



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica**

**PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EXTRUSORAS,  
PARA LA MANUFACTURA DE BOBINA PLÁSTICA A BASE DE  
POLIETILENO**

**Lenin Rafael Carranza Guzmán**

**Asesorado por Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres**

**Guatemala, octubre de 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EXTRUSORAS,  
PARA LA MANUFACTURA DE BOBINA PLÁSTICA A BASE DE  
POLIETILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LENIN RAFAEL CARRANZA GUZMÁN**

ASESORADO POR ING. BYRON GIOVANNI PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. Persy Rolando Díaz Ovalle
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **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 graduación titulado:

### **PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EXTRUSORAS, PARA LA MANUFACTURA DE BOBINA PLÁSTICA A BASE DE POLIETILENO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 5 de marzo de 2004.

Lenin Rafael Carranza Guzmán

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mi Asesor Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres**

Por el apoyo que me brindó y por motivarme a culminar esta valiosa carrera.

### **Al Ing. Carlos Pérez**

Por el apoyo incondicional que me brindó en el transcurso de estos años.

### **Al Ing. Rafael Carrera**

Por sus consejos, apoyo, y amistad, por darme el ejemplo de un buen camino a seguir.

### **A la empresa BOLPLASTIC, S.A. y personal de planta**

Por transmitirme sus conocimientos, colaboración y apoyo en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

### **A mis catedráticos**

Por sus enseñanzas.

### **A usted**

Apreciable lector.

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **Dios**

Mil gracias por escucharme, por darme fortaleza, sabiduría y no permitir que desmayara, por estar ahí en los momentos más difíciles.

### **Mis padres Juan Moises Carranza y Evangelina Guzmán de Carranza**

Por apoyarme todos estos años de mi vida, por motivarme, por sus esfuerzos y paciencia, por haberme inculcado los valores de honradez, honestidad y sencillez.

### **Mis hermanos Arturo, Moises y Marissol**

Por apoyarme en los momentos más difíciles, por sus consejos, por ser parte importante de mi vida.

### **Mis sobrinas Catherine y Madelline**

Por el cariño que me han demostrado, motivándolas a que se esfuercen y alcancen sus metas.

### **Mis amigos y compañeros**

Por los momentos alegres y tristes que hemos compartido durante estos años de duras faenas, y por la gran amistad que nos une.

### **Mi familia en general**

Con mucho aprecio y cariño.

**Mi Patria**

Guatemala

**Mi Facultad**

Ingeniería

**Mi Universidad**

Universidad de San Carlos de Guatemala, por los conocimientos y experiencias que me enseñó.





# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. GENERALIDADES</b>	1
1.1. Definición de extrusión	1
1.2. ¿Qué es polietileno?	1
1.3. Tipos de materia prima	4
1.4. Tipos de extrusoras para la manufactura de bobina plástica	15
1.5. Tipos de moldes	18
<b>2. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD</b>	23
2.1. Normas importantes de seguridad	23
2.2. Advertencias	25
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DE LA MAQUINARIA</b>	31
3.1. Chasis	31
3.1.1. Molde o dado	32
3.1.2. Barril o cañón	37
3.1.3. Caja reductora	38
3.1.4. Motor	41

3.1.5.	Ventilador	42
3.1.6.	Husillo	44
3.2.	Torre estabilizadora	48
3.3.	Equipo de moldeo y estirado	48
3.3.1.	Rodillos	50
3.3.2.	Motor	50
3.3.3.	Caja reductora	51
3.4.	Embobinador	52
3.5.	Panel de control	54
3.5.1.	Termocoplas, pirómetros y contactores	54
3.5.2.	Breve descripción del sistema eléctrico, para la activación y desactivación de resistencias	56
3.5.2.1.	Conexión del sistema eléctrico	56
<b>4.</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>61</b>
4.1.	Encendido	61
4.2.	Arranque	62
4.3.	Ajustes en el panel de control	63
4.3.1.	Temperatura y revoluciones de los motores	64
4.4.	Unidad de ventilación	65
4.5.	Unidad de aire comprimido	67
4.6.	Unidad de moldeo y estirado	68
4.7.	Proceso de embobinado	69
4.8.	Apagado	70
<b>5.</b>	<b>PROCESO DE EXTRUSIÓN Y SOPLADO</b>	<b>71</b>
5.1.	Extrusión	71
5.2.	Soplado	75

<b>6. MANTENIMIENTO</b>	79
6.1. Generalidades	79
6.2. Mantenimiento preventivo	82
6.2.1. Sistema motriz	83
6.2.1.1. Motores	83
6.2.1.1.1 Métodos de inspección	84
6.2.1.1.2 Técnicas de limpieza	86
6.2.1.2. Cajas reductoras o cajas de engranes	89
6.2.2. Sistema eléctrico	92
6.2.3. Sistema de extrusión	93
6.2.3.1. Limpieza del sistema de extrusión	96
6.2.4. Sistema de soplado	98
6.2.5. Unidad de moldeo y estirado	98
6.2.6. Equipo de embobinado	99
6.2.7. Programa de control y actividades para el desarrollo del mantenimiento preventivo	100
<b>CONCLUSIONES</b>	103
<b>RECOMENDACIONES</b>	105
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	107
<b>ANEXOS</b>	109



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Reacción general de polimerización	3
2	Estructura del polietileno de alta densidad	7
3	Estructura del polietileno de baja densidad	8
4	Estructura molecular de los polietilenos	10
5	Sistema de fabricación de bolsas de sello en el fondo a partir de película tubular (sello transversal)	13
6	Sistema de fabricación de bolsas selladas lateralmente a partir de película plana	14
7	Sistema de fabricación de bolsas selladas lateralmente a partir de película tubular	15
8	Extrusora simple con sus respectivos componentes	17
9	Dado tipo araña	19
10	Dado tipo espiral	20
11	Dado tipo espiral y sus componentes	21
12	Señales de seguridad que se encuentran en las extrusoras	28
13	Chasis de una extrusora simple	31
14	Tubo cilíndrico de polietileno y sus divisiones	34
15	Fotografía de un dado para la elaboración de película plástica a base de polietileno	35
16	Cajas reductoras con engranes cilíndricos y cónicos	41
17	Anillo de enfriamiento	44

18	Etapas del husillo con respecto al proceso de extrusión	46
19	Partes y códigos de una torre estabilizadora con su equipo de moldeo y estirado, de una extrusora simple, en sus tres vistas	49
20	Modelo de una caja reductora con engrane cilíndrico helicoidal y tornillo sin fin, para reducir revoluciones en rodillos de moldeo y estirado	51
21	Partes y códigos de un embobinador para enrollar núcleos con película plástica, cuyo movimiento de los rodillos es transmitido por medio de cadenas, en sus tres vistas	53
22	Panel de control de una extrusora simple modelo LM/AB-25MI.	58
23	Diagrama del sistema eléctrico	59
24	Filtro o adaptador para unir el cañón con el dado y filtrar la resina	73
25	Proceso de soplado para películas plásticas	76
26	Proceso de moldeo, estirado y embobinado	77
27	Partes del sistema de extrusión	83
28	Cilindro de polietileno mal centrado en el dado a la derecha	109
29	Cilindro de polietileno mal centrado en el dado a la izquierda	110
30	Cilindro de polietileno con un centrado correcto en el dado	111

## **TABLAS**

I	Resinas de mercado masivo, por su fácil procesabilidad y precio bajo	5
II	Características y aplicaciones de las resinas	11
III	Datos de relaciones de soplado y diámetros de dados para anchos totales entre 5" y 70"	36

IV	Datos del rendimiento para líneas de alta precisión en la producción de película soplada de LDPE	47
V	Diagnóstico y corrección de fallas de motores eléctricos	87
VI	Control de desgaste diametral del cañón	94
VII	Programa de actividades del mantenimiento preventivo	100
VIII	Problemas en la producción, causa y posibles soluciones	112





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>PE</b>	Polietileno en sus variantes
<b>LDPE</b>	Polietileno de baja densidad
<b>PEBD</b>	Polietileno de baja densidad
<b>LLDPE</b>	Polietileno lineal de baja densidad
<b>HDPE</b>	Polietileno de alta densidad
<b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidad
<b>UHMWPE</b>	Polietileno ultra alto peso molecular
<b>PVC</b>	Cloruro de polvinilo
<b>PS</b>	Poliestireno
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PET</b>	Tereftalato de polietileno
<b>gr/mol</b>	Gramos por mol
<b>kg/cm<sup>3</sup></b>	Kilogramo por centímetro cúbico
<b>L/min</b>	Litros por minuto
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>CC</b>	Corriente continua
<b>CD</b>	Corriente directa
<b>CA</b>	Corriente alterna
<b>Lt</b>	Longitud del husillo
<b>Dt</b>	Diámetro del husillo
<b>Volt.</b>	Voltios
<b>HR</b>	Humedad Relativa
<b>mm</b>	Milímetros
<b>H</b>	Representación de un átomo de hidrógeno

<b>C</b>	Representación de un átomo de carbono
<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	Gramo por centímetro cúbico
<b>ATP</b>	Ancho total de película
<b>KW</b>	Kilowatt
<b>kg/hr</b>	Kilogramo por hora
<b>PSI</b>	Libras sobre pulgada elevada al cuadrado.

## GLOSARIO

<b>Abrasivo</b>	Acción y efecto de desgastar por fricción.
<b>Aditivo</b>	Sustancia que sirve para mejorar cualidades o proporcionarle otras que no tenía a un material o materia prima.
<b>Amianto</b>	Mineral del grupo de los anfíboles, que se presenta en fibras blancas y flexibles, de aspecto sedoso.
<b>Calibre</b>	Grosor de la película plástica.
<b>Carcasa</b>	Construcción exterior de los motores, o de algún sistema mecánico.
<b>Catalizador</b>	Agente o sustancia capaz de acelerar o retardar una reacción, sin alterar el resultado final de la misma.
<b>Caudal</b>	Flujo de agua que pasa a través de un dispositivo a cierta velocidad.
<b>Compresión</b>	Acción mecánica que ejerce una fuerza exterior sobre un cuerpo, reduciendo el volumen de este.
<b>Conformación</b>	Distribución uniforme del plástico.

<b>Contactador</b>	Dispositivo eléctrico encargado de suministrar corriente cada vez que es activado.
<b>Elastómero</b>	Materia con propiedades elásticas semejantes a las del caucho.
<b>Engrane</b>	Movimiento simultáneo de deslizamiento y rodadura en que las partes salientes de una rueda dentada encajan en los entrantes de otra.
<b>Etano</b>	Hidrocarburo saturado de dos átomos de carbono. Se obtiene a partir del gas natural y posee un importante interés industrial.
<b>Etileno</b>	Gas incoloro, de sabor dulce y olor agradable, que con el aire forma una mezcla explosiva.
<b>Extrusora</b>	Máquina utilizada para producir película plástica tubular a base de polietileno.
<b>Fusible</b>	Hilo o chapa metálica, fácil de fundirse, que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas para que, cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose.
<b>Gimoteante</b>	Sonido constante anormal en los motores.
<b>Husillo</b>	Barra cilíndrica de hierro o acero, con un fileteado a modo de tornillo, utilizado en máquinas extrusoras..

<b>Megóhmetro</b>	Aparato para medir resistencias eléctricas muy elevadas.
<b>Monitoreo</b>	Estar pendiente del funcionamiento de los equipos o sistemas para verificar su desempeño.
<b>Monómero</b>	Compuesto químico constituido por moléculas simples.
<b>Motorreductor</b>	Reductor de velocidad compuesto por un motor asincrónico acoplado a un reductor de engranajes.
<b>Nitrurado</b>	Operación de endurecimiento superficial análoga a la cementación, en la que el elemento absorbido es el nitrógeno, y que tiene por objeto aumentar la resistencia a la fatiga.
<b><i>Pellets</i></b>	Gránulos de polietileno utilizados para realizar cierto proceso.
<b>Pirómetro</b>	Instrumento utilizado para graduar y medir las elevadas temperaturas de las resistencias.
<b>Polietileno</b>	Polímero del etileno, sólido, blanco, translucido, y flexible, de considerable inercia química.
<b>Polímero</b>	Materia formada por varias partes, iguales entre sí.
<b>Potenciómetro</b>	Instrumento utilizado para graduar las velocidades de los motores eléctricos.

<b>Resina</b>	Sustancia sólida o de consistencia pastosa, polímero compuesto por moléculas rígidas, dispuestas tridimensionalmente.
<b>Resistencia</b>	Nombre que se le dan a las cintas calefactoras encargadas de producir altas temperaturas en el sistema de extrusión.
<b>Rodamiento</b>	Cojinete de bolas, de rodillos o de agujas de acero templado, montados en un juego de anillos con el objeto de reducir el rozamiento de estos últimos.
<b>Sensor</b>	Instrumento o sistema que es capaz de percibir una señal (mecánica, acústica, luminosa, calorífica, eléctrica o electrónica).
<b>Termocopla</b>	Las termocoplas son sensores encargados de percibir la señal calorífica de las resistencias y enviarla al pirómetro, está formada en su interior por dos cables, un negativo y un positivo.
<b>Termoestable</b>	Polímero que no se altera fácilmente por la acción de calor, estos son susceptibles de ser deformados por medio del calor y de la compresión, pero en los que la operación es irreversible. No se pueden reciclar.
<b>Termoplástico</b>	Material plástico que puede ser deformado bajo la influencia de calor y de la compresión, de forma reversible. Se pueden reciclar

## RESUMEN

El uso de bolsas y empaques flexibles plásticos, hoy en día han sustituido casi por completo a los empaques que tradicionalmente se venían usando, como las bolsas de papel y las cajas de cartón, debido a su versatilidad y economía.

El presente informe describe en sus primeros capítulos las distintas resinas que se pueden utilizar para la obtención de películas plásticas, tipos de materias primas y las variables que se deben considerar para la correcta selección del material a utilizar. El material que más se utiliza para la manufactura de película plástica es el polietileno, por lo que este informe se enfoca a esta materia prima.

Se describen los tipos de extrusoras y sus diferencias, el proceso de extrusión desde su etapa inicial hasta la obtención del producto final, el proceso de soplado, descripción de los diferentes sistemas de la maquinaria: chasis, embobinador, torre estabilizadora, sistema de moldeo y estirado, panel de control, así como la operación correcta de los diferentes dispositivos para obtener un producto de alta calidad.

La seguridad de los operadores es de importancia por lo que se consideró un capítulo enfocado al tema, en el cual se especifican las normas de seguridad y advertencias que se deben considerar cuando se opera una extrusora, para prevenir accidentes y daños a los equipos.

El programa también se enfoca al mantenimiento preventivo del equipo, ya que este alarga la vida útil del mismo, reduce el costo por depreciación, y proporciona un servicio de calidad.

Se especifica el tipo de mantenimiento que se debe aplicar a cada sistema, se desarrolló un programa en donde se identifican los espacios de tiempo para realizar los servicios y actividades para una correcta conservación de la máquina.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar un estudio general de las extrusoras cuya función principal sea producir bobina plástica, para realizar un informe general de un programa de operación y mantenimiento de las mismas.

### **Específicos**

1. Reducir los costos de mantenimiento; así como los de producción, materia prima, energía eléctrica, y mano de obra, a través de un buen mantenimiento preventivo y una correcta operación del equipo.
2. Proporcionar un programa de operación del equipo, para que el mismo se conserve y a la vez se obtenga un producto de buena calidad.
3. Disminuir los problemas en la calidad de producción, a través del análisis de soluciones.
4. Dar a conocer los procedimientos de operación, funcionamiento, y mantenimiento para la máquina utilizada en este proceso.



## INTRODUCCIÓN

El futuro de los empaques flexibles plásticos es prometedor, porque queda mucho por hacer con los nuevos materiales, los nuevos procesos de fabricación, el costo (que debe añadirse al producto), el impacto ambiental y la creatividad.

Los polímeros son parte de nuestra vida y nos beneficiamos continuamente con su uso, debido a que proporcionan grandes ventajas, por ejemplo: la alta relación resistencia/densidad, excelentes propiedades para el aislamiento térmico, eléctrico y una buena resistencia a los ácidos.

El uso adecuado de esta tecnología, permite competir contra sus similares de cartón, vidrio, metal etc.

En el mercado competitivo de hoy los fabricantes de películas plásticas para bobinas o bolsas, deben de satisfacer grandes demandas, por lo que deben de abastecerse de todas las herramientas para un proceso de calidad, este informe pretende ser una herramienta para los empresarios, estudiantes y personas en general interesadas en el área de extrusión, para producir bobina plástica, el cual posee información acerca de la operación, mantenimiento, definición de los sistemas de la extrusora y funcionamiento.



# **1. GENERALIDADES**

## **1.1. Definición de extrusión**

La extrusión se cataloga como el proceso por el cual es posible producir productos acabados o semiacabados en régimen continuo.

Para este proceso se utilizan equipos que funden, homogeneizan y fuerzan al material (polímero) a pasar a través de matrices de forma definida, asociados a equipos auxiliares como corte, conformación, soldadura etc. Se pueden producir a través de este método los siguientes productos: tubos, películas o bobina plástica, chapas, filamentos, frascos, etc.

La extrusión es un término que asocia al equipo (extrusora), utilizado para este proceso, el cual consiste en forzar el polímero fundido a través de un dado que le confiere al material la forma deseada. Por esta razón, el dado de extrusión es una pieza muy importante en el proceso.

## **1.2. ¿Qué es polietileno?**

Para comprender que es el polietileno, antes se debe comprender que hay una cierta clasificación de los polímeros por su comportamiento al calor, los cuales son: termoplásticos, termoestables y elastómeros.

Los polímeros se pueden definir como la materia que está formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes. Se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diversas. La mayor parte de los polímeros que se usan en la vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas.

El elastómero tiene la facilidad de rebotar, lo cual significa que se puede estirar y éste luego vuelve a su tamaño original, el material termoplástico tiene la propiedad de ser flexible, puede ser manejado y moldeado cuando se calienta, y se funde cuando se calienta lo suficiente.

El material termoplástico tiende a deformarse permanentemente o se quiebra al aplicarle presión excesiva, pero para poderlo estirar se requiere de mucha energía, lo que significa que es más resistente a la deformación en comparación a los elastómeros, lo cual es conveniente cuando no se desea que el material se estire.

Los termoplásticos se pueden deformar, moldear y se requiere más energía para estirarlos, pero al mismo tiempo, si se estiran lo suficiente conservarán la forma adquirida una vez que se deje de estirar, esto se debe a que están formados por polímeros lineales o ramificados, estos se pueden reciclar; uno de los más utilizados en la actualidad es el polietileno.

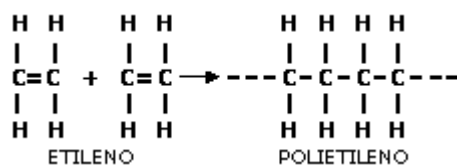
Los termoestables son polímeros de red por condensación, esto significa que se unen dos o más tipos de moléculas mediante reacción química que libera un producto colateral, por lo tanto no pueden ser reprocesados.

Una molécula de polietileno no es nada mas que una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono.

El polietileno se produce a partir del etileno que es un derivado del petróleo o del gas natural.

El etileno es un gas que es sometido en un reactor a un proceso de polimerización, es decir la formación de largas cadenas que conforman la estructura del plástico. La figura 1 muestra didácticamente dicho proceso de encadenación de moléculas:

**Figura 1. Reacción general de polimerización**



**Fuente:** Internet [www.psrc.usm.edu](http://www.psrc.usm.edu)

El largo de las cadenas moleculares es aproximadamente entre 100 y 30,000 átomos de carbono, y el peso de las cadenas moleculares es de 140 a 4,200,000 gms/mol.

La polimerización se realiza en presencia de un catalizador, presión y temperatura que posibilitan la formación de estas largas cadenas llamadas polímeros. Estos polímeros son termoplásticos sólidos que tienen la forma de gránulos y que son denominados *pellets*. Estos *pellets* son luego utilizados por los transformadores como materia prima para dar lugar a los diferentes productos plásticos a través de los procesos de extrusión, soplado, moldeo o inyección. La fabricación de polímeros consume el 60% del etileno que se produce.

Existen distintas variedades del polietileno dependiendo de su aplicación final. Pero dos son las formas más conocidas en el mundo: el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) (*High Density PolyEthylene* HDPE) y el Polietileno de Baja Densidad (PEBD) (*Low Density PolyEthylene* LDPE) del cual se producen dos tipos: PEBD convencional y PEBD lineal. Para facilitar su identificación para su posterior clasificación y reciclado, se han creado símbolos que son utilizados internacionalmente.

### **1.3. Tipos de materia prima**

Hoy en día se pueden disponer de unos 60 materiales, algunos de ellos en distintas presentaciones o tipos, del nylon por ejemplo, hay un tipo para hacer película o bobina plástica, y otro para moldear engranes. Esto multiplica las opciones de los materiales plásticos ya que son accesibles hoy en día.

De la gama anterior se pueden separar cuatro resinas que se han dado en llamar *comodities* por ser de mercado masivo, fácil procesabilidad, de altos volúmenes de producción, precio bajo y tecnología accesible, éstas se describen en la siguiente tabla.



**Tabla I. Resinas de mercado masivo, por su fácil procesabilidad y precio bajo**

RESINA	ACRÓNIMO
1. El polietileno en sus variantes	PE
a) Baja densidad, el mas común	LDPE
b) Lineal de baja densidad de excelente resistencia mecánica.	LLDPE
c) Alta densidad muy usado en la fabricación de cuerpos huecos.	HDPE
d) Ultra alto peso molecular, considerado fuera de este grupo como un plástico de ingeniería	UHMWPE
2. El cloruro de polivinilo en sus formas rígida y flexible o plastificado.	<u>PVC</u>
3. El poliestireno	PS
4. El polipropileno para película y para placa y cuerpos rígidos	PP

**Fuente:** Internet [www.tecnomaq.com.mx/index11.html](http://www.tecnomaq.com.mx/index11.html)

De estos cuatro plásticos, el PE y el PP se convierten en películas (bobina plástica), siendo el primero el de uso más extenso como tal, una buena parte del PP se usa en cuerpos rígidos, valijas, etc. El polietileno de baja densidad y su variedad lineal se transforman en mas del 90% en películas para bolsa y envolturas.

Las películas o bobinas plásticas PE se puede fabricar de diferentes grosores (calibre), así como también transparente o a color al agregar algún tipo de colorante, estas películas son utilizadas para envoltura de distintos tipos o tamaños, o para elaborar bolsas plásticas de diversas medidas, utilizadas en supermercados para transportar frutas, verduras, ropa, etc.

Las bobinas pueden ser de distintos pesos o tamaños y éstas dependerán de las condiciones que solicite el consumidor, para este proceso se debe elegir la maquinaria apropiada para cumplir con las necesidades requeridas.

Resina es el nombre común que se le da al polietileno, la mayoría de estas son afectadas por las siguientes propiedades: densidad, peso molecular promedio y distribución del peso molecular. Y son las que determinan un producto de buena calidad. Variaciones por muy pequeñas que sean en la estructura molecular pueden mejorar o afectar considerablemente la calidad de la película.

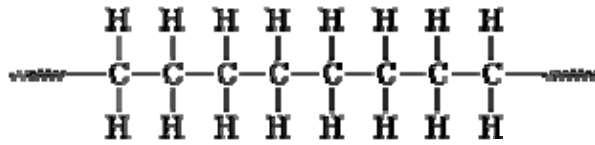
Por su densidad las resinas se clasifican así:

Baja densidad .....	910 – 925.kg / mt <sup>3</sup>
Mediana densidad .....	926 – 940.kg / mt <sup>3</sup>
Alta densidad .....	941 – 965.kg / mt <sup>3</sup>

El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural), es muy versátil, se puede transformar de diversas formas: inyección, soplado, extrusión, o roto moldeo; y su temperatura de ablandamiento es de 120<sup>0</sup>C .

El polietileno de alta densidad es un polímero de cadena lineal no ramificada.

**Figura 2. Estructura del polietileno de alta densidad**



**Fuente:** Internet [www.psrc.usm.edu/spanish/nylon.htm](http://www.psrc.usm.edu/spanish/nylon.htm)

El polietileno de alta densidad se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas (1-200 atmósferas), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina (procesos Phillips y *Standard Oil*). Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad. Se emplea en la construcción y también para fabricar prótesis, envases, recipientes para gases y contenedores de agua y combustible. Los objetos fabricados con polietileno de alta densidad (PEAD) se identifican, en el sistema de identificación americano SPI (*Society of the Plastics Industry*), con el siguiente símbolo:



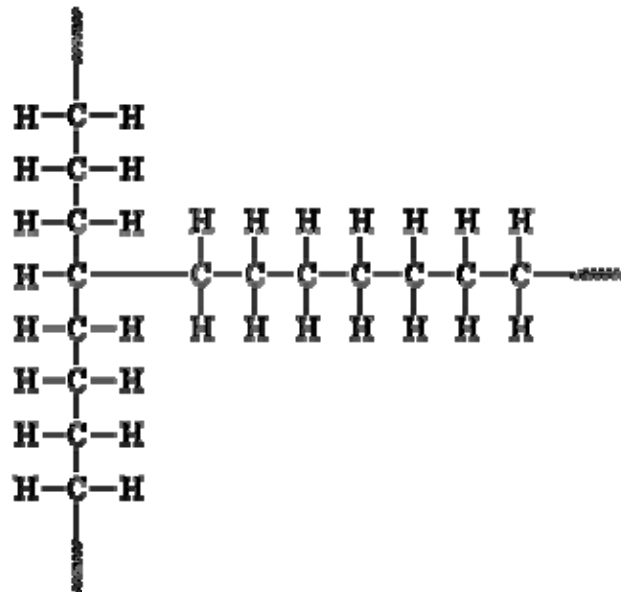
Usos y aplicaciones. Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas.

El polietileno de baja densidad se produce a partir del gas natural. Al igual que el polietileno de alta densidad (PEAD) es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, soplado, extrusión y roto moldeo; su temperatura de ablandamiento es de  $85^{\circ}C$ , se necesita menos energía para destruir sus cadenas, y es menos resistente. Sus más valiosas propiedades se encuentran en que es un buen aislante.

Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que éste se presente en una diversidad de envases, solo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.

El polietileno de baja densidad es un polímero de cadena ramificada.

**Figura 3. Estructura del polietileno de baja densidad**



**Fuente:** Internet [www.psrc.usm.edu/spanish/nylon.htm](http://www.psrc.usm.edu/spanish/nylon.htm)

El polietileno de baja densidad se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones (aproximadamente 1200 atmósferas y 200° C) con oxígeno o catalizador de peróxido y por mecanismo de radicales libres. Es un sólido más o menos flexible, según el grosor, ligero y buen aislante eléctrico. Se trata de un material plástico que por sus características y bajo coste se utiliza mucho en envasado, revestimiento de cables y en la fabricación de tuberías. Los objetos fabricados con LDPE se identifican, en el sistema de identificación americano SPI (*Society of the Plastics Industry*), con el siguiente símbolo:



Usos y aplicaciones. Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. Películas para: agro (recubrimiento de acequias), embasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos, etc). Película, base para pañales desechables. Bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos. Tubos y pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos), tuberías para riego.

El polietileno lineal es mucho más fuerte que el polietileno ramificado, pero el polietileno ramificado es más barato y más fácil de hacer.

El primer dibujo de la figura 4 muestra la estructura molecular del polietileno de alta densidad y el segundo la del polietileno de baja densidad.

#### Figura 4. Estructura molecular de los polietilenos



A molecule of linear polyethylene, or HDPE



A molecule of branched polyethylene, or LDPE



**Fuente:** Internet [www.psrc.usm.edu/spanish/bolseo.html](http://www.psrc.usm.edu/spanish/bolseo.html)

El polietileno lineal de baja densidad se obtiene polimerizando el etileno con un alqueno (especialmente 1-buteno) a baja presión, en disolución, suspensión o fase gaseosa y en presencia de catalizadores. Se trata de un polímero con ramificaciones muy cortas y uniformes que hacen que su temperatura de fusión y su resistencia a la tracción y al agrietamiento sean superiores a las del polietileno de baja densidad. Se utiliza en el recubrimiento de cables y en la fabricación de objetos moldeados por extrusión o soplado.

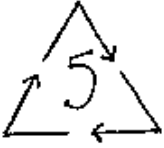

El polietileno de alta densidad se produce normalmente con un peso molecular que se encuentra en el rango entre 200.000 y 500.000, pero puede ser mayor. El polietileno con peso molecular entre 3.000.000 y 6.000.000 se denomina UHMWPE (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*). Con este material se producen fibras, tan fuertes, que pueden utilizarse para fabricar chalecos a prueba de balas.

Otro tipo de resinas son las que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla II. Características y aplicaciones de las resinas**

TIPO/NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	USOS / APLICACIONES
 <p>PET Polietileno tereftalato</p>	<p>Se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se debe postcondensar, existiendo diversos colores para estos usos.</p>	<p>Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.). Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (pavimentación /caminos); películas radiográficas.</p>
 <p>PVC Cloruro de polivinilo</p>	<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común (*) 57%.</p> <p>Para su procesamiento es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (inyección - extrusión - soplado).</p> <p>(*) Cloruro de sodio (2 NaCl)</p>	<p>Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, <i>blister</i> para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras), film cobertura, cables, cuerina, papel vinílico (decoración), catéteres, bolsas para sangre.</p>

## Continuación 2/2

 <p>PP Polipropileno</p>	<p>El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. (El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión/termoformado.)</p>	<p>Película/<i>Film</i> (para alimentos, <i>snacks</i>, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria). Bolsas tejidas (para papas, cereales). Envases industriales (<i>Big Bag</i>). Hilos cabos, cordelería. Caños para agua caliente. Jeringas descartables. Tapas en general, envases. Bazar y menaje. Cajones para bebidas. Baldes para pintura, helados. Potes para margarina. Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. Telas no tejidas (pañales descartables). Alfombras. Cajas de batería, paragolpes y auto partes.</p>
 <p>PS Poliestireno</p>	<p>PS Cristal: es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), cristalino y de alto brillo.</p> <p>PS alto impacto: es un polímero de estireno monómero con oclusiones de polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto.</p> <p>Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: inyección, extrusión/termoformado, soplado.</p>	<p>Botes para lácteos (<i>yoghurt</i>, postres, etc.), helados, dulces, etc. envases varios, vasos, bandejas de supermercados y rotiserías. Heladeras: contrapuestas, anaqueles. Cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables. Bazar: platos, cubiertos, bandejas, etc. Juguetes, cassetes, <i>blisters</i>, etc. Aislantes: planchas de PS espumado.</p>

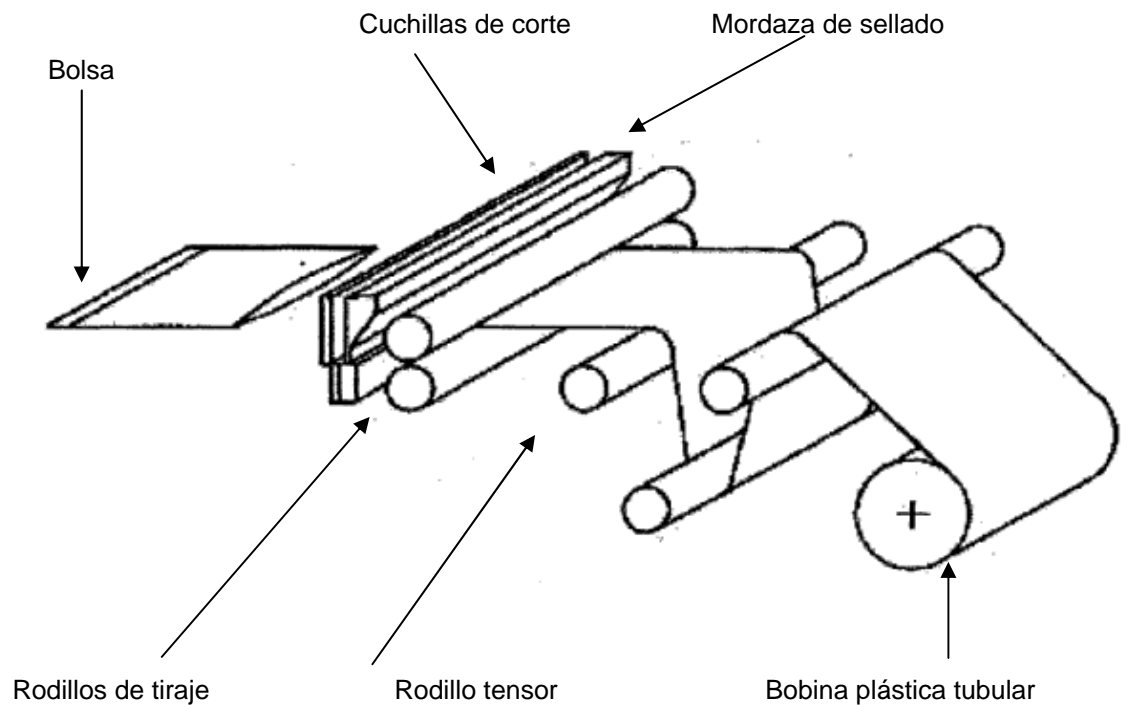
**Fuente:** Internet [www.plastivida.com.ar/caract\\_plasticos.htm](http://www.plastivida.com.ar/caract_plasticos.htm)

Los procesos más utilizados para fabricar bolsa plástica a partir de una bobina de polietileno son:



Cuando se parte de material tubular con fuelle o plano, se coloca en una máquina bolseadora, la bobina es tirada intermitentemente por unos rodillos que alimentan la longitud de película que corresponde a lo largo de la bolsa, cuando los rodillos están en reposo una mordaza caliente presiona la película contra un cojín de hule y la sella, al mismo tiempo en otra estación de la máquina se corta el material sellado resultando así bolsas normales o con fuelle según la película alimentada.

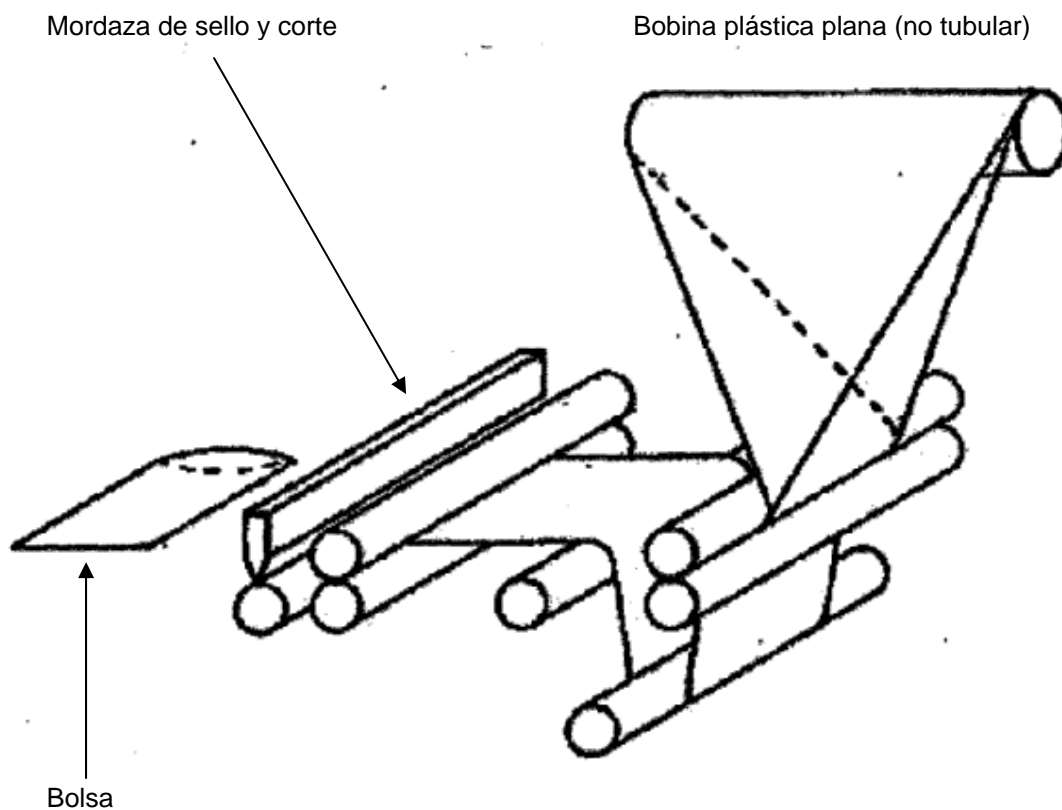
**Figura 5. Sistema de fabricación de bolsas de sello en el fondo a partir de película tubular (sello transversal)**



**Fuente:** Internet [www.tecnomaq.com.mx/bolseo.html](http://www.tecnomaq.com.mx/bolseo.html)

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

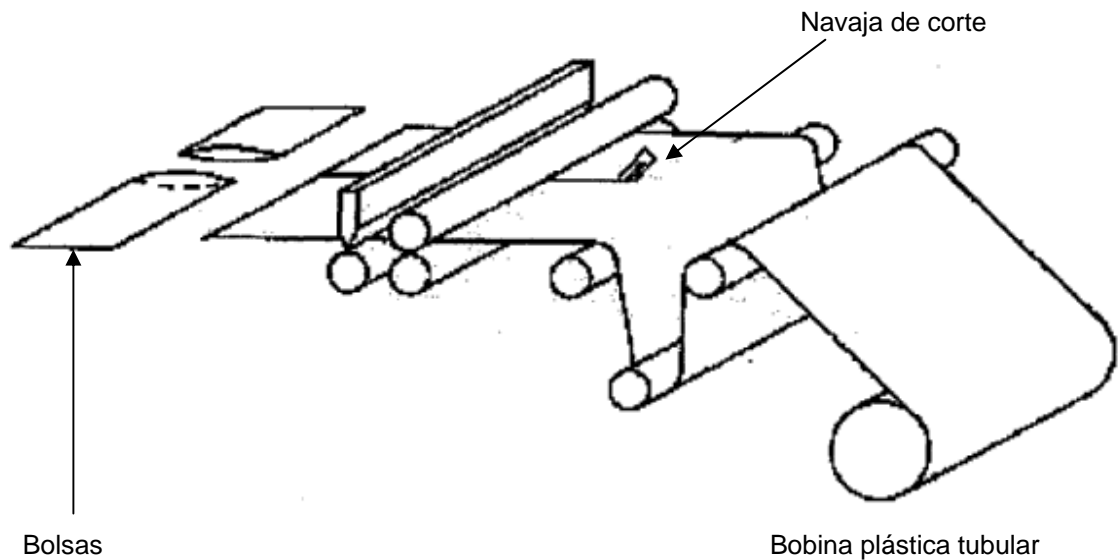
**Figura 6. Sistema de fabricación de bolsas selladas lateralmente a partir de película plana**



**Fuente:** Internet [www.tecnomaq.com.mx/bolseo.html](http://www.tecnomaq.com.mx/bolseo.html)

El sistema de sellado lateral puede usar de igual manera película tubular en rollo, el que es cortado en el mismo proceso para obtener dos bolsas simultáneamente en cada ciclo.

**Figura 7. Sistema de fabricación de bolsas selladas lateralmente a partir de película tubular**



**Fuente:** Internet [www.tecnomaq.com.mx/bolseo.html](http://www.tecnomaq.com.mx/bolseo.html)

#### **1.4. Tipos de extrusoras para la manufactura de bobina plástica**

El funcionamiento y proceso de las extrusoras cuyo fin es producir bobina plástica es el mismo, difieren entre ellas por su tamaño, peso y por sus líneas de producción se dividen en simples y dobles. De lo anteriormente expuesto se puede concluir que el tamaño de la extrusora es proporcional al ancho de la película plástica que se desea obtener.

Para obtener películas angostas se debe utilizar una extrusora pequeña y si se desea obtener película ancha se debe utilizar una extrusora de mayor tamaño.

Las extrusoras deben tener una altitud acorde a la película de producción, una película ancha necesitará recorrer una mayor altitud para poder enfriarse antes de pasar por los rodillos de moldeo y estirado, para evitar que se pegue el tubo al ser aplanado.

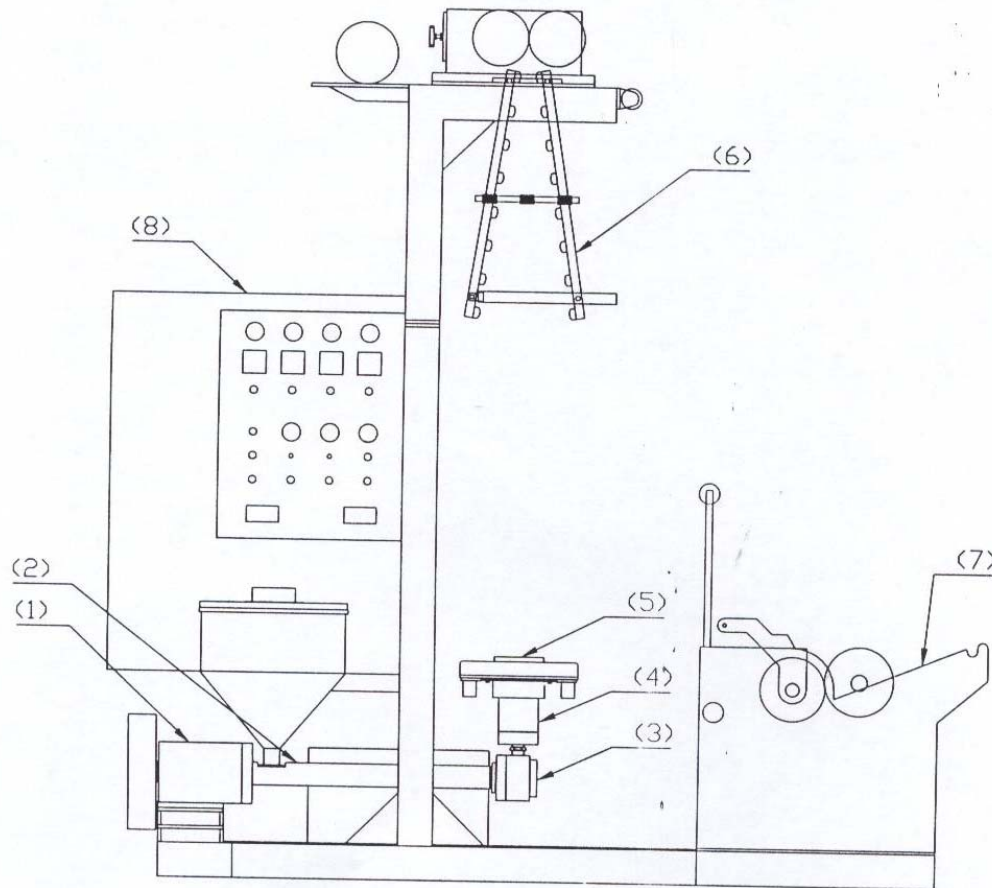
Algunos diseños de extrusoras poseen rodillos movibles para graduar la altura de recorrido de la película, pero el tamaño de la extrusora siempre será el mismo.

La extrusora simple es llamada así, debido a que sólo produce una línea de producción; es común observarla en la manufactura de películas bastante anchas.

Las extrusoras dobles poseen un cañón y un husillo pero a diferencia de las simples, la materia prima cuando a finalizado su recorrido por el cañón se deposita en dos cañones alternos uno a cada lado del cañón principal formando una T, para así formar dos líneas de producción.

La ventaja que se obtiene de esta extrusora, es que solamente utiliza la potencia de un motor principal y un husillo extrusor, para producir dos líneas de producción. Pero la ventaja más importante es que cada línea puede producir distinta medida ya que a cada una se le puede acoplar igual o diferente molde.

**Figura 8. Extrusora simple con sus respectivos componentes**



**Fuente:** *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI Pág. 53*

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. Caja reductora              | 8. Panel de control |
| 2. Barril de extrusión (cañón) |                     |
| 3. Adaptador o filtro          |                     |
| 4. Molde (dado)                |                     |
| 5. Anillo de enfriamiento      |                     |
| 6. Torre estabilizadora        |                     |
| 7. Embobinador                 |                     |

## 1.5. Tipos de moldes

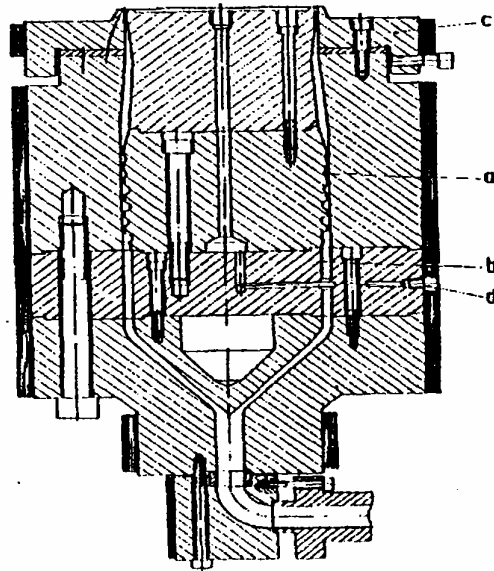
A los moldes también se les conoce con el nombre de dados (*dies*), o bien como cabeza de soplado de película, su función es la de moldear la mezcla luego de ser molida y fundida por el tornillo extrusor y el barril; a través de una abertura anular angosta. Este proceso en el cual se moldea la mezcla debe ser realizado libre de imperfecciones y a una temperatura aceptable para que ésta no se degrade por exceso de temperatura.

En la industria se conocen tres tipos de dados de soplado: los de tipo araña, eje espiral y alimentación lateral.

El tipo araña es el más utilizado en la industria, el término araña se deriva del anillo de soporte con elementos radiales (patas de araña) que conectan con el eje y el componente interno solidamente al cuerpo del dado.

La araña o llamada también placa de contención, divide la mezcla por un corto tiempo, pero ocasiona que aparezcan líneas de soldadura. Éstas deben ser eliminadas usando un dispositivo de engrase que provoque que el eje principal del chorro sea envuelto en una forma circular al ser desviado el flujo de la mezcla. La ventaja de este tipo de dado se observa en el tipo de alimentación del eje, y esto colabora para una mejor distribución uniforme de la mezcla a la salida del dado. Estos dados se utilizan cuando es necesario obtener tolerancias de densidad estrechas.

**Figura 9. Dado tipo araña**



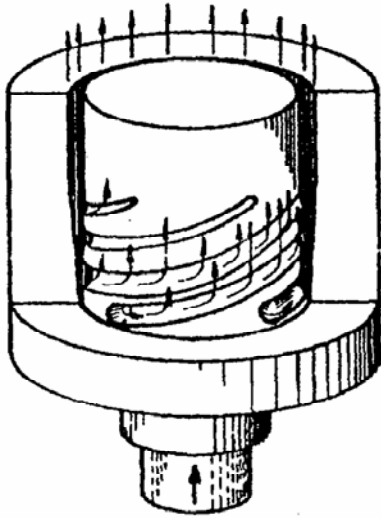
- a. Dispositivo de engrase
- b. Anillo de araña
- c. Centro
- d. Entrada de aire interno

**Fuente:** Stein, P. *Entwicklungsstand bei Bändchengeweben. Verpackungsrundschau* (1967) Pág. 376

El dado de eje espiral es la forma de construcción que en la actualidad favorece más las operaciones de alto rendimiento. La mezcla es alimentada hacia el dado y luego a través de canales radiales al eje espiral. Las dimensiones de la espiral se eligen para proporcionar una mejor distribución de la mezcla a lo largo de toda su longitud, la cual es tan uniforme como sea posible, un dado de eje espiral para polietileno de alta densidad se reconoce por ser más alto que el de baja densidad, lo que significa que el de alta densidad tiene más espirales.

En las siguientes figuras se muestran los dados de eje espiral.

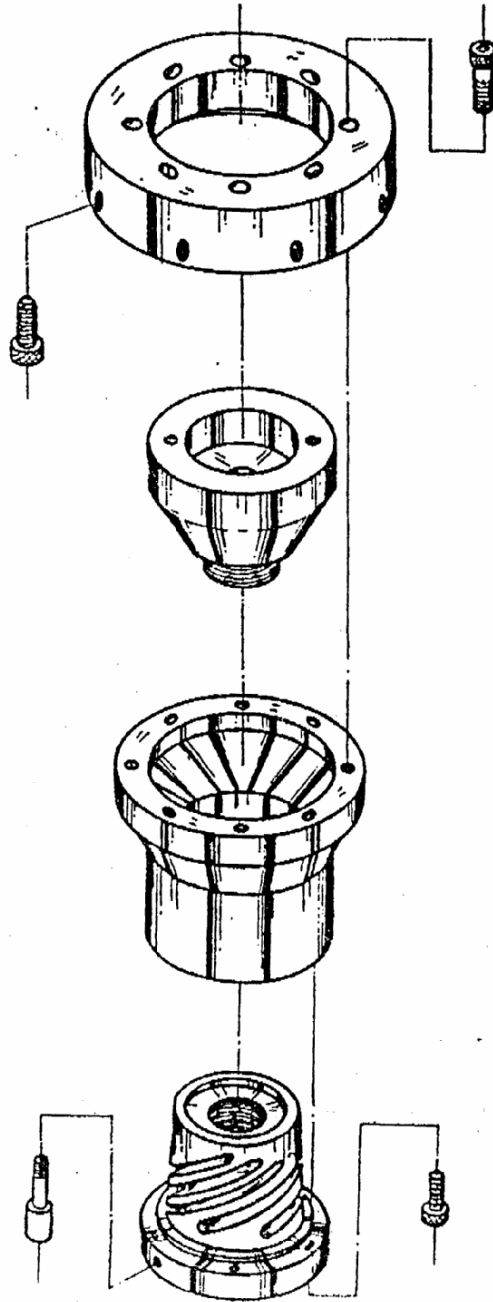
**Figura 10. Dado tipo espiral**



Fuente: Stein, P. *Entwicklungsstand bei Bändchengeweben. Verpackungsrundschau* (1967) Pág. 377



Figura 11. Dado tipo espiral y componentes



Fuente: Diseño de la planta Bolplastic.



## **2. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD**

### **2.1. Normas importantes de seguridad**

Se sugiere leer y entender los manuales de instalación, operación y mantenimiento que provee el fabricante de la máquina de extrusión, si no se tiene alguno puede utilizar este programa como guía.

No hay que pasar desapercibidos los avisos de advertencia y cuidado, generalmente un aviso de advertencia indica una condición posiblemente insegura que podría causar lesiones a personas, mientras que un aviso de cuidado indica una condición que podría ocasionar daños a los equipos.

Para protección personal, se deben seguir ciertos lineamientos y normas que evitan accidentes, y daños a los equipos.

- El operador de esta máquina no debe llevar ningún artículo como cadenas o anillos. No debe llevar la ropa suelta y si en alguna ocasión utiliza el pelo largo debe tenerlo atado.
- Para mayor seguridad, esta máquina debe ser operada solamente por una persona.
- Si el operador no es técnico, en ningún momento debe tratar de reparar el equipo a la hora de que éste sufra un desperfecto, si no que debe abocarse a personal altamente especializado.

- Durante el funcionamiento de la maquinaria, se debe evitar que personal no especializado se acerque al área de operación.
- Los dados trabajan a altas temperaturas y por lo general no se encuentran aislados, para estos casos, es recomendable que los operadores trabajen con guantes específicos para la operación y tener cerca del extrusor, el equipo de primeros auxilios, así como también un extintor de incendios tipo C el cual es utilizado para incendios eléctricos.
- Todo el cableado se debe tener en perfectas condiciones. Se deben aislar los contactos de las cintas calefactoras y verificar las conexiones a tierra. Se deben señalar los canales de cableado eléctrico, así como colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.
- El plástico genera electricidad estática y para evitar choques eléctricos se deben utilizar zapatos adecuados.
- Mantener las instalaciones limpias, ordenadas, no colocar piezas, accesorios o herramienta encima de la maquinaria; mantener las escaleras y el área perimetral libre de sustancias deslizantes como lubricantes y grasas.
- El operador debe utilizar equipo adecuado como zapatos de cuero y suela de caucho, pantalón y camisa con una talla ajustada y cómoda, casco, lentes, y en algunos casos tapones auditivos.

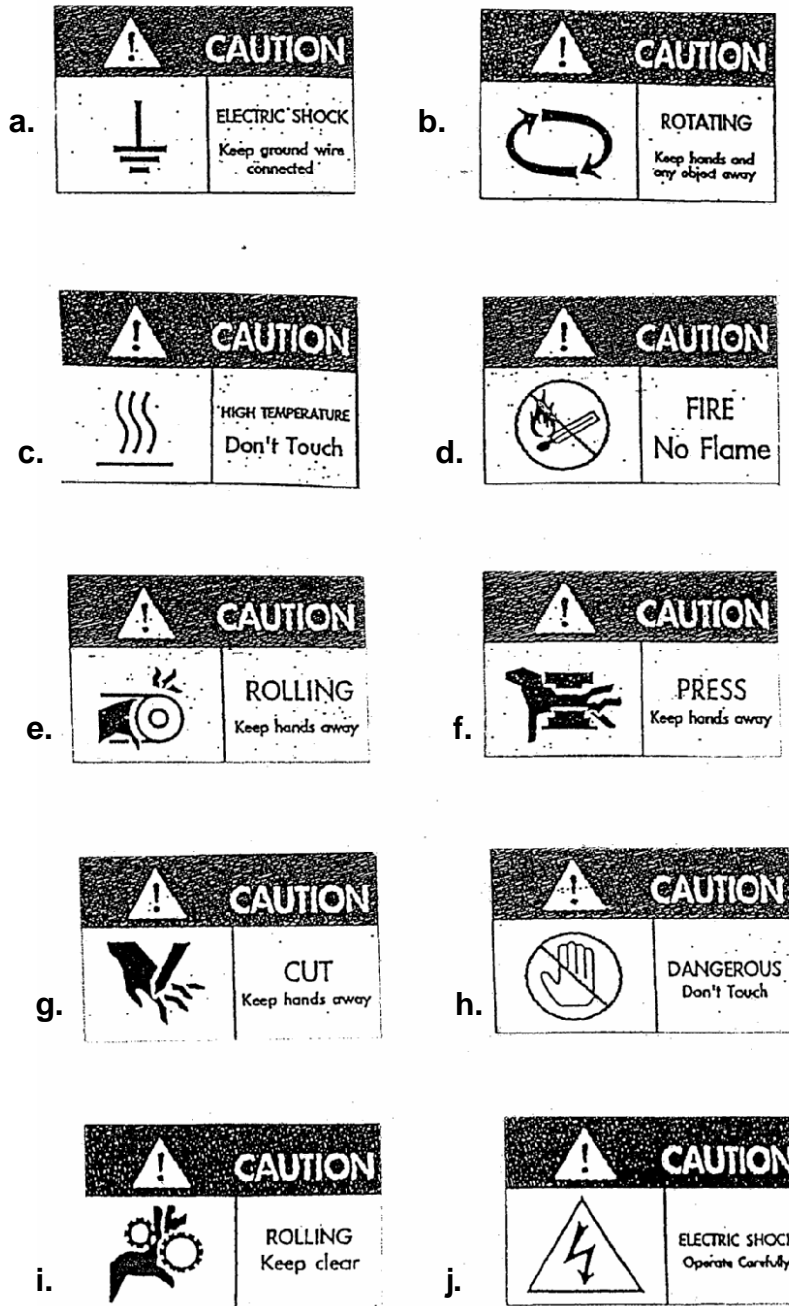
## **2.2. Advertencias**

- Verificar a que voltaje opera el equipo.
- No tocar ninguna conexión eléctrica sin antes asegurarse que se ha desconectado la alimentación de potencia.
- Antes de conectar la alimentación, asegúrese que el sistema está debidamente puesto a tierra.
- Evitar exponerse durante un tiempo prolongado a máquinas con alto nivel de ruido. Asegurarse de utilizar dispositivos de protección para los oídos de modo de reducir los efectos auditivos perjudiciales.
- No pasar por alto ni desactivar dispositivos protectores ni guardas de seguridad.
- Asegurarse que la carga está debidamente acoplada al eje (flecha) del motor antes de alimentar potencia.
- Tener sumo cuidado y usar procedimientos seguros durante el manejo, levantamiento, instalación, operación y mantenimiento del equipo.
- Antes de hacer mantenimiento en el motor, asegurarse que el equipo conectado al eje del motor no pueda causar rotación del eje. Si la carga pudiese producir rotación del eje, desconectar la carga del eje del motor antes de efectuar el mantenimiento.

- Antes de desarmar el motor, desconectar completamente la alimentación de electricidad de los devanados del motor y los accesorios.
- Verificar que la aplicación de los motores sea realmente para las condiciones que fueron diseñados: exposición al polvo, vapores inflamables o combustibles, condiciones de operación a prueba de explosión, etc.
- Los motores que se utilicen en atmósferas inflamables y/o explosivas deberán incluir el rótulo UL correspondiente en la placa de fábrica.
- No retirar los protectores de las cintas calefactoras a menos que esté programado realizar algún tipo de mantenimiento. Cuando se tengan que mover o limpiar partes calientes del equipo, que generalmente se debe realizar cuando el mismo se encuentra a altas temperaturas; se debe de utilizar guantes de cuero o de amianto.
- Por ningún motivo el operario debe abrir el panel de control.
- Por ningún motivo se deben poner las manos cerca de lugares peligrosos cuando la máquina esté en funcionamiento por ejemplo: rodillos de presión, engranajes, cadenas, fajas, moldes y sistema de extrusión cuando éstos se encuentran a altas temperaturas o funcionando.
- Nunca eliminar los guardas de seguridad, ni obstruir los mecanismos de seguridad mientras la máquina está en funcionamiento.

- El agua es un buen conductor de la electricidad, por lo que este equipo en ningún momento debe de ponerse en contacto con líquidos, ya que se podría ocasionar un incendio.
- No encender la máquina si previamente no se ha cerciorado que el cableado de corriente de la misma esté en perfectas condiciones.
- Antes del arranque del motor principal supervisar que la temperatura de operación de la extrusora sea la asignada, si se opera sin previo calentamiento puede ocasionar que el husillo se quiebre o se deforme, y provocar daños al cañón.

Figura 12. Señales de seguridad que se encuentran en las extrusoras



Fuente: *Lung Meng Machinery CO, LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 63



- a. Cautela, choque eléctrico, conecte el alambre de tierra.
- b. Cautela, equipo en rotación mantenga cualquier objeto y manos alejadas.
- c. Cautela, alta temperatura no tocar.
- d. Cautela, no encienda ninguna llama.
- e. Cautela, equipo rodando mantenga las manos lejos.
- f. Cautela, equipo que prensa mantenga las manos lejos.
- g. Cautela, equipo que corta mantenga las manos lejos.
- h. Cautela, peligro no tocar.
- i. Cautela, equipo rodando.
- j. Cautela, choque eléctrico opere cuidadosamente.

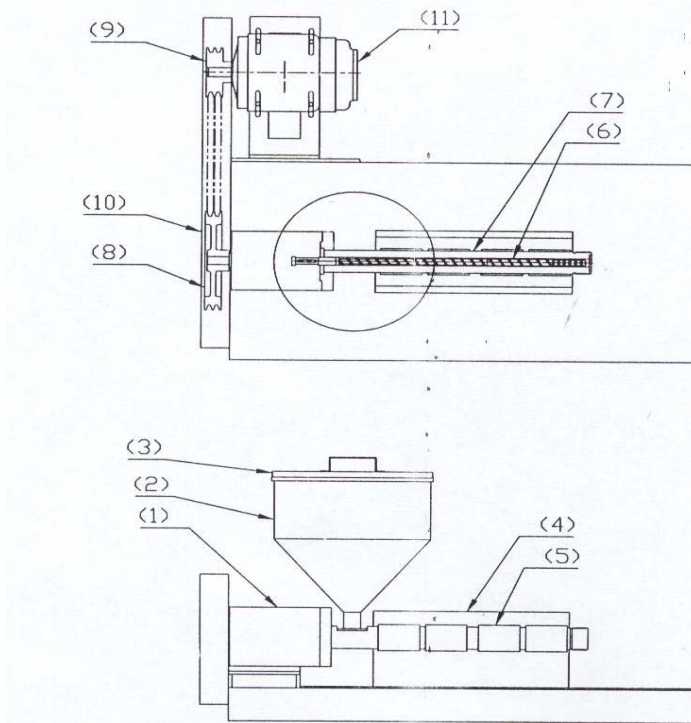


### 3. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DE LA MAQUINARIA

#### 3.1. Chasis

Se le conoce como chasis a la base de la extrusora y en él se instalan los sistemas de: extrusión, soplado, y enfriado de película plástica, cuyos componentes son: dado (molde), barril (cañón), caja reductora, motor principal, ventilador, y husillo.

**Figura 13. Chasis de una extrusora simple**



Fuente: *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 54

- 1) Caja reductora
- 2) Tolva
- 3) Tapa de la tolva
- 4) Protector de cintas calefactoras y cañón
- 5) Cintas calefactoras (resistencias)
- 6) Husillo o tornillo
- 7) Barril o cañón
- 8) Polea de la caja reductora
- 9) Polea del motor
- 10) Faja
- 11) Motor principal

### **3.1.1 Molde o dado**

El dado funde el material plástico para formar un tubo en forma de película, como anteriormente se mencionó.

Los dados se encuentran de diferentes tamaños en la industria y esto se debe a que el tamaño del mismo da la relación de soplado que se desea obtener y el tamaño de película que se fabricará.

En la manufactura de bobina plástica (película plástica), la película que sale de la abertura del dado es soplada en forma de cilindro hueco, el cual más adelante es aplastado por rodillos de presión, luego de una distancia recorrida libremente para lograr un buen enfriamiento y evitar que la película se pegue.

La presión de estos rodillos permite mantener un volumen constante de aire dentro del tubo, el cual es introducido a través del mandril del dado. Una vez que el tubo ha sido formado, no se necesita más aire exterior para mantenerlo estable, siempre y cuando no se permita el escape de aire retenido.

Como se muestra en la figura 14, el diámetro de la burbuja es siempre mayor que el diámetro del dado. El diámetro de la burbuja dividido el diámetro del dado da como resultado la relación de soplado, para polietileno de alta densidad la relación de soplado se debe encontrar entre 2.5 – 5, y para polietileno de baja densidad 1.2 – 2.5 aproximadamente.

Relación de soplado = diámetro de la burbuja / diámetro del dado.

El diámetro de la burbuja no se debe confundir con el ancho total de la película que se medirá en la bobina. El ancho de esta tela doble de película es 1.57 veces el diámetro de la burbuja.

Y de esto se concluye, que el ancho total de la película es:

ATP = 1.57 X diámetro del dado X relación de soplado.

Al sustituir la relación de soplado se deduce que:

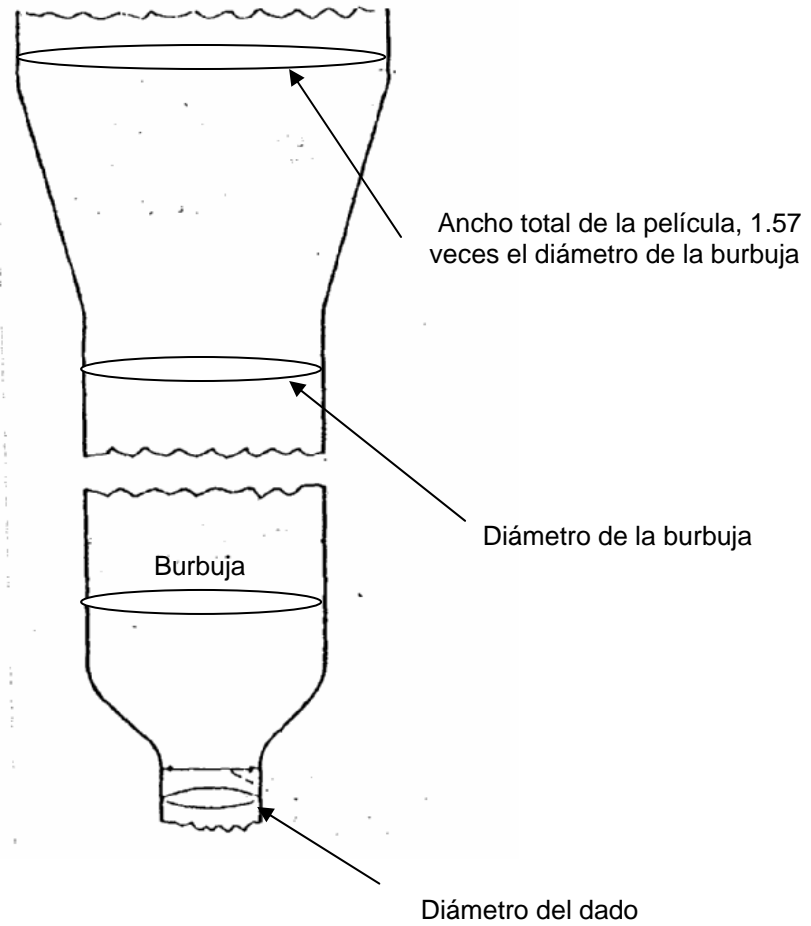
ATP = 1.57 X diámetro del dado X  $\frac{\text{diámetro de la burbuja}}{\text{diámetro del dado}}$

ATP= 1.57 X diámetro de la burbuja.

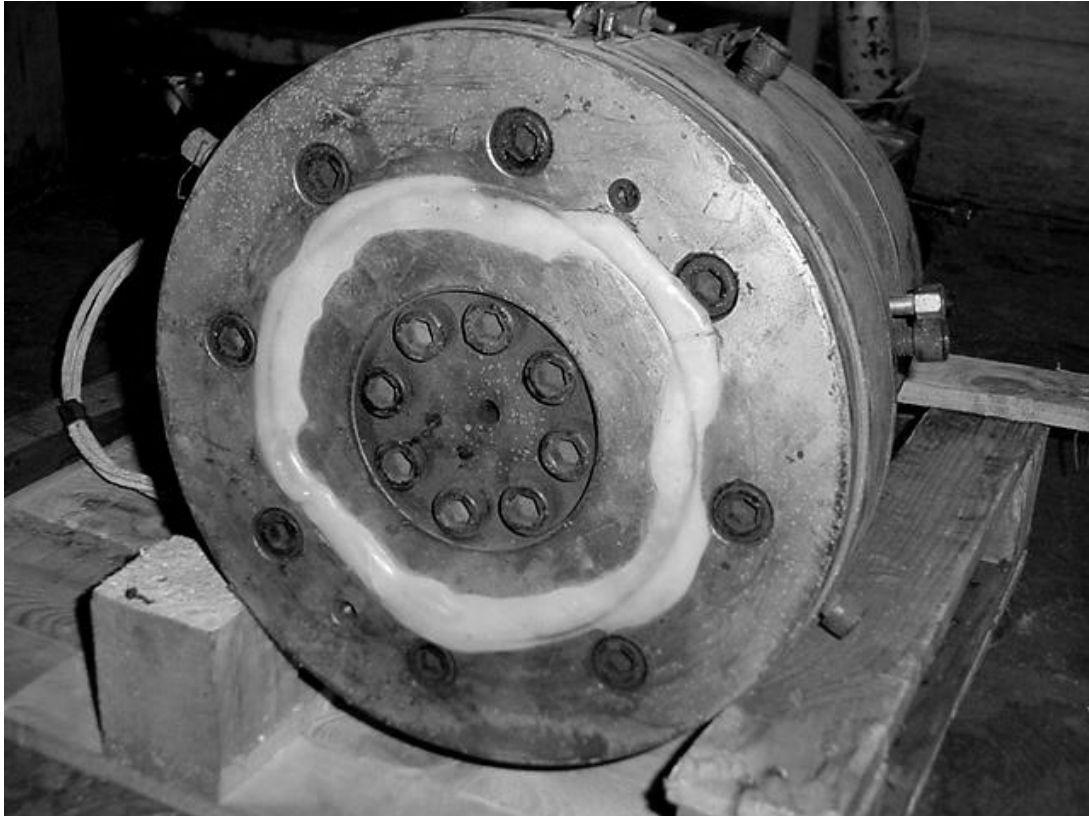
Al despejar se obtiene que:

Relación de soplado =  $0.637 \times \frac{\text{ancho total de la película}}{\text{diámetro del dado}}$

**Figura 14. Tubo cilíndrico de polietileno y sus divisiones**



**Figura 15. Fotografía de un dado para la elaboración de película plástica a base de polietileno**



**Fuente:** fotografía Internet [www.tecnomaq.com.mx/index11.html](http://www.tecnomaq.com.mx/index11.html)

Con la siguiente tabla de relaciones de soplado para anchos totales de películas entre 5 a 70 pulg, se puede encontrar el diámetro del molde adecuado a utilizar, para producir una película plástica de alta calidad.

**Tabla III. Datos de relaciones de soplado y diámetros de dados para anchos totales entre 5” y 70”**

HDPE Diámetro del dado (mm)	325					1.2	1.5	1.7
	300				1.1	1.3	1.6	1.9
	275				1.2	1.5	1.7	2
	250				1.3	1.6	1.9	2.2
	225			1.1	1.4	1.8	2.1	2.5
	200			1.2	1.6	2	2.4	2.8
	175			1.4	1.8	2.3	2.7	3.2
	150		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	3.7
	125		1.3	1.9	2.5	3.2	3.8	4.5
	100		1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6
	75	1.1	2.1	3.2	4.2	5.3		
	50	1.6	3.2	4.8				
	A.T.P	5	10	15	20	25	30	35
HDPE Diámetro del dado (mm)								
	325	2	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4
	300	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.5	3.7
	275	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1
	250	2.5	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.5
	225	2.8	3.2	3.5	3.9	4.3	4.5	5
	200	3.2	3.6	3.9	4.4	4.8	5.2	5.7
	175	3.6	4.1	4.6	5	5.5	5.9	
	150	4.2	4.8	5.3	5.8			
	125	5.1	5.7					
	100							
	A.T.P	40	45	50	55	60	65	70

A.T.P.= Ancho Total de Película en pulgadas

Fuente: **Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI** Pág. 25



### **3.1.2 Barril o cañón**

Este consiste en un tubo cilíndrico que en su interior aloja un tornillo sin fin (husillo) para plastificar y extrudir la materia prima. La función principal del cañón es la de servir como pared para que el tornillo mueva la materia prima en él, a altas temperaturas a lo largo de toda su longitud.

El cañón de las extrusoras está fabricado generalmente de acero nitrado, el calor del extrusor es proporcionado por medio de cintas calefactoras (resistencias eléctricas), éstas en su interior están fabricadas por un material llamado mica y una platina que proporciona altas temperaturas. La temperatura en las distintas partes del cañón se regula en el panel de control por medio de los pirómetros, que se encargan de la activación y desactivación (calentamiento - enfriamiento) según la temperatura que se graduó.

El cañón es calentado en toda su longitud por medio de las resistencias y éstas se colocan en grupos a lo largo del cañón, por lo general grupos de tres resistencias por cada parte del cañón, pero esto dependerá del diseño de la extrusora. En la zona de alimentación el cañón es refrigerado por agua en extrusoras grandes para que el material no sea fundido, debido a que este tramo sirve solamente para empujar el material sólido hacia la etapa de semifundido.

La temperatura de cada parte del cañón se debe graduar de acuerdo al material, velocidad, y medida de la película.

La tolerancia típica entre las hélices del tornillo y el cilindro es de 0.10 – 0.15 mm para un extrusor nuevo. Un ajuste más preciso sería muy difícil de fabricar y desarrollaría más calor, debido a la fricción. Tolerancias mayores son comunes en extrusoras usadas; los tornillos desgastados a veces, aunque no siempre, bajan la producción por RPM (revoluciones por minuto).

En algunos diseños, los cañones en la parte de alimentación (tolva) llevan ductos, en los cuales pasa agua continua que mantiene una temperatura apropiada, debido a que en esta parte no es necesario que el material se funda.

En otros diseños los cañones en toda su trayectoria son enfriados por aire o por agua. En los diseños de enfriamiento por agua, los canales de enfriamiento están junto a los elementos de calentamiento, el agua puede remover con mayor efectividad el calor, que el aire; ambos sistemas de enfriamiento deben ser tratados para eliminar impurezas.

### **3.1.3 Caja reductora**

Las cajas reductoras son las encargadas de reducir las altas revoluciones proporcionadas por los motores a una velocidad utilizable por las máquinas.

Además de reducir la velocidad se deben contemplar las posiciones de los ejes de entrada y salida y la potencia mecánica a transmitir.

Para potencias bajas se utilizan moto-reductores que son equipos formados por un motor eléctrico y un conjunto reductor integrado.

Para potencias mayores se utilizan equipos reductores separados del motor. Los reductores consisten en pares de engranajes con gran diferencia de diámetros, de esta forma el engranaje de menor diámetro debe dar muchas vueltas para que el de diámetro mayor de una vuelta, y de esta forma se reduzca la velocidad de giro. Para obtener grandes reducciones se repite este proceso colocando varios pares de engranajes conectados uno a continuación del otro.

En estas cajas es importante observar que se abren en dos mitades y la línea de unión está en el plano que forman los ejes. Este diseño se basa en la conveniencia de abrir la caja al nivel de los ejes para extraerlos con facilidad y permitir el cambio de rodamientos, sellos de aceite (retenedores), empaques, revisar el desgaste de los dientes de los engranes y otras mantenciones preventivas, es el más utilizado en extrusoras de plástico.

Hay diferentes tipos de reducciones por ejemplo 4:1, 5:1 etc. Esto significa que cuando el motor gira varias revoluciones éstas son reducidas a solamente una por medio de la caja reductora. La reducción de revoluciones puede realizarse solamente por engranajes o por combinación de engranajes y poleas.

Algunas cajas reductoras tienen una palanca de velocidades para ajustar una velocidad deseada, este sistema lo utilizaban las extrusoras antiguas ya que el diseño no permitía regular la velocidad de los motores.

Según el diseño de fábrica así será el número de revoluciones que ésta disminuya. La caja reductora recibe el movimiento del motor por medio de fajas, en un extremo se encuentra el motor con su respectiva polea y en el otro la caja reductora también con su respectiva polea.

La reducción termina con un engranaje grande en el centro, en el cual se ubica el tornillo.

El empuje de retroceso producido por el tornillo se soporta por medio de un rodamiento. La vida de este rodamiento se acorta, por las altas velocidades y especialmente por las altas presiones en el molde. Para minimizar las fallas, se debe determinar el número de identificación, el año de su instalación y su vida esperada, así como asegurarse de una lubricación periódica.

Los diseños de la caja reductora en su interior dependen del número de revoluciones que se desean reducir, y la eficiencia que se desea obtener, por lo que en su interior pueden encontrarse engranajes de dientes rectos, helicoidales, rodamientos de bolas, de rodillos axiales etc. Algunas de éstas son enfriadas por flujos de agua continua, lo cual ayuda a que el lubricante se adhiera bien a los engranajes y a mantenerlas a una temperatura estable.

En la figura 16 se puede observar que la figura del lado izquierdo posee dos pares de engranajes cilíndricos de diente helicoidal y la del lado derecho posee además un par de engranajes cónicos de diente helicoidal.

**Figuras 16. Cajas reductoras con engranes cilíndricos y cónicos**



**Fuente:** Internet [www.2ing.puc.cl/icm2312/apuntes/engrana/crema.html](http://www.2ing.puc.cl/icm2312/apuntes/engrana/crema.html)

### **3.1.4 Motor**

Un motor se utiliza para convertir energía eléctrica en energía mecánica con medios electromagnéticos.

La mayoría de las extrusoras diseñadas últimamente, utilizan motores que funcionan con corriente continua (CC), debido a que la regulación de velocidad del motor es más efectiva y barata, ya que ésta se controla mediante la variación de la corriente del campo.

Conviene asegurarse de que el ventilador del motor funcione adecuadamente, así como de cambiar los filtros y revisar el motor periódicamente.

Los motores de corriente alterna utilizan la corriente que distribuye la empresa eléctrica, por lo que cuando se arrancan, el consumo de energía eléctrica es más elevado.

El motor es el encargado de proporcionar el movimiento a la caja reductora, para que ésta transmita el movimiento al tornillo extrusor, la velocidad del mismo se regulará dependiendo del tipo de película que se desea obtener.

### **3.1.5 Ventilador**

Generalmente este es un dispositivo que en su interior contiene aspas o hélices según sea el diseño para recoger aire del medio ambiente, forzarlo y distribuirlo al anillo de enfriamiento.

El proceso comienza cuando un motor proporciona movimiento rotacional transmitiéndolo a unas hélices o aspas, el aire se comprime y aumenta su presión; el aire se filtra para eliminar impurezas, para luego ser repartido por varios conductos que se dirigen al anillo de enfriamiento. El número de ductos conductores de aire y la capacidad del ventilador dependen del diseño de fabricación.

El ventilador es el encargado de forzar aire para enfriar la película plástica y solidificarla, a través del anillo de enfriamiento, cuando ésta comienza a salir en forma de tubo cilíndrico del dado. Esta mezcla que sale del dado es enfriada en su estado termoplástico para lograr que se solidifique y proporcionar las dimensiones finales.

El proceso de deformación se detiene en la línea de enfriamiento, en donde ocurre la alteración del plástico a estado sólido.

El aire que refresca la película sale del anillo de enfriamiento, el cual está montado directamente en la salida del dado, la graduación óptima de flujo de aire en el anillo puede ser lograda solamente experimentando, debido a la variación de la temperatura ambiente.

Los anillos de enfriamiento más utilizados en la actualidad, casi sin excepción emplean el sistema de laberinto con diseño de cámaras de presión de una o de dos estaciones. El anillo se analiza usando cualquiera de los siguientes criterios: capacidad de enfriamiento, estabilidad de la burbuja, y uniformidad de la corriente de aire.

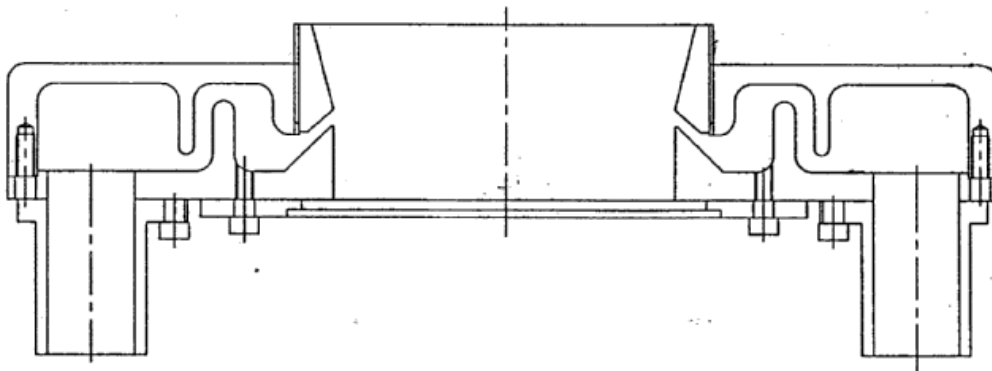
El volumen de aire, la velocidad y la dirección de la corriente del flujo de enfriamiento, así como la temperatura, determinan la efectividad del enfriamiento.

En algunos casos se utiliza aire frío en vez de utilizar aire forzado ya que el enfriamiento difiere del tipo de película, este enfriamiento se basa en un sistema de refrigeración que se conecta al anillo de enfriamiento mediante ductos.

El sistema de enfriamiento permite que la película de polietileno no se bloquee durante el recorrido del dado, hasta los rodillo de estiramiento; además influye en la calidad de la película.

La utilización de aire enfriado por algún sistema de refrigeración proporciona una mejora en el rendimiento y conduce a una mejor estabilidad en el proceso de enfriamiento, ya que no se incluye la variación de temperaturas durante el día y la noche, esto contribuye a la constancia de las propiedades de la película plástica.

**Figura 17. Anillo de enfriamiento**



Fuente: *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 60

### 3.1.6 Husillo

La tolva es la encargada de alimentar de materia prima al cañón, y como se mencionó anteriormente en la parte interior del cañón se encuentra el husillo el cual mediante rotación empuja al material. Durante el trabajo del extrusor hay un contra flujo a través de un claro que sirve de lubricación, no permitiendo el contacto físico cañón husillo y es aproximadamente de 0.10-0.15 mm.



El husillo impulsado mecánicamente gira dentro de una camisa cementada en el cañón y los filetes transportan la materia prima hacia delante, el husillo es el elemento fundamental de trabajo de una extrusora.

A medida que avanza, la materia prima es calentada, fundida, mezclada y comprimida dentro de los canales del tornillo. La producción dependerá de la relación de su longitud al diámetro ( $L_t / D_t$ ), la velocidad de giro y de las particularidades geométricas del canal helicoidal, y del número de zonas.

Los husillos deben soportar cargas de torsión y flexión y ser resistentes al desgaste. Por ello generalmente se fabrican de los aceros siguientes: cromo-molibdeno-aluminio (nitrurado), cromo-níquel, cromo molibdeno. Además, la superficie del tornillo se fortalece aplicando cromo o aleaciones duras en la superficie de éste.

El husillo, conocido también como tornillo o gusano, normalmente se divide en tres zonas:

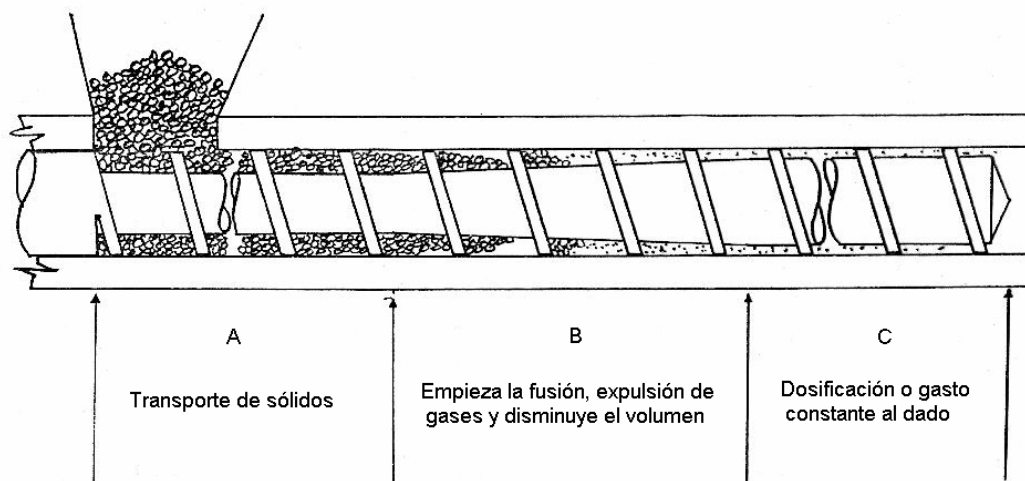
- a. La de alimentación, donde se recibe la materia prima; en esta zona no hay fusión y sirve para empujar con el material sólido al material semifundido y al fundido.
- b. La zona de compresión, donde el material empieza a fundirse y a expulsar aire en retroflujo.
- c. La zona de dosificación que obliga al material homogéneamente fundido a fluir con caudal uniforme hacia el dado.

Se ha encontrado que para el polietileno la longitud óptima del husillo o tornillo es de unas 24 veces su diámetro, relaciones menores no dan una masa fundida termodinámicamente homogénea y más larga degradan el material por exceso de permanencia en el cañón a temperaturas altas.

Todo este sistema va montado en una estructura y se le imparte movimiento por medio del motor y una caja reductora, los cuales se describieron anteriormente.

Todos los componentes mecánicos del extrusor son del dominio tecnológico desde hace mucho tiempo; sin embargo, el que más variaciones presenta hoy día es el husillo o tornillo, y este es responsable de una buena calidad.

**Figura 18. Etapas del husillo con respecto al proceso de extrusión**



**Fuente:** Internet [www.tecnomaq.com.mx/index11.html](http://www.tecnomaq.com.mx/index11.html)

**Tabla IV. Datos del rendimiento para líneas de alta precisión en la producción de película soplada de LDPE**

Diámetro del tornillo (mm)	Máximo rendimiento (kg/hr)	Potencia del extrusor kW
60	200	55
90	400	110
120	550	170
150	900	300

**Fuente:** Stein, P.: *Entwicklungsstand bei Bändchengeweben. Verpackungsrundschau* (1967) , Pág. 374)

Existen cientos de diseños de husillos, para la selección de uno se debe considerar lo siguiente:

- El tipo de material a extrudir
- El flujo de salida deseado
- Cuanto mezclado es necesario

La mayoría de los husillos son de paso cuadrado, esto significa que la distancia de una hélice a la otra es igual al diámetro. Comúnmente el espesor de la hélice es de diez por ciento del diámetro, ya que si fuera mayor, habría demasiado calor en el claro, entre el cilindro y la hélice; el volumen reducido bajaría la producción, y si por el contrario este espesor fuera menor del diez por ciento, se podría deformar y romper.

### **3.2. Torre estabilizadora**

Ésta es la encargada de estabilizar el tubo cilíndrico de plástico cuando sale del dado, la altitud de la torre está diseñada para darle tiempo al aire que sale del anillo de enfriamiento a enfriar la película, para que cuando ésta pase a los rodillos de presión no tienda a pegarse; pero también el aire del medio ambiente colabora al enfriamiento, está formada por ventiladores (en algunos diseños) y persiana.

Los ventiladores van montados en la persiana uno de cada lado y su función es la de producir aire forzado para ayudar al aire que sale del anillo de enfriamiento a enfriar el tubo plástico, previo a que ingrese a los rodillos de presión.

La persiana está fabricada de madera y su función es la de comenzar el proceso de aplanamiento lentamente, previo a que la tela pase por los rodillos de presión; además, estabiliza el tubo cilíndrico de polietileno.

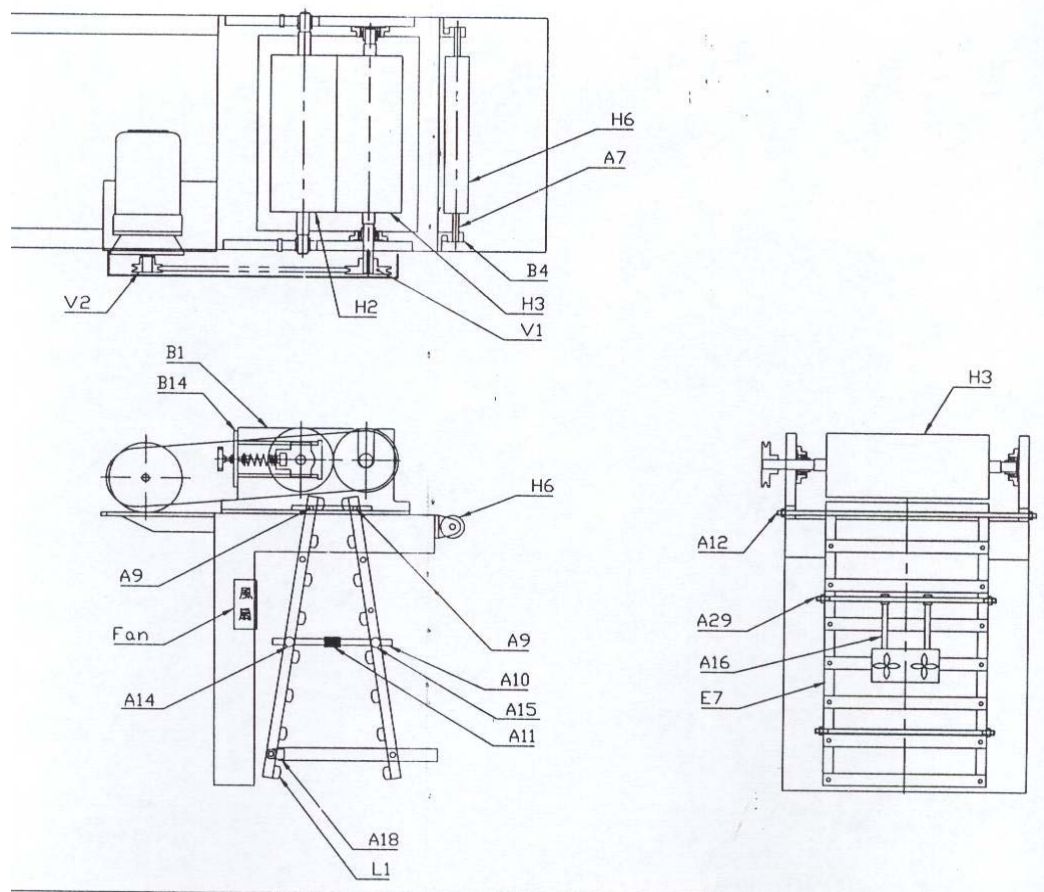
### **3.3. Equipo de moldeo y estirado**

Moldeo se le denomina al proceso en el cual la película pasa de ser un tubo cilíndrico hueco, a una tela plástica tubular, a través del recorrido que realiza desde la persiana hasta que es enrollada en forma de bobina.

La principal función del moldeo y estirado es mantener la tensión en la película de polietileno.

El equipo de moldeo y estirado recibe la película y la aleja del cabezal, y del anillo de enfriamiento. Este equipo consiste en un par de cilindros o rodillos que jalan la tela, la aplana y luego la retorna nuevamente al nivel del molde pasando por una cierta cantidad de rodillos que eliminan las arrugas, para ser enrollada finalmente por el embobinador.

**Figura 19. Partes y códigos de una torre estabilizadora con su equipo de moldeo y estirado, de una extrusora simple, en sus tres vistas**



Fuente: **Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI** Pág. 61.

### **3.3.1 Rodillos**

Normalmente uno de los rodillos es de acero y recibe movimiento por medio de un motor; el otro es de metal cubierto de caucho elástico.

Los rodillos se encuentran sometidos a presión por medio de aire comprimido o mecánicamente por tornillos de presión, esta presión debe ser adecuada ya que si es demasiada la tela tubular tenderá a pegarse, y si por el contrario es muy poca el aire que se encuentra en el interior del cilindro plástico para las dimensiones requeridas, tenderá a escaparse; ocasionando producción defectuosa y producirá arrugas en la tela.

A la velocidad de los rodillos se le conoce como velocidad de tiraje y está determinada por el espesor o calibre de la película. Cuando la velocidad de tiraje es lo bastante rápida se obtiene película más delgada, y cuando la velocidad de tiraje es lenta, se obtienen películas más gruesas; para mantener el espesor de la película constante, se debe mantener la velocidad constante.

### **3.3.2 Motor**

Los rodillos del sistema de moldeo y estirado requieren de un motor para el movimiento rotatorio, generalmente se utiliza un motor de corriente directa, debido a que éste se somete constantemente a cambios de velocidad, para alcanzar dimensiones específicas de película.

### 3.3.3 Caja reductora

La caja reductora proporciona la reducción de la velocidad que produce el motor, éstas generalmente son del tipo tornillo sin fin y rueda helicoidal, este mecanismo es muy conveniente como reductor de velocidad en un solo paso. El tornillo o gusano se ubica en la parte inferior de la caja para asegurar una lubricación abundante, en algunas extrusoras la caja es sustituida por discos con dientes y cadenas para reducir la velocidad. .

**Figura 20. Modelo de una caja reductora con engrane cilíndrico helicoidal y tornillo sin fin, para reducir revoluciones en rodillos de moldeo y estirado.**



**Fuente:** Internet [www.2ing.puc.cl/icm2312/apuntes/engrana/crema.html](http://www.2ing.puc.cl/icm2312/apuntes/engrana/crema.html)

### **3.4. Embobinador**

El embobinador es el encargado de enrollar la película plástica en un núcleo o tubo ajustado sobre un eje de acero desmontable; estos núcleos generalmente son de cartón o PVC. Sus longitudes y diámetros dependerán de la producción que se desea obtener o en función de las necesidades a cubrir.

Éste está formado generalmente por dos cilindros, uno de metal y otro de caucho por donde pasa la tela antes de ser enrollada en el núcleo, el movimiento de los rodillos es proporcionado por un motor de torque, hay dos sistemas para reducir las revoluciones del motor: caja reductora o sistema de rueda dentada con transmisión por cadena. Cuando se utiliza caja reductora ésta se ensambla con el motor y se ubican lateralmente al rodillo que induce el movimiento y para el sistema de rueda dentada, el motor está debajo de los rodillos y transmite el movimiento al rodillo inductor por medio de una cadena.

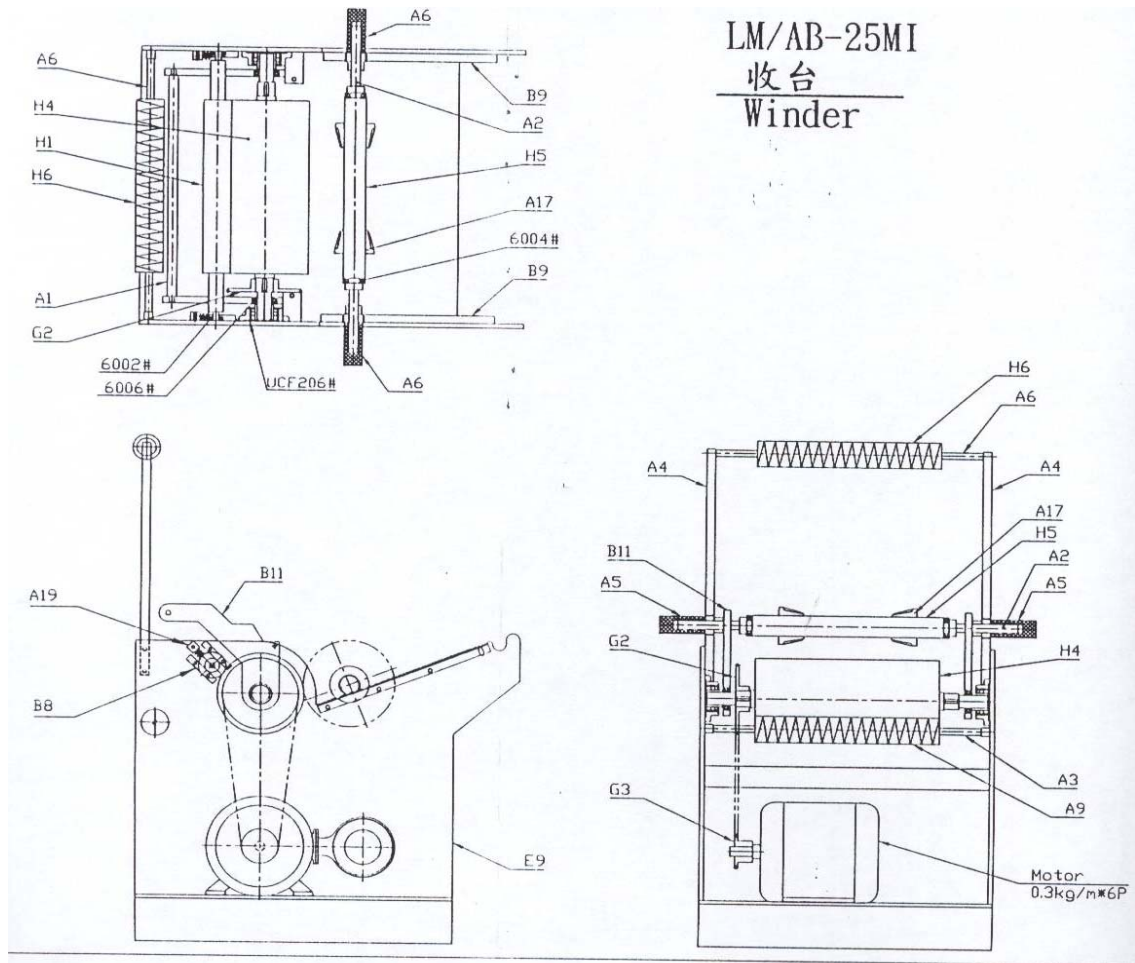
La ventaja del sistema de transmisión de cadenas es que se elimina el uso de cajas reductoras, ya que la reducción de velocidad del motor se realiza por medio de discos diseñados según la velocidad que se desea reducir, por ejemplo: 5:1 significa que por cada 5 vueltas que gire el motor, el rodillo dará solo una.

La barra donde se coloca el núcleo que recibirá la tela, lleva un casco cónico corredizo en cada extremo, para evitar el juego axial.

La velocidad del embobinador debe ser proporcional a la del husillo y rodillos de moldeo y estirado.



**Figura 21. Partes y códigos de un embobinador para enrollar núcleos con película plástica, cuyo movimiento de los rodillos es transmitido por medio de cadenas, en sus tres vistas**



**Fuente: Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI Pág. 62**

### **3.5. Panel de control**

En él se encuentran todos los dispositivos eléctricos y electrónicos que son esenciales para el funcionamiento de la extrusora, tarjetas reguladoras de velocidad, pirómetros, contactores, termocoplas, portafusibles etc.

En el panel de control se encuentran también ubicados todos los sistemas de operación de la extrusora, como graduación de temperaturas de las diferentes partes de extrusión, velocidad de los rodillos de moldeo y estirado, regulación de la velocidad del motor principal, encendido de las resistencias, encendido de los motores y encendido del ventilador o soplador.

#### **3.5.1 Termocoplas, pirómetros y contactores**

Las termocoplas son sensores encargados de percibir la señal calorífica de las resistencias y enviarla al pirómetro, está formada en su interior por dos cables un negativo y un positivo.

Normalmente se utiliza una termocopla por cada tres resistencias colocadas en el cañón, una para el filtro, y una para el dado,

Una termocopla está formada por dos alambres hechos de distintos metales y se unen en una junta. Esta junta o unión usualmente está cubierta por una funda metálica, pero también hay juntas sin cubierta.

La junta usualmente se introduce en una cavidad que está barrenada en el cañón, adaptador o cuerpo del molde, un adaptador de bayoneta es usado en muchos casos para mantener la termocopla en su lugar, aunque existen otros diseños. La punta de la termocopla debe hacer contacto sólido con el fondo de la cavidad, si el contacto no es ajustado la temperatura será irreal.

La termocopla debe estar siempre libre de corrosión, impurezas y en buen estado ya que de lo contrario proporcionará una lectura errónea. Los tipos de termocoplas más comunes usadas en extrusoras son J, K, T y E, los conectores y cables de cada tipo están codificados por color, cuando una termocopla necesita ser reemplazada debe hacerse por una del mismo tipo, de lo contrario la lectura será errónea.

El pirómetro es empleado para medir temperaturas que superan hasta los 700 °C, cuando la mayor parte de termómetros se fundiría.

Comúnmente una extrusora utiliza cuatro pirómetros, pero este número puede variar dependiendo de las dimensiones de ésta, cada pirómetro es el encargado de regular la temperatura de las diferentes partes del cañón, filtro y dado.

### **3.5.2 Breve descripción del sistema eléctrico, para la activación y desactivación de las resistencias**

El sistema eléctrico para producir altas temperaturas en una extrusora para que la materia prima se plastifique, utiliza cuatro dispositivos esenciales, un pirómetro, un contactor, una termocopla y una o varias resistencias, conectadas en serie o en paralelo según sea el diseño de la extrusora por medio de cables para altas temperaturas. El contactor tiene por lo general cuatro entradas, cuatro salidas y dos entradas de alimentación para activar la bobina del mismo.

Se logra que fluya corriente en las salidas del contactor una vez la bobina haya sido activada, esto se produce cuando en sus dos entradas se le suministra corriente.

#### **3.5.2.1 Conexión del sistema eléctrico**

En la entrada del contactor se conectan dos cables alimentados con corriente y en la salida otros dos que serán alimentados una vez que el contactor se active, estos se conectan con las resistencias, cada vez que el contactor se active, las resistencias tenderán a elevar su temperatura y dependiendo del tiempo que se les suministre corriente, así será la temperatura que transmitan. Para que el contactor active o desactive recibe en una de las entradas de la bobina corriente constante y en la otra entrada recibe corriente parcial enviada por el pirómetro, el número de resistencias que regula cada pirómetro dependerá del diseño de fabrica.

Cuando la temperatura llega a la seleccionada en el pirómetro éste ya no dejará pasar corriente a la bobina del contactor, provocando la desactivación del mismo, entonces las resistencias dejarán de alimentarse de energía y tenderán por un momento a permanecer a temperatura constante y luego ésta descenderá. Si por el contrario la temperatura esta por debajo, a la seleccionada en el pirómetro, éste dejará pasar corriente a la bobina del contactor para activarlo entonces la resistencia se alimentará de energía y tenderá a elevar su temperatura nuevamente. Este proceso se producirá constantemente. El pirómetro detecta la temperatura de las resistencias por medio de la termocopla.

Las otras dos salidas del contactor podrán ser utilizadas para alimentar corriente a otras resistencias.

#### Partes del panel de control de una extrusora

1 2 y 3. Interruptores para activar pirómetros reguladores de temperatura y amperímetros.

4. Amperímetro medidor de corriente del motor principal.

5. Activador de salida de corriente para el motor principal.

6. Desactiva la corriente del motor principal.

7. Registra las RPM (revoluciones por minuto) del motor principal.

8. Regulador de la velocidad del motor principal (potenciómetro).

9. *Switch* de repuesto.

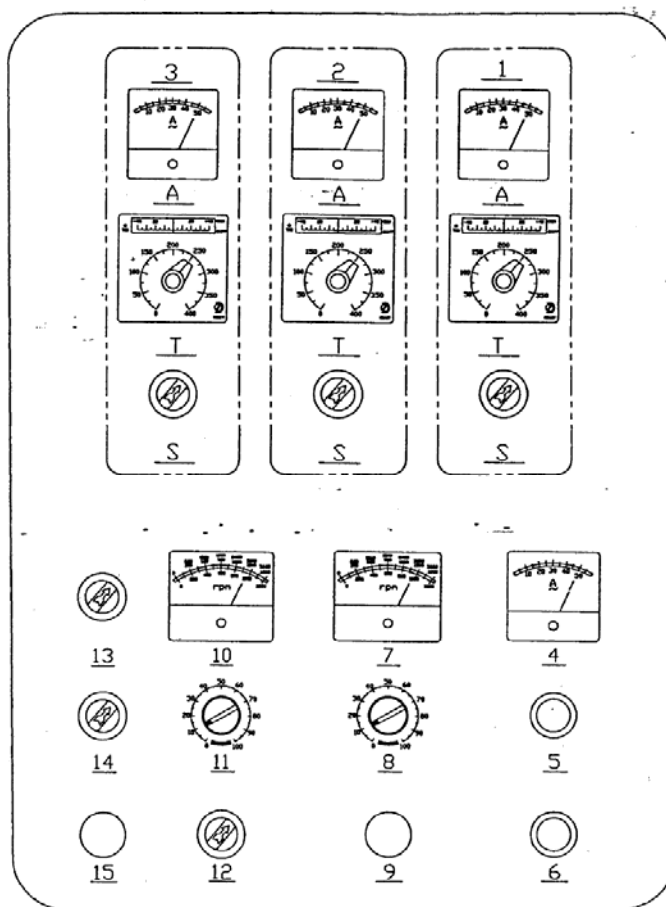
10. Registra las RPM (revoluciones por minuto) del motor de los rodillos de moldeo y estirado.

11. Regula la velocidad del motor de los rodillos superiores (potenciómetro).

12. Interruptor de corriente para el embobinador.

- 13. Interruptor de corriente para activar el ventilador o soplador.
- 14. Interruptor de corriente para el motor de los rodillos de moldeo y estirado.
- 15. *Switch* de repuesto.

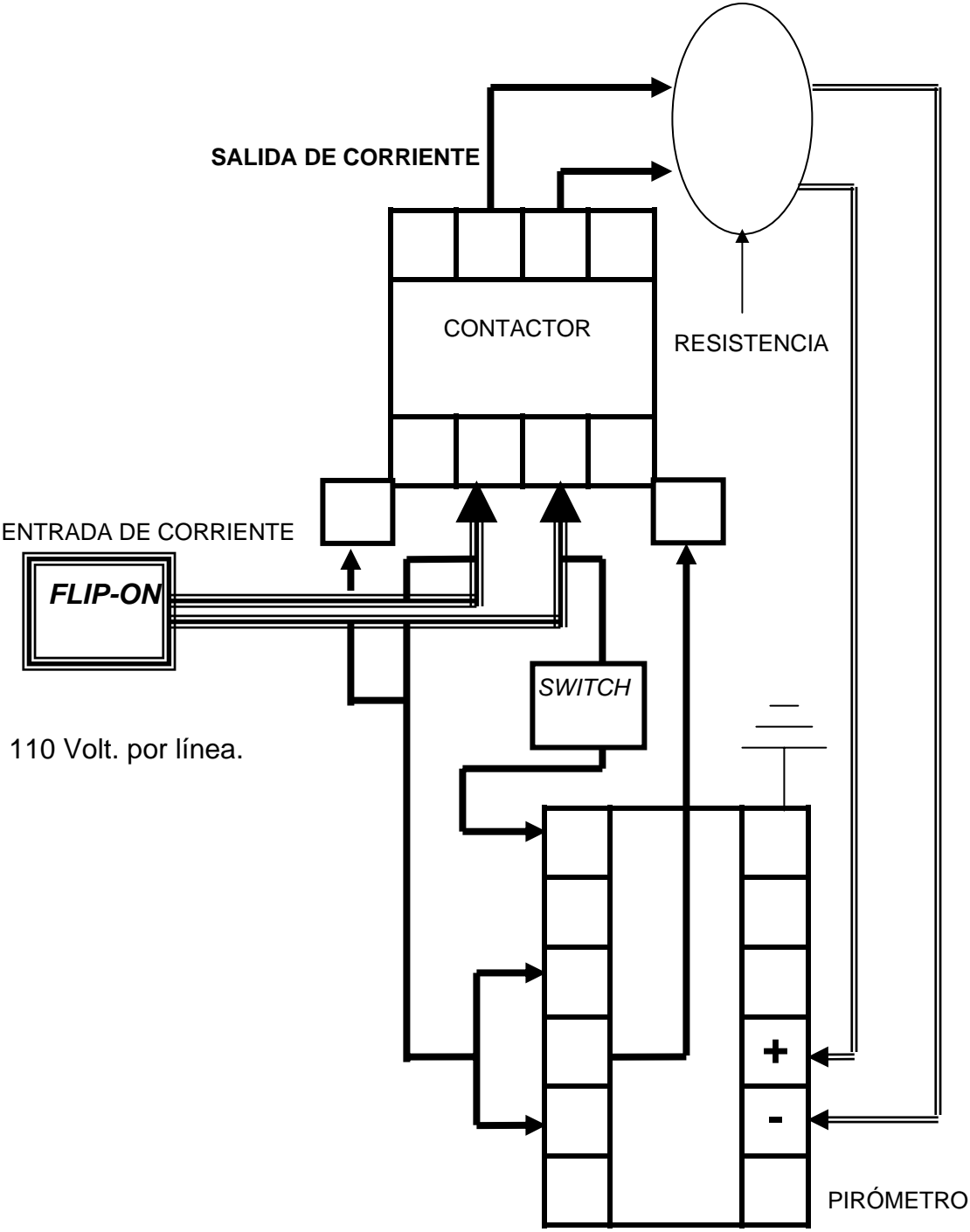
**Figura 22. Panel de control de una extrusora simple modelo LM/AB-25MI**



Fuente: *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 49

La figura 23 muestra el sistema eléctrico, encargado de la activación y desactivación del contactor para el calentamiento de las resistencias

Figura 23. Diagrama del sistema eléctrico







## 4. OPERACIÓN

### 4.1. Encendido

Previo al encendido de la extrusora se deben tomar en cuenta las condiciones de operación.

La temperatura del ambiente debe encontrarse entre 15 y 45 °C, la humedad del ambiente influye en la operación, ésta debe ser aproximadamente de un 20% a un 80% (humedad relativa HR).

La extrusora debe encontrarse lejos de lugares corrosivos e inflamables, lejos de solventes orgánicos y el lugar debe tener una alta iluminación.

#### Procedimiento de encendido

- a. Las extrusoras por lo general tienen un *flip-on* general ya sea en la parte interna del panel de control o en la externa, si no lo trae es bueno implementar uno según el amperaje de consumo. Antes de activar el *flip-on* todos los dispositivos de la extrusora; como resistencias, ventiladores, rodillos etc., deben estar apagados. Encender *flip-on* general.
- b. Activar los *switches* para encender pirómetros de temperatura del sistemas de extrusión: cañón, filtro y dado, que se encuentran distribuidos en la extrusora verificando en el panel de control el amperaje de cada uno.

- c. Graduar la temperatura que se desea en el cañón según sus partes, cañón, filtro y molde, tomando en cuenta el tipo de materia prima que se utilizará, para polietileno de alta densidad regularmente la temperatura debe ser de  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  y para el de baja  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  pero éstas pueden varear dependiendo la calidad del material.
- d. Los sistemas de extrusión se ponen a calentar, hasta que llegan a la temperatura graduada en el pirómetro, aproximadamente de 40 a 60 minutos.
- e. Cuando los sistemas de extrusión han alcanzado la temperatura de operación, esperar aproximadamente 10 minutos para asegurar cada temperatura.
- f. Corroborar la dirección de rotación de cada motor antes de operar, para ello la extrusora ya debe de haber alcanzado la temperatura de operación.

## **4.2. Arranque**

Verificar que el material a utilizar sea el correcto y luego introducirlo en la tolva de alimentación, sin llenarla en su totalidad ya que pueden haber taponamientos y eso dificultaría actuar inmediatamente, si no los hay llenar la tolva y luego tajarla para que no caigan impurezas o sólidos dentro de la misma.

El orden de encendido de motores es el siguiente: motor del rodillo de moldeo y estirado de la extrusora (1), motor del ventilador o soplador refrescante (2), motor principal (3), y motor de la unidad de embobinado (4); antes de arrancar cada motor debe observarse que el interruptor de velocidad esté en cero. Este procedimiento se realizará luego que todos los sistemas de extrusión hayan alcanzado la temperatura de operación.

Para el arranque del motor principal se debe de tomar en cuenta que tipo de motor es, ya que hay algunos que arrancan directamente al presionar el *switch* y hay otros que arrancan en estrella delta. Para estos en el panel de control hay dos *switches*, uno es el que se encarga del arranque en estrella el cual es el que se debe activar primero y el otro es el de arranque en delta, el cual se activará por último.

Nunca arrancar el motor principal si la extrusora está fría, es peligroso, ya que el material sólido residual que se encuentre dentro del cañón impedirá el movimiento del husillo y éste tenderá a quebrarse y a la vez dañar el cañón.

Graduar los tornillos del dado cuando la máquina haya alcanzado la temperatura de funcionamiento, y abrir la llave de alimentación de agua.

### **4.3. Ajustes en el panel de control**

En el panel de control se encuentran todos los *switches* de encendido y los interruptores que regulan las velocidades de trabajo de los diferentes motores, en él también se pueden observar amperajes, revoluciones de los motores en revoluciones por minuto (RPM) y las temperaturas de la extrusora.

### **4.3.1 Temperatura y revoluciones de los motores**

No hay un perfil más eficiente que otro; cada temperatura y cada velocidad debe ajustarse con base en la materia prima que se está trabajando y al tipo de producción que se desea obtener, regularmente la temperatura debe ser 150 °C para resina de baja densidad y 200 °C para alta.

Si se observa que la película de polietileno no es homogénea o que la calidad de la película no es la que se espera, deben de regularse las temperaturas de la extrusora: molde, partes del cañón, y filtro; así como las RPM de los motores. El dispositivo para regular las temperaturas es el pirómetro, el cual señala los grados que se desean ajustar.

Luego de activar todos los interruptores de los motores, ajustar la velocidad conveniente lentamente y observar el amperímetro, no tratar de ajustar la velocidad bruscamente, ya que esto reducirá la vida útil de los motores.

Las velocidades de los motores deben ir acorde al tipo de medida en calibre y ancho de película que se desea obtener, por ejemplo, si se desea tener una película delgada, la velocidad del husillo deberá ser rápida, así como la velocidad de los rodillos de moldeo y el embobinador deberán ser proporcionales, ya que por ejemplo; si la velocidad de los rodillos de moldeo es más lenta que la del husillo, la película variará en su ancho y calibre.

#### **4.4. Unidad de ventilación**

La película luego de ser molida, sale por el dado en forma cilíndrica y hueca, cuando empieza a salir del dado, el anillo de ventilación comienza a enfriar la película ayudándola a formar una burbuja, la forma de los labios de los anillos de enfriamiento, el ángulo de impacto del aire, el volumen de aire y la velocidad de aire influyen en la calidad de la película; generalmente los ventiladores tienen una capacidad de 15 a 75 metros cúbicos por minuto, a presiones de 400 a 800 mm de altura columna de agua.

La burbuja que se produce cuando la película de polietileno comienza a salir del dado está relacionada con el aire refrescante que produce el ventilador, y dependiendo de que tan buena sea la graduación del volumen del mismo, así será la calidad de la producción que se obtenga.

Al encender el ventilador se debe graduar la entrada de aire, según las condiciones de producción que se desean obtener, a esta unidad también se le conoce como soplador, ya que sopla la película de polietileno para refrescarla para su solidificación y ayudarla al desplazamiento vertical previo a ser moldeada por los rodillos.

Para producir película de menor calibre las velocidades de los motores deben aumentarse, esto significa que cuando la máquina opera a velocidades grandes, el ventilador debe también producir más aire refrescante ya que la película de polietileno pasara a una mayor velocidad por el anillo de enfriamiento y si la cantidad de aire no es la suficiente, la película no se solidificará lo suficiente y la medida variará.

En resumen se puede decir entonces que la velocidad de producción debe ser proporcional al volumen de aire soplado, la posición de la burbuja debe de tener cierta distancia arriba del dado, y esta distancia es regulada por el soplador. Si la velocidad de producción es lenta el volumen de aire del soplador debe disminuirse entonces la posición de la burbuja bajará, y si por el contrario la velocidad de producción es rápida, el volumen de aire deberá ser mayor entonces la posición de la burbuja subirá. Ambas posturas pueden causar mala calidad de producción, o que la película se rompa constantemente, por ello debe siempre mantenerse un equilibrio de soplado.

Debe también corroborarse que el aire soplado sea constante en todo él alrededor del anillo y que no hayan fugas de aire en los ductos, de lo contrario el espesor de la película será desigual.

En la práctica, existe una línea de enfriamiento la cual se define como la línea o nivel donde el tubo alcanza su diámetro definitivo, es donde se da el cambio entre fluido viscoso y película sólida; debe ser horizontal y con forma de anillo alrededor del tubo. Una línea de enfriamiento irregular puede ser causa de un enfriamiento disperejo, y dará mala calidad de producción, esta línea debe ser vigilada constantemente.

La línea de enfriamiento puede estar en distintas posiciones, esto dependerá de las dimensiones de película que se esté produciendo. Cuando se aumenta la velocidad del husillo y por lo tanto la producción, se produce un aumento de la distancia entre el dado y la línea de enfriamiento. Cuanto más aire es dirigido contra el tubo, la línea de enfriamiento baja proporcionalmente.

La altura de la línea de enfriamiento de la película soplada es de suma importancia, ésta aumentará con respecto al diámetro del tubo y puede variar entre 4 y 24 pulgadas por encima del dado, en tubos de hasta 3 pies de diámetro. Los límites recomendados se hallan entre 8 y 18 pulgadas de altura sobre el dado. El operario no debe ajustar la altura de la línea de enfriamiento aumentando la velocidad del motor, es preferible utilizar la variación del flujo en el soplador.

#### **4.5. Unidad de aire comprimido**

El aire comprimido a utilizar es generado por un compresor, el cual debe de ser lo más eficiente posible y debe de estar equipado con su respectivo secador, manómetros, unidad de mantenimiento, etc.

Antes de que la tubería de aire comprimido se conecte al dado, debe anteponerse una llave de bola la cual servirá para regular el flujo de aire, y unos 2 metros antes de la llave, un manómetro de presión, y una trampa de condensado para evitar que el aire ingrese con humedad.

Cuando se arranca la extrusora, a través del dado comenzara a salir la película de polietileno en forma de cilindro, debe cerrarse la boquilla del cilindro plástico y agregarse aire comprimido, esto hará que el cilindro se infle, luego se traslada hacia los rodillos de moldeo y estirado, éstos presionan el cilindro plástico y lo comienza a transportar en forma plana, entonces se debe abrir la llave de aire comprimido hasta que el cilindro tome las dimensiones requeridas; una vez que ha llegado a la dimensión necesaria, se debe cerrar la llave de bola y el aire acumulado dentro del cilindro permanecerá constante y no se fugará debido a que los rodillos crean un sello.

Si la cantidad de aire que se introduce dentro del cilindro plástico fuese demasiada y la medida no es la requerida se puede pinchar el cilindro para sacar el exceso de aire, y obtener la medida correcta. El aire comprimido es inyectado por el dado internamente al orificio circular por donde sale el cilindro plástico, este aire también refresca la película solidificándola internamente, la llave de paso de aire comprimido debe abrirse lentamente ya que si se hace muy rápido la tela puede reventarse.

#### **4.6. Unidad de moldeo y estirado**

El moldeo se realiza cuando el cilindro de película plástica pasa a través de los rodillos superiores, es ahí donde el cilindro plástico es aplanado y toma la forma de tela, dependiendo del material y de la medida que se éste produciendo así será el número de rodillos por los que pase la misma para eliminar arrugas y bolsas de aire las cuales provocan un mal embobinado.

La velocidad de los rodillos determina el calibre de la película, una velocidad elevada reducirá el calibre, al igual que una velocidad lenta dará como resultado una película con mayor calibre.

Son dos los rodillos que intervienen en el proceso de moldeo y estirado, uno está fabricado generalmente de acero inoxidable y el otro está recubierto de caucho, éstos van presionados, pero la presión debe ser correcta ya que si ésta es demasiada la película se pegará, y si por el contrario no se encuentran presionados lo suficiente el aire comprimido se fugará provocando variación en la medida y burbujas de aire en la tela.



El estiramiento de la película lo produce la velocidad de los rodillos superiores, debe de tratarse que el estiramiento sea el apropiado para obtener película de buena calidad, las arrugas de la tela y un calibre correcto lo determina el estiramiento, la velocidad de los rodillos debe ser continua para que el estiramiento sea constante en toda su trayectoria.

Si se desea obtener tela plástica con fuelle a determinada dimensión, se debe colocar en la torre estabilizadora unos formadores a los lados de la cortina o persiana, previo a que pase el tubo por los rodillos de estiramiento y moldeo.

Si en la extrusora quedó la tela reventada de una producción anterior, la nueva tela puede amarrarse con cinta adhesiva a la tela de la producción anterior para que ésta guíe a la nueva tela a pasar por los rodillos.

#### **4.7. Proceso de embobinado**

La tela plástica cuando sale de los rodillos de estirado, pasa por otro número de rodillos que moldean la tela para eliminar burbujas de aire y arrugas, luego pasa finalmente por los rodillos del embobinador, uno de caucho y otro de metal, aquí se pueden realizar cortes para obtener muestras y analizar la calidad de producción.

En el embobinador se coloca una barra porta núcleos desmontable, en la cual se instala un núcleo (tubo) de cartón o PVC que debe tener un ancho acorde a la película, este se ajusta a la barra con piezas en los extremos atornilladas para que el tubo no se deslice.

La barra porta núcleos rota conjuntamente con el núcleo donde se enrolla la tela en forma circular, produciendo lo que es la bobina plástica, el movimiento rotacional lo produce el cilindro (rodillo de metal) el cual es movido por un motor de torque que le transmite el movimiento al núcleo por fricción. Para que la barra porta núcleos no se deslice, en los extremos está engranada a una cremallera fija en el chasis del embobinador.

Una vez que la bobina alcance el tamaño deseado, se realiza el corte y se coloca nuevamente en la barra otro núcleo, para obtener una nueva bobina plástica. La velocidad del embobinador influye en la calidad de producción, ésta debe de ser regulada correctamente para obtener bobinas de buena calidad.

#### **4.8. Apagado**

- a. Sacar de la tolva la materia prima que ya no se procesará, colocarla en un saco e identificarla.
- b. Cuando se observa a través de la tolva los hilos del husillo apagar los pirómetros, poner el potenciómetro del motor principal a 0 RPM y apagarlo.
- c. Poner en 0 RPM los demás potenciómetro de los motores restantes y luego apagarlos.
- d. Apagar el interruptor del soplador y del embobinador.
- e. Apagar el *flip-on*.
- f. Apagar la alimentación de agua según sea el caso.

## 5. PROCESO DE EXTRUSIÓN Y SOPLADO

### 5.1. Extrusión

El proceso comienza primero con la selección de materia prima, la cual debe elegirse fundamentada en el tipo de película que se desea producir, baja densidad, alta densidad, mediana densidad etc. Comúnmente la materia prima viene en sacos de 25 kg, se le puede agregar a cada uno algún aditivo, colorantes, o mezclar con otras resinas para obtener ciertas propiedades, dicha mezcla debe ser homogénea.

Por ejemplo, se podría utilizar un saco de resina de alta densidad (25 kg) más medio saco de lineal (12.5 kg) más 1,000 gramos de colorante y se obtendrá la película llamada polipapel, la cual es utilizada para fabricar bolsas plásticas a color, y bolsas para supermercado.

Una vez se haya seleccionado la materia prima, se debe depositar en la tolva, luego se comienza con el proceso de arranque, el cual se explicó anteriormente.

La resina ingresa al cañón a la zona de alimentación, en esta zona no hay fusión, el canal es más profundo y aquí es donde el material sólido empuja al material semifundido y al fundido. La temperatura que se produce en esta zona mayormente se da por fricción debido a la rotación del husillo, el canal usualmente es más profundo.

Luego está la zona de compresión, que es donde el material empieza a fundirse y a expulsar aire en reflujo, la temperatura de fusión es proporcionada por las resistencias de calentamiento y por la fricción, la profundidad de los canales decrece constantemente, entre más rápida sea la velocidad del husillo mayor será la temperatura de fricción.

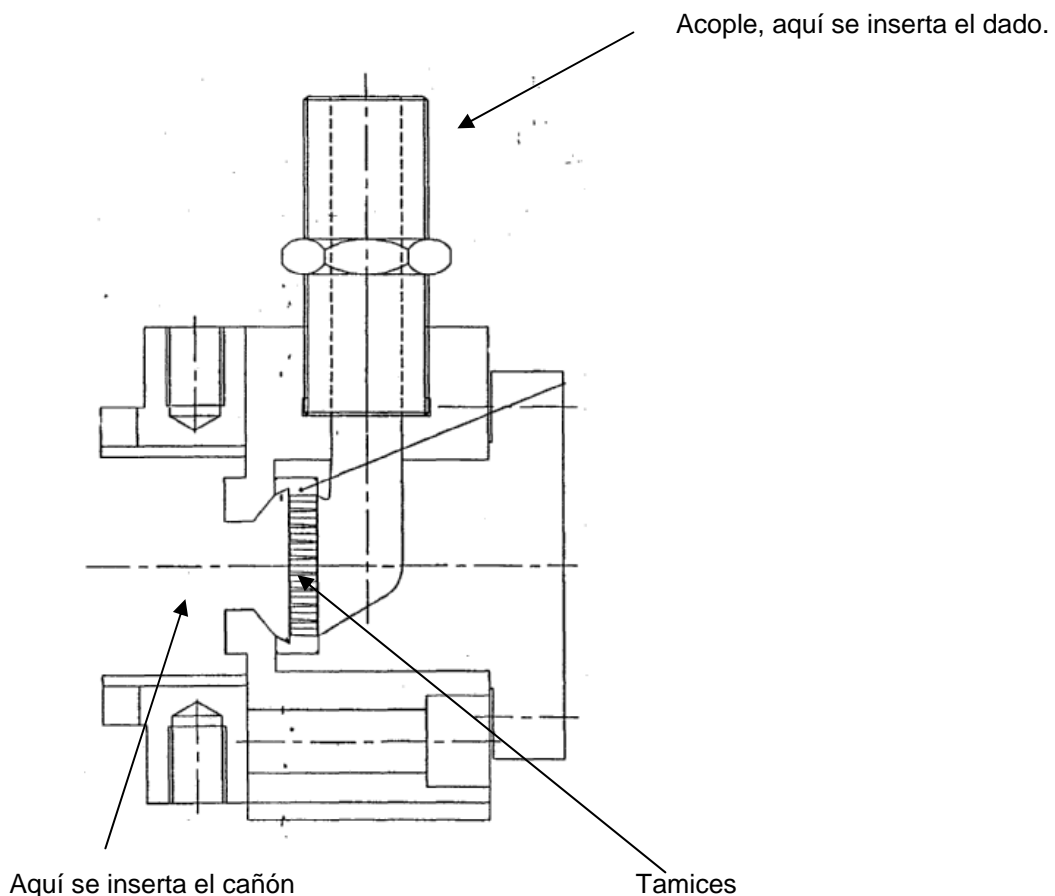
Por último se encuentra la zona de dosificación que obliga al material homogéneamente fundido a fluir con caudal uniforme hacia el filtro y al dado, aquí el canal es menos profundo.

En la parte final del cañón va una pieza de acero con agujeros (*breaker plate*) o plato, comúnmente conocido como filtro o porta mallas, donde se instala un paquete de mallas o tamices normalmente de acero inoxidable y sirven para romper la rotación del flujo, colar cualquier material extraño, aumentar la temperatura de fusión restringiendo el flujo de plástico, como elemento de cierre entre el cilindro y el adaptador, y producir una contrapresión dentro de la máquina. Cuando se instala el plato, siempre es recomendable colocar la malla más rustica o gruesa contra el plato, también se pueden instalar paquetes de malla tipo *sándwich*, es decir, mallas gruesas a los lados y las finas en el centro. La malla gruesa o rustica previene que la presión de empuje de la mezcla empuje la malla más fina a través de los orificios del plato, que liberaría los contaminantes.

Las mallas no deben limpiarse y después utilizarlas nuevamente, si no que deben tirarse según las horas de trabajo, tampoco deben utilizarse en sentido contrario ya que se contaminaría el material.

Una vez la resina sea filtrada pasa por el adaptador, el cual está engrapado o atornillado al final del cañón. El diseño básico tiene cuatro tornillos en las esquinas, éstos deben apretarse uniformemente para evitar fugas de materia prima, se recomienda que cuando la máquina haya alcanzado su temperatura de operación se vuelvan a reapretar, este adaptador también recibe alimentación calorífica de una o varias resistencias, para compensar las pérdidas por radiación.

**Figura 24. Filtro o adaptador para unir el cañón con el dado y filtrar la resina**



Fuente: *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 56

Luego la resina pasa al dado, éste se encuentra ensamblado en el adaptador o filtro, puede ser simple o complejo, su función principal es moldear correctamente el producto y asegurar que la mezcla fluya en la misma proporción cuando salga del dado. Cualquier cambio en el flujo de salida, temperatura de fusión, temperatura del ambiente, calidad de material, puede cambiar la forma de fluidez de la película.

Los moldes son calentados por resistencias eléctricas, debe de mantenerse un control preciso de la temperatura para obtener una producción homogénea y consistente. Una resistencia mala o que no haga un buen contacto con el dado puede dificultar que se consiga un producto de alta calidad. Los ventiladores deben alejarse de la zona de calentamiento ya que pueden intervenir en el proceso, otros motivos por los que no se puede obtener una película de buena calidad serían:

- a) Rayones en la superficie del molde
- b) Depósitos de carbono
- c) Depósitos de impurezas

El dado tubular consta principalmente de un cuerpo interior, o corazón y de uno exterior que dejan entre ambos, por diferencia de diámetros un conducto anular por donde sale el polietileno fundido, en forma de tubo que se infla con aire, proveniente de la unidad de aire comprimido. Este material se enfría a través de la unidad de ventilación, la cual se encargará de repartir aire uniformemente alrededor del tubo por medio del anillo distribuidor.

El calibre uniforme en la película se logra centrando el corazón del dado mediante tornillos de ajuste. Algunos dados son rotatorios, giran sobre su eje vertical y distribuyen cualquier irregularidad del calibre a lo ancho de la película, en algunas ocasiones el anillo del aire gira con el dado. En el anexo se pueden visualizar, dos diferentes figuras de centrados incorrectos del dado, así como la figura de una postura correcta.

## **5.2. Soplado**

Se le conoce con este nombre al proceso en el cual se inyecta aire comprimido al tubo de película plástica, este aire como se mencionó anteriormente debe provenir de una unidad de aire comprimido lo más puro posible. El aire se conecta con su respectivo niple de 3 pulgadas aproximadamente y su llave de bola para regular el flujo de aire en el dado el cual se encarga de expulsarlo por la parte interna del cilindro plástico, su función principal es la de inflar la película para obtener el ancho de la tela, se debe considerar que el diámetro del cilindro plástico que sale del dado, no es el ancho total de la tela que se enrolla como bobina.

El aire que se inyecta en el dado debe ir a una presión no muy elevada, ya que lo que estira el cilindro es el volumen de aire no la presión; pero si la presión es muy alta la tela tenderá a reventarse, al inyectar aire se debe abrir la llave muy lentamente para que la tela no se rompa y evitar que se escape el aire acumulado en el cilindro plástico, una presión adecuada sería de 125 PSI.

Conforme se inyecta el aire se debe medir el ancho de la bobina hasta obtener la medida óptima, luego de alcanzarla se debe cerrar la llave, el aire quedará acumulado en el tubo plástico ya que en la parte superior de la extrusora se encuentran los rodillos de moldeo y estirado a presión que impiden la fuga del mismo, pero constantemente se deben medir el ancho y calibre de la tela, e ir agregando aire si el proceso lo amerita.

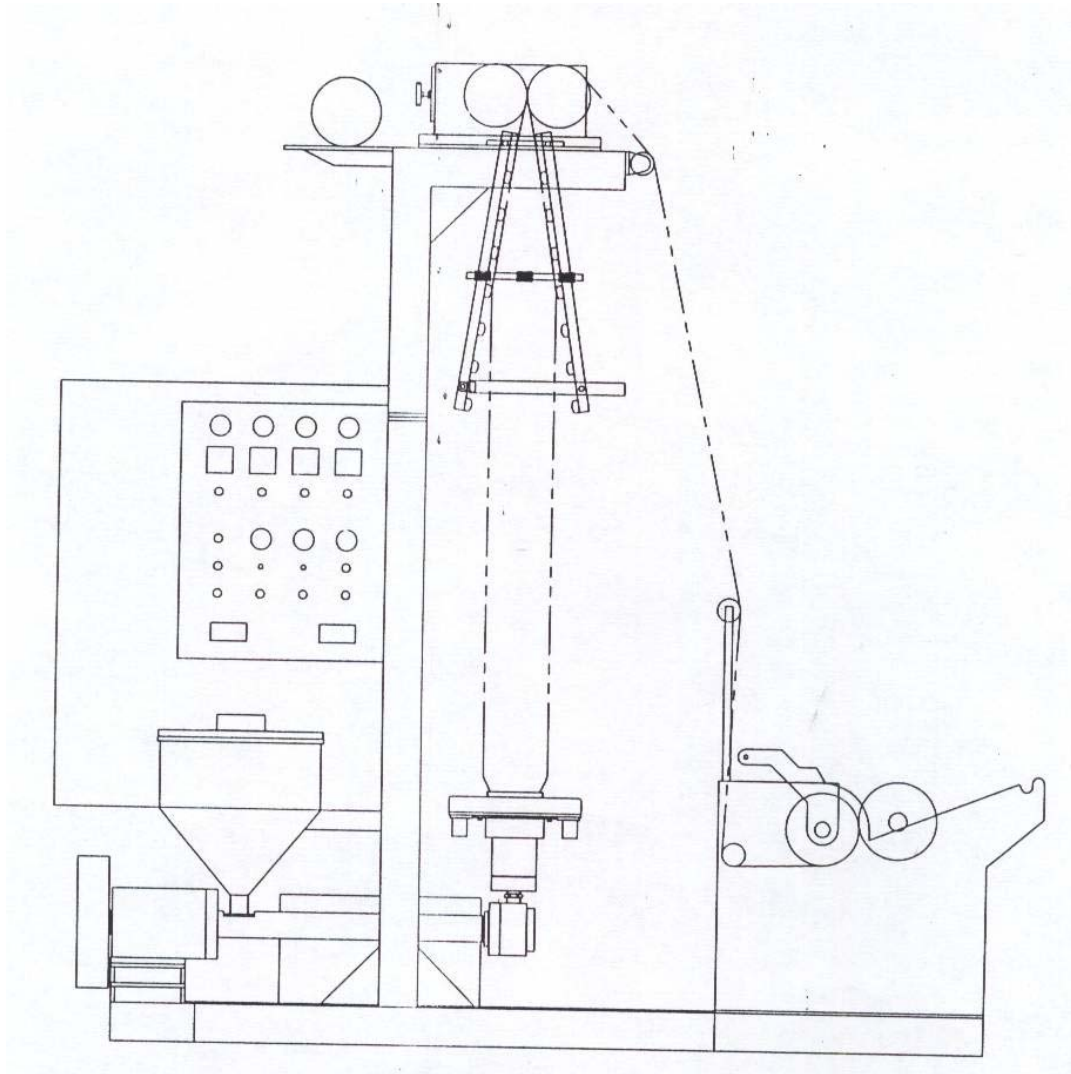
**Figura 25. Proceso de soplado para películas plásticas.**



**Fuente:** Enciclopedia Microsoft Encarta 2001



**Figura 26. Proceso de moldeo, estirado y embobinado**



**Fuente:** *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 9

La figura 26 muestra cuando el polietileno sale del dado en forma de tubo, pasa a la torre estabilizadora para ser semiaplanado y luego aplanado por los rodillos de moldeo y estirado, para convertirla en tela; hasta que es enrollado en el embobinador para formar bobinas.



## **6. MANTENIMIENTO**

### **6.1. Generalidades**

Mantenimiento es una serie de trabajos que hay que realizar en alguna planta, sistema, equipo o maquinaria a fin de que se conserve y preste el servicio para el cual fue diseñado. El mantenimiento alarga la vida de una máquina y prevee averías con anticipación suficiente para que éstas no se produzcan.

Una extrusora puede durar muchos años produciendo, pero esto dependerá de las condiciones de operación a las cuales sea sometida y de la calidad de mantenimiento que se le proporcione. Un buen mantenimiento implica aplicar un programa de inspecciones y servicios periódicos. Si la extrusora posee un manual de usuario éste debe leerse completamente y debe diseñarse un programa de actividades de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento es de suma importancia para el desarrollo óptimo de la producción, es necesario contar con toda la herramienta adecuada; y el personal encargado de realizar el mantenimiento debe ser lo suficientemente profesional y muy responsable a la hora de ejecutarlo, para evitar accidentes.

El mantenimiento preventivo se puede decir que es el método que se utiliza para la conservación planeada, teniendo como función conocer el estado de la máquina e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que trataran de eliminar las averías que originan los paros forzosos. La finalidad del mantenimiento preventivo es eliminar en su máximo los mantenimientos correctivos, ya que éstos provocan paros repentinos de la maquinaria, provocando un impacto en la reducción de producción.

Un buen mantenimiento preventivo y eficiente reducirá costos, y los índices de producción serán más altos, además el costo por depreciación del equipo se reducirá y se alargara la vida útil de la maquinaria.

El programa de mantenimiento preventivo debe incluir los procedimientos de visitas, revisiones, lubricación periódica y limpieza.

Al mantenimiento preventivo también se le conoce como mantenimiento histórico, ya que está basado en la programación de rutinas de mantenimientos periódicos en tiempos predeterminados, en éste se pueden detectar mantenimientos correctivos, que deben programarse con anticipación para no impactar la producción. Es menos caro que el mantenimiento correctivo.

Luego del mantenimiento preventivo se presentan otros tipos de mantenimientos: el correctivo, predictivo y en algunas industrias el proactivo.

Al mantenimiento correctivo se le conoce también como mantenimiento histórico, se le llama así porque no hay tiempo de descanso debido a que la máquina ya falló o se averió, funciona bajo el principio donde la máquina ha fallado, este es el mantenimiento más caro.

El mantenimiento predictivo es otro de suma importancia, trata de predecir y está basado en los principios de que todas las máquinas dan alguna señal de su condición de operación normal y anormal a través del monitoreo de sus tendencias, por ejemplo temperaturas, presiones, flujos, análisis de vibraciones, análisis de lubricantes para cuantificar desgastes, termografía, etc.

Este mantenimiento monitorea condiciones operativas para cuantificar degradaciones o deterioros con respecto al tiempo.

Otro mantenimiento que en la actualidad se está volviendo de mucha aplicación y aún no es conocido por muchas industrias, es el mantenimiento proactivo, este utiliza la tecnología del análisis de origen de fallas, para llegar a la raíz del problema, no está enfocado a las reparaciones sino que a funciones de alto nivel de ingeniería, utiliza herramientas analíticas y de ingeniería integrando los mantenimientos preventivos, predictivo, y diagnóstico de fallas, con el propósito de identificar problemas ocultos para eliminar paros forzados debidos a fallas repetitivas y lo hace a través de las siguientes prácticas y actividades.

- Modificación del diseño y cambio de materiales de construcción o fábrica.
- Normas y criterios estrictos de aceptación de maquinaria.
- Estándares de precisión para la reparación, reconstrucción adquisición y montaje de maquinaria.
- El uso de modelos estadísticos, modelos dinámicos y sistemas expertos.

## 6.2. Mantenimiento preventivo

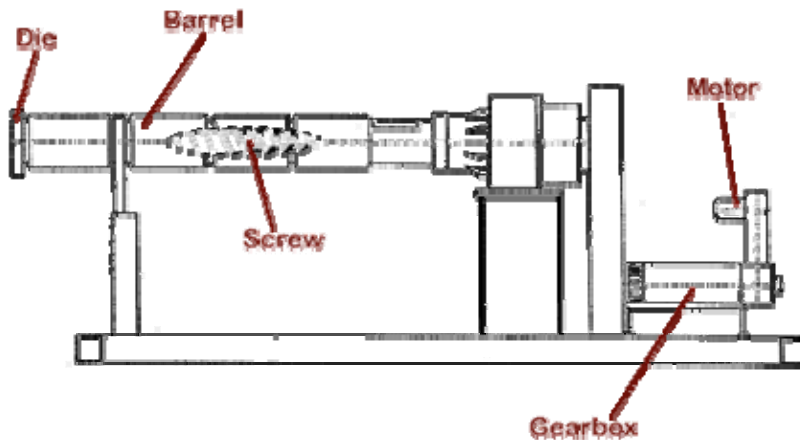
Para evitar los daños o la falla prematura del equipo, el mantenimiento deberá ser realizado únicamente por personal de mantenimiento calificado.

Cada sistema o cada parte de una extrusora debe mantenerse para alargar su vida útil, el mantenimiento preventivo se enfoca a lo que son visitas, revisiones, lubricación y limpieza periódica. Todo mantenimiento preventivo debe ser programado conforme a las horas de trabajo de la maquinaria, y debe realizarse en tiempos específicos en los cuales la producción no sufra ningún impacto.

Para comenzar se debe considerar primero que la instalación de la extrusora esté en el lugar apropiado, y que todos sus sistemas estén bien distribuidos, y en perfectas condiciones; ventilación, aire comprimido etc. La extrusora debe estar bien alineada y anclada, verificar que todos los ajustes sean precisos y estén alineados, una mala instalación o un mal alineamiento causará un gran impacto en la vida útil de la extrusora.

Puntos críticos del mantenimiento del sistema de extrusión: *die* (dado o molde), *barrel* (cañón o barril), *screw* (husillo o tornillo), *gearbox* (caja reductora) y motor.

**Figura 27. Partes del sistema de extrusión**



**Fuente:** Internet [www.strictly-extrusion.com/guide/extruder.htm](http://www.strictly-extrusion.com/guide/extruder.htm)

### **6.2.1 Sistema motriz**

Es el encargado de proporcionar el movimiento en la extrusora, está conformado por un motor, caja reductora, poleas y fajas.

#### **6.2.1.1 Motores**

El mantenimiento se debe realizar a cada 600 horas de operación o cada 3 meses lo que ocurra primero, antes de realizarlo debe desconectarse la máquina.

En general las operaciones de control y mantenimiento programadas se pueden subdividir en función del servicio en: control en servicio y mantenimiento ordinario, para los cuales no se requiere sacar de servicio los motores; revisión y controles periódicos, para los cuales es necesario sacar de servicio las máquinas.

La revisión prevé el desmontaje parcial o total o el cambio del motor e implica normalmente una interrupción programada de un determinado sector del servicio.

#### **6.2.1.1.1 Métodos de inspección**

Se debe iniciar por aquellas partes que, con base en la experiencia, son más propensas a experimentar daños o degradación como consecuencia de la naturaleza a que están sometidas las máquinas rotantes en servicio.

Para evitar que se dañe el equipo, asegurarse que el servicio eléctrico no exceda el amperaje nominal máximo del motor indicado en su placa, mantener el motor limpio y las aberturas para ventilación despejadas, verificar que la relación de poleas sea la especificada por el fabricante.

Alinear cuidadosamente las poleas a manera de minimizar el desgaste de la correa y las cargas de cojinetes axiales. La tensión de la correa deberá ser la necesaria para impedir el deslizamiento bajo velocidad y carga nominal, una tensión apropiada es dejar que la correa tenga un juego de una pulgada entre su nivel y un estiramiento que se produzca manualmente. La correa no se debe sobretensionar ya que durante el arranque se pueden producir deslizamientos.

El régimen de servicio y la máxima temperatura ambiente se indican generalmente en la placa de fábrica del motor. El exceso de calentamiento del motor disminuye la eficiencia del mismo.



Procedimientos para la revisión y control del motor, para ello es necesario sacarlo de servicio.

- a. Verificar si el interior y exterior del motor se encuentran libres de suciedad, aceite, grasa, agua, etc. Puede haber acumulación de pulpa de papel, pelusas textiles, vapores aceitosos, etc., que bloquea la ventilación del motor, revisar carbones, cepillos, rodamientos y ajuste. Si el motor no está debidamente ventilado, puede haber recalentamiento y provocar la falla prematura.
- b. Si posee un ventilador se debe corroborar que la dirección de movimiento sea la correcta, las especificaciones del motor que se encuentran en su lado exterior no deben borrarse cuando se esté limpiando, se deben remover todas las partículas de polvo, manchas de quemadura y grasa o aceite, para ello se puede utilizar lija fina.
- c. Observar que el inducido no esté torcido y que esté alineado, para ello se pone a funcionar el motor cuando no esté sometido a trabajo y se observa que el eje no cabecee y que su giro sea continuo, se debe observar que el eje del inducido ajuste perfectamente con la caja reductora o con la polea, según sea el caso, el cuñero debe estar en perfectas condiciones, por último verificar que funcione el regulador de velocidad.
- d. Use periódicamente un *Megger* (megóhmetro) para asegurar que se haya mantenido la integridad del aislamiento en los devanados.
- e. Revisar todos los conectores eléctricos asegurarse que estén bien apretados.

#### **6.2.1.1.2 Técnicas de limpieza**

Se deben realizar también trabajos de limpieza de los canales radiales y/o axiales de ventilación, que tienen fundamental importancia para asegurar que la circulación del fluido de refrigeración es la prevista.

Esta limpieza se debe realizar mediante aspiración para remover partículas carbonosas o polvo, completando la misma con soplete de aire a una presión limitada para evitar dañar el aislamiento.

El uso indebido de solventes puede causar más daño que ventajas y provocar costosas reparaciones. Las normas dan indicaciones al respecto y aconsejan consultar al fabricante que tipo de solvente utilizar, pero no es necesario su uso, basta con una limpieza con aire a presión.

Luego de proporcionarle el mantenimiento al motor se debe verificar que sus componentes no vibren, que no se sobrecaliente la carcasa y que el ventilador lo esté enfriando. Las vibraciones se pueden detectar por medio de ultrasonido, análisis infrarrojo, inspección auditiva, visual y al tacto; el calentamiento de la carcasa se puede detectar por tacto y mediciones con termómetro.

**Tabla V. Diagnóstico y corrección de fallas de motores eléctricos**

Síntoma	Posibles causas	Posibles soluciones
<b>El motor no arranca</b>	Causado usualmente por problemas en la línea, por ejemplo el funcionamiento con una sola fase en el arrancador.	Revise la fuente de alimentación: protectores de sobrecarga, fusibles, controles, etc.
<b>Zumbido excesivo</b>	Alto voltaje.	Revise las conexiones de la línea de entrada.
	Entrehierro excéntrico (descentrado).	Haga reparar el motor en el centro de servicio recomendado por el fabricante
<b>Recalentamiento del motor</b>	Sobrecarga. Compare el amperaje medido con su valor nominal de placa.	Localice y quite lo que produce la fricción excesiva en el motor o la carga. Reduzca la carga o reemplace el motor por uno de mayor capacidad.
	Funcionamiento con una sola fase.	Revise la corriente en todas las fases (deberá ser aprox. igual) para aislar y corregir el problema.
	Ventilación inadecuada.	Revise el ventilador externo para asegurarse que el aire se mueve bien entre las aletas de enfriamiento. Acumulación excesiva de suciedad en el motor. Limpie el motor.
	Voltaje desequilibrado.	Revise el voltaje en todas las fases (deberá ser aprox. igual) para aislar y corregir el problema.
	El rotor roza el estator.	Apriete los pernos pasantes.
	Sobrevoltaje o bajo voltaje.	Revise el voltaje de entrada en cada fase al motor.
	El devanado del estator está abierto.	Revisar si la resistencia del estator en las tres fases está equilibrada.

### Continuación 2/3

Síntoma	Posibles causas	Posibles soluciones
	Devanado puesto a tierra.	Efectúe una prueba dieléctrica y haga las reparaciones necesarias.
	Conexiones incorrectas.	Revise todas las conexiones eléctricas para determinar si la terminación, la resistencia mecánica y la continuidad eléctrica son adecuadas. Consulte el diagrama de conexión de cables del motor.
<b>Recalentamiento del cojinete</b>	Mal alineamiento.	Revise y alinee el motor y los equipos accionados por el mismo.
	Excesiva tensión de correa.	Reduzca la tensión de correa a su punto apropiado para la carga.
	Excesivo empuje terminal.	Reduzca el empuje terminal de la máquina accionada.
	Exceso de grasa en el cojinete.	Saque grasa hasta que la cavidad esté unos 3/4 llena.
	Insuficiente grasa en el cojinete.	Añada grasa hasta que la cavidad esté unos 3/4 llena.
	Suciedad en el cojinete.	Limpie el cojinete y la cavidad del cojinete. Rellene con el tipo de grasa correcto hasta que la cavidad esté aproximadamente 3/4 llena.
<b>Vibración</b>	Mal alineamiento.	Revisar y alinear el motor y los equipos accionados por el mismo.
	Roce entre las piezas rotativas y las piezas fijas	Aísle y elimine la causa del rozamiento.
	El rotor está desequilibrado.	Mande a revisar el equilibrio del rotor y hágalo reparar en el centro de servicio recomendado por el fabricante.

### Continuación 3/3

Síntoma	Posibles causas	Posibles soluciones
	Resonancia.	Sintonice el sistema o solicite asistencia al centro de servicio recomendado por el fabricante.
<b>Ruido</b>	Materias extrañas en el entrehierro o las aberturas de ventilación.	Extraiga el rotor y quite las materias extrañas. Vuelva a instalar el rotor. Revise la integridad del aislamiento. Limpie las aberturas de ventilación.
<b>Ruido retumbante o Gimoteante</b>	El cojinete está en malas condiciones.	Reemplace el cojinete. Quite toda la grasa de la cavidad y coloque el nuevo cojinete. Rellene con grasa del tipo correcto hasta que la cavidad esté aproximadamente 3/4 llena.

**Fuente:** Folleto de la Comisión Nacional Para el Ahorro de Energía en Mexico.

#### 6.2.1.2 Cajas reductoras o cajas de engranes

Éstas se encuentran selladas, sin embargo, se pueden desarmar para corroborar el estado de las mismas a la hora de tener que realizar un mantenimiento interno a las 4800 horas de operación, un análisis de lubricante o vibraciones mecánicas dirán si se deben destapar antes de llegar a las 4800 horas.

Un análisis de lubricante poco profundo es cuando se analiza visualmente el lubricante sustraído de la caja después de un cambio, si se observa brillantez y sedimentos metálicos, esto indica que dentro de la misma se están produciendo desgastes. Otro tipo de análisis es el que se realiza en laboratorios, este es más profundo ya que se examina con equipo especial el lubricante e indica que piezas de la caja se están desgastando con base en el análisis del material desgastado, además indica que tan severo es el desgaste, este análisis lo puede realizar la casa proveedora de lubricantes.

El análisis de vibraciones se realiza por métodos visuales, auditivos, y de tacto, pero también existen análisis por medio de rayos infrarrojos, o de ultrasonido etc.

En su interior la caja reductora está conformada por engranajes, rodamientos, retenedores y ejes, algunas están diseñadas con conductos para que circule agua para estabilizar la temperatura, si son enfriadas por agua debe de considerarse agua limpia y sin impurezas para que los conductos no sean obstruidos por contaminantes. La temperatura del agua debe estar a  $20^{\circ}C$ , el caudal debe de ser aproximadamente de unos 2 L/min, a una presión de 1 ó 2 bares; éstas pueden recibir transmisión de movimiento por fajas o por cadenas, si reciben movimiento por fajas no deben estar muy tensas o estirarse demasiado ya que provocarían fuerzas axiales que pueden torcer el eje del inducido, de igual forma si el movimiento es transmitido por cadenas éstas deben tener cierto huelgo.

La polea se ajusta a un eje por medio de chavetas o castigadores, el eje debe lubricarse con grasa para que no se pegue la polea al eje. Otro tipo de transmisión de movimiento puede ser directamente por un moto reductor, en este sistema la caja reductora está ensamblada directamente al motor, el ensamble también debe ser lubricado con grasa, y nunca se debe exceder la carga que especifica el fabricante.

Las cajas reductoras según su diseño pueden lubricarse con aceite o grasa, cuando adquiera una caja reductora nueva debe revisarse el nivel de lubricante, este se debe renovar después de 300 a 400 horas de operación, ya que las piezas de la misma son nuevas y tienden a ajustarse produciéndose cierto desgaste, el cual hay que eliminar inmediatamente para que no funcione como abrasivo.

La grasa que se puede utilizar para cajas reductoras es la grasa sintética *Tivelacompound* de Shell, y los lubricantes tipo mineral *Omala oil* de Shell, *Mellana oil* de IP, *Mobilgear* de Mobil, *Spartan EP* de Esso, *EP85W140* de Chevron.

Los cambios de lubricante se realizan cada 3000 horas de operación, generalmente se utilizan lubricantes minerales, pero debe utilizarse el que recomienda el fabricante o considerar los anteriormente expuestos; se debe verificar que el nivel de lubricante sea el adecuado. Cuando se realice el cambio de lubricante apagar la máquina, quitar el tapón de drenado y eliminar todo el lubricante cuando se encuentre a alta temperatura ya que así fluirá con mayor facilidad, remover todos los sedimentos que se encuentran en el fondo, limpiar y colocar el tapón de drenado; vaciar el nuevo lubricante en la caja al nivel especificado, poner a trabajar la máquina por cinco minutos apagar y nuevamente vaciar lubricante al nivel especificado.

Si el diseño de la caja reductora posee un filtro de lubricante removerlo y cambiarlo por uno nuevo en cada renovación de lubricante.

En el mantenimiento se deben chequear fugas, realizar análisis de lubricante, vibraciones, temperatura de la carcasa, ruidos anormales, condición de las poleas y fajas, según el programa expuesto más adelante.

### **6.2.2 Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico se refiere al panel de control y dispositivos eléctricos de la extrusora, en el interior del panel de control se encuentran contactores, bobinas, vareadores de velocidad, pirómetros, tarjetas electrónicas, fusibles, cableados que distribuyen corriente a los componentes externos de la extrusora, termocoplas y dispositivos electrónicos.

El panel de control se debe limpiar a menudo por dentro y por fuera, para la limpieza interna debe interrumpirse el suministro de corriente (desactivar el *flip-on*), para evitar accidentes; si se utiliza aire para soplar éste debe estar libre de impurezas y humedad, se debe corroborar que todos los cables tengan sus respectivas terminales en buen estado, si hay algún empalme corroborar que se encuentre en perfectas condiciones y con su respectivo material aislante.

Revisar el estado físico de los pirómetros y contactores, remover todas las partículas de polvo e impurezas, limpiar con algún líquido limpio contactos electrónicos, en ciertas partes del panel de control se debe utilizar un cepillo fino de cerdas suaves o brocha para remover partículas que estén muy adheridas a las superficies, con el cuidado de no dañar ningún dispositivo, luego limpiar con un paño seco y soplar con aire comprimido en *spray*.



Se debe revisar que las resistencias de calentamiento tengan un buen contacto con la superficie a calentar, debido a que un mal contacto proporcionará una lectura errónea en el pirómetro y además la misma se puede dañar. Se debe chequear que el voltaje de suministro sea el correcto, y que las terminales estén bien ajustadas a la resistencia.

Revisar la trayectoria de todos los cables corroborando que ninguno esté cortado o dañado para evitar cortocircuitos, además se deben revisar los contactos y limpiarlos.

Las termocoplas deben estar ajustadas en los contactos y libres de impurezas ya que de lo contrario tomarán una lectura errónea, el forro de la misma debe estar en perfectas condiciones.

El alambre que alimenta a las resistencias con corriente debe de estar forrado con un material protector para altas temperaturas.

### **6.2.3 Sistema de extrusión**

Éste se subdivide en husillo, cañón, filtro y dado.

Debe verificarse el diámetro del cañón cada vez que se realice el mantenimiento, midiéndolo y anotando las dimensiones obtenidas. Observar desgastes o astillamientos, el intervalo de mantenimiento del cañón se debe realizar cada 2500 horas de operación, el interior se debe limpiar y revisar con una lámpara, revisar las juntas de la salida y rectificarlas si es necesario. Cada vez que se reemplace el cañón también se debe reemplazar el husillo.

**Tabla VI. Control de desgaste diametral del cañón**

Medición de puntos	Largo en mm	Diámetro según horas de operación.				
		2500	5000	7500	10000	12500
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Cuando el desgaste del cañón haya sobrepasado las especificaciones del fabricante éste deberá cambiarse junto con el husillo, ya que la producción tiende a reducirse por el desgaste, ocasionando pérdidas. El procedimiento es el mismo cuando el husillo o tornillo es el desgastado, la holgura que debe tener el cañón con las hélices del tornillo debe estar entre 0.10 y 0.15 mm, un ajuste más preciso sería muy difícil de fabricar y desarrollaría más calor debido a la fricción, y tolerancias mayores son sinónimo de desgaste y deben cambiarse ambos.

Deben de controlarse las temperaturas en su longitud y zona de alimentación, normalmente  $150^{\circ}C$  para material de baja densidad y  $200^{\circ}C$  para material de alta densidad, pero éstas pueden varear dependiendo de la calidad de la materia prima y de los aditivos que se utilicen.

El mantenimiento del husillo es básicamente casi el mismo que el del cañón se deben medir las hélices para verificar desgastes, el desgaste es importante dependiendo la zona en que se encuentre. Debe limpiarse y verificar que no tenga astillamientos, el periodo de mantenimiento también se realiza cada 2500 horas de operación y el control de desgaste se debe llevar en un cuadro igual al de control de desgaste del cañón.

Se recomienda pulir el husillo con pasta de pulir para eliminar sustancias carbonosas, y si se almacena porque no será utilizado, se debe guardar en lugares libres de humedad para evitar corrosión, lubricarse con cualquier tipo de aceite o grasa y envolverse en plástico.

Filtro: éste y los portamallas deben estar limpios, se deben proteger de la corrosión y revisar las juntas. Calibrar los pirómetros para una correcta temperatura, el tamaño de las mallas debe ajustar bien al filtro y deben estar instaladas en una posición correcta. Los tamices deben cambiarse cada 160 horas de operación, aunque los cambios pueden varear dependiendo de las condiciones de producción y operación.

Dado: limpiar las superficies externas periódicamente, remover partículas de mota que se forman en el proceso, limpiar periódicamente el anillo por donde sale la burbuja con espátulas de bronce, cobre o latón para no dañar superficies cada 24 horas. Aplicar grasa para altas temperaturas en las roscas de los tornillos de calibración para que no se peguen, se debe utilizar una grasa resistente para altas temperaturas a base de litio, las roscas de los acoples también deben engrasarse, verificar termocoplas y cables de alimentación de corriente, las piezas internas del molde se pueden pulir para eliminar impurezas o corrosión, chequear fugas de material, corroborar las conexiones de las resistencias.

### **6.2.3.1 Limpieza del sistema de extrusión**

Se recomienda que cada 2500 horas de operación se limpie completamente el sistema de extrusión conjuntamente con el dado, ya que en éstos se acumula polímero oxidado, especialmente en las paredes. Estos residuos traen consecuencias como; velocidad baja del husillo, película ponzoñosa, puntos gelatinosos, partículas oxidadas, y el tubo de película se reventará constantemente. Estos síntomas indican que el sistema está sucio, entonces debe desarmarse el cañón, husillo, filtro, molde y limpiarse correctamente, cuando su temperatura está elevada ya que el trabajo se facilitara.

Los intervalos de mantenimiento del sistema de extrusión deben realizarse tomando en cuenta las condiciones a las que está sometido, y al tipo de materia prima que se está procesando.

#### **Procedimiento de limpieza**

Cuando ya se haya tomado la determinación o cuando según el programa de mantenimiento el sistema de extrusión deba limpiarse, se recomienda el siguiente procedimiento.

- Sacar la materia prima de la tolva, no permitir que la máquina funcione sin suministro de materia prima.
- Poner a 0 RPM (cero revoluciones por minuto) los potenciómetros de los motores.
- Interrumpir la alimentación de corriente de los motores.

- Poner a calentar la máquina a unos 275 °C, durante 10 minutos, para facilitar el desarme de la misma.
- Apagar los pirómetros.
- Desactivar todos los interruptores e incluso el *flip-on* general.
- Si la extrusora tiene sistema de enfriamiento por agua corte el suministro.
- No esperar que la extrusora se enfríe, al contrario trabajar lo más rápido posible para aprovechar el calentamiento de las piezas para facilitar el desarme, utilizar guantes, y equipo de seguridad industrial.
- Desconectar dispositivos eléctricos: termocoplas, y cables de alimentación de corriente en las resistencias, numerando las posiciones de cada uno.
- Retirar el anillo.
- Retirar el molde desarmarlo y aprovechar limpiarlo, con espátula de cobre o latón, luego con un cepillo de bronce (no utilizar lija).
- Retirar el filtro y límpielo.
- Retirar el husillo de la parte interna del cañón y limpiarlo. No utilizar herramienta que pueda rayar las partes de la extrusora.
- Luego de remover toda la resina en molde, cañón, filtro y husillo pulir las piezas con lana de bronce.
- Lubricar el husillo con una capa delgada de grasa si decide no utilizarlo durante cierto tiempo y guardarlo en áreas libres de humedad para evitar corrosión.
- Remover la suciedad de todas las resistencias y revisar que el contacto sea efectivo.
- Las piezas internas del molde en especial el espiral, se deben pulir con pasta para eliminar residuos carbonosos.
- Los tamices deben cambiarse.
- Armar.

- Conectar cables y termocoplas.

#### **6.2.4 Sistema de soplado**

Se debe considerar el mantenimiento del compresor que suministra el aire comprimido según las especificaciones de fabricante. Chequear fugas en las tuberías, purgar la trampa de condensado y revisar que se encuentre en buen estado, revisar manómetros, limpieza de los accesorios, chequeo de la llave de bola, al compresor se le debe realizar su cambio de filtro de lubricante, aire, lubricante según las especificaciones del fabricante y verificar que el aire esté libre de contaminantes.

A los ventiladores que se encargan de enfriar los cañones o enfriar la tela plástica también se les debe realizar su respectivo mantenimiento, se les debe hacer su cambio de filtro de aire cada 5000 horas de operación y cada 1000 limpiarlo, además se debe revisar el estado de las aspas, hacerle servicio a su respectivo motor y realizar cambio de conductos de aire si fuese necesario.

#### **6.2.5 Unidad de moldeo y estirado**

Revisar que la persiana no tenga astillas y que esté en buen estado, eliminar toda la suciedad y mota que desprende el proceso; algunas extrusoras tienen un ventilador en la persiana para auxiliar el enfriamiento de la película plástica revisar que giren en el sentido correcto y que el flujo de aire sea el requerido. Las persianas comúnmente son de madera por lo que tienden a deteriorarse, se debe aplicar pintura o un sellante protector. Graduar la persiana para obtener una buena estabilidad de la película. Los rodillos deben limpiarse con un paño untado con algún solvente limpiador.

Las chumaceras se deben engrasar y los castigadores de los rodamientos se deben reapretar equitativamente, si hubiese huelgo o juego entre el eje y el rodamiento de la chumacera, el eje se debe mandar a rectificar; se debe chequear que la presión sea pareja, realizarle el servicio respectivo al motor y caja reductora, verificar el alineamiento de los rodillos, si éstos son presionados por aire, chequear los cilindros neumáticos, racores, mangueras, unidad de mantenimiento, y si por el contrario son presionados mecánicamente revisar resortes y que la presión sea pareja.

Revisar la velocidad de los cilindros, el movimiento del cilindro puede ser accionado por un moto reductor, o transmisión de movimiento por fajas o cadenas, aquí corroborar el estado de las mismas, la tensión no debe ser exagerada, alinear poleas y lubricar los rodamientos de los rodillos de moldeo.

#### **6.2.6 Equipo de embobinado**

Limpiar los rodillos, engrasar chumaceras, reapretar castigadores equitativamente, chequear juego entre eje y cojinete, nivelar los cilindros, mantenimiento de motor y caja reductora, si el movimiento es transmitido por cadenas revisar el estado de la misma y lubricarla, corroborar la velocidad de los cilindros, revisar sus demás componentes, lubricar los rodamientos de los rodillos de moldeo, realizar el mantenimiento de la caja reductora si es que posee alguna, y de su respectivo motor.

6.2.7 Programa de control y actividades, para el desarrollo del mantenimiento preventivo

Tabla VII. Programa de actividades del mantenimiento preventivo

UNIDAD	ELEMENTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA EN HORAS					
			24	160	600	2500	4800	
SISTEMA MOTRIZ SISTEMA	Motores y ventiladores	Revisión de amperaje.	X					
		Revisar la temperatura exterior.	X					
		Revisión interna y limpieza.			X			
		Escuchar ruidos y analizar vibraciones anormales.	X					
	Poleas	Alineación.		X				
	Fajas	Revisar la tensión.	X					
	Ventiladores	Revisión.	X					
		Limpieza interna.			X			
	Conectores y cables	Revisión.	X					
	Cajas reductoras	Desarmar y revisar.					X	
		Cambio de empaques y retenedores.					X	
		Cambio de rodamientos.					X	
		Escuchar ruidos y analizar vibraciones.	X					
		Nivel y fugas de lubricante.	X					
		Reapretar los tornillos.				X		
		Cambio de lubricante y limpieza interna.				X		
		Temperatura de trabajo.	X					
		Alineación.				X		
	SISTEMA ELÉCTRICO	Panel de control	Limpieza externa.	X				
			Limpieza interna.		X			
Revisión interna: cables, contactores y pirómetros.				X				
Resistencias		Revisar su estado.	X					
		Limpieza.		X				



Continuación 2/3

	<b>Cables</b>	Revisar todo el cableado.			X			
	<b>Termocoplas</b>	Revisar su estado.	X					
<b>SISTEMA DE EXTRUSIÓN</b>	<b>Cañón</b>	Medirlo.				X		
		Revisión interna.				X		
		Limpieza.					X	
		Rectificarlo.						X
		Control de temperaturas.	X					
	<b>Husillo</b>	Medirlo.					X	
		Revisar su estado.					X	
		Limpieza.					X	
		Rectificarlo.						X
		Pulirlo con pasta.					X	
	<b>Adaptador o filtro</b>	Limpieza.		X				
		Revisar su estado.		X				
		Cambio de tamices.		X				
		Control de temperatura.	X					
	<b>Dado</b>	Limpieza interna y revisión.					X	
		Pulirlo con pasta.					X	
Control de temperaturas.		X						
Rectificarlo.							X	
Limpieza externa.		X						
Engrasar el acople.						X		
<b>SISTEMA DE SOPLADO</b>	<b>Compresor y componentes</b>	Revisión, cambios de filtros y lubricante.					X	
		Purgar condensado.	X					
		Revisión de manómetros, y tuberías.	X					
<b>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>Ventiladores</b>	Limpieza de filtros.			X			
		Limpieza del motor.			X			
		Limpieza interna.			X			
		Limpieza externa.	X					
		Cambio de filtro.						X
		Revisar la rotación.	X					
<b>UNIDAD DE MOLDEO Y ESTIRADO</b>	<b>Persiana</b>	Revisar su estado.	X					
		Limpieza.		X				
		Aplicar sellante o pintura.						X
		Graduación.	X					
	<b>Rodillos superiores de la torre</b>	Revisión de presión.	X					

Continuación 3/3

<b>UNIDAD DE MOLDEO Y ESTIRADO</b>		Reapretar castigadores de cojinetes, en las chumaceras.			X			
		Limpieza.	X					
		Rectificarlos.					X	
		Lubricar rodamientos.		X				
		Revisar velocidad.	X					
	<b>Embobinador</b>		Limpieza.	X				
			Lubricación de cadenas.	X				
			Lubricar chumaceras.	X				
			Lubricar rodamientos.	X				
			Rectificar rodillos.					X
		Revisar la velocidad.	X					
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA (algunos casos)</b>	<b>Chorros</b>	Revisar que el sistema se esté alimentando de agua.	X					
		Corroborar que el agua circule.	X					
	<b>Mangueras</b>	Revisar su estado.	X					
	<b>Agua</b>	Análisis de contaminantes, temperatura y suciedad.	X					
			Reapretar castigadores de cojinetes, en las chumaceras.			X		

## CONCLUSIONES

1. La materia prima que se debe seleccionar para la producción de bobina plástica, debe ir acorde a las necesidades que se requieren cubrir.
2. Los plásticos han ayudado a mejorar la forma en que vivimos, debido a su bajo costo y grandes beneficios.
3. La operación de las extrusoras no debe parar, excepto para realizar el mantenimiento, ya que cada paro trae como consecuencia, desperdicio de materia prima, debido a que las dimensiones de la película plástica se deben graduar a prueba y error.
4. Cuando una extrusora se retira de servicio durante cierto tiempo, ésta debe dejarse limpia, bien lubricada y evitar dejarla en lugares corrosivos.
5. Las plantas de extrusión para la producción de bobina plástica trabajan las 24 horas del día, debido a que las máquinas no se pueden parar por la gran cantidad de desperdicio que producen al ser nuevamente arrancadas.
6. A partir de una bobina plástica, se pueden obtener bolsas de distintos tamaños al pasar la película por el proceso de corte y sello.
7. Una operación correcta de la extrusora dará como resultado un producto de buena calidad y evitará accidentes.

8. El mantenimiento de la maquinaria al ser realizado por personal calificado y responsable, reducirá los costos de mantenimiento y se tendrá una mayor productividad.
  
9. Al limpiar los sistemas de extrusión de acuerdo al programa de mantenimiento, se incrementará la vida útil de estos.

## **RECOMENDACIONES**

### **Al gerente de planta**

1. Todo operario y mecánico de mantenimiento, debe recibir capacitación, así como poseer un manual de usuario.
2. El mantenimiento debe realizarse en los momentos más oportunos para que no se impacten las demandas de producción, es necesaria la comunicación entre el departamento de mantenimiento y el de producción. Un programa con la calendarización de los mantenimientos para las diversas extrusoras que posee la planta, servirá de mucha ayuda, para que el departamento de producción analice con anticipación las medidas que debe tomar.

### **Al departamento de producción**

3. La temperatura de las extrusoras se gradúa acorde a la resina que se trabajará, pero es preferible que ésta se opere solo con un tipo de material, para que su temperatura sea siempre estándar, con base en la materia prima.

### **Al departamento de mantenimiento**

4. Se debe tener un inventario de repuestos eléctricos y mecánicos para, reestablecer el funcionamiento de la maquinaria lo más pronto posible, a la hora de alguna falla.

5. Se debe llevar un historial de vida de cada máquina, con sus respectivas fechas de mantenimiento.

### **Al departamento de producción y mantenimiento**

6. Este programa debe considerarse como una guía y no como instructivo, para los distintos procesos de extrusión.

### **A los operarios**

7. Las extrusoras deben trabajar a altas temperaturas, por lo que se deben cumplir y respetar las normas de seguridad.
8. Las extrusoras no se deben poner en funcionamiento si no han alcanzado su temperatura de operación, ya que tienden a dañarse.
9. Cuando el suministro de corriente sea interrumpido por la empresa que provee el servicio, se deben apagar todos los pirómetros y componentes de la extrusora hasta esperar que el suministro sea restablecido.
10. La extrusora no debe ponerse en funcionamiento si no está alimentada con materia prima, debido a que la parte interna del cañón y el husillo tienden a deformarse y desgastarse.

## BIBLIOGRAFÍA

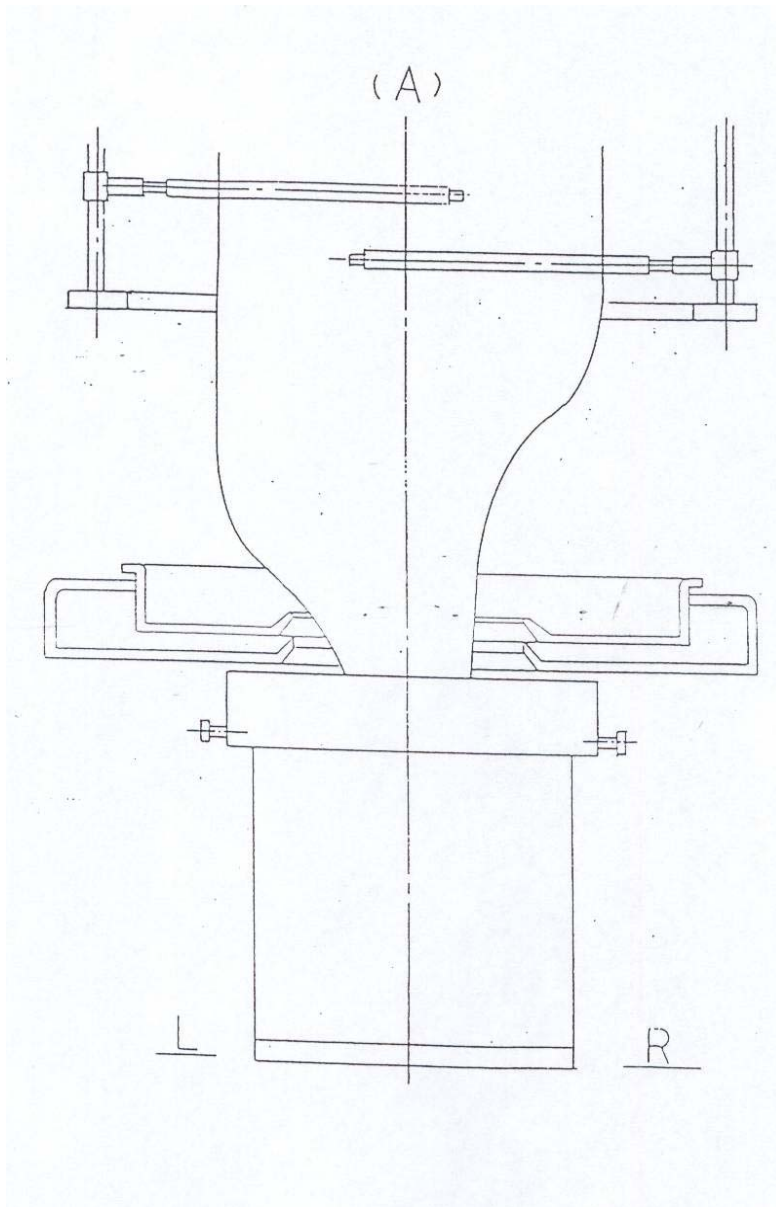
1. Estrada Sosa, Mario Lionel, Guía de operación para la extrusión de película de polietileno. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 88 pp.
2. **Folleto de la comisión nacional para el ahorro de energía**, México: s.e., 2002.
3. León Ramírez, Juan Manuel, La máquina para el proceso de extrusión y soplado de plásticos. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 81pp.
4. Manual de extrusoras *Lung Meng Machinery CO.,LTD* **Operation manual blow film machine model: LM/AB-25MI serial 021029** Taiwan: s.e., (2000), pp 63.
5. Microsoft **Enciclopedia Encarta** 2001.
6. Steinen, P. **Entwicklungsstand bei Bändchengeweben. Verpackungsrundschau.** Berlín; s.e., (1967), pp 390.
7. [www.plastivida.com.ar](http://www.plastivida.com.ar) mayo de 2004
8. [www.psrc.usm.edu](http://www.psrc.usm.edu) junio de 2004
9. [www.tecnomaq.com.mx](http://www.tecnomaq.com.mx) mayo de 2004
10. [www.2ing.puc.cl](http://www.2ing.puc.cl) abril de 2004





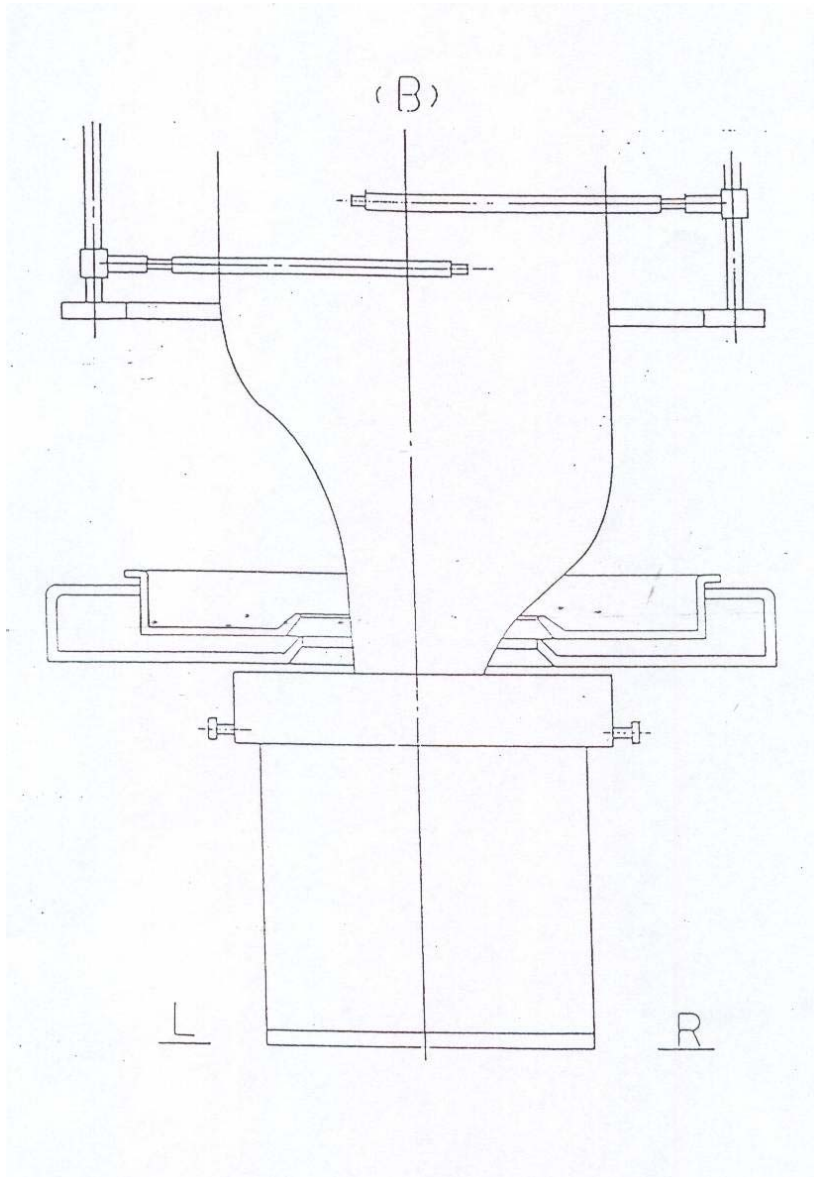
## ANEXOS

Figura 28. Cilindro de polietileno mal centrado en el dado a la derecha



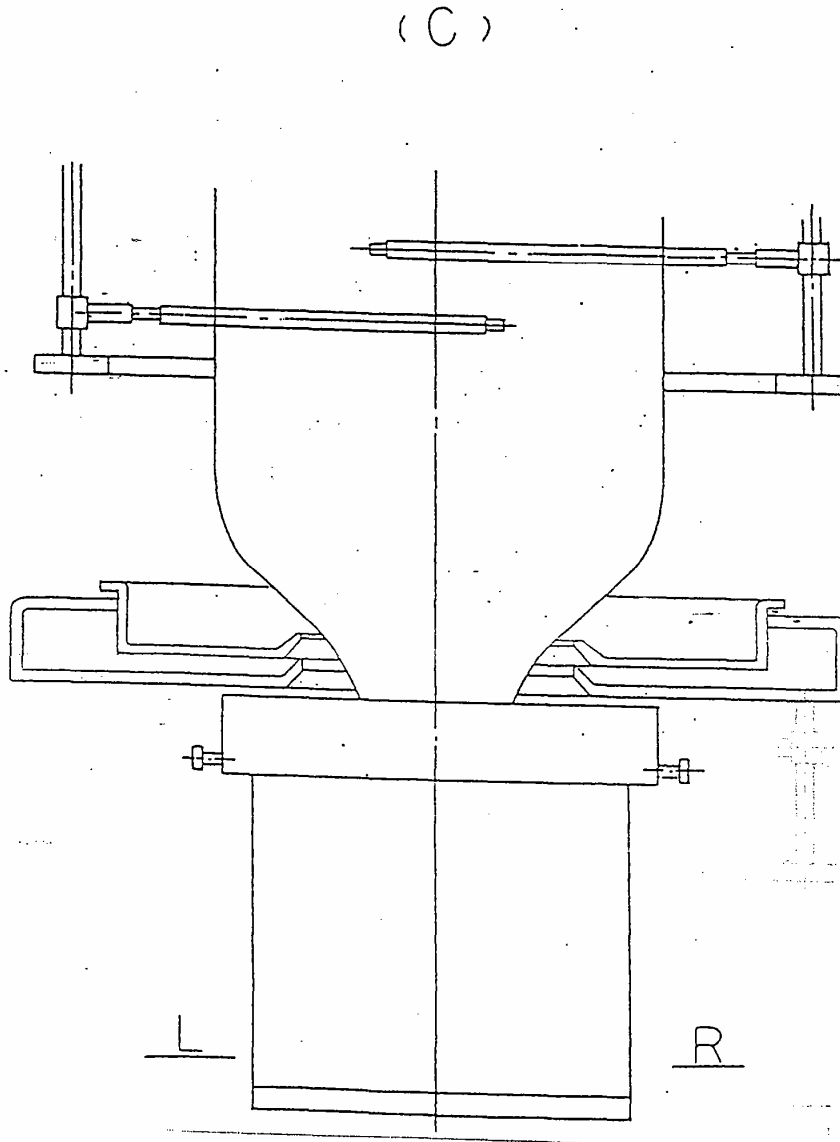
Fuente: Lung Meng Machinery CO., LTD. *Operation manual blow film machine model*  
LM/AB-25MI Pág. 34

**Figura 29. Cilindro de polietileno mal centrado en el dado a la izquierda**



Fuente: **Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI** Pág. 35

Figura 30. Cilindro de polietileno con un centrado correcto en el dado



Fuente: *Lung Meng Machinery CO., LTD. Operation manual blow film machine model LM/AB-25MI* Pág. 36

**Tabla VIII. Problemas en la producción, causa y posibles soluciones**

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>POSIBLE SOLUCIÓN</b>
Roturas de la burbuja	Los tamices pueden estar muy ajustados o muy sucios.	Cambiar tamices.
	Temperatura muy alta.	Reducir la temperatura del cañón.
	Dado muy sucio.	Limpiar el dado.
	Materia prima.	Revisar que la materia prima no tenga impurezas.
	Velocidad muy alta de los rodillos.	Reducir la velocidad de los rodillos.
	Mala graduación del ventilador.	Graduar correctamente el ventilador.
Variación de amperaje y presión	Agua de alimentación muy fría.	Reducir la temperatura del agua en la sección de alimentación.
	Temperatura del cañón muy elevada.	Reducir la temperatura del cañón.
	Temperatura baja del dado.	Aumentar la temperatura del dado.
	Poleas y fajas en mal estado.	Cambiar poleas o fajas.
Variación excesiva en el espesor de la película.	Temperatura muy alta.	Reducir la temperatura del cañón.
	Temperatura del dado muy baja.	Aumentar la temperatura del dado.
	Suciedad en el anillo de enfriamiento.	Limpiar el anillo de enfriamiento.
Variación excesiva en el espesor de la película.	Corrientes de aire del medio ambiente.	Reducir o eliminar corrientes de aire del medio ambiente.
	Los rodillos pueden estar en mal estado.	Revisar los rodillos.
	El motor de los rodillos puede estar en mal estado.	Revisar el motor.
	Torre estabilizadora mal ajustada.	Aumentar o disminuir la distancia entre los estabilizadores.
	Dado mal nivelado.	Nivelar el dado.
	Anillo mal nivelado.	Nivelar el anillo de enfriamiento. Revisar que el enfriamiento sea parejo.
	Dado sucio.	Limpiar el dado.
	Dado en mal estado.	Revisar el estado del dado. Revisar si hay algún problema en la distribución de flujo. Revisar el alineamiento de toda la línea.
Sistema de calentamiento en mal estado.	Revisar termocoplas, resistencias, y pirómetros.	

### Continuación 2/2

La velocidad del motor principal no desarrolla toda su totalidad	Impurezas dentro del cañón.	Limpieza total del cañón.
	Husillo en mal estado.	Revisar husillo.
	Zona de alimentación chiclosa.	Revisar que los chorros alimentadores de agua estén encendidos y que circula agua.
	Motor en mal estado.	Revisar el motor.
	Controladores en mal estado.	Revisar el controlador de velocidad.
Película con manchas, rayas, y burbujas.	Mezclado deficiente.	Mezclar bien la resina.
	Resina muy húmeda.	Cambiar resina.
	Resina contaminada.	Cambiar resina.
	Ambiente con polvo.	Eliminar impurezas del ambiente.
Película pegada.	Enfriamiento deficiente.	Aumentar enfriamiento.
	Altura de la torre inadecuada.	Aumentar la altura de la torre.
	Exceso de presión en los rodillos de moldeo y estirado.	Disminuir la presión de los rodillos.



