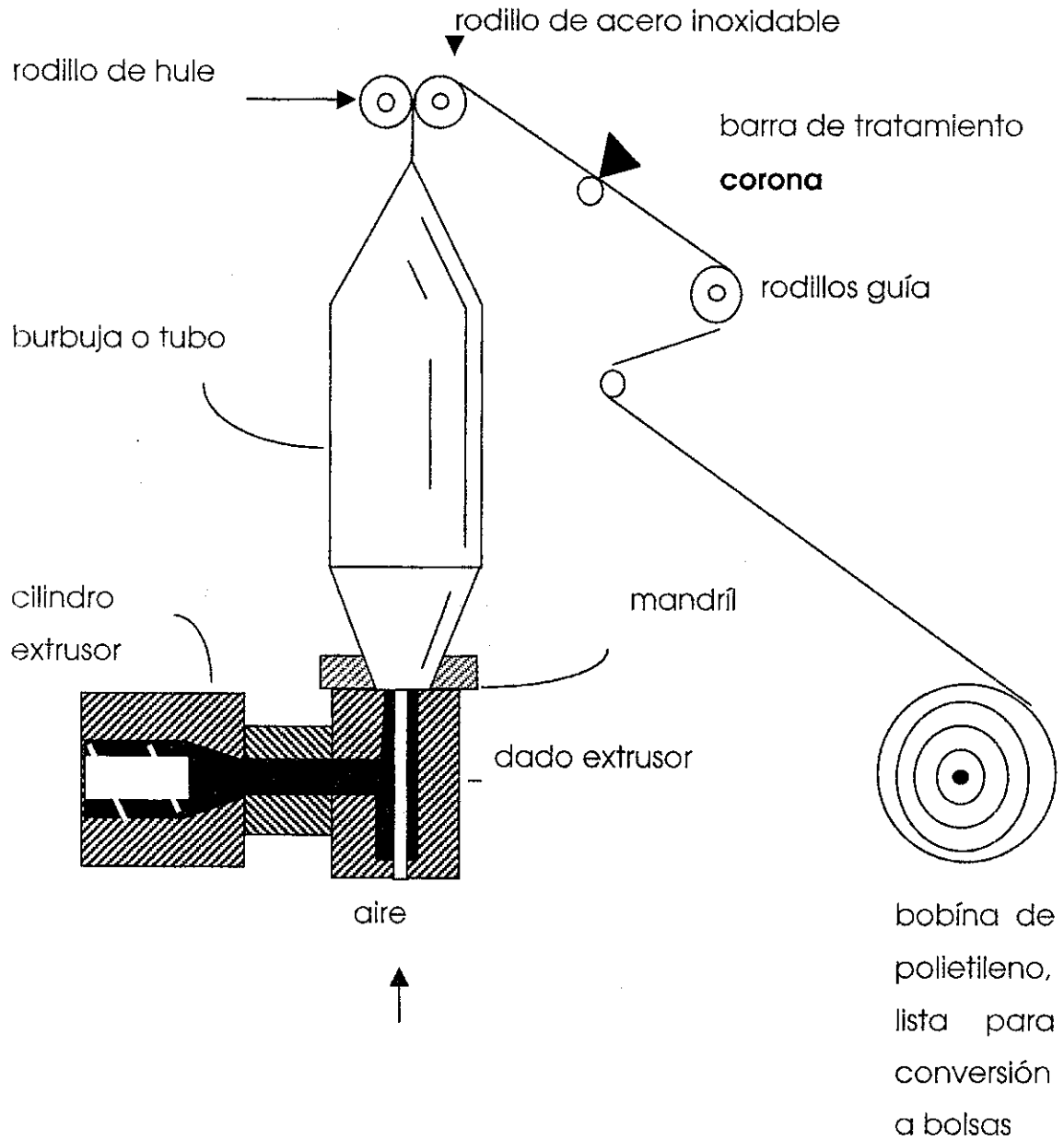
### **2.2.2.1 Pretratamientos para la impresión**

Los sustratos de polietileno deben brindar una adecuada adhesión a las tintas. Prácticamente todas esas tintas tienen una mala adhesión a los sustratos de polietileno, debido en primera instancia a que éstos sustratos son inertes químicamente (característica que los hace tan aplicables para el empaque), son no polares e insolubles en la mayoría de solventes. Es por estas razones que las superficies del polietileno deben ser químicamente alteradas para poder ser impresas.

Para poder alterar químicamente a los sustratos de polietileno, han sido desarrollados métodos de pretratamiento a la impresión. Los cuales proveen de excelente agarre a gran variedad de tintas y resultan en productos impresos de una gran calidad, con alta resistencia al raspado y uso normal del empaque.

El pretratamiento del polietileno, modifica una delgadísima capa de superficie. No todos los polietilenos disponibles reaccionan igual. El grado de impresibilidad dado por un mismo tratamiento resultará diferente en dos tipos de resina diferentes, por ejemplo: el polietileno de baja densidad es más fácil de tratar que el polietileno de alta densidad.

Figura 8. Proceso de extrusión soplada para formar tubo de polietileno.

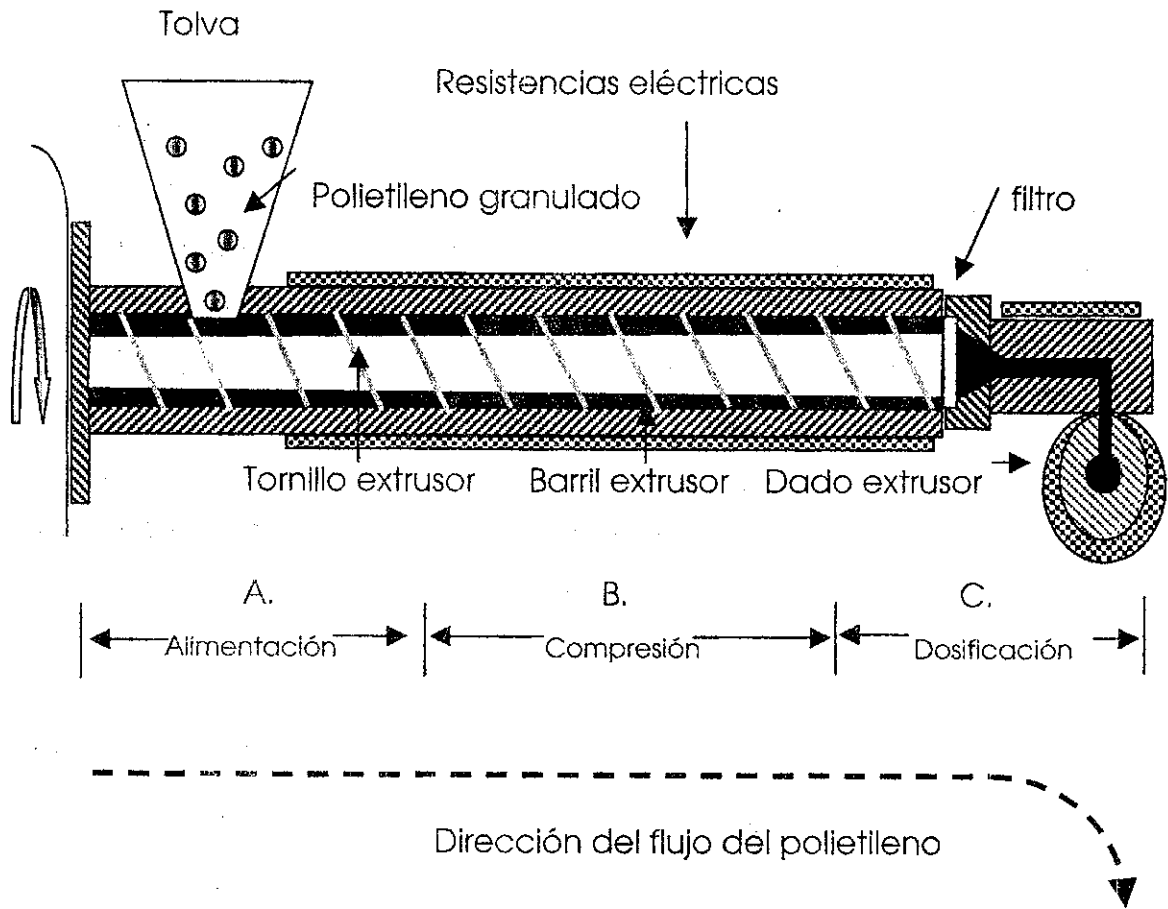


Para la fabricación de empaques flexibles de polietileno se utiliza el proceso de extrusión soplada, en donde se logra orientación molecular a lo largo y transversalmente en la dirección de la máquina, es decir la resistencia en estos dos sentidos está determinada por la orientación molecular.

El resultado de la extrusión soplada es una película en forma de tubo, lo que hace que sea fácilmente convertible en bolsas de sello de fondo. Al mismo tiempo este tubo puede ser cortado en sus dos extremos para obtener bobinas de película continua, las cuales pueden ser transformadas en bolsas de sello lateral.

En extrusión soplada, la resina fluída entra a un dado en forma de anillo y forzada alrededor de un mandril adentro del dado; en medio del mandril hay una abertura por donde se induce aire para formar una burbuja con el material que ha salido. Esta burbuja, tras alguna altura de suspensión, es aplanada por medio de dos rodillos y luego embobinada, quedando lista para posteriores procesos de conversión a empaques.

FIGURA 7. Sección longitudinal de una máquina extrusora típica.



Las películas de polietileno se definen como láminas no más gruesas de 0.25 mm. La uniformidad en el grosor de las películas de polietileno es muy importante; muchas propiedades físicas y ópticas así también como la sellabilidad varían con el grosor de la película.

Finalmente, el fluido pasa a través de filtros que sirven para atrapar elementos extraños en el material y para incrementar la presión en el barril de extrusión o cilindro.

El calor que derrite a la resina es suplido por dos medios, desde el exterior del barril y por fuerzas de fricción y compresión generada por la rotación del tornillo extrusor. El calor generado por fricción del material es mayor que el suplido externamente por medios eléctricos (resistencias alrededor del barril extrusor). La relación largo sobre diámetro del tornillo de extrusión para polietileno es muy importante, usualmente oscila entre 16:1 y 30:1. Este tornillo de extrusión para polietileno debe de tener un paso constante y una profundidad de canal a decreciente. Consta de tres zonas:

- a. Zona de alimentación: cuya función es transportar la resina sólida de polietileno a las zonas más calientes.
- b. Zona de compresión: en donde se comprime y mezcla el material.
- c. Zona de dosificación: produce una salida uniforme y constante del material a través del dado de extrusión.

## 2.2 Procesos principales

### 2.2.1 Extrusión

Extrusión en general, es el proceso mediante el cual se hace pasar la resina de polietileno ya derretida a través de un dado o perfil CIRCULAR, para que el material tome la forma de ese dado o perfil. Esto por medio de la aplicación de calor y presión sobre la resina, de forma continua.

Es por medio de extrusión que se fabrican comúnmente tubos, películas de polietileno y perfiles continuos especiales.

Una máquina extrusora tiene un principio sencillo y básico: la resina de polietileno es alimentada por medio de una tolva a la zona de alimentación de un tornillo sin fin, que se encuentra dentro de un cilindro. Este tornillo sin fin, se encarga de transportar la resina mientras es calentada y derretida, mezclada uniformemente y comprimida por una serie de cambios en el perfil del tornillo. En éste trayecto, el polietileno en forma de gránulos sólidos debe ser transformado en un fluido homogéneo.

Figura 6. Diagrama detallado de procesos en la fabricación de empaques flexibles de polietileno.

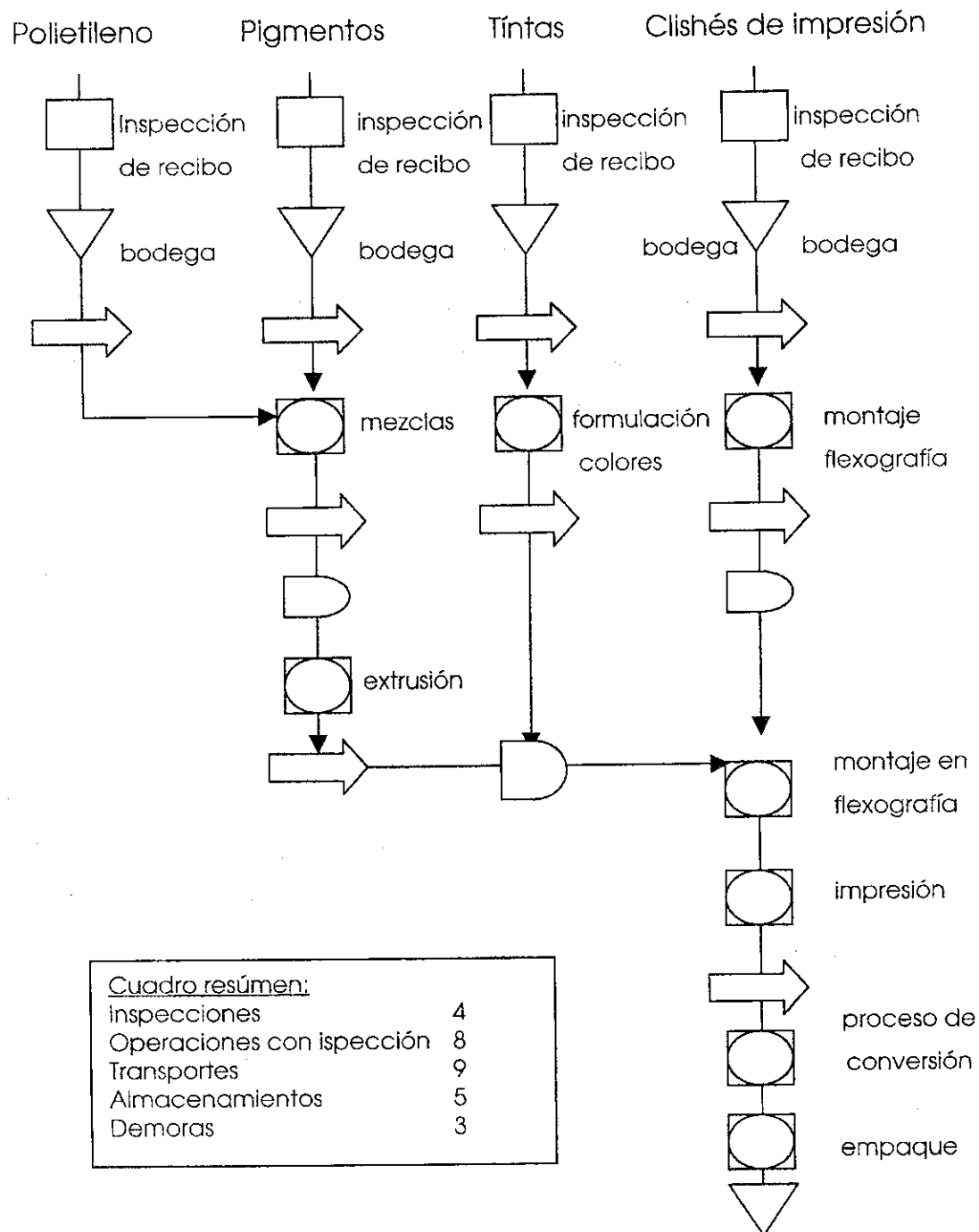
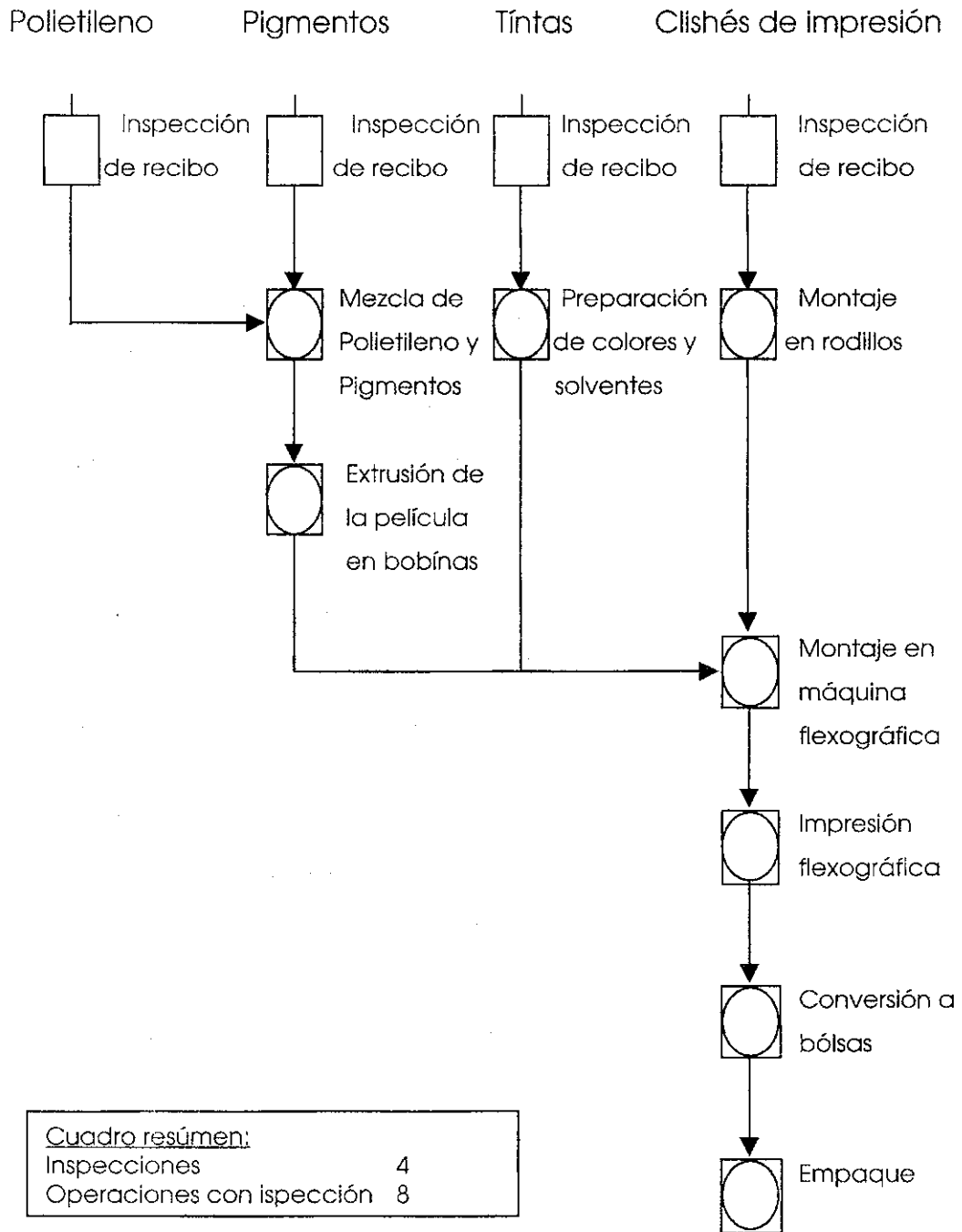


Figura 5. Diagrama general de procesos en la fabricación de empaques flexibles de polietileno.










## 2. EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS EMPAQUES FLEXIBLES DE POLIETILENO

### 2.1 Diagramas de producción

Mediante el diagrama del proceso y flujo del proceso se muestran cuales son las etapas para la elaboración de empaques flexibles de polietileno desde la descripción de los insumos hasta llegar a una bolsa terminada. Aquí utilizamos la simbología convencional para representar los procesos de producción.

-  Proceso Denota una acción de transformación que modifica y agrega valor a un producto.
-  Inspección Representa un revisión de conformidad con las especificaciones.
-  Demora Es un tiempo perdido de espera que no agrega valor, es indeseable y debe tratarse de reducir.
-  Transporte Representa un movimiento físico de traslado de un lugar a otro.
-  Almacén Lugar de resguardo de un producto o material.

Para el caso de bolsas de sello de fondo el ancho viene determinado desde la extrusión en forma de tubo de la película y el largo se determina en las máquinas de conversión.

Las bolsas de sello lateral se producen a partir de bobinas de tubo abierto de un lado y el ancho del tubo determina el largo de la bolsa, el ancho de la bolsa se determina en la maquinaria de conversión.

En las bolsas de tres sellos la maquinaria se encarga de sellar el empaque con un sello longitudinal y dos sellos transversales. Este tipo de bolsa se hace en las mismas líneas de empaque del usuario pues el producto queda dentro de una vez.

### 3. CONTROL TOTAL DE CALIDAD

#### 3.1 Política de control de calidad

##### 3.1.1 ¿Qué es la calidad?

Podemos definir **calidad** como: el grado de adecuación al uso en función de: precio, seguridad, confiabilidad, y apariencia que ofrece un producto o servicio.

Otra definición aceptada es: hacer bien un producto desde la primera vez y que presente menos variabilidad y desperdicio en su proceso de fabricación.

Para los fabricantes de empaques flexibles, que se utilizan en otras industrias podemos decir que **calidad** es la medida del cumplimiento de las especificaciones del cliente.

El cliente define sus especificaciones de acuerdo al uso que le dará al empaque. Si se cumple con ellas, se estará produciendo con **calidad de conformidad** con las especificaciones.

Especificación, es la definición de una característica del producto y es parte de su diseño tal y como se concibe. En empaques flexibles de polietileno existen especificaciones como, el espesor de la película, el ancho de la bolsa, el largo de la bolsa, sello lateral o de fondo, si tendrá fuelles, perforaciones, dimensiones de las impresiones, material a utilizar y colores entre otros.

Los factores de producción que contribuyen a lograr una buena calidad y que la determinan son:

- Maquinaria en buen estado
- Materiales adecuados
- Mano de obra capacitada
- Metodos adecuados (buenas prácticas)

Cualquiera de estos factores inciden directamente en la eficiencia productiva y no se deben considerar por separado si no en forma integral pues ninguno puede producir resultados por sí solo.

### 3.1.2 ¿Por qué es importante la calidad?

En primer lugar la calidad es el reflejo de la forma en que hacemos las cosas. Si se trabaja de forma descuidada y desordenada con cualquiera de los factores de la calidad, el resultado del trabajo será mala calidad. Trabajando con buenos materiales, máquinas en buen estado, con mano de obra capacitada y buenos métodos, los resultados serán óptimos.

La mala calidad lleva asociados costos que son evitables:

- Costos por desperdicios: se dan al rechazar productos de mala calidad que no cumple con especificaciones.
- Costos de reposición: se producen al repetir trabajos que han sido rechazados.
- Costos por pérdida de participación en el mercado: son los costos de oportunidad debido a clientes insatisfechos por mala calidad. Se genera mala imagen del producto y por lo tanto se pierden clientes actuales y potenciales.

Una empresa que incurre en costos excesivos por tales motivos no es rentable, no es competitiva y por lo tanto no tiene razón de ser, en el mercado de hoy.

En la actualidad el mercado de empaques flexibles se está volviendo muy exigente y la competencia es muy fuerte. Cada empresa que se dedica a este campo tiene un porcentaje de participación en él. En este mercado se compite con:

- calidad,
- precio,
- servicio.

La empresa que no se enfoque con estos tres factores está destinada a ir perdiendo la porción del mercado que atiende ahora. La empresa que **sí** lo haga incrementará su participación en el mercado, será estable, y podrá ofrecer seguridad a sus trabajadores.

### 3.1.3 ¿Quién es responsable de la calidad?

Toda la empresa debe sentirse responsable de la calidad ya que cualquier problema de calidad afecta al negocio. Todos pueden contribuir a alcanzarla creando conciencia e insistiendo en ella.

En la producción: la "fuente" de la calidad es el operador que constituye el inspector de calidad ideal, pues hay uno en cada puesto de trabajo todo el tiempo en contacto con el producto.

**Hacer las cosas bien, desde el principio** en toda la organización para evitar la mala calidad y sus costos asociados. Debe ser una meta estratégica.

Cada operador debe detectar los problemas de calidad, detener su máquina, corregir el problema con la ayuda de la supervisión y mantenimiento, para así tener una buena producción con calidad.

El personal de control de calidad sirve de apoyo a las inspecciones de rutina, para: llevar el control estadístico del proceso, certificar la producción, hacer pruebas de calidad especiales, analizar las variaciones del proceso, contribuir con las posibles soluciones y en resumen, ser facilitadores de la producción.

La meta es producir sin incurrir en costos adicionales, con alta eficiencia y calidad. Eso se logra produciendo bien desde la primera vez y no dejando que se produzcan defectos. Cuando se detecten defectos en la línea de producción, ésta debe detenerse hasta corregir las causas para una corrida larga y sin problemas.

### **3.1.4 ¿Qué es la calidad total?**

Para describir el control total de la calidad debemos conocer sus principios:

- La responsabilidad de la calidad recae en quienes hacen el producto. La calidad y su control son el objetivo básico de la producción. Ya no existe un departamento "policía" de control de calidad, sino que un departamento que gestiona y facilita la calidad en la producción.
- Las metas en un sistema de calidad total son: lograr la perfección en todos los aspectos del trabajo y crear un hábito de mejoramiento en todos los niveles de la empresas.



- Un sistema de calidad total utiliza herramientas para medirse: el control estadístico de procesos es un sistema de medición de la calidad en línea que muestra la calidad de forma sencilla, continuamente. De manera que no se produzcan defectos y se detenga toda una línea de producción cuando hayan componentes malos u operaciones defectuosas que ocasionarán rechazos. Entonces se procede a la corrección de los procesos analizando las causas.
- La calidad total es un sistema de **mejoramiento continuo** de las condiciones del proceso y trabajo, proyecto por proyecto, evaluando y proponiendo mejoras graduales en planta.
- El personal de control de calidad debe manejarse como un concepto facilitador de la producción, siendo sus funciones: promover la eliminación de las causas de defectos, llevar las estadísticas en logros de calidad, trabajar con los encargados de compras para vigilar de igual forma los procedimientos y estándares en las fábricas de los proveedores y coordinar la capacitación en control de calidad.
- Algunas técnicas y auxiliares son: al descubrir problemas, trabajar para eliminar las causas de raíz, utilizar dispositivos en máquinas que sean capaces de detectar elementos causales de defectos como funcionamiento defectuoso y desgaste en herramientas. Así como

efectuar las mediciones de las partes producidas y avisar cuando las tolerancias estén a punto de ser excedidas; los círculos de calidad son especialmente considerados al final de toda la cadena de conceptos de control de calidad debido a que se utilizan para afinar los detalles del sistema, y para manejarlo de acuerdo a las circunstancias que se presenten.

## **3.2 Objetivos del control total de calidad**

### **3.2.1 Objetivos generales**

- Elevar la competitividad.
- Apoyar la producción de alta calidad al menor costo.
- Crear conciencia y fomentar el hábito de mejora.

### 3.2.2 Objetivos específicos

- Elevar el nivel de calidad de los empaques en todos los procesos involucrados.
- Reducir niveles de desperdicio.
- Reducir costos evitables originados en rechazos y devoluciones tales como costo de mano de obra, supervisión, energía, tiempo de máquinas y reprocesos.
- Reducir costos de oportunidad por pérdidas de participación en el mercado.
- Aumentar la eficiencia productiva, ayudando a corregir las causas de mala calidad.

### 3.3 Ventajas del control total de calidad

Entre las más importantes podemos mencionar que crea un hábito de automejoramiento en todos los aspectos del trabajo y por lo tanto en la motivación propia de los trabajadores.

Disminuye los costos, pues va de la mano con la eficiencia productiva del empaque, ya que se disminuyen los desperdicios causados por la mala calidad, los rechazos de grandes lotes dentro y fuera de la fábrica, pérdidas de tiempo, mano de obra y recursos productivos utilizados para reprocesos.

Fomenta las ganancias de las empresas al incrementar su participación en el mercado por el incremento y estabilidad de calidad del empaque, que se hace perceptible para los clientes.

Por ser un concepto facilitador de la producción tiende a la simplificación de las operaciones y procedimientos en la fábrica pues ya no es rigurosamente un control sino que se transforma en una filosofía y estilo de administración industrial, que puede ser aplicado a todos los aspectos de la empresa fabricante de empaques.

### 3.4 Etapas para la implantación del control total de calidad

Es necesario al diseñar un sistema de control de calidad, tener definidas las entradas, procesos internos y salidas. Deben ser lógicas en su secuencia e integrar a todo lo que va a tomar parte en el sistema. A saber: materiales, recursos humanos, proveedores, clientes, procesos y métodos.

Una manera sencilla de planear el desarrollo de un sistema de control de calidad tiene las siguientes etapas:

- Dar capacitación sobre beneficios del sistema de calidad a todo nivel.
- Diseñar y definir el equipo de apoyo multidisciplinario a nivel gerencial y ejecutivo.
- Identificar los procesos interáreas funcionales dentro de la empresa.
- Definir las normas y especificaciones de los productos y procesos que se deberán cumplir.

- Crear equipos de tarea asignados específicamente a los procesos para que se dediquen a mejorarlos.
- Establecer indicadores de las metas trazadas, tanto a nivel macro empresarial como a nivel de los grupos de tarea para verificar avances.
- Diseñar los controles, métodos y procedimientos a utilizarse para coordinar todos los recursos de manera ordenada.

El personal de control de calidad, debe contar con toda la información necesaria acerca del producto que se va a fabricar, es decir, las especificaciones del producto. Normalmente en la industria del empaque flexible de polietileno, las especificaciones las define el cliente con base al uso final del producto y presentación que le quiera dar.

El cliente de empaques flexibles, pedirá comúnmente ciertas dimensiones en su bolsa, bobina o lienzo, el tipo de sello que deberá tener, si es impresa o no, colores de la película y de la impresión, si es troquelada, perforada, si deberá llevar fuelles o no.

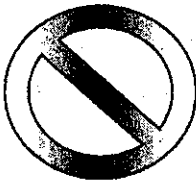
Algunas especificaciones del producto a fabricar, las definirá quien programe la producción del empaque, pues son especificaciones técnicas de fabricación: como el tipo de resinas de polietileno a usar, si hay que mezclar algún aditivo y porcentajes de pigmento para lograr el color deseado.

Sobre todas estas especificaciones debe de estar el control de calidad de la producción, y para el efecto, es necesario que para cada producto se llene una hoja de control de especificaciones como el de la figura 13 que incluya todas las características definidas por el cliente. Es con base a esta hoja de especificaciones que se controlará la calidad del producto, pues cumpliendo con ella se está produciendo con calidad en los procesos de extrusión, impresión, y conversión de empaques flexibles de polietileno.

**FIGURA 13**

**HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA FABRICACION DE EMPAQUES FLEXIBLES DE POLIETILENO**

**ESPECIFICACIONES GENERALES**

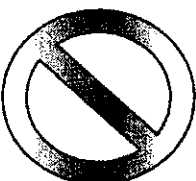
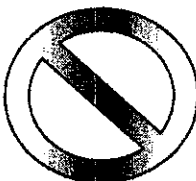
<b>CLIENTE:</b>		<b>USO DEL EMPAQUE:</b>	
<b>TIPO DE EMPAQUE:</b>	BOLSA SELLO FONDO	<b>IMPRESIÓN:</b> 	EN CARA A
	BOLSA SELLO LATERAL		EN CARA B
	BOLSA DE TRES SELLOS		CONTÍNUA
	BOLSA CON LABIO		SIN IMPRESION
	BOLSA "T-SHIRT"		
	BOLSA CON FUELLE		
	BOBINA SIMPLE		

<b>ANCHO:</b>	<b>LARGO :</b>	<b>ESPESOR:</b>
---------------	----------------	-----------------

**ESPECIFICACIONES PARA LA EXTRUSIÓN**

ANCHO	LARGO	ESPESOR	RESINA BASE	% PIGMENTO	COLOR

**ESPECIFICACIONES PARA LA IMPRESIÓN**

CANTIDAD DE	CARA A	CARA B	REFERENCIA A	REFERENCIA B
<b>COLORES</b>				
COLOR 1				
COLOR 2				
COLOR 3				
COLOR 4				

**ESPECIFICACIONES PARA LA CONVERSIÓN**

TIPO DE SELLO	PESTAÑA	FUELLE	TROQUELADO	LABIO
De fondo	Cara A	Lado A	"T-shirt"	Dentro
Lateral	Cara B	Lado B	Ovalo	Fuera
Tres sellos				Cara A ó B



### **3.4.1 Controles de calidad en el proceso**

#### **3.4.1.1 Objetivos**

Evitar la producción de lotes de mala calidad en cada proceso de producción, mediante la inspección rutinaria del operador y con el apoyo de control de calidad. Para lograr este objetivo deben usarse controles gráficos de series de tiempos tales como los que reflejan las dimensiones obtenidas en cada máquina en cierto intervalo de tiempo de las características más importantes, esto refleja la calidad en cada momento y puede ser visto y entendido por todos en la planta.

Disminuir paros de máquina por mala calidad. Para lograr este objetivo debe llevarse un control estadístico del tipo de análisis de causas de Pareto en cada máquina identificando el número de defectos que ocasionan paros, con mira a atacar las causas de la mala calidad y así evitar paros futuros.

Medir la calidad. Con el propósito de tener indicadores del nivel de calidad que se van obteniendo con el tiempo en cuanto a porcentajes de defectos en lotes detenidos, número de lotes detenidos y rechazados, cantidades, tendencias, desperdicios, etc.

Retroalimentar a los departamentos de producción y mantenimiento con información de causas de mala calidad o paros en las máquinas para atacar los problemas de raíz.

### 3.4.1.2 Diseño de controles

El objetivo básico de los controles de la calidad, en la industria de empaques flexibles de polietileno, debe ser el análisis que de ellos se pueda obtener con vistas a mejorar los procesos y sistemas de administración para la producción de calidad de tales empaques.

Las herramientas utilizadas en un sistema de control total de calidad hacen énfasis en el **control estadístico del proceso**. Que centra la atención por la calidad en la fuente de la calidad o sea, producción, y en el análisis que de él se pueda hacer.

Para establecer un control de este tipo, se utilizan las siguientes herramientas básicas:

- Diagramas de flujo del proceso: para seguir el flujo del producto por todas sus etapas y pasos de fabricación.

- Análisis de causas de Pareto: es una gráfica que incluye los trastornos como paros de máquinas, defectos en el producto y entregas tardías en cada parte del proceso y sus posibles causas. Esto con el objetivo de identificar las causas más frecuentes y poder atacarlas de raíz.
- Diagrama de espina de pescado: sirve para el análisis de un problema en particular, sus causas primarias, secundarias y terciarias.
- Histogramas: es útil medir una característica del proceso o producto y representarla en un histograma, para el análisis de un comportamiento en particular y encontrar su causa y si en realidad es problema o no.
- Diagramas de series y cuadros de control: para alguna característica crítica del proceso es útil efectuar mediciones frecuentes en la línea de producción y consignar los datos en gráficas que cubran la jornada completa de trabajo, para poder analizar los cambios y comportamiento del proceso en el tiempo. Los diagramas de series consignan datos de mediciones individuales y límites especificados, mientras que los de control muestran promedios en gráficas X/R y límites del comportamiento del proceso bajo control, (capacidad del proceso).

- Diagramas de dispersión y correlación: cuando el proceso está bajo control estadístico, es hora de pensar en mejorarlo, para lo cual pueden hacerse ciertos cambios en variables importantes del proceso y observar cómo inciden en la calidad. Esto debe medirse en diagramas de dispersión para ver si hay correlación. Una buena correlación identifica una causa probable y un candidato para mejoramiento.

Los operadores de línea y encargados de la producción se convierten en los usuarios de estas herramientas sencillas, pues naturalmente son ellos quienes toman las mediciones y datos de producción.

Lo más importante del análisis que se hace del control estadístico del proceso es, si un proceso está bajo control estadístico o no, y luego ver si el proceso cumple con los límites especificados. Ya que es posible que un proceso tenga control estadístico pero que le falte capacidad para cumplir con especificaciones. En tal caso se procede a buscar una solución ya sea hacerle mejoras al proceso de producción en sí o ampliar los límites especificados que muchas veces se fijan sin pensar mucho en la necesidad o la funcionalidad.

### 3.4.2 Diseño de equipo para pruebas de control

Teniendo definidas las variables críticas que se van a controlar, es necesario definir cómo y con qué se van a efectuar las mediciones en la línea de producción.

Debe tenerse en mente que al diseñar pruebas de laboratorio, éstas deben simular condiciones de uso del producto para obtener aproximaciones de lo que le pueda suceder en uso.

Existen pruebas complicadas y equipos sofisticados para los análisis de laboratorio especialmente relacionadas con la materia prima, ya sea resina de polietileno, aditivos y tintas para la impresión. Comúnmente estas pruebas no están a la mano y además los productos vienen con calidad certificada desde los proveedores, lo cual es una garantía para la industria del empaque flexible de polietileno.

En planta se pueden establecer inspecciones de recepción para la materia prima que verifiquen aspectos como contaminación del producto, fecha de fabricación, números de lote, estado del embalaje y empaque.

En el proceso, se podrán hacer pruebas de procesabilidad de los materiales, advirtiendo las diferencias entre lote y lote de la calidad obtenida por proveedor, condiciones utilizadas, calidad comparativa y pruebas destructivas para la determinación de las diferencias. Esto con la ayuda de equipo diseñado para ser usado en planta que muestre la calidad en forma rápida en cualquier momento y lo más importante, en el mismo lugar de trabajo.

El equipo diseñado en planta sirve para hacer pruebas comparativas y se utiliza como referencia, por lo cual es necesaria su estandarización.

En el capítulo 4 se describen algunas pruebas que se pueden realizar en los departamentos de extrusión, flexografía y conversión del empaque flexible de polietileno.

### **3.4.3 Capacitación del personal a cargo**

Es necesaria la capacitación en materia de calidad a los protagonistas del sistema de calidad. En primera instancia los operadores de línea, jefes, supervisores, mandos medios y superiores de la empresa, para poder lograr una conciencia de la importancia de la calidad y echar a andar el programa.

Puede empezarse por un programa de concientización de la calidad a través de seminarios impartidos por gente conocedora del tema y cuya experiencia respalde el programa. Existen instituciones en Guatemala que imparten seminarios al respecto. Tal es el caso del INTECAP, asociaciones y cámaras profesionales, institutos dedicados a la investigación, las universidades y centros de asesoría empresarial.

La concientización debe ser a todo nivel de la empresa, incluyendo a los departamentos de ventas, producción y administración, para que exista un ambiente y una actitud de querer lograr la calidad.

El siguiente paso es capacitar técnicamente al personal en materia específica del campo de los empaques flexibles de polietileno. Qué es el polietileno, cuáles son sus características, qué son las tintas flexográficas, principios para la obtención de colores, manejo, todo lo relacionado con los factores de la calidad, es decir, el proceso con todas las variables que afectan la calidad del producto final.

Luego debe instruirse a todo el personal en los métodos de medición y toma de datos, pruebas a realizarse en línea, en laboratorio, y manejo del equipo destinado para ello.

El siguiente paso es instruir en el tipo de controles que se va a llevar y determinar cuáles son los datos a consignar en gráficas, reportes, con base a las características críticas y quiénes serán los encargados de llevar estos controles. Si el personal de control de calidad, si los operadores o supervisores de producción.

Deben definirse los canales de comunicación e información, los procedimientos relacionados con la toma de decisiones, las obligaciones y responsabilidades de cada puesto de trabajo.



## **4. FASES DEL CONTROL DE CALIDAD**

### **4.1 Control de calidad en la recepción de materiales**

#### **4.1.1 Definición y propósito**

La calidad de los materiales se hace cada día más importante. Los problemas funcionales causados por materiales defectuosos deben ser evitados pues constituyen fuente de reclamos y pérdida de clientes.

La necesidad de lograr una calidad consistente y constante en los materiales debe empezar con un programa de búsqueda de proveedores, los cuales estarán sujetos a calificación. Un programa de este tipo incluye visita a las plantas proveedoras, para conocer sus controles de calidad y la garantía que ofrecen, pruebas monitoreadas de sus productos en la planta, y seguimiento del producto terminado, por medio de auditorías. Una vez calificado un proveedor se deben definir conjuntamente ciertos estándares de calidad, los cuales se compromete a mantener para que sean revisados al momento de recibirlos en la planta.

Es importante el involucramiento del departamento de compras en la selección y calificación de proveedores juntamente con el departamento de producción. La calificación de proveedores debe incluir también aspectos como tiempos de entrega, plazos de crédito y servicio postventa.

Algunos proveedores ofrecen calidad certificada, lo cual constituye una garantía para la empresa. En las resinas de polietileno, el proveedor ofrece una lista de las características de calidad que tiene su producto y que se conoce como hoja técnica del material, en tales casos la inspección de recibo se limita a una inspección visual de las condiciones del material en aspectos como contaminación, condición del empaque y embalaje.

#### **4.1.2 Control de calidad en la recepción del polietileno y aditivos**

##### **4.1.2.1 Normas y especificaciones de calidad**

Dependiendo del uso final del producto, el fabricante de empaques flexibles de polietileno deberá elegir las resinas que se ofrecen en el mercado, las cuales presentan ciertas características particulares de calidad. Estas características se presentan en las hojas técnicas del proveedor y entre las más importantes a considerar para su elección se encuentran:

- **Su aplicación:**

- Propósito general
- Propósito general mediana claridad
- Propósito general alta claridad
- Alta claridad
- Lineal de alta resistencia
- Uso pesado industrial
- Alta densidad
- Copolímeros

- **Índice de flujo:** describe el comportamiento del fluido de polietileno bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. Las resinas de polietileno se encuentran disponibles con un rango del índice de flujo entre 0.10 a 250 gr/10 min. En extrusión soplada para la fabricación de empaques flexibles se utilizan resinas con un melt index de 0.1 a 4 gr/10 min. La prueba para determinar el índice de flujo o melt index de una resina de polietileno está regida por la norma ASTM D 1238 y consiste en un aparato que mide el peso extruido en gramos durante 10 min. por un cilindro de acero y pistón con cierto peso termostáticamente controlado a través de un orificio de 2.1 mm y a una temperatura de 190 grados centígrados. El índice de flujo de una resina es entonces el peso en gramos extruído durante 10 minutos en este aparato.

- **Densidad:** la densidad puede ser determinada en gramos/cc por el método ASTM D 1505, bien conocido como "columna gradiente de densidad", que consiste en un tubo de vidrio conteniendo líquido con densidad decreciente del fondo a la parte superior. Pequeñas piezas de película o material moldeado de polietileno se dejan caer dentro de este líquido dejando que se estabilicen a un cierto nivel en donde su densidad corresponde a la densidad del líquido la cual es conocida en cada punto de la columna.
- **Límite elástico:** el límite elástico es la más alta fuerza de tensión o esfuerzo, en libras por  $\text{cm}^2$ , de sección transversal a que es sometida una probeta moldeada de polietileno y que le permita volver a su forma original cuando la fuerza de tensión es removida. El esfuerzo de tensión en donde se rompe esta probeta es llamado el punto de ruptura, la elongación obtenida antes de este punto se expresa como la elongación del material y se da en porcentaje.
- **Resistencia al impacto:** por medio de la prueba de dardo ASTM D 1709 un dardo con punta redondeada es tirado a una película sujeta por un bastidor. La prueba se hace cuatro veces con diez tiradas por vez y con peso diferente cada vez. Se plantea una gráfica % de fallas contra peso en gramos de los dardos utilizados y el resultado indica el peso (gramos) que corresponde al 50% de fallas o rupturas del material obtenido por interpolación.

- **Punto de fundición:** cuando el polietileno es calentado arriba de los 70 grados centígrados, su cristalinidad se empieza a perder gradualmente pasando a un estado amorfo. El punto donde se alcanza un 100% de volumen amorfo es cuando se ha pasado de un estado sólido a líquido y se llama punto de fundición.
- **Resistencia química:** el polietileno es un material altamente resistente a una gran variedad de productos químicos como ácidos orgánicos, alcoholes, aceites y detergentes; a mayor índice de flujo, menor resistencia a solventes químicos.
- **Claridad de película:** una característica comúnmente deseable en el polietileno, es la claridad y el mínimo de opacidad. Una prueba de laboratorio para determinar la opacidad de las películas es la regida por la norma ASTM D. 1002. Este método determina las propiedades de transmisión de luz medidas por una fotocelda que da lecturas en porcentajes de luz difundida por el espécimen de prueba.

- **Cantidad de resbalamiento:** para medir la cantidad de resbalamiento, se utiliza la prueba de plano horizontal, en donde se pone en movimiento una muestra de película sobre una superficie de coeficiente de fricción conocido, aplicándosele una fuerza paralela al plano y determinando la diferencia de la fricción generada.
- **Bloqueo:** el bloqueo de las películas se determina por pruebas cualitativas de comparación. Las resinas se clasifican, sin bloqueo, con bloqueo muy débil, con bloqueo débil, y con bloqueo.

Todas estas características o propiedades de las resinas están indicadas en hojas técnicas de cada una de ellas. Normalmente, no se cuenta con el equipo apropiado para comprobarlas, ya que es sofisticado y muy específico. Además, el proveedor de resinas de polietileno generalmente tiene certificada la calidad de sus resinas por lo que basta una inspección de recibo por parte del departamento de control de calidad que incluya aspectos tales como:

- Apariencia
- Humedad aparente

- Fecha de fabricación
- Número de lote de fabricación

Los proveedores garantizan la calidad lote a lote de sus productos, pero es difícil que pequeñas variaciones sean evitadas, por lo que es bueno hacer una prueba de arranque cada vez que se utilicen resinas que nunca se han utilizado y registrar las condiciones de proceso y calidad obtenidas en la película.

En planta se pueden diseñar pruebas de laboratorio "caseras" y que proporcionen información de referencia entre los tipos de resina utilizada y tipos de película obtenida. Estas pruebas deben tener como propósito simular las condiciones normales y extremas de uso de los empaques flexibles de polietileno.

### 4.1.3 Control de calidad en la recepción de tintas flexográficas

#### 4.1.3.1 Normas, especificaciones, equipo y pruebas para controlar la calidad

El control de calidad de las tintas flexográficas empieza con la selección de un buen proveedor.

Debe diseñarse un sistema de recepción de tintas, que verifique en primer lugar que se ha recibido correctamente el pedido y almacenarlo en áreas que se encuentren a temperaturas adecuadas para el tipo de tintas que se está recibiendo. La características usuales que deben chequearse al momento de recibir las tintas son:

- **La viscosidad de la tinta:** tiene que permitir ajustes de dilución por lo cual no debe venir más baja de lo que se trabaja en la prensa usualmente. Se mide por medio de copas, ya sea Zahn No. 2 o Din No. 4, en segundos. Se debe establecer con el proveedor, cual es la viscosidad de la tinta que va a entregar, es decir, establecer en conjunto, cuál es el estándar de la viscosidad al momento de recibirla.



- **El estándar de color:** no debe tener variaciones y debe mantenerse fijo, pues en la mayoría de los casos son colores base que sirven para la preparación de colores especiales, o colores especiales definidos por el cliente. Esto se revisa por medio de barras de arrastre que proporcionan una aproximación de la intensidad y tono del color en una impresión terminada.
- **La adhesión de la tinta:** es una de las características de calidad más importantes, se revisa por medio de raspar los arrastres hechos sobre superficies de polietileno ya tratadas para la impresión y por medio de la prueba del "tape", en la cual se adhiere una banda de cinta adhesiva sobre el arrastre, desprendiéndola rápidamente. La tinta no debe desprenderse de la película.
- No debe existir **contaminación** de elementos extraños en la tinta.
- **Tamaño de grano:** sobre una superficie pulida de metal, se hace un arrastre con una barra metálica lisa. Esto nos muestra el tamaño de los granos de pigmento que están suspendidos en el vehículo solvente, los cuales deben ser uniformes.

## 4.2 Control de calidad en el proceso de producción

### 4.2.1 Procedimiento del control de procesos

Los datos de calidad de la producción en máquina durante el turno serán consignados en los formatos diseñados para el control estadístico del proceso por el operador responsable de la producción y así involucrarlo directamente en el control de calidad.

Los formatos para llevar a cabo el control estadístico de procesos pueden ser de: análisis de causas de Pareto, diagramas de causa - efecto, histogramas, diagramas de series de tiempo, gráficas de control y diagramas de dispersión.

El personal operativo se encargará de mantener estable el proceso de acuerdo a las normas y especificaciones definidas por el cliente y el uso del producto, se referirá al control gráfico que esté anotado en las máquinas y a la propia inspección constante de la calidad. Proporcionará al personal de control de calidad la ayuda necesaria en la obtención de muestra para las revisiones correspondientes. La responsabilidad de la calidad está en el personal operativo quien tiene que resolver los problemas inmediatamente después que se detecten. La supervisión del departamento, la de

control de calidad y mantenimiento están obligados a apoyar al personal operativo para la resolución de sus problemas lo antes posible.

El objetivo es evitar producciones que no cumplen con las especificaciones, que luego serán rechazadas por el personal de producción de procesos subsiguientes o por el personal de control de calidad.

El personal de producción podrá en cualquier momento rechazar productos que están defectuosos y que les ocasionarán desperdicios o mala calidad en el proceso que realizan. Para eso el departamento de extrusión deberá pasar buenas producciones a flexografía y éste a transformación.

#### 4.2.2 Normas y especificaciones de extrusión

- **Claridad y resistencia:** definen la mezcla de resinas que se va a utilizar y es definido por el uso de la bolsa o película.
- **Tubo o lienzo:** esta indicación se refiere a la forma en que se produce la película, Para los tubos que van abiertos de un lado y par a los lienzos es importante la calidad del corte.

- **Ancho de extrusion:** es el ancho ya plano de la película extruida que se embobina, ya sea en lienzo o en tubo.
- **Espesor total de la película:** es la medida del espesor tomada sobre las dos caras del tubo. Cuando se trata del espesor de un lienzo debe especificarse que es por cada lienzo.
- **Color:** se refiere al color de la película pigmentada que debe ser uniforme, sin variaciones notables.
- **Tratado:** es el tratamiento corona que se le da a la superficie del film para que haya adhesión de la tinta flexográfica. Debe especificarse si el film no lleva tratado, tratado un lado o tratado a ambos lados.
- **Fuelles:** son los dobleces que se hacen hacia adentro de los lados del tubo.

#### 4.2.2.1 Defectos en extrusión

- Variaciones en el ancho de extrusión
- Variaciones en las dimensiones de fuelles
- Variaciones en espesor total
- Tratado "corona" mal aplicado
- Colores fuera de especificación
- Arrugas y venas
- Reventones
- Bloqueo excesivo

- Demasiado slip
- Contaminación en el plástico
- Baja resistencia

#### **4.2.2.2 Clasificación de defectos en extrusión**

##### **4.2.2.2.1 Tipo "A" (criticos)**

- Ancho fuera de especificación
- Fuelles fuera de especificación
- Espesor fuera de especificación
- Mal tratado
- Bloqueo
- Mala resistencia

#### 4.2.2.2 Tipo "B" (medios)

- Colores fuera de especificación
- Arrugas

#### 4.2.2.3 Tipo "C" (leves)

- Venas
- Reventones
- Slip
- Contaminación
- Mala tensión

### **4.2.2.3 Control estadístico del proceso de extrusión**

Para las características que presentan mayor variabilidad, deben llevarse gráficas de control de series de tiempo para límites de especificaciones. Tales como formatos en donde se indique la medida nominal y las variaciones que pueden registrarse por arriba o abajo de lo especificado cada cierto intervalo de tiempo.

Las características que presentan más variación en un proceso de extrusión soplada son el ancho del tubo extruido, la medida de los fuelles que se hacen a los lados, y el espesor de la película.

Pueden agregarse a estos formatos, características a chequear durante el turno que no presentan mucha variación, como el color de la película, la calidad de pretratamiento para la impresión, la calidad de embobinado, de resbalamiento que se obtiene y del bloqueo. Esto con el propósito de que exista un registro de calidad del proceso, y asegurar que se están realizando las inspecciones.

Para análisis de defectos, son muy útiles las distribuciones de frecuencias, que dan una aproximación del comportamiento global del proceso y la cantidad de variación y dispersión en las dimensiones.



### 4.2.3 Normas y especificaciones en flexografía

Las normas y especificaciones en flexografía están dadas por:

- **Colores:** deben ser los especificados por el cliente y sus variaciones deben ser mínimas. Los máximos y mínimos deben ser establecidos por control de calidad. Deben de ser controlados por medio de las viscosidades de la tinta que se establecen al igualar el color pedido.
- **Cantidad de colores:** tanto en la cara A como en la B están definidos por el cliente.
- **Impresión en cara A o B (caso de bolsas):** definen las distancias del fondo o de la boca de la bolsa al área impresa. Son un aspecto que debe ser controlado por la inspección del operador.
- **Tamaño de la bolsa:** sirve para definir los largos de repetición que se ajustan al largo o ancho requerido.

- **Impresión continua:** indica que el diseño de la impresión no tiene largo de repetición definido.
- **Diseño de la bolsa:** para ubicar correctamente la impresión se debe tomar en cuenta el diseño de la bolsa en cuanto a fuelles, lip, pestañas, troqueles, perforaciones, fotoceldas, etc.

#### 4.2.3.1 Defectos en flexografía

- Colores fuera de estándares
- Transferencia de tinta (repinte): la transferencia de tinta entre superficies de contacto (bobinas) se da por mal estado de la tinta y el mal uso de solventes.
- Velo: apariencia de velo blancuzco en la superficie de la impresión, la cual es causada por una rápida evaporación del solvente, lo que resulta en la condensación de humedad en la impresión.
- Mala resistencia al raspado: puede ser causada por una falta de cohesión en la tinta al usarla muy diluida.

- Mala resistencia a la cinta adhesiva: puede ser por tratado corona débil o por mala mezcla de solventes.
- Impresión sobre-presionada: se nota por orillas irregulares debido a demasiada presión de los sellos.
- Empastado: se nota porque algunos espacios pequeños en la impresión se tapan o son llenados por los colores que los rodean.
- Illegibilidad de textos: puede deberse a sobre-presión, viscosidades muy altas o tinta muy diluida.
- Impresión con sombra: la tinta que es recogida por el rodillo portaclishé del rodillo anilox, debe ser repuesta en la próxima revolución. De lo contrario una imagen sombreada aparecerá en la próxima impresión. Esta sombra se moverá progresivamente con cada repetición si el anilox y el rodillo portaclisé no tienen el mismo diámetro.
- Sellos rajados o dañados: los sellos dañados hacen que las áreas de impresión sólidas aparezcan dañadas; especialmente se nota en colores sólidos.

- Agujeros "Pinhole": a una impresión que debería ser sólida pero que tiene una serie de puntos diminutos que permanecen sin impresión se le llama impresión con "pinhole". En algunos casos es debido al secado de la tinta en el rodillo anilox y a la mala transferencia que origina o a defectos de molienda de sólidos en la tinta.
- Desregistro: debe ser mantenido al mínimo, según sea la capacidad de cada máquina flexográfica. Debe ser tomado en cuenta para la asignación de trabajos.
- Embobinados: debe tomarse en cuenta el embobinado que se requiera, ya sea en operaciones de corte o por el cliente. Las bobinas deben ir con la tensión adecuada para operaciones posteriores.
- Manchas de tinta sobre la película por contaminación de la película, originada en máquina.

## **4.2.3.2 Clasificación de defectos en flexografía**

### **4.2.3.2.1 Tipo "A" (críticos)**

- Mala resistencia a la prueba de cinta adhesiva
- Mal embobinado

### **4.2.3.2.2 Tipo "B" (medios)**

- Colores fuera de estándares
- Transferencia de tinta o repinte
- Velo
- Mal resistencia al raspado

- Dimensiones fuera de especificación
- Película manchada
- Contaminación de la película

#### **4.2.3.2.3 Tipo "C" (leves)**

- Impresión sobrepresionada
- Empastado
- Ilegibilidad de texto
- Impresión con sombra
- Sellos rajados o dañados

### 4.2.3.3 Control estadístico del proceso de flexografía

Los formatos diseñados para el proceso de flexografía deben tener como característica a controlar, los colores de impresión. Pues deben de tener uniformidad en todo el tiraje, con variaciones mínimas que el cliente acepte. Se deben fijar colores máximos y mínimos aceptables por el cliente. Esto con muestras estándar para lograr mantenernos en la calidad deseada.

La forma como se controla un color en la prensa flexográfica es a través de los controles de viscosidad de la tinta, pues una tinta muy viscosa tendrá un poder tintóreo o cubriente mucho mayor que una tinta diluida o de baja viscosidad. Deben establecerse los límites de variación de la viscosidad que proporcionen los colores deseados por el cliente y deben controlarse por gráficas de series de tiempos. Los ajustes de viscosidad de la tinta se hacen por medio de agregar solvente de reposición que se pierde por evaporación.

Otras características como la resistencia al "tape", al raspado, a la retención de solventes, brillo, desregistro de la impresión, etc., deben consignarse en hojas de verificación a intervalos constantes de inspección.

#### 4.2.4 Normas y especificaciones en la transformación

- **Material:** especificado por el cliente, puede ser polietileno de baja o alta densidad.
- **Ancho de la bolsa:** medida definida por el cliente. Es una característica crítica, por lo que se debe tener bajo control. Para anchos menores las variaciones tienen que ser menores.
- **Largo de la bolsa:** medida definida por el cliente. Es una característica crítica por lo que se debe tener bajo control. Para largos menores, menores las variaciones aceptables.
- **Troquelado:** se refiere al corte que se lleva la bolsa. Puede ser tipo gabacha , óvalo, etc., dependiendo del diseño del producto. Debe cuidarse la calidad del corte y la posición debe ser la correcta.
- **Labio:** es un dobléz que se hace en una de las caras de la bolsa para adentro o para afuera en la boca de la misma. Para bolsas de sello lateral. Debe cuidarse el tamaño del labio pues afecta las otras dimensiones de la bolsa. Se tiene que especificar si es en la cara A, B, por dentro o por fuera.



- **Pestaña:** se refiere a la medida del desfase en las dos caras de una bolsa; va colocada en la boca de la misma. Debe cuidarse su dimensión pues afecta otras dimensiones de la bolsa.
- **Fuelle:** es el dobléz hacia adentro de los lados de la bolsa en el caso de sello de fondo (fuelle a los lados). O el dobléz hacia adentro en el fondo de la bolsa, caso de sello lateral (fuelle al fondo).

#### 4.2.4.1 Clasificación de defectos en la transformación

##### 4.2.4.1.1 Tipo "A" (críticos)

- Sello fuera de especificación
- Material contaminado
- Bobinas telescopeadas
- Fardos mal sellados

#### 4.2.4.1.2 Tipo "B" (medios)

- Ancho fuera de especificaciones
- Largo fuera de especificación
- Mal troquelado
- Asa mal puesta
- Perforaciones fuera de especificación
- Fuelles fuera de especificación
- Dimensiones y posiciones incorrectas de labio, pestaña y fuelles
- Malos anchos, pesos y diámetros exteriores de bobinas
- Tipos de embobinado incorrectos

#### **4.2.4.2 Control estadístico del proceso de conversión**

Para el control estadístico del proceso de la conversión de los empaques flexibles de polietileno, deben crearse formatos para registrar y controlar las variaciones en cuanto a dimensiones en las especificaciones de bolsas y bobinas tales como: histogramas, diagramas de series de tiempo y gráficos de control, diagramas de causa - efecto, análisis de causas de pareto.

La manera más práctica de hacerlo es por medio de las gráficas de control de series de tiempos, para los límites fijados como aceptables. Tales gráficas facilitan el control del proceso, ya que se obliga a una inspección a intervalos constantes de tiempo por parte del operador y el supervisor de calidad. Esto hace que no se permita la producción de lotes de mala calidad ya que en cuanto se detecten los problemas debe corregirse el proceso para que se eliminen sus causas, y así permitir largas corridas de producción con calidad en el producto terminado.

Para las características cualitativas a revisar, deben de existir formatos de las rutinas de inspección a intervalos constantes de tiempo, por cada pedido a producirse. Esto asegurará la inspección por parte de todos los involucrados, primeramente del operador quien será el responsable de consignar los datos.

## **5. ANÁLISIS DE DATOS GENERADOS DURANTE LAS FASES DEL CONTROL DE CALIDAD**

### **5.1 Variabilidad**

Uno de los principales problemas que se presentan en la interpretación de los datos es su variabilidad. La variabilidad es inherente al proceso físico: no hay dos productos derivados del mismo proceso que sean iguales por ejemplo, no hay dos películas de polietileno que tengan igual porcentaje de elongación antes de la ruptura aunque provengan del mismo proceso de extrusión. Hay muchos factores que afectan la variabilidad, como son las variaciones en los materiales, el equipo de proceso, así como las condiciones que prevalecen al momento mismo de medir la elongación antes de la ruptura, que pueden explicar las diferencias. Algunos factores pueden controlarse muy cuidadosamente, pero puede observarse una variación en cualquiera de los datos que se obtienen del proceso. Aun los experimentos de laboratorio bien diseñados y cuidados presentan variabilidad.

La variabilidad o variación es uno de los conceptos básicos en estadística.

Los métodos estadísticos tienen como objetivo estimar los efectos de la variabilidad y proporcionar el grado de incertidumbre, formulando conclusiones a partir de datos experimentales u observados de un fenómeno que es variable por naturaleza.

Otro concepto muy importante es el de muestra al azar o aleatoria. Para hacer observaciones válidas o sacar conclusiones válidas a partir de un conjunto de datos recopilados, estos deben proceder de una muestra tomada al azar y de tamaño representativo. Esto significa que todas las variables que interesan deben tener la misma oportunidad de estar representadas en las observaciones que se obtengan.

El objetivo del control de la calidad debe ser la reducción de la variabilidad en características importantes del producto. Y para lograr esto se requiere la ayuda del CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS PROCESOS.

Las variaciones son inherentes a los procesos y estas se dan por cambios en los materiales, la mano de obra, la maquinaria, el medio ambiente y los métodos de operación. Existen variaciones naturales cuando las observaciones caen dentro de ciertos límites preestablecidos, y no naturales cuando se trata de ocurrencias especiales fuera de estos límites.

## **5.2 Control estadístico de los procesos**

### **5.2.1 Objetivos del control estadístico de los procesos**

- Obtener información de los procesos.
- Identificar y eliminar las causas especiales de variación para lograr un proceso estable.
- Conservar la estabilidad del proceso.
- Reducir la necesidad de inspección final.

### **5.2.2 Tipos de datos**

Variables: características que pueden ser medidas y que pueden tomar cualquier valor

Atributos: características que no pueden ser medidas, se cuantifica nada más su presencia.

Estos datos nos pueden dar una indicación de las medidas de tendencia central, el grado de dispersión y la distribución de las observaciones.

Las medidas de tendencia central más usadas son:

- La mediana, que divide las observaciones en dos partes iguales.
- La moda, es el valor que aparece con más frecuencia.
- La media aritmética que es el valor promedio de las observaciones.

Las medidas de dispersión más usadas son:

- El rango, que es la amplitud de la dispersión de los datos
- La varianza, que es la medida de la desviación de las observaciones respecto a la media de la muestra en unidades cuadradas
- La desviación estandar, que mide la desviación de las observaciones respecto de la media de la muestra, son las mas útiles.

### **5.3 Métodos de control**

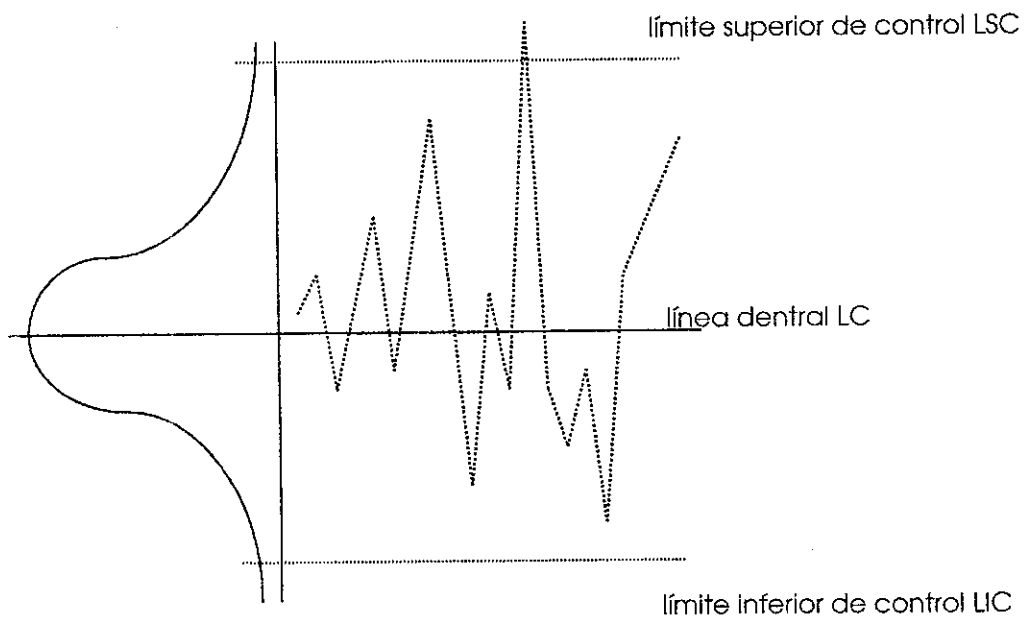
#### **5.3.1 Gráficos de control**

Gráfico contínuo que compara una característica medida con sus límites preestablecidos de variación.

Un gráfico de control puede indicar si el proceso se encuentra fuera de control estadístico, lo antes posible y con la menor cantidad de falsas alarmas para evitar ajustes innecesarios.

El gráfico de control se aplica en propiedades importantes del producto o proceso, en parametros claves, donde exista un potencial de reducción de costos, en donde sabemos que existen problemas y *debe ser elaborado por la persona que tenga el control directo de las variables que está graficando.*

Figura 14. Variabilidad de los datos en un gráfico de control





### 5.3.1.1 Tipos de gráficos de control

Para controlar variables:

- $\bar{X}$ , usado en observaciones individuales
- $\bar{X} - R$ , para medias y rangos

Para controlar atributos:

- $P$ , porcentaje de productos no conformes
- $Pn$ , cantidad de productos no conformes
- $C$ , cantidad de no conformidades por unidad de inspección
- $U$ , cantidad de no conformidades por unidad en la muestra

Guía para la selección de gráficos de control dependiendo del tipo de datos:

Si son variables	a) Mediciones individuales $X$
	b) Subgrupo de datos $\bar{X} - R$
Si son atributos	a) Recuento $C, U$
	b) Clasificación $p, Np$

### 5.3.2 ¿Cómo iniciar un gráfico de control?

- Reunir datos
- Establecer límites de control **tentativos**
- Eliminar puntos fuera de los límites **tentativos**  
(pueden identificarse y eliminarse sus causas?)
- Calcular límites de control definitivos

### 5.3.2 Gráficos de control $\bar{X} - R$

- Reunir datos (20 subgrupos de 4 - 5 observaciones)
- Calcular la media y el rango para cada subgrupo.  $(\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_k)$ ,  
 $(R_1, \dots, R_k)$ . Donde  $k$  = cantidad de subgrupos.
- Calcular la media general o media de medias  $\bar{\bar{X}}$ , donde  
 $\bar{\bar{X}} = \text{sum}(\bar{X}_1 + \dots + \bar{X}_k) / k$ .

- Calcular el valor medio de la amplitud o rango,  $\overline{R}$ , donde  $\overline{R} = \text{sum}(R_1 + \dots + R_2) / k$ .

- Calcular los límites de control

- Para el gráfico de control de medias X:

$$LC = \overline{X}$$

$$LCS = \overline{X} + A_2 \overline{R}$$

$$LCI = \overline{X} - A_2 \overline{R}, \text{ donde } A_2 = \text{factor estadístico en la Tabla II.}$$

- Para el gráfico de control de rangos R:

$$LC = \overline{R}$$

$$LCS = D_4 \overline{R}$$

$$LCI = D_3 \overline{R}, \text{ donde } D_{3,4} = \text{factores estadísticos en la Tabla II.}$$

- Construir el gráfico de control.

- Anotar información pertinente: datos reunidos, periodo de recolección, responsables y encerrar en un círculo los puntos que sobrepasan los límites de control.

Tabla II. Factores estadísticos para construcción de gráficos de control

Número de Observaciones	Para estimar sigma	Para estimar sigma	Para gráficos X	Para gráficos X	Para R	Para R
N	C4	D2	A2	A3	D3	D4
2	0.7979	1.128	1.880	2.659	0	3.267
3	0.886	1.693	1.023	1.954	0	2.575
4	0.9213	2.059	0.729	1.628	0	2.282
5	0.9400	2.326	0.577	1.427	0	2.115
6	0.915	2.534	0.483	1.287	0	2.004
7	0.9594	2.704	0.419	1.182	0.076	1.924
8	0.9650	2.847	0.373	1.099	0.136	1.864
9	0.9693	2.970	0.337	1.032	0.184	1.816
10	0.9727	3.078	0.308	0.975	0.223	1.777
15	0.9823	3.472	0.223	0.789	0.348	1.652
20	0.9869	3.735	0.180	0.680	0.414	1.586
25	0.9896	3.931	0.153	0.606	0.459	1.541

© factores tomados de la AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL STANDARDS

### 5.3.4 Gráfico de control X

- Reunir datos ( al menos 50 observaciones )
- Evaluar la normalidad de los datos
- Calcular la media de las observaciones  $\bar{X}$ .

- Calcular los límites de control.

$$LC = \bar{X} c_4$$

$$LSC = \bar{X} + 3 ( S / c_4 )$$

$$LIC = \bar{X} - 3 ( S / c_4 ), \text{ donde } c_4 = \text{factor estadístico tabla II.}$$

### 5.3.5 Gráfico de control p

- Reunir datos relativos a cantidad inspeccionada ( n ) y cantidad de unidades no conformes detectadas.
- Calcular la fracción defectuosa promedio  $p = \text{unidades no conformes} / \text{total de unidades } n$

- Calcular los límites de control

$$LC = p$$

$$LSC = P + 3 \{P(1-P)\}^{1/2}$$

$$LIC = P - 3 \{P(1-P)\}^{1/2}$$

### 5.3.6 Gráfico de control pN

- Seguir el procedimiento indicado para el gráfico de control p, calculando los límites de control de la siguiente manera:

$$LC = pn$$

$$LSC = Pn + 3 \{Pn(1-P)\}^{1/2}$$

$$LIC = Pn - 3 \{Pn(1-P)\}^{1/2}$$

### 5.3.7 Gráfico de control c

- Reunir datos que indiquen la cantidad de no conformidades (c) localizadas en la unidad constante de inspección.

- Calcular  $\bar{c}$  promedio y límites de control

$$LC = \bar{c}$$

$$LSC = \bar{c} + 3(\bar{c})^{1/2}$$

$$LIC = \bar{c} - 3(\bar{c})^{1/2}$$

### 5.3.8 Gráfico de control U

- Reunir datos que indiquen la cantidad de no conformidades en contradas en un subgrupo ( $c$ ), así como la cantidad de unidades que forman ese subgrupo ( $n$ ).
- Determinar la cantidad de no conformidades por unidad para cada subgrupo ( $u$ ).
- Calcular  $\bar{u}$  promedio y límites de control.

$$LC = \bar{u}$$

$$LSC = \bar{u} + 3(\bar{u}/n)^{1/2}$$

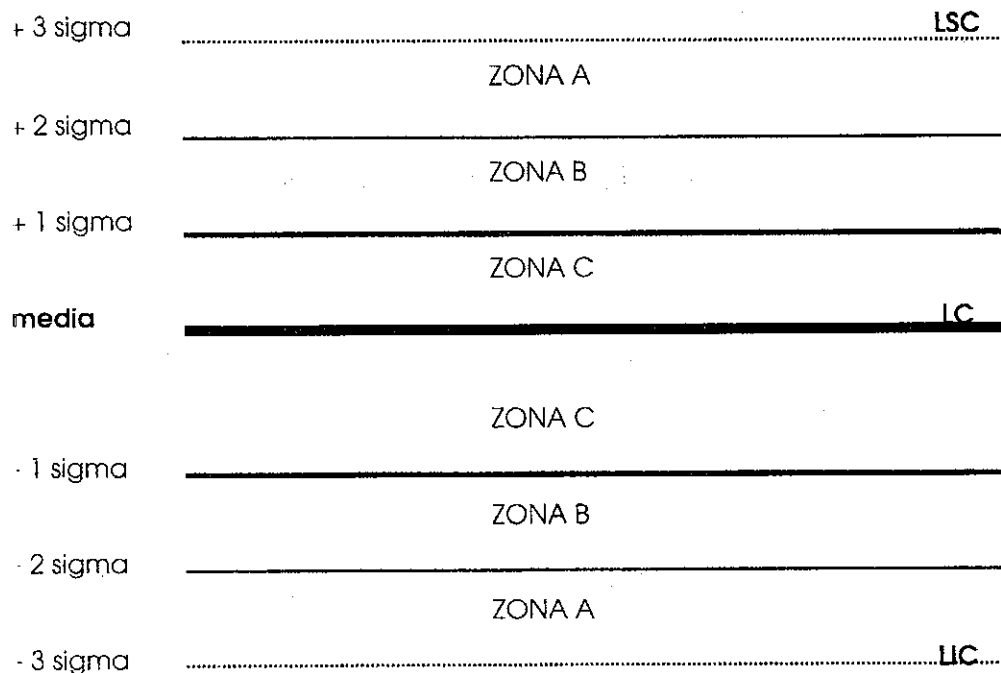
$$LIC = \bar{u} - 3(\bar{u}/n)^{1/2}$$

### 5.3.9 Mantenimiento de los gráficos de control

Revisar periódicamente los límites de control, desviación estandar, rango y la meta con una frecuencia quincenal si las variables se grafican c/hora o con una frecuencia mensual si se grafican diariamente.

### 5.3.10 Interpretación de los gráficos de control

Dividir el gráfico de control en zonas:





**Un proceso se encuentra fuera de control si,**

- Uno o más puntos caen fuera de los límites de control.
- Dos de tres puntos consecutivos caen en un mismo lado de la línea central en la zona A o más allá.
- Cuatro de cinco puntos consecutivos caen en un mismo lado de la línea central en la zona B o más allá.
- Nueve puntos consecutivos caen a un lado de la línea central.
- Seis puntos ascienden o descienden consecutivamente.
- Catorce puntos consecutivos ascienden o descienden alternativamente.
- Quince puntos consecutivos se encuentran a un mismo lado de la zona C.

### 5.3.11 Preguntas para analizar el proceso

- a) ¿Existen diferencias en la exactitud de los instrumentos de medición ?
  
- b) ¿Existen diferencias en los métodos de operación ?
  
- c) ¿Influye el medio ambiente en el proceso ?
  
- d) ¿Se ha cambiado de proveedores de materiales ?
  
- e) ¿Cómo afecta la fatiga de los operarios el proceso?
  
- f) ¿Se ajusta frecuentemente la maquinaria ?
  
- g) ¿ Proviene las muestras para graficar de las mismas máquinas y operarios ?

### **5.3.12 Eliminando las causas de la variabilidad en el producto**

Los gráficos de control son una herramienta para detectar variaciones no naturales en un proceso.

Habiendo detectado variaciones hay que actuar en cuanto se evidencia una causa. Identificando de raíz la causa del problema, eliminándola o reduciendo a su mínima expresión el efecto que producen. Con este tipo de control estadístico del proceso podrán iniciarse mejoras fundamentales en todo el proceso como parte de una política de mejoramiento continuo.

## CONCLUSIONES

1. La industria del empaque flexible es muy competitiva, los factores de calidad, servicio y costo son determinantes de la participación de cada empresa en el mercado.
2. La mala calidad genera costos por desperdicio de recursos y costos de oportunidad por pérdida de participación en el mercado, haciendo a la empresa perder competitividad.
3. Se define CALIDAD como: la medida del cumplimiento de las especificaciones definidas por el cliente. Y se conoce como CALIDAD DE CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES.
4. Se define la CALIDAD TOTAL como un sistema de mejoramiento continuo que busca elevar la competitividad de la empresa apoyando la producción de alta calidad al menor costo posible y con eficiencia.

5. Los factores de producción que están ligados a la calidad son: maquinaria, materiales, mano de obra y métodos de trabajo.
  
6. La calidad es responsabilidad de todos en una organización.

## RECOMENDACIONES

1. Dentro de la planeación estratégica de la empresa debe incluirse la implementación de un sistema de control total de calidad.
2. Para ser competitivo en el mercado se debe implementar un sistema formal de control total de calidad, como estrategia de largo plazo y con el propósito de cumplir las expectativas del consumidor, accionista y colaborador de la empresa.
3. La conciencia de la calidad debe transmitirse desde los más altos niveles de la organización hasta los niveles operativos.
4. Se debe sensibilizar a toda la empresa sobre la necesidad de tener un sistema de mejoramiento continuo para seguir siendo competitivos.

5. Debe darse participación en equipos de proceso multidisciplinario a todo el personal, para proponer mejoras que lleven a la calidad.
  
6. Dar seguimiento periódico a las metas y objetivos que se planteen en términos de indicadores de calidad y retroalimentar a todo nivel los logros obtenidos.
  
7. Replantear anualmente las metas y objetivos de calidad debido al cambiante entorno de las organizaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Richard Schonberger, **Manufactura de Clase Mundial**. (Editorial Norma, 1993).
2. D. Clampa – Wilmington, **Calidad Total, guía para su implantación**. (Editorial Addison Wesley Iberoamericana, 1993).
3. David J. Sumanth, **Productivity and Quality Management frontiers**. (Editorial Norcross GA., 1995).
4. Doty Leonard A. **Statistical Process Control**. (Editorial Industrial Press 1996, 2<sup>nd</sup> edition N.Y.).
5. Omachonu John L. **Principios de la calidad total**. (Editorial Diana, Mexico 1995).
6. Brent Strong, **Plastics Material and Processing**. (Editorial Prentice Hall, Englewood Cliffs N.J. 1996).
7. Griskley, **Polimers Processing Engineering**. (Editorial Chapman and Hall, 1995).