



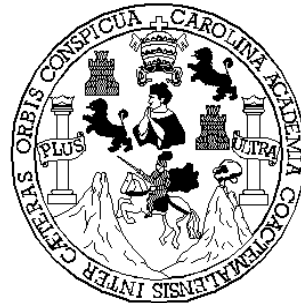
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MANUAL DE SOLUCIONES A
LOS PROBLEMAS DE LA EXTRUSIÓN DE LA PELÍCULA DE
POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD**

CELSO JOEL JEREZ RIVERA
ASESORADO POR ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

Guatemala, febrero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MANUAL DE SOLUCIONES A
LOS PROBLEMAS DE LA EXTRUSIÓN DE LA PELÍCULA DE
POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CELSO JOEL JEREZ RIVERA

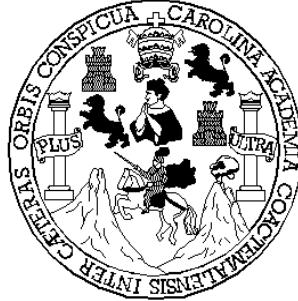
ASESORADO POR ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2005

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. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. César Leonel Ovalle Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Walter Leonel Ávila Echeverría
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:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MANUAL DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE LA EXTRUSIÓN DE LA PELÍCULA DE POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 14 de junio de 2004.

Celso Joel Jerez Rivera

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por haberme hecho libre, y haber plantado un jardín de amor dentro de mi corazón.

A MIS PADRES

Por el amor, el apoyo, la sabiduría y los consejos que a lo largo de mi vida me han brindado; de no ser por ellos no estaría hoy aquí.

A MI PRIMO

Víctor Manuel Ciraiz, por ser como un hermano, por su amistad, por los buenos momentos, por las experiencias compartidas y el apoyo brindado durante esta etapa de mi vida.

A MI PRIMA

La Licda. Mayra R. Ciraiz, Por ser alguien especial, quien con su amistad, su cariño y todo el apoyo brindado pude llegar al final de este trabajo de graduación.

A ANDREA ZAMORA

Quien con su amistad, su cariño, sus consejos y oraciones, me ayudó a ser una persona de bien.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por su amistad y recuerdos especiales que vivimos en esta facultad, en especial a Allan Paniagua, Waldo Ventura, Juan Carlos Cáceres, Brenda de Cáceres y Gabriela Estrada.

A LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser mi casa de estudios

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Por todo el conocimiento que adquirí y que es la base de mi formación profesional.

A MIS CATEDRÁTICOS Que con sus conocimientos y enseñanzas, inculcaron un profesionalismo en mi persona, en especial el Ing. Carlos Pérez y el Ing. Rolando Chávez.

A MAPLASTIC. S.A. Y al Ing. Hugo Arturo Pirique, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Y A TODAS LAS PERSONAS

Que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo de graduación, en especial José Delio y Edwin Mijangos.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por haberme dado la vida y la oportunidad de poder llegar a este momento especial.

A MI MADRE

María Judith D. Rivera Mansilla de Jerez, por ser la persona más importante en mi vida, gracias a su amor, su apoyo y sus consejos llegue al final de esta carrera.

A MI PADRE

Carlos Mc Arthur Jerez Román, gracias a su amor, apoyo, sabiduría y el conocimiento que depositó en mí para llegar al final de esta carrera.

A MIS HERMANOS

Douglas Dill, José Alberto, Walter Elisandro, Luis Lisandro y Carlos Mc Arthur, por el apoyo, los consejos y el cariño brindado, ya que forman parte importante en mi vida.

A MIS CUÑADAS Y MIS SOBRINAS

Dora, Aleida, Rosario, Raquel, Mariana, Marcela, Rosario del pilar y Allyson Reneé.

A MI FAMILIA

En general.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1	Identificación de la empresa	1
1.1.1	Información general	1
1.1.1.1	Ubicación	1
1.1.1.2	Misión	2
1.1.1.3	Visión	2
1.1.2	Funcionalidad de la empresa	2
1.1.2.1	Historia	2
1.1.2.2	Capacidad	3
1.1.2.3	Procesos	4
1.1.2.4	Identificación del trabajo	5
1.1.3	Distribución actual de la empresa	6
1.1.4	Distribución de la planta	8
1.1.5	Descripción por áreas	9
1.1.6	Descripción de máquina extrusora	10
1.2	Polietileno	12
1.2.1	Historia	12

1.2.2	Características del polietileno	13
1.2.2.1	Densidad	13
1.2.2.2	Peso molecular	13
1.2.2.3	Índice de viscosidad	14
1.2.3	Polietileno de baja densidad	14
1.2.4	Polietileno de alta densidad	15
1.2.5	Métodos de procesamiento	17
1.2.6	Propiedades y aplicaciones del polietileno	18
1.2.6.1	Generalidades	18
1.2.6.2	Temperatura	19
1.2.6.3	Resistencia	19
1.2.6.4	Color	19
1.2.6.5	Aditivos	20
1.2.6.6	Productos	21
1.2.6.7	Aplicaciones especiales	21
1.3	Máquina extrusora de polietileno	22
1.3.1	Reseña histórica	22
1.3.2	Características	23
1.3.3	Partes o divisiones de la máquina	24
1.3.4	Tipos de máquina extrusora	25
1.3.5	Tipos de mantenimiento	30

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DENTRO DE LA EMPRESA

2.1	Proceso de extrusión de la película de polietileno	33
2.1.1	Descripción del proceso	33
2.2	Tiempo del proceso	35

2.2.1	Método continuo	36
2.2.2	Método vuelta a cero	37
2.3	Tiempos muertos	37
2.4	Fallas más comunes	38
2.5	Pérdidas de producción	38
2.6	Diagrama de flujo de operaciones	40
2.7	Diagrama de recorrido	42
2.8	Producción de la máquina	43

3. DISEÑO DEL MANUAL DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE EXTRUSIÓN

3.1	Conceptos básicos	45
3.1.1	Extrusión	45
3.1.2	Calor	45
3.1.3	Velocidad	46
3.2	Estrategias	46
3.2.1	Investigación del problema	46
3.2.2	Formulación del problema	47
3.2.3	Posibles soluciones	47
3.2.4	Solución	48
3.3	Chequeos preventivos	48
3.3.1	Temperatura	48
3.3.2	Resinas, aditivos y reprocesados	49
3.3.3	Motores	50
3.3.4	Controles de calentamiento	50
3.3.5	Sistemas de enfriamiento	51
3.3.6	Rotativo, dado y anillo de enfriamiento	52

3.3.7	Torre	52
3.4	Dados y anillos de enfriamiento	53
3.4.1	Montaje	53
3.4.2	Ajuste	53
3.5	Mantenimiento	58
3.5.1	Mantenimiento preventivo	59
3.5.2	Mantenimiento correctivo	60
3.5.3	Situaciones durante la producción	60
3.6	Defectos en las bobinas	63
3.6.1	Bloqueo	64
3.6.2	Desgarramiento	64
3.6.3	Problemas de impresión	65
3.7	Defectos visibles en las bobinas	66
3.8	Variaciones de espesor	68
3.9	Problemas en la burbuja	70
3.9.1	Persiana de colapso	70
3.9.2	Manipulación a través de la torre	71
3.10	Formulario para cálculos de producción	73

4. IMPLEMENTACION DEL MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS O FALLAS MÁS COMUNES

4.1	Procedimiento	75
4.1.1	Investigar el tipo de problema que está sucintando	75
4.1.2	Utilización del manual para su solución	75
4.1.3	Creación de un formato de reporte de fallas	76
4.2	Serie descriptiva de problemas	78
4.2.1	Aplicación del manual	79

4.3	Costos de implementación	85
4.3.1	Requerimiento de equipo	86
4.3.2	Estimación de costos	86
5. MEJORA CONTINUA		
5.1	Aplicación del manual como rutina de mantenimiento	89
5.1.1	Retroalimentación	89
5.1.2	Formato del reporte del desempeño	89
5.2	Sesiones periódicas con el personal	92
5.2.1	Capacitaciones	92
5.2.2	Planeación	92
5.2.2.1	Aplicación del PHVA	93
5.3	Documentación	94
5.3.1	Control de documentación	94
5.3.2	Correcciones	95
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES		99
BIBLIOGRAFÍA		101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano de distribución actual de la empresa	7
2.	Plano de distribución de la planta	8
3.	Plano del cuarto de máquinas	11
4.	Extrusor de polietileno	25
5.	Proceso de obtención de tubería	26
6.	Máquina extrusora de película	27
7.	Dado y extrusor para postformado	27
8.	Perfiles que se obtienen del posformado de perfiles sólidos	28
9.	Proceso de monofilamento	29
10.	Dado para recubrimiento de cable y alambre	30
11.	Diagrama de flujo de operaciones	41
12.	Diagrama de recorrido	43
13.	Tornillos de ajuste en el anillo	54
14.	Tornillos de ajuste en el dado	54
15.	Variación del espesor en la burbuja por suciedad en el anillo	55
16.	Variación del espesor en la burbuja por mal ajuste del dado	56
17.	Variación del espesor en la burbuja por mal ajuste del anillo	57
18.	Bobina convexa	67
19.	Bobina cóncava	67
20.	Configuración óptima para el globo de película de polietileno	74
21.	Proceso de mejora continua	94

TABLAS

I	Efectos en las propiedades del polietileno	16
II	Producción de la máquina extrusora	44
III	Temperatura del cañón	49
IV	Temperatura del cabezal	49
V	Formato de reporte de fallas del lado anverso	77
VI	Lado reverso	78
VII	Código de problemas	78
VIII	Códigos con sus respectivas soluciones	80
IX	Cotización del costo de fabricación del manual	87
X	Cotización del costo de equipo de seguridad	88
XI	Formato del reporte del desempeño	91

GLOSARIO

Dado	Dispositivo empleado en el moldeo del plástico para darle una forma determinada de tubo. Sinónimo de matriz.
Filete	Dispositivo que recorre al husillo de un extremo a otro e impulsa la materia prima a través del extrusor.
Hue	Tonalidad de color.
Husillo	Eje metálico central que contiene la mayor tecnología dentro de una máquina de extrusión.
Inyección	Proceso de Soplado empleado cuando se desea producir recipientes de boca ancha.
Mandril	Parte central del dado.
Matriz	Dispositivo empleado en el moldeo del plástico que contiene la forma del producto deseado. Sinónimo de dado.
Párison	Sinónimo de forma previa o preforma en el proceso de soplado.
Ramo	Tipo de marcado que abarca la producción de una empresa, conocido también como "giro".
Soplado	Proceso de soplado empleado para producir recipientes de boca delgada.
Torque	Giro realizado bajo presión por máquinas o estructuras.

RESUMEN

El presente trabajo es la introducción a un manual que dará soluciones rápidas a los problemas que se presentan o suelen ocurrir durante la producción de película de polietileno. Las soluciones a estos problemas se describen en forma detallada y concisa. También se encuentra información que puede servir a las personas que se dedican a la reparación, mantenimiento o manejo de estas máquinas extrusoras.

Se realizó una detallada investigación de la situación de la máquina. Esta investigación marcó la diferencia de que el manual diera o no resultado. Es bastante importante ya que a través de ella conocimos la situación de la máquina, tanto sus fallas como sus posibles soluciones.

Se hace mención de cuáles son los diferentes productos que se pueden fabricar y sus respectivos procesos. Se observará que la diferencia de estos productos no requiere un extrusor para cada uno, sino que con el conocimiento de la función de los cabezales, se puede formar una extensa gama de productos industriales, caseros, agrícolas, etc.

La utilización de este manual como rutina de trabajo es de gran ayuda para los operarios, ya que su empleo correcto favorecerá la eficiencia y la pérdida de producción disminuirá en porcentajes bastantes significativos para la empresa.

La utilización de este manual aumentó la eficiencia en la producción del extrusor de polietileno.

OBJETIVOS

GENERAL

Establecer un programa de soluciones a los problemas en la extrusión de la película de polietileno para la reducción de pérdidas de producción.

ESPECÍFICOS:

1. Determinar cómo un nuevo programa de soluciones puede ayudar a la empresa a mejorar su sistema de producción.
2. Elaborar el manual de forma que sea práctico y sea utilizado por el operario y por el departamento de mantenimiento.
3. Utilizar el manual como una rutina de mantenimiento en las máquinas para que minimice las pérdidas en la producción.
4. Establecer que el sistema pueda anticipar los posibles problemas que representan pérdidas de producción.
5. Concienciar, al personal de la empresa, de la importancia de la propuesta de un manual de soluciones a los problemas de la extrusión de la película de polietileno.

6. Capacitar al personal de mantenimiento para que pueda trabajar con mayor eficiencia y destreza.
7. Aplicar el manual siempre que ocurra una falla para una pronta resolución del problema.

INTRODUCCIÓN

La propuesta busca ofrecer soluciones rápidas y concisas a los problemas más comunes en la extrusión de la película de polietileno.

En Guatemala se tiene una basta industria en el ramo de producción de polietileno, debido a su mano de obra y al hecho de ser puente comercial. Cualquiera de estas industrias manufactureras necesita un mejoramiento continuo tanto en el obrero como en lo productivo, ya que la exigencia de controles de calidad se ha vuelto prioritaria y a su vez exige minimizar las pérdidas en la producción. Estas a su vez también representan una pérdida económica. Todo esto ha llevado a reestructurar los sistemas de producción y las rutinas de mantenimiento.

Con el objeto de garantizar un buen funcionamiento y operación de la máquina de extrusión de la película de polietileno se establece una serie de tips o soluciones rápidas durante la fabricación del mismo. Este trabajo es un aporte para aquellos productores u operarios que quieren minimizar sus pérdidas en la producción.

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Identificación de la empresa

1.1.1 Información general

MAPLASTIC S.A.

Manufacturas Plásticas Centroamericanas, S.A.

Km. 11.5 Carretera Amatitlán Zona 11, Guatemala.

Teléfonos: 477-3550.

Fax: 477-3524.

Gerente General: Hugo Arturo Pirique López

1.1.1.1 Ubicación

La planta se encuentra en una ubicación perfecta por sus condiciones de acceso y distancia. Cuenta con dos vías principales de acceso, una por la calzada Raúl Aguilar Batres y la otra por la autopista que viene de Villa Nueva subiendo la cuesta de Villalobos, ambas totalmente asfaltadas, en buen estado y con bastante amplitud. Esta parte es muy importante para la empresa ya que proporciona y facilita el acceso rápido para el transporte pesado de materia prima y producto terminado.

El sector cuenta con varias estaciones de gasolina. La gasolinera más cercana se encuentra a 25 m de la empresa y abastece de combustible en cualquier momento. Asimismo, existe un centro comercial (Paiz Monte María)

ubicado a 2 kilómetros de la empresa. También cuenta con bancos del sistema y otros servicios básicos a su alcance.

1.1.1.2 Misión

Es una empresa creada para satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes y cuyo objetivo es dar un valor agregado a sus productos y servicios, con costos competitivos, afianzando el cumplimiento de la calidad requerida mediante un trabajo de mejora continua de la empresa y su personal.

1.1.1.3 Visión

Ser la mejor opción en la fabricación y distribución de productos plásticos en Centroamérica, proporcionando productos de calidad y comprometiéndonos con nuestros clientes, proveedores y todo el personal que está involucrado.

1.1.2 Funcionalidad de la empresa

1.1.2.1 Historia

MAPLASTIC S.A. es una empresa que se dedica a la manufactura o la elaboración de productos plásticos a través de los procesos de inyección, extrusión y soplado de plástico tanto para usos domiciliarios como industriales. La empresa empezó labores con productos de alta calidad, y un personal altamente calificado para poder competir con base en calidad con las empresas ya establecidas y con las mismas características de fabricación. Desde

entonces ha presentado un crecimiento significativo, gracias a la calidad en la elaboración de sus productos. La producción es realizada por líneas de producción.

1.1.2.2 Capacidad

Maplastic S.A. es una empresa que maneja un volumen de producción al mes, en el área del extrusor, de 500 bobinas de plástico para bolsa, y 133,200 unidades de sus diferentes productos:

- Pajillas plásticas.
- Lapiceras.
- Minas para lapicera.

Algunas especificaciones del producto son:

- Colores:

Productos de un solo color o sin color; como ejemplo: transparente, blanco, gris, beige, azul, negro.

- Tamaño:

Los tamaños varían según diseño o especificaciones, o más bien por las necesidades obtenidas de nuestros clientes, que regularmente suelen ser de una gran diversidad.

1.1.2.3 Procesos

La empresa se dedica a la elaboración de productos plásticos a través de la extrusión, inyección y soplado de plástico, se realizan productos infantiles, como juguetes; productos caseros, como palanganas, bandejas, envases; productos comerciales, como bolsas, lapiceras, pajillas; y hasta productos industriales. Se elaboran con materias primas llamadas resinas. Éstas vienen en granos por libra y en diferentes colores. Esta materia prima es importada de diferentes países como Estados Unidos, Canadá, Venezuela, Colombia y algunos países europeos.

Este proceso se da a través de los requerimientos y especificaciones del cliente, quien manda un machote o dibujo con especificaciones, medidas, patrones y todo lo relacionado con la manufactura de productos plásticos.

Por ejemplo, el cliente trae la muestra del producto. Se crean algunas modificaciones o simplemente se idea de un producto nuevo. Los machotes o dibujos son revisados a través de la muestra o un sistema de control de calidad. Se mide la muestra y cuando ya se tienen las medidas, entonces se elabora el nuevo molde y se produce hasta terminar la forma de la muestra.

En resumen, el proceso comienza con la introducción de la resina a través de una tolva, su fundición y la formación de los diferentes productos deseados. Luego pasa a línea de inspección de calidad, se empaca y se traslada a bodega de producto terminado.

Para todo el proceso anterior, MAPLASTIC, S.A. ha tenido que organizar una rutina de producción, diseñando los departamentos de fabricación, inspección, empaque, equipo y taller, para cumplir con los estándares de calidad especificados. Esto se realiza con un número establecido de inyectores, extrusores y sopladores de plástico, mejorando y dando acabados de calidad necesarios para el producto de sus clientes.

1.1.2.4 Identificación del trabajo

- Estación de bodega: es la llegada de la materia prima en sacos de 22.5 kg, que se almacenan y se trasladan a las máquinas cuando son necesitados.
- Estación de llenado: se inicia con la llegada de materia prima de la estación anterior a la tolva de llenado. Se lleva a cabo en la línea de producción.
- Estación de fabricación: es el área en la cual se lleva a cabo la fundición de la resina para la fabricación de nuestros productos.
- Estación de control de calidad: es dirigida por el departamento de producción, que se encarga de asegurar, por medio de inspecciones, que el producto cumpla con las normas de calidad establecidas y los estándares.
- Estación de empaque: el producto semi-terminado se empaqueta adecuadamente y se le colocan las identificaciones (clase del producto, tamaño, color y peso).

- Estación de producto terminado: en esta estación se almacenan las bobinas de producto empacado en forma horizontal, allí se encuentran listas para ser transportadas a su destino final.

- Estación de mantenimiento: es el área que vela por que todas las máquinas reciban mantenimiento adecuado sin interferir con las actividades de producción. En la empresa se dan dos tipos de mantenimiento: el preventivo y el correctivo. El mantenimiento preventivo se lleva cabo los días sábado en fecha calendario y con la realización de visitas diarias. El mantenimiento correctivo se ejecuta cuando una máquina presenta algún problema y es realizado en cualquier momento.

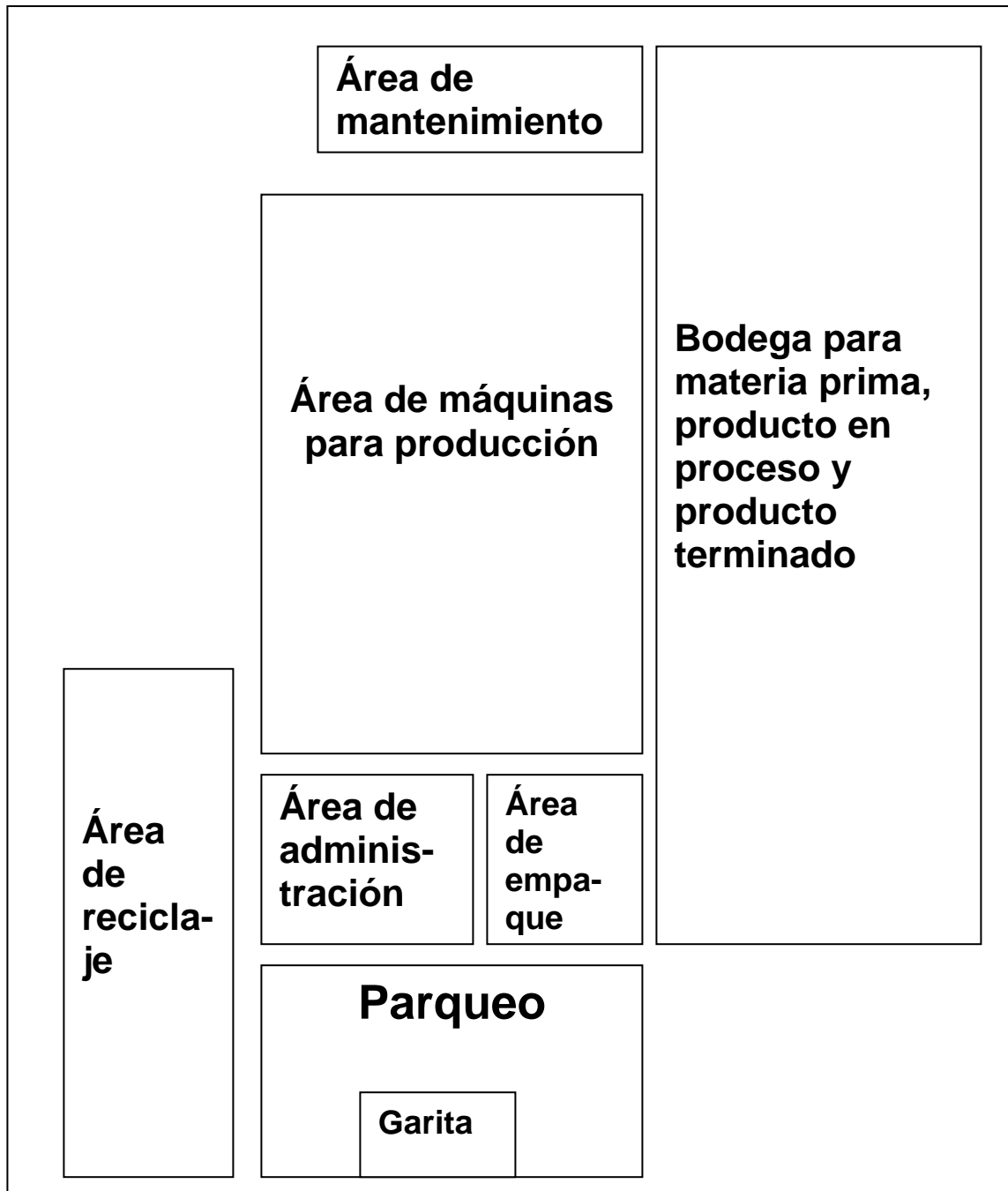
1.1.3 Distribución actual de la empresa

La empresa cuenta con dos naves industriales de segunda categoría. El tipo de construcción es de superficie rústica con pared de ladrillo, pisos de concreto armado y techos de dos aguas de lámina galvanizada. Posee un total de 3000 m², de construcción aproximado.

Distribución:

- Bodega para materia prima, producto en proceso y producto terminado
- Área de máquinas para producción
- Área de mantenimiento
- Área de empaque
- Área administrativa
- Área de reciclaje
- Parqueo, garita

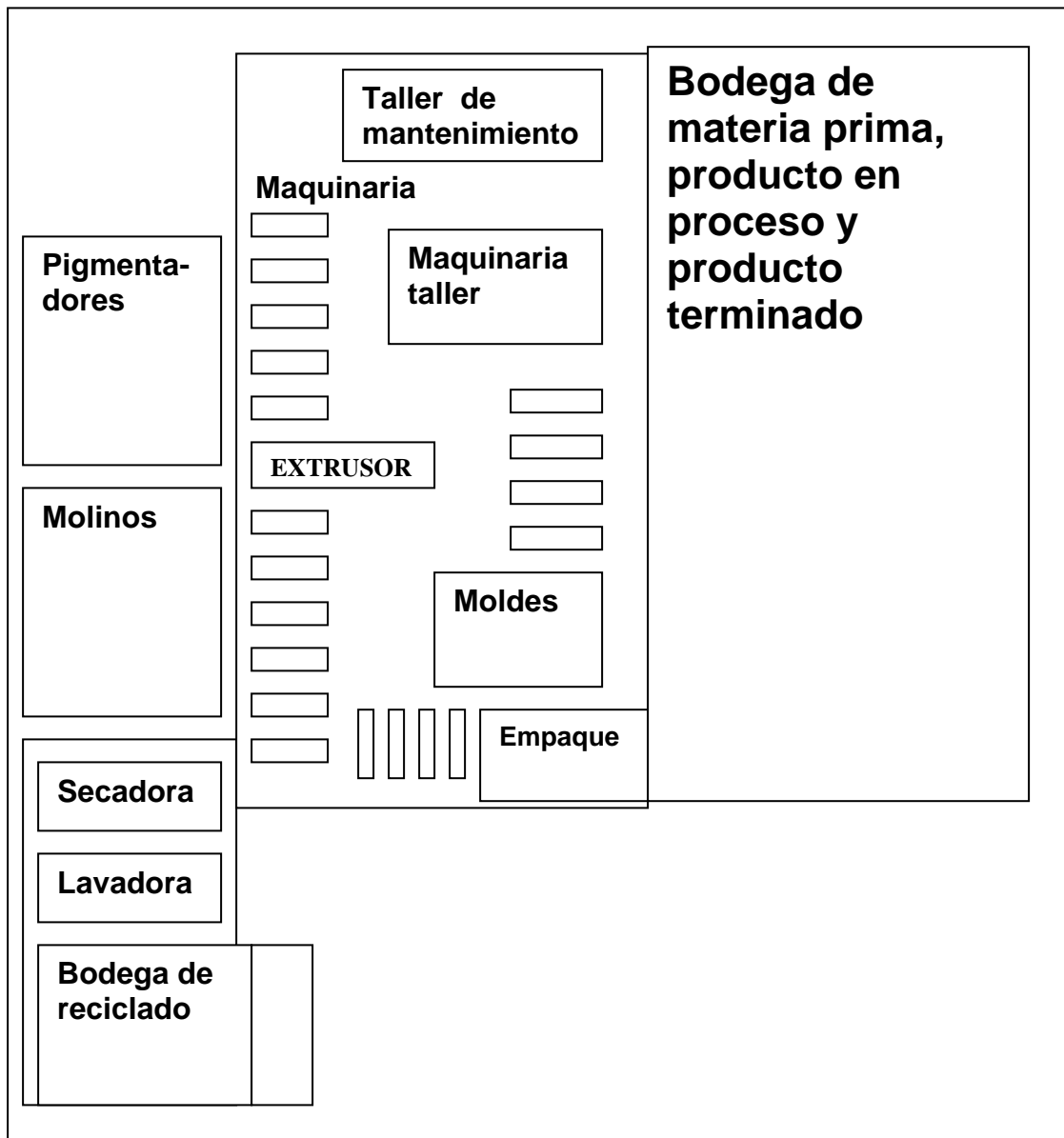
Figura 1. Plano de distribución actual de la empresa.



1.1.4 Distribución de la planta

La distribución de la planta se basa en el área de trabajo o área de producción de la empresa.

Figura 2. Plano de distribución de la planta



1.1.5 Descripción por áreas

- Bodega: en ésta se encuentra toda la materia prima, los productos semi-terminados en proceso y los productos terminados.
- Maquinaria: es toda la fuerza motriz que se necesita para la elaboración de nuestros productos. Se cuenta con 20 máquinas para el proceso, entre inyectoras, sopladoras y extrusora.
- Taller de mantenimiento: este es el lugar adecuado para la reparación de cualquier pieza que sufra un daño o para el mantenimiento de cualquier maquina, equipo e instalaciones de la fábrica.
- Moldes: en esta área se encuentra toda la diversidad de moldes que son utilizados para la creación de los diferentes productos mediante inyección y soplado.
- Empaque: en esta área se realiza la última fase de control de calidad para la aprobación de los productos o al rechazo de algunos. Son empacados con sus respectivas especificaciones.
- Bodega de reciclado: en ésta se encuentra todo el producto que será llevado al proceso de reciclaje.
- Lavadoras: en ésta se lava todo el producto que será sometido al reciclaje. También se escoge el producto, ya que no todo el producto puede ser reciclado.

- Secadora: ésta sirve para secar el producto y que pueda ser utilizado en la siguiente fase, ya que el producto no debe ser llevado con humedad o impurezas.
- Molinos: en esta área los productos son molidos hasta que tengan un aspecto en forma de grano y con el diámetro más pequeño posible.
- Pigmentación: en esta área se da el proceso de pigmentar el producto o seleccionar las tonalidades de colores adecuados para los productos.

1.1.6 Descripción de máquina extrusora

El extrusor se encuentra en la posición 11 del plano de cuarto de máquinas de la planta. Este se encuentra en posición horizontal al plano.

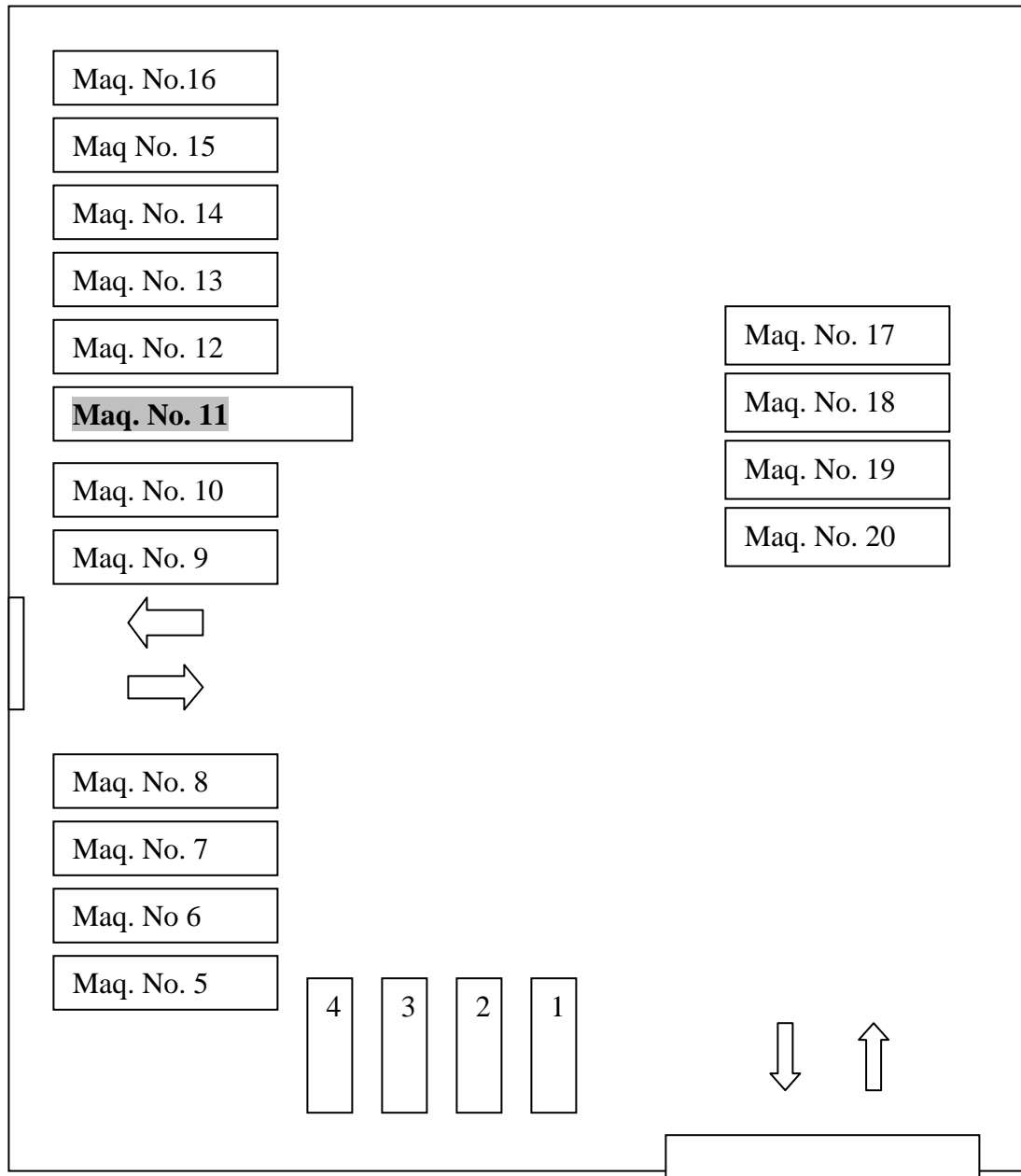
Descripciones del extrusor:

- Marca: Extruder Press – LPV 30 – Master (MILANO)
- Tipo: LPV / 30, LP / CB

Características:

- Dimensiones y peso:
 - Largo de la cabeza del extruder: 1.27 m.
 - Ancho: 0.59 m.
 - Alto: 1.40 m.
 - Peso: 400 kg.
- Diámetro de fisura del orificio del extruder: Ø 30 mm
- Motor eléctrico de 1400 rpm, y 2.5 hp.
- Energía eléctrica para calor del sistema en Watt: 2,250 máx.

Figura 3. Plano del cuarto de máquinas, el extrusor ocupa la casilla No. 11



1.2 Polietileno

1.2.1 Historia

En 1898, Von Pechman obtiene el primer polietileno a partir del diazometano. En 1900, Bamberger y Tschiner analizaron un producto similar con fórmula $(CH_2)_n$, y lo llamaron "polimetileno". El polietileno se obtuvo accidentalmente por estudios del etileno a alta presión en Ámsterdam por Michaels y esto fue algo importante que aprovechó Gibson para producir polietileno a través de la mezcla de etileno y benzaldehído. En 1935 en Inglaterra, los ingenieros y los químicos W. fauccett, G, Paton, W. Perrin y G. Williams polimerizaron etileno a altas presiones y temperaturas. En 1938, la empresa ICI produce por primera vez el polietileno. en 1952, K. Ziegler de Alemania utiliza catalizadores de aluminio durante la polimerización. Este procesos proporciona polímeros de bajas presiones y temperaturas con mayor densidad y dureza. Luego, en la década de 1970, aparece el polietileno lineal de baja densidad con propiedades intermedias. Entre los años 1985 y 1990, es introducido el polietileno de baja densidad. A través de las nuevas tecnologías e investigaciones, las compañías EXXON y DOW comenzaron la producción de los primeros polímeros olefínicos con el uso de catalizadores metalocénicos.

Dicho de una forma más simple, el polietileno proviene de la materia prima etileno, gases derivados del petróleo formados de la polimerización de resinas plásticas (poliolefinas). Existen dos tipos de resinas: las termoplásticas y las termofijas. Las termoplásticas son resinas que al fundirse se les puede dar la forma deseada y se les pueden volver a reprocesar dándole otra forma deseada. En tanto las resinas termofijas sólo se les puede fundir una sola vez ya que no pueden volver a ser procesadas. Las resinas plásticas pueden existir

para alta densidad (HDPE) y baja densidad (LDPE), y pueden tener una dimensión aproximada de 1/8 " de diámetro x 1/8 " de alto.

El polietileno básicamente está conformado por moléculas que forman largas cadenas, o sea miles, de átomos de longitud. El polietileno es conocido dentro el especto industrial como materia prima para la producción de plásticos, como bolsa plástica, funda de lapicero, lámina plástica, empaque de productos, empaque para líquidos, capas, juguetes, utensilios plásticos, componentes electrónicos, etc.

1.2.2 Características del polietileno

1.2.2.1 Densidad

En un polímero, el mayor grado de cristalinidad significa mayor densidad. El polímero posee cadenas moleculares con pocas ramificaciones, por lo que se agrupan apretadamente. Los resultados que se esperan son del 95% de cristalinidad. Sin embargo los porcentajes en el polietileno de baja densidad y de alta densidad difieren de este resultado, ya que el polietileno de baja densidad posee una cristalinidad entre 60% y 85%, esto quiere decir que varía de 0.910 a 0.940 g-cm³, mientras que las de alta densidad varían entre 0.941 y 0.965 g-cm³. Una mayor densidad en el polímero contribuye a variaciones en sus propiedades, como su resistencia y temperatura.

1.2.2.2 Peso molecular

El peso molecular es la suma de los átomos de un compuesto. El etileno (C₂H₄) está compuesto de 2 carbonos y 4 hidrógenos. Si el peso atómico del

carbono es 12 y el peso atómico del hidrógeno es 1, esto quiere decir que la suma de sus pesos atómicos es $2(12) + 4(1) = 28$.

Un aumento en el peso molecular del etileno aumentaría su dureza haciéndolo más frágil. Esto se produce con solventes o aceites en la película cuando esta siendo sometida a tensión durante el embobinamiento.

1.2.2.3 Índice de viscosidad

La viscosidad es una propiedad importante para el polietileno, ya que durante su fundición el flujo es más efectivo. La temperatura juega un papel importante ya que a mayor temperatura el índice de fusión es bastante bajo y viceversa. En esta parte difieren sus características ya que la presión es otro factor importante para un buen proceso. Los índices de fusión pueden diferir a una misma presión y viceversa, según la aplicación.

Los índices de fusión (MI) normalmente expresan los índices de viscosidad en la masa fundida de polietileno. Estos deben ser medidos a condiciones estándar de presión y temperatura. Están relacionados inversamente con el peso molecular del polietileno. Esto quiere decir que entre mayor peso molecular, su índice de fusión disminuye.

1.2.3 Polietileno de baja densidad

Los polietilenos son clasificados por su densidad de acuerdo con el código ASTM. Los polietilenos de baja densidad (PEBD), también llamados por sus siglas en inglés (LDPE) Low Density Polystyrene, varían de:

0.910 g-cm³ --- 0.940 g-cm³

El peso molecular de polietileno de baja densidad en gramos/gramos-mol es de:

200,000 – 400,000 g/gmol

En su estructura tiene mayor parte de amorfa. El polietileno de baja densidad es un material translucido e inodoro. Su punto de fusión varía como promedio entre 110 °C. Por consiguiente los productos fabricados con este material mantienen buenas propiedades hasta los 60 °C, y por su temperatura de ablandamiento entre 80 °C a 100 °C, sus propiedades dependen del grado de polimerización y su configuración molecular.

Posee resistencia a diferentes temperaturas: a bajas temperaturas en líquidos como sustancias químicas, solventes, ácidos, bases y sales; y en altas temperaturas es soluble a los solventes asfálticos, cloríticos y aromáticos. También posee una conductividad térmica baja, posee propiedades como aislante eléctrico dando satisfactorios resultados. Es impermeable al agua y poco permeable al vapor. Por último, cumple con las normas de la FDA (Food and Drugs Administration) como un buen aislante para envasado de productos alimenticios.

1.2.4 Polietileno de alta densidad

De acuerdo con el código ASTM, por su densidad, los polietilenos de alta densidad (PEAD), también llamados por sus siglas en inglés (HDPE) High Density Polystyrene, varían de:

0.941 g-cm³ --- 0.965 g-cm³

El peso molecular de polietileno de baja densidad en gramos/gramos-mol es de:

100,000 – 300,000 g/gmol

Tabla 1. Efectos en las propiedades del polietileno al aumentar o disminuir la densidad

Propiedades	Aumento de densidad	Disminución de densidad
Barrera a gases	Aumenta	Disminuye
Brillo	Disminuye	Aumenta
Dureza	Aumenta	Disminuye
Elongación	Disminuye	Aumenta
Impacto a bajas temperaturas	Aumenta	Disminuye
Punto de reblandecimiento	Aumenta	Disminuye
Resistencia a la abrasión	Aumenta	Disminuye
Resistencia a la tensión	Aumenta	Disminuye
Resistencia al rasgado	Disminuye	Aumenta
Resistencia química	Aumenta	Disminuye
Rigidez	Aumenta	Disminuye

1.2.5 Métodos de procesamiento

Los fabricantes de plásticos emplean cuatro métodos de plastificación a través de la extrusión, inyección, compresión y moldeo. Una de las ventajas clave de la industria de plásticos es la facultad de producir componentes exactos con una superficie excelente, a bajo costo y con gran rapidez. Parte de este buen éxito se debe a las bajas temperaturas en las cuales los plásticos se licuan, en comparación con metales y materiales cerámicos. Sin embargo esta propiedad limita su empleo en temperaturas elevadas.

El procedimiento que se debe escoger depende de si se tiene un material termoplástico o termoestable. El método por inyección y extrusión predomina para los termoplásticos; y el de compresión y moldeo para los termoestables.

En la práctica podemos observar un ligero exceso del material en un modelo preformado. Este se coloca en el troquel, se cierra el molde y, bajo el calor y la presión, el material se vuelve plástico y el exceso se exprime como rebaba. Si esto se emplea para un material termoplástico, el molde se debe enfriar y, por lo tanto, la mayoría de estos plásticos son más bien formados por inyección. Sin embargo, para un material termoestable, la pieza puede sacarse mientras está caliente.

Moldeo por transferencia: se utiliza únicamente para compuestos termoestables. Se calienta en una cámara de premoldeo un material parcialmente polimerizado a una temperatura lo suficientemente alta para que fluya, pero no para que haya eslabonamiento cruzado. Luego se moldea el

material dentro del mismo molde en la misma máquina, donde se lleva el eslabonamiento cruzado a temperaturas y presiones más altas.

El moldeo por inyección se hace alimentando el polímero en polvo dentro de un barril, fundiéndolo e inyectándolo a un molde. Se parece al moldeo por inyección de los metales.

El proceso de extrusión de diferentes plásticos, como tuberías, varillas y otras formas de sección transversal uniforme, es semejante a la del proceso metálico. Sin embargo, es necesario enfriar la pieza cerca de la T_g para obtener estabilidad dimensional. Ello se hace al pasar la pieza por agua refrigerante o por un chorro de aire. En el caso de la extrusión del caucho, se le combina cuidadosamente para que tome la forma deseada antes de curarlo para que se endurezca.

Para la fabricación de botellas se emplea un proceso semejante al del vidrio. Primero se forma un recipiente y luego se sopla dentro del molde para darle la forma deseada.

1.2.6 Propiedades y aplicaciones del polietileno

1.2.6.1 Generalidades

El etileno, también llamado eteno, es un hidrocarburo perteneciente a la familia de los alquenos. Posee doble enlace entre los carbonos y por este enlace se puede realizar la polimerización. Es un gas incoloro con olor dulce. Los polímeros se clasifican por el contenido de monómeros, densidad, peso molecular y tipo de procesamiento para cada uno de ellos.

1.2.6.2 Temperatura

La temperatura durante el proceso de fundición se desplaza en diferentes zonas de forma ascendente empezando por la zona 1 a 130 °C, con una variante hasta la terminación del mismo a una temperatura de 160 °C en la zona 6 antes de llegar al cabezal de salida. La temperatura tiene que variar, ya que si se deseara extrudir un material a una misma temperatura, se taponaría el acceso y la presión en el producto dificultaría el flujo del material. Por consiguiente, el cabezal trabajará de forma irregular, ya que aquí la temperatura trabaja de forma descendente, en la zona (a) a 140 °C, y en la zona (c), 110 °C.

1.2.6.3 Resistencia

El calor y la luz son una forma de energía que provoca degradación en el material. La resistencia de la luz es medida en degradación a escala: de nivel 1 el más degradable, de nivel 8 el más resistente. Cada uno con doble resistencia al número sucesor en función de tiempo.

La resistencia a la intemperie es influida por varios factores que afectan al material. Por ejemplo la luz visible, los rayos ultravioleta, el calor del ambiente, la humedad y las impurezas del ambiente. Esta escala se mide del nivel 1, el más débil, al nivel 5 el mas resistente.

1.2.6.4 Color

El color no es más que el reflejo y atracción de un destello de luz hacia el estímulo del ojo y el cerebro. Para la creación de colores existe una singular combinación de colores primarios de los cuales se obtienen los secundarios, los

terciarios y una gama de colores existente, como por ejemplo los tridimensionales que se dan a través de un fenómeno llamado metamerismo, que se divide en tres partes:

- 1) La claridad/oscuridad determina si el color es muy claro u oscuro.
- 2) El croma indica la viveza, saturación o pureza del color.
- 3) El Hue que indica la tonalidad del color.

Para lograr los efectos de color en los plásticos, se necesitan los tintes y pigmentos. El pigmento no es tan soluble en los plásticos como lo es el tinte. El colorante es más efectivo cuando hay mas área de superficie en los pigmentos disponibles al colorear el plástico.

1.2.6.5 Aditivos

Los plásticos también sufren reacciones de oxidación en presencia de oxígeno por procesos térmicos a altas temperaturas, como la exposición de la luz solar. La solución a esto es la aplicación de aditivos a las resinas. Estos son conocidos como antioxidantes y mejoran la resistencia a la oxidación térmica. La formación de esta oxidación se puede observar en el color amarillento en el plástico, cambio en su estructura, pérdida de brillo, ruptura o pérdida de transparencia en el plástico. Se puede decir que las más importantes son las pérdidas en sus propiedades, como la flexibilidad y la resistencia al estiramiento y a la fuerza de impacto.

Las resinas de alta densidad son menos sensibles a la oxidación que las de baja densidad, por lo que se necesita niveles más bajos de protección.

Para una película de polietileno que está expuesta a la acción agrícola, se recomienda escoger un aditivo antioxidante lo bastante compatible con la resina de baja densidad, ya que esta compatibilidad es más complicada en comparación con las demás.

1.2.6.6 Productos

La mayor parte de productos plásticos proviene del polietileno. Los productos varían según sus aplicaciones; entre los más comunes podemos mencionar los siguientes productos:

1. Bolsa plástica
2. Laminas
3. Hilos
4. Lonas
5. Lazos
6. Envases
7. Cobertores
8. Aislantes
9. Sacos agroindustriales
10. Juguetes
11. Utensilios de cocina
12. Utensilios agrícolas e industriales

1.2.6.7 Aplicaciones especiales

Por sus propiedades, el polietileno de baja densidad (PEBD) posee diversas aplicaciones especiales, como por ejemplo en el sector de envase: forros, recubrimientos, sacos y tapones de envases químicos; en la

construcción: tubería conduit; en la agricultura: la película de invernadero; y en la industria electrónica y eléctrica: en la fabricación de aislante de cables de corriente y conductores.

La aplicación de polietileno de alta densidad (PEAD) también posee diversas aplicaciones. En el sector de envase se tiene la bolsa para basura, cajas para el transporte de botellas, envases para productos químicos; en la industria está también como aislante en los cables de corriente eléctrica y cuerpos de bobina; en el sector automotriz, se usa en recipientes para aceite y gasolina, tanques para agua, tubos y mangueras; y en los usos múltiples, lo encontramos en botes de basura, platos, redes para pesca, regadíos, etc.

1.3 Máquina extrusora de polietileno

1.3.2 Reseña histórica

En el año de 1878, J. W. Hyatt fabrica lo que es posible considerar como el primer molde a inyección con varias huellas, que posteriormente fue modificado para diversos usos. Esto ya marco la gran influencia hacia el moldeo de plástico. El año posterior en 1879, M. Gray patenta el primer extrusor a tornillo, que consistía en un aparato que bombeaba la resina fundida a través de un molde hasta darle la forma desea. Con este avance, el extrusor es utilizado para diversos fines en la industria manufacturera, como lo demuestra Paul Troester en 1892, que construye un extrusor para tubos y cables que perfecciona la máquina de Gray.

El moldeo por extrusión es el tipo más fácil de moldeo, debido a que un tubo caliente de material plástico es colocado por un agente externo llamado

extrusor y es capturado en un molde enfriado por agua. Una vez que los moldes están cerrados, el aire es inyectado a través del cuello del contenedor. Cuando el material caliente es soplado y toca las paredes del molde, el material se enfría y el contenedor ahora mantiene una forma rígida.

Una parte importante del proceso es el estiramiento de la preforma durante el proceso de moldeo. Este estiramiento ayuda a incrementar la resistencia a impactos del envase y también ayuda a producir un envase de pared delgada.

La decisión en cuanto a qué proceso utilizar se basa en ciertas características deseadas: la apariencia (clara o no), la resistencia a impactos, la resistencia a ciertos químicos y la relación costo/beneficio.

1.3.3 Características

Los extrusores tienen como característica principal la fabricación de sus productos. En estas máquinas el modo de fabricación es el mismo, sólo difiere el proceso de fabricación del producto terminado ya, que en el cabezal es donde se le da la forma deseada al producto y no en la máquina.

Otra característica es que sus dimensiones pueden variar en tanto a extensión, como su altura. Se debe utilizar el extrusor más adecuado a cada proceso, ya que no se utiliza un extrusor que sirve para hacer pajilla, con el fin de producir bolsa negra de almácigo con dimensiones superiores a las bolsas normales.

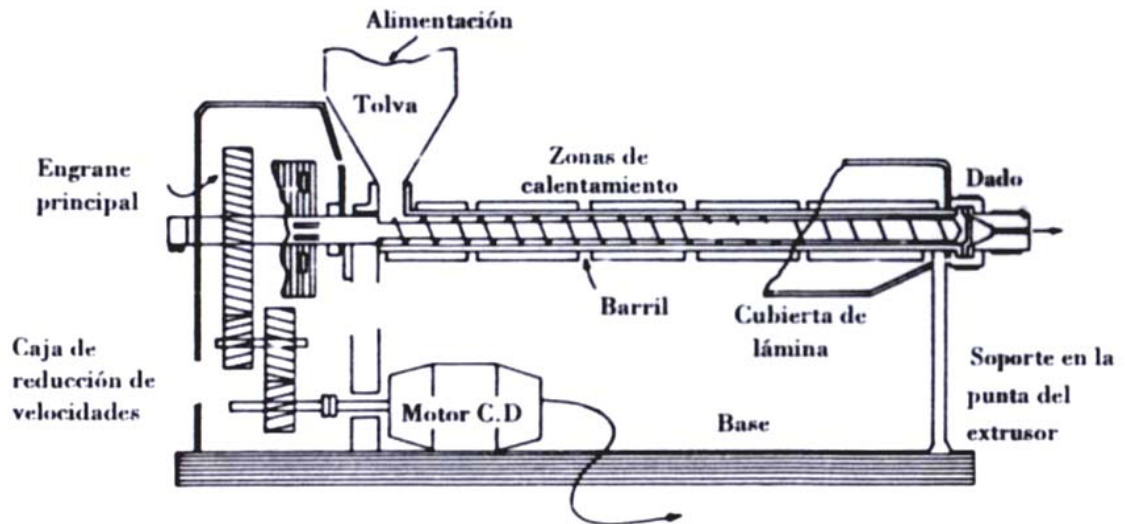
1.3.4 Partes o divisiones de la máquina

Un extrusor de polietileno está compuesto por diversidad de partes. Todas son indispensables, para el buen funcionamiento de la misma.

- a) Cuerpo de la máquina
 - Tolva
 - Cilindro
- b) Horno y sistema de control de temperatura
 - Termocoplas
 - Tornillo
 - Tornillos mezcladores
 - Tornillos tipo barrera
 - Tamices y placa de transición
 - Válvulas de presión
 - Adaptador
 - Bombas de masa fundida
- c) Cabezales
 - Cabezales de coextrusión
- d) Anillos de enfriamiento
 - Enfriamiento de película
 - Anillos externos de aire
 - Sistema de enfriamiento Interno
 - Estabilizadores de la burbuja
- e) Torre de rodillos y jaladores
 - Medición de ancho y espesor
- f) Corona de la superficie

- g) Embobinadores
- Embobinadores a fricción
 - Embobinadores axiales
 - Embobinador de proximidad

Figura 4. Extrusor de polietileno

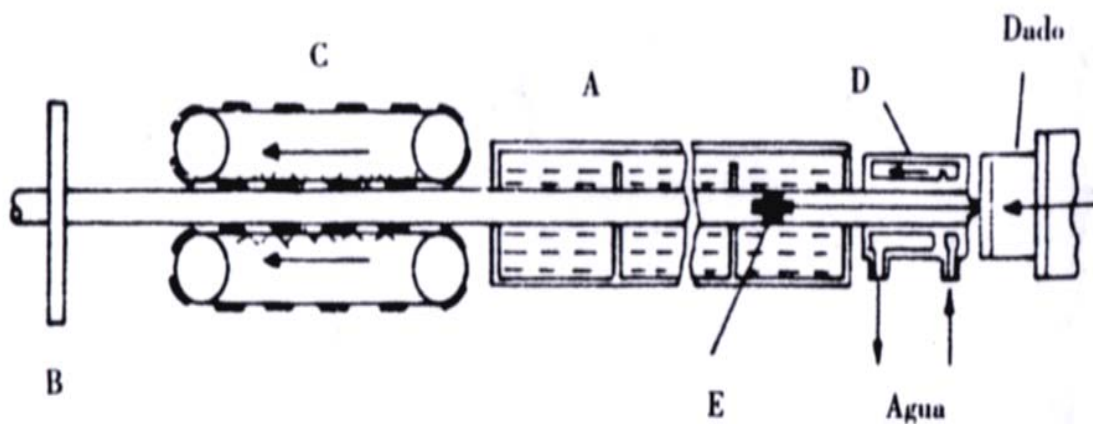


1.3.5 Tipos de máquina extrusora

Normalmente el extrusor sólo cambia en su condición física, o sea en las dimensiones de la misma, mas no en el tipo de proceso. En la elaboración de diversos productos, el proceso de fabricación es el mismo. La diversidad de productos no indica un extrusor diferente para cada uno, ya que la forma del producto dependerá del dado de la máquina, que está instalado al final del horno, donde ocurre la fundición de la resina.

- **Máquina extrusora de tubería:** el extrusor puede realizar la extrusión de tuberías como se muestra en la figura 5. Ésta nos muestra una disposición típica para extrusión de tubería de PVC rígido y un dado típico para este tipo de proceso.

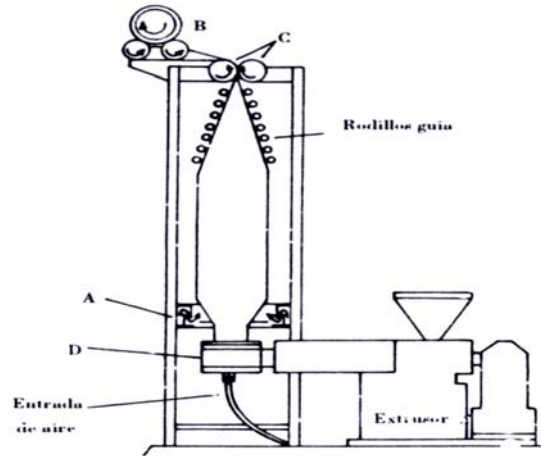
Figura 5. Proceso de obtención de tubería



- A. Tanque de agua de enfriamiento.
- B. Sierra para cortar tramos de tubería.
- C. Caterpillar o equipo de jalado.
- D. Dado formador o "sizing die".
- E. Tapón flotante.

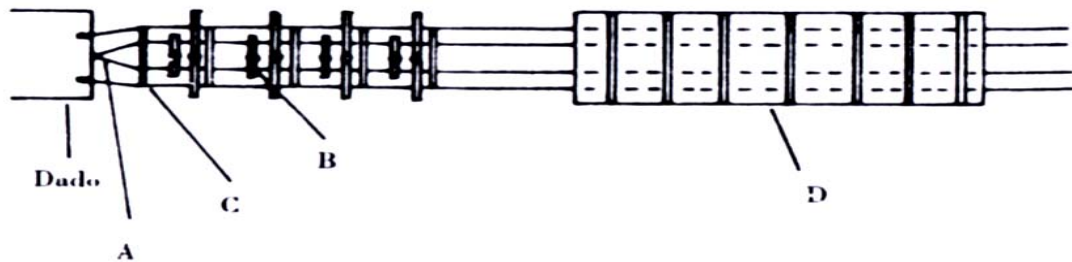
- **Máquina extrusora de película:** ésta realiza la extrusión de película por soplado, como se puede observar en la figura 6. También se puede observar que en este tipo de proceso se utiliza otro tipo de dado.

Figura 6. Máquina extrusora de película



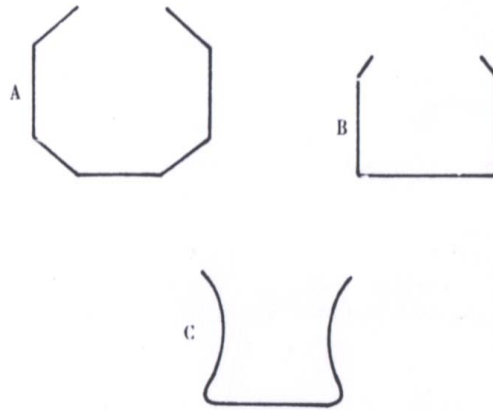
- **Maquina extrusora de perfiles sólidos:** en este caso el proceso es similar al de la fabricación de tubería y como podemos observar en la figura 7 el dado presenta una sección transversal de acuerdo con el perfil que se quiera obtener.

Figura 7. Dado y extrusor para postformado



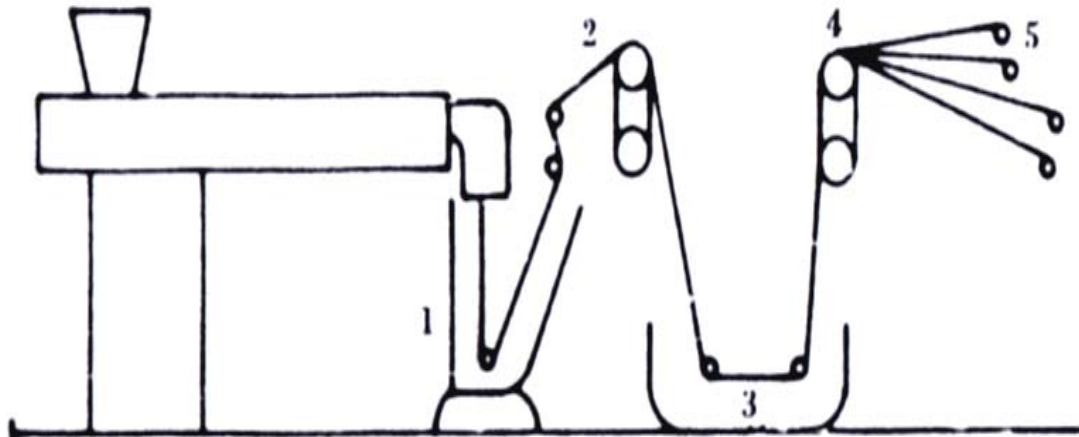
- A) Cuchilla para cortar y abrir el tubo longitudinalmente (abrirlo en canal).
- B) Anillos por donde sale enfriamiento.
- C) Formas o patrones.
- D) Equipo de jalado.

Figura 8. Perfiles que se obtienen del postformado de perfiles sólidos



- **Máquina extrusora de monofilamento:** para la fabricación de este producto se requiere de plásticos como el polietileno, nylon, policloruro de vinilideno (todos cristalinos) y el poliestireno (amorfo). Este tipo de proceso se basa en tres pasos:
 1. Extrusión del filamento hacia un baño de enfriamiento.
 2. Orientación del filamento.
 3. Enfriamiento y solidificación del filamento.

Figura 9. Proceso de monofilamento

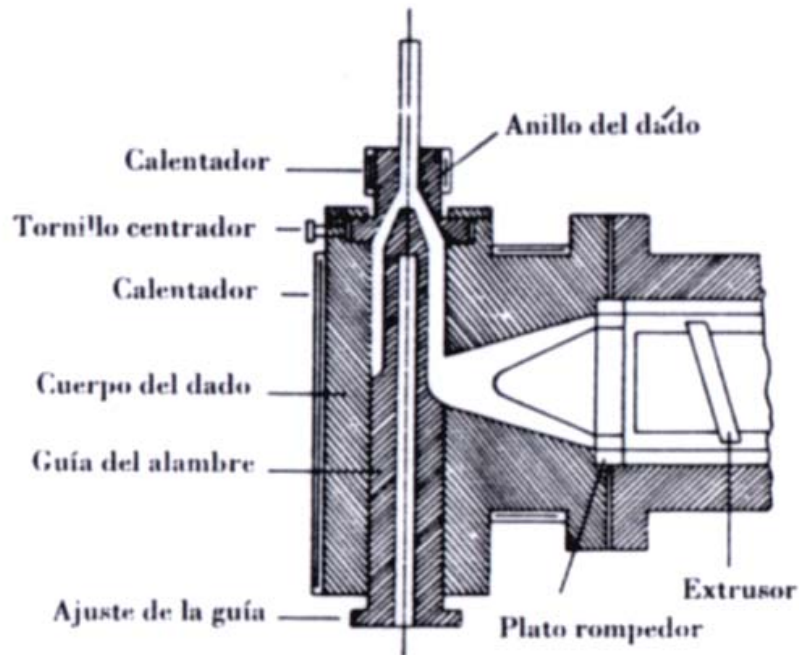


Donde:

1. Baño de enfriamiento.
2. Primer par de rodillos.
3. Baño de calentamiento para hacer posible la orientación.
4. Segundo par de rodillos.
5. Bobinas para enrollado final.

- **Máquina extrusora para recubrimiento de cable y alambre:** el dado utilizado es similar al utilizado para hacer tubería por el hecho de incluir un mandril o un torpedo. Pero en este caso el alambre pasa a través del mandril y se recubre con plástico fundido antes de salir del dado, como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Dado para recubrimiento de cable y alambre



1.3.6 Tipos de mantenimiento

Los mantenimientos que se le realizan a este tipo de maquinaria son los más comunes dentro del ámbito industrial, como se describe a continuación:

- **Mantenimiento de avería:** este se da cuando hay algún paro de producción debido a una avería en el equipo y es necesario repararlo de inmediato. Cuando se presenta la avería o falla, se realiza la planificación de actividades, repuestos, etc., para realizar la reparación.

- **Mantenimiento preventivo:** es el conocimiento sistemático de la máquina y equipo para la planeación y programación de las actividades que eliminarán las averías que provocan paros imprevistos. Con este tipo de mantenimiento se busca minimizar las probabilidades de fallas y paros totales. Este tipo de mantenimiento se da realizando visitas, revisiones, lubricación y limpieza de los componentes o de la máquina total.
- **Mantenimiento correctivo:** este es el tipo de mantenimiento que busca reducir y mejorar los procesos eliminando lo incorrecto en las máquinas o equipos industriales que fueron encontrados con anterioridad en el mantenimiento preventivo. Se basa más que todo en la corrección de averías, cambio en los diseños, reacondicionamiento de la maquinaria, para obtener al final la maximización de la eficiencia y rendimiento de la máquina.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DENTRO DE LA EMPRESA

2.1 Proceso de extrusión de la película de polietileno

2.1.1 Descripción del proceso

El proceso de extrusión de la película de polietileno se da con el inicio de la verificación y limpieza de todo el extrusor. La suciedad provocaría una mala producción o deformación de la película al salir por el cabezal. La limpieza es importante para la producción de película de polietileno. Cuando el extrusor trabaja en periodos largos de trabajo continuo, se pega en las paredes, y en el tornillo se da una capa de polímero oxidado que, al despegarse, saldrá pegado en la película provocando deficiencias en la misma. Por eso debe limpiarse el tornillo y las paredes del cilindro. Deben realizarse en fechas calendario de mantenimiento para no entorpecer la producción. Se continuará con la verificación del cabezal que debe estar a nivel con todos los ejes y la verificación de la torre. Los rodillos deben estar verticalmente alineados con plomada al centro del cabezal y se deben revisar todos los dispositivos de seguridad, tanto de la máquina como de sus alrededores.

En el trabajo de operación, primero se encienden todos los calentadores hasta que alcancen su temperatura de trabajo. Se debe arrancar el extrusor a una velocidad baja y ajustar la válvula de control de flujo hasta que empiece a rotar el tornillo. Inmediatamente empiece a rotar el tornillo, se debe abrir la tolva por cantidades pequeñas de resina. Este proceso se hace en periodos continuos hasta que el tornillo bombée en forma regular la resina o hasta dejar

que la resina fundida salga del cabezal en forma consistente. En este momento se debe ajustar la válvula de retropresión para el incremento del trabajo del tornillo y se debe ajustar la velocidad para la plastificación del proceso. Los cambios de velocidad del tornillo en la temperatura del fluido afectan sobre el pasador del cabezal y modifican la abertura del cabezal, esto se podrá evitar ajustando el cabezal, dando más holgura donde menos se acumula el fluido o disminuyendo la holgura donde más se acumula. Todos los componentes del cabezal deberán de trabajar a la misma temperatura.

La temperatura del cabezal debe de ser tan alta como la temperatura del fluido, ya que esto dará una mejor película. Pero se debe de supervisar que no exceda demasiado la temperatura o el fluido será tan viscoso que se desgarrará la burbuja en la torre. Se debe usar la temperatura más apta en el proceso.

La obtención de la burbuja se dará cuando se habrá el aire que sale desde su interior. Éste se hará de forma gradual ya que si le damos mucho flujo de aire se inflará demasiado y si le damos muy poco no se inflará y al final no tendrá el diámetro deseado. El diámetro de la burbuja es tan importante como lo es el ancho de la película en el embobinado. Aquí también debe abrirse el aire de enfriamiento de la película. Se podría decir que ésta es la parte más importante de la burbuja, ya que aquí se definirá el diámetro, el grosor y el ancho de la película.

Este tubo de película deberá ser llevado hacia los rodillos de la parte superior de la torre, luego a los rodillos danzarines y por ultimo hasta la parte más alta de la torre, los rodillos deben ser graduados, ya que la película todavía se encuentra a una temperatura alta y se pegará en estos si no se gradúa bien. La manga deberá ser llevada a los embobinadores de película en la parte

inferior de la torre. Estos deberán graduarse a una velocidad determinada, para mantener la velocidad de flujo de la manga. Aquí se puede graduar el cabezal y la velocidad de la máquina para poder producir una película de alta calidad.

La repetitividad de inspecciones y el seguimiento de las instrucciones evitarán el problema usual de generar películas de mala calidad que se transforman en pérdidas de producción.

El proceso también incluye el apagado de la máquina al finalizar un proceso, tratando de que el cilindro u horno quede vacío. Se realiza de la siguiente manera: se debe apagar el calentador cercano a la tolva, retirar el extrusor del cabezal, limpiar el cabezal con cuchillas de bronce para retirar todo el desperdicio, aplicar silicona en las salidas para que no se ensucien y por último mantener en enfriamiento el cilindro del extrusor.

Este proceso es un ciclo de operación que si se hace de la mejor manera, evitara los problemas en la producción.

2.2 Tiempo del proceso

Existen dos métodos en los cuales se pueden tomar los tiempos de cada proceso. Uno es el método continuo, que es dejar correr el tiempo de inicio del reloj desde cero hasta el final del proceso. Y el otro es el método de vuelta a cero, que en cada toma de tiempo deberá iniciarse el reloj en cero y al final de la toma deberá regresarse el reloj a cero para una nueva toma de tiempo.

Esta sección detallará los tiempos muertos y las fallas más comunes durante el proceso. Al final se podrá observar el diagrama de flujo de

operaciones donde se detalla el tipo de operación y el tiempo de ejecución para cada uno de ellos, con la diferencia de que el diagrama de recorrido sólo muestra operaciones de proceso, más no transportes y almacenajes.

2.2.1 Método continuo

Este tipo de estudio presenta un registro de todo el periodo completo., Se puede decir que es la razón principal de este estudio. Esta técnica es recomendable ya que resulta del agrado del operario, que puede ver que no ha dejado ningún tiempo fuera de estudio, ya que los retrasos han sido tomados en cuenta.

Esta técnica necesita más trabajo de escritorio para evaluar el estudio, ya que el cronómetro es leído en el punto terminal de cada elemento. Mientras las manecillas del cronómetro continúan moviéndose, es necesario efectuar restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar los tiempos elementales transcurridos. Este método se adapta también para registrar tiempos muy cortos, sin perder tiempo al regresar a cero las manecillas, se pueden obtener valores exactos en elementos sucesivos y de elementos cuando van seguidos de un elemento muy largo. El analista que emplee el método continuo será capaz de observar tres efectos cortos sucesivos, si van seguidos de un elemento largo.

2.2.2 Método vuelta a cero

Los valores son leídos directamente en el método de regreso a cero en cada operación. Luego son sumados para sacar el valor total del proceso. No es del agrado del trabajador ya que se debe de tomar el tiempo con pausas y se

cae en la suposición de una operación más lenta. Algunos analistas prefieren usar ambos métodos, considerando que los elementos más largos se adaptan mejor a este método y los de ciclos cortos se adaptan al método continuo.

Esta técnica de vuelta a cero tiene sus ventajas e inconvenientes en comparación con el método continuo. Dado que los ciclos son leídos directamente en el método, no se aconseja realizar trabajo de escritorio para sacar sumas y restas correspondientes a la toma de valores. Otra simplicidad de este método es el no anotar los retrasos.

Las ventajas de este método es que son más fáciles de tomar tiempos de ciclos largos y es más fácil llevar el control de tiempo en cada proceso.

Las desventajas son que se pierde tiempo en la toma de cada ciclo, ya que hay que regresarlo a cero y no existe un registro completo de un estudio en que se hayan tomado en cuenta los retrasos.

2.3 Tiempos muertos

También conocidos como paros de la máquina durante la producción. Este tipo de tiempo es muy común, ya que ocurren cuando se esta realizando la producción. Sus posibles consecuencias se derivan de factores internos como externos, como la mala atención del operario hacia la máquina o una mala rutina de mantenimiento. Un factor externo podrían ser las fallas naturales que son inevitables y que en muchas ocasiones las tendencias de estos tiempos son demasiados largos.

2.4 Fallas más comunes

Las fallas pueden darse por el sistema o un mal funcionamiento de la máquina. Pueden darse por un mal empleo de la máquina por el operario. Estos problemas agudizan el trabajo y traen como consecuencia una baja en la producción. Estas fallas son muy comunes durante el proceso y en muchos casos son muy repetitivas. Estas fallas se detallan a continuación:

1. Temperatura inadecuada.
2. Materia prima inadecuada.
3. Cambio de dado.
4. Falta de lubricación.
5. Burbujas deformes.
6. Bobinas deformes.

2.5 Pérdidas de producción

El alcance de las pérdidas de producción en forma numérica alcanza un valor bastante significativo ya que hablando en números porcentuales da una clara muestra de que el valor está por arriba de lo que no debería de ocurrir. De aquí se parte para la decisión de la fabricación del manual para la reducción del problema en las operaciones o de su eliminación total.

La eficiencia de la máquina está entre un valor del 90% al 95%, lo que representa un margen de error o pérdida de producción que varía entre el 5% al 10 % de la producción total de la máquina, como se puede observar el número es bastante significativo con respecto a las diferentes fallas que ocurren durante el proceso. Este margen es repartido o atribuido a diferentes problemas, como podrían ser, la materia prima, las temperaturas de derretido,

los procesos, etc. Se debe tener en cuenta que el margen no es equitativo para todos los problemas ya que algunos ocurren con mayor frecuencia.

2.6 Diagrama de flujo de operaciones

El diagrama de flujo de operaciones sirve para representar y analizar el flujo que mantiene cada proceso y presentar el tipo de operación, el tiempo de la misma, los transportes, las inspecciones en el proceso, las demoras y el almacenamiento.

Este diagrama es una herramienta valiosa que permite ver el proceso en forma grafica, de tal manera que se pueden observar sus pasos en forma separada. Los símbolos utilizados son los siguientes:

- a) Operación: su símbolo es un círculo. En estos círculos se identifican o se colocan las operaciones que ocurren durante el proceso.



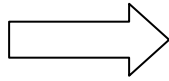
- b) Inspección: su símbolo es un cuadrado. En éste se detalla las inspecciones o controles de calidad que se realizan durante el proceso.



- c) Demoras: su símbolo es una D, en la cual colocamos todos los atrasos o demoras que ocurran durante la producción.



d) Transporte: su símbolo es una flecha. Es todo aquel movimiento que se hace con materia o traslados que ocurran durante el proceso.



e) Almacenamiento: su símbolo es un triángulo. Este representa todo almacenaje que se haga durante el proceso, ya sea materia prima o producto terminado.

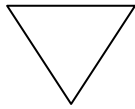
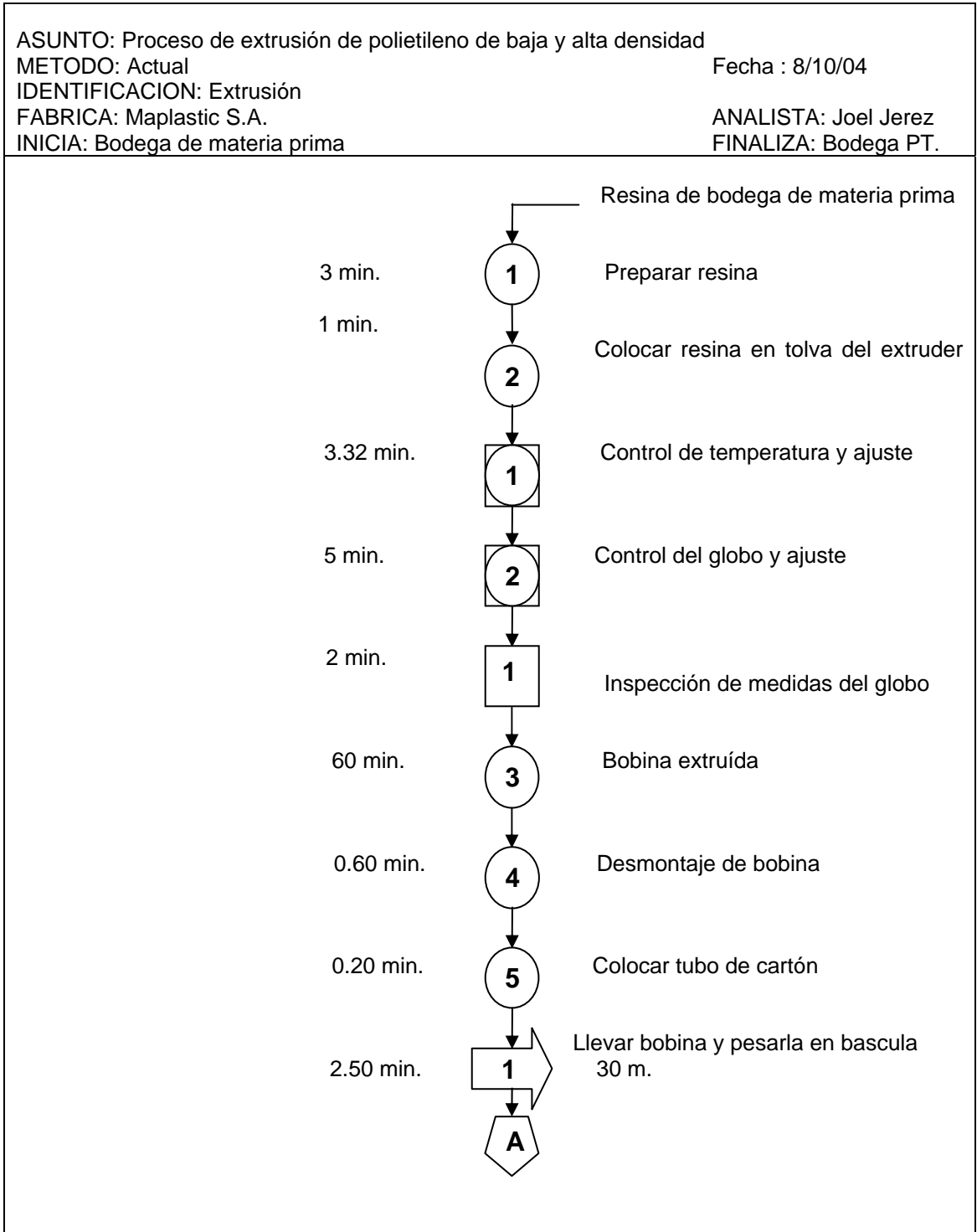
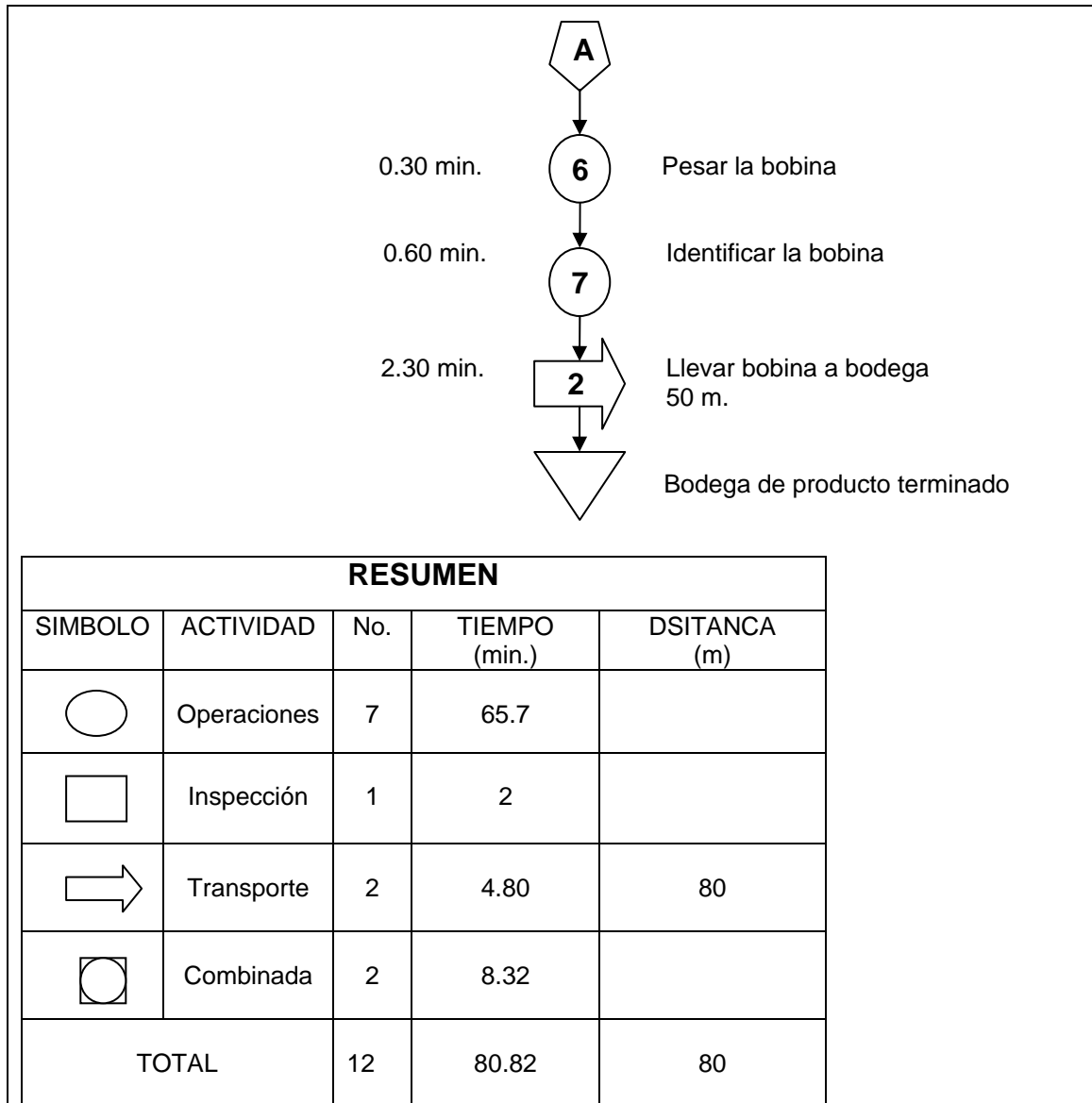


Figura 11. Diagrama de flujo de operaciones



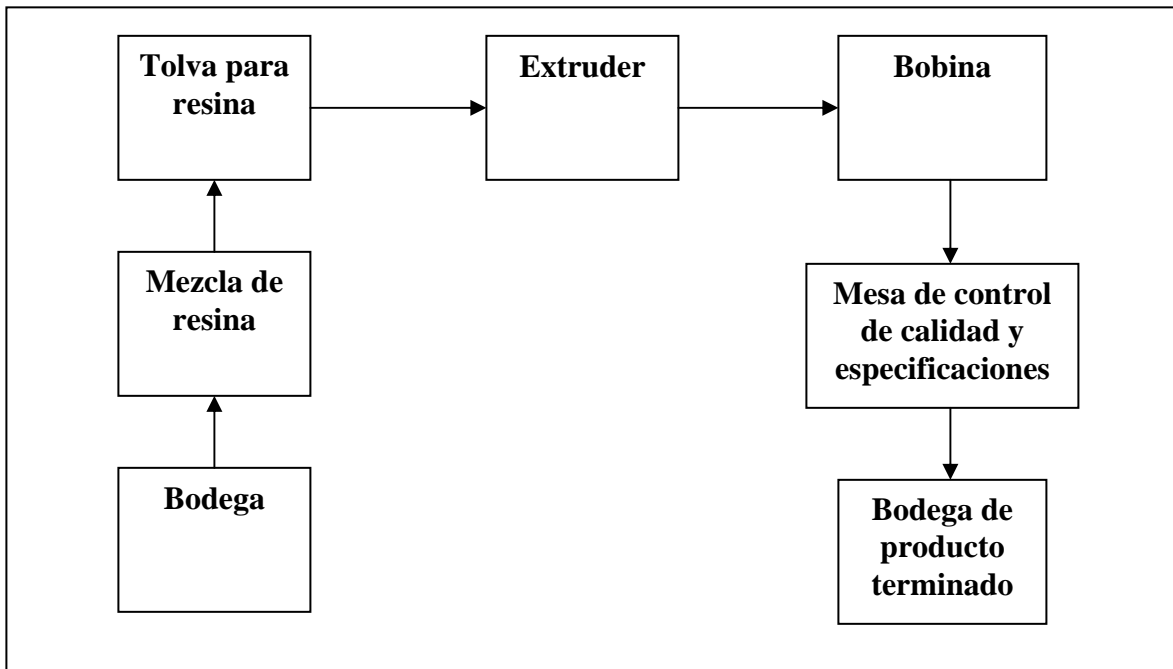


2.7 Diagrama de recorrido

En este diagrama se puede observar el recorrido de la materia prima desde que es trasladada de la bodega de materia prima hacia la máquina, el proceso de plastificación en la misma, su enbobinamiento, su control de calidad

y la colocación de especificaciones, hasta su puesta nuevamente en bodega de producto terminado.

Figura 12. Diagrama de recorrido



2.8 Producción de la máquina

La producción de la máquina varía según el pedido que se extienda al departamento de producción, ya que en dicho departamento se da la fabricación de 5 productos diferentes y en diferentes jornadas de trabajo. La producción estimada queda de esta forma:

Tabla II. Producción de la máquina extrusora

PRODUCTO	DIMENSIONES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Bolsa	24x36x2.5	500 bobinas	Al mes
Bolsa	8x12x3	500 bobinas	Al mes
Pajilla	Ø 3 mm x 12 cm.	43,200 unid.	Al mes
Lapiceras	Ø 1 cm. x 11 cm.	45,000 unid.	Al mes
Minas	Ø 2 mm x 9 cm.	45,000 unid.	Al mes

3. DISEÑO DEL MANUAL DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE EXTRUSIÓN

3.1 Conceptos básicos

El operario de máquinas de extrusión de polietileno debe poseer todo el conocimiento necesario de lo que es un proceso de extrusión y la capacitación necesaria de la operación y manipulación de la máquina, Cuando se trabaja un producto nuevo y no se conoce nada de su proceso es cuando empiezan a ocurrir los problemas durante la producción.

3.1.1 Extrusión

Es la fundición de resinas a través de altas temperaturas y velocidades variables para su plastificación. De esta manera se trata de facilitar el entendimiento de lo que es la extrusión. El operario de la maquina debe tener conocimiento de las diferentes funciones de la máquina extrusora para que se utilice a su máxima capacidad y se procese un producto de alta calidad.

3.1.2 Calor

El calor es una parte muy importante para la fundición del material, ya que el calor provocado por medio de resistencias sirve para fundir el material dentro del cañón de la máquina. Este calor es controlado por pirómetros de temperatura en las diferentes escalas de proceso.

3.1.3 Velocidad

La velocidad es otro factor importante para el proceso, ya que esta, se da en el husillo presionando el material hacia el cabezal, esta velocidad influye también con el calor según la cantidad de material que se desee plastificar.

3.2 Estrategias

Las estrategias por utilizar son de gran importancia. A partir de éstas se logrará el éxito buscado para la solución de problemas. Estas se realizan a través de la investigación del problema. Su formulación, la búsqueda de posibles soluciones y por ultimo la elección de solución deseada.

3.2.1 Investigación del problema

Dado que el propósito es solucionar un problema o mejorar la situación, primero se debe investigar, delimitar y describir claramente cuál es el problema o situación negativa que se pretende atender. Se deben usar todos los métodos posibles para su localización. La ventaja es que aquí se presenta en forma física y se puede analizar qué tipo de problema es y que lo originó, Otra manera en que se puede realizar esta investigación es a través de rutinas de mantenimiento preventivo (visitas periódicas) o inspecciones de control de calidad cuando se está realizando la producción. Esta deberá ser realizada con repetidas inspecciones ya que es aquí donde realmente se puede observar de donde proviene el problema.

3.2.2 Formulación del problema

Una clara y correcta definición del problema que se va a atender es la clave para su solución, esta sección es la parte donde se obtiene el mayor conocimiento cuando se analiza qué lo originó, por que, y donde. Así se logra conseguir al más mínimo detalle. Con esta información se genera una lluvia de ideas de posibles soluciones. Se tomará en cuenta toda la información que se pueda recabar acerca del problema, sin importar su procedencia ya que al final es lo que se está buscando y éste será de gran utilidad para su resolución.

3.2.3 Posibles soluciones

Las posibles soluciones se darán a través de la generación de las ideas. Estas serán proporcionadas por diferentes fuentes ya sea a través de información de personal de mantenimiento o por su propio historial. Pero lo importante es saber que aquí es donde se puede utilizar y dar el mejor uso al manual, ya que éste está provisto de información analizada y clasificada para su solución. En este momento es cuando escogemos la mejor solución al problema. También es importante saber que la solución de estos problemas puede ser realizada por una o varias opciones.

La aplicación de conocimiento es muchas veces la forma más rápida de solución, pero en muchos casos el personal no está capacitado o no posee el mínimo conocimiento sobre los problemas o sus posibles causas.

3.2.4 Solución

La solución es la parte más importante, ya que ésta será la que le dé el buen funcionamiento al equipo, maquinaria o proceso de producción que se encuentre en mal estado o con funcionamiento deficiente. Para llegar a éste se debieron seguir todos los pasos importantes anteriormente descritos, de donde se investigó, se formuló, se analizaron las posibles soluciones y se escogió la mejor.

3.3 Chequeos preventivos

Los chequeos preventivos deberán ser realizarlos tanto por el personal de producción como por los del departamento de mantenimiento. Sencillamente porque al realizarlo en conjunto el trabajo se hará con menos tiempo y de mejor manera. Eso sí, siempre delegando a cada departamento sus propias responsabilidades y para mantener una eficiencia superior en la línea de producción.

3.3.1 Temperatura

La temperatura es un factor determinante durante la plastificación, ya que ésta difiere en distintos puntos del proceso. La temperatura registrada en el cañón del husillo difiere mucho de la temperatura del cabezal. Para entender mejor, se describe en la tabla III de zonas vrs. temperaturas, en las que se divide el cañón; y en la tabla IV zonas vrs. temperaturas del cabezal. Para un polietileno de baja densidad.

Tabla III. Temperatura del cañón

Zona del Cañón	Temperatura dentro del Cañón
Zona 1	130 °C
Zona 2	135 °C
Zona 3	140 °C
Zona 4	150 °C
Zona 5	160 °C
Zona 6	160 °C

Tabla IV. Temperatura del cabezal

Zona del cabezal	Temperatura dentro del Cabezal
Zona 1	140 °C
Zona 2	120 °C
Zona 3	110 °C

El cañón mantiene su temperatura y el material se fundirá como agua, siguiendo el recorrido hacia la salida por el cabezal. Este tendrá que tomar consistencia para poder formar la burbuja. Esto sucederá al bajarle la temperatura justo en el instante de salida rociándole aire frío por medio de ventiladores. Esto provoca mayor resistencia en el material.

3.3.2 Resinas, aditivos y reprocesados

Se debe verificar en cualquier proceso que la resina y los aditivos sean los adecuados y las cantidades sean las correctas para el proceso de producción. Los filtros de alimentación de resina y de carga deberán limpiarse o cambiarse cuando sea necesario o cuando ocurra un cambio de resina.

Cuando se utilicen los reprocesados se debe verificar continuamente la relación de la resina virgen con la resina anterior. El reprocesado debe estar limpio y etiquetado, y en la máquina se deberá verificar cuando exista un cambio de resina para prever de contaminaciones.

3.3.3 Motores

Estos son los componentes eléctricos que generan la fuerza y velocidad, muchas de estas maquinas están equipadas con motores de velocidad variable, por si existieran fluctuaciones en las revoluciones por minuto o en el consumo de potencia, siendo indicados a través del tacómetro de tornillo y del amperímetro de motor, un problema común es cuando se da origen a un oleaje de material que provoca variación en el tamaño de la burbuja, este se deberá corregir inmediatamente, otro puede ser la acumulación de suciedad en los filtros que provoca sobrecalentamiento de los paneles que pueden dañar el equipo.

3.3.4 Controles de calentamiento

Indican o dan información de las zonas de calentamiento, que deben ser revisadas continuamente una a una para verificar si existe sobre-calentamiento o sub-calentamiento. Las resistencias tienen una vida útil y después de cierto tiempo pierden su capacidad de provocar calor. Por ejemplo, una resistencia se toma 10 minutos para alcanzar 10 °C con el transcurrir el tiempo para alcanzar estos 10 °C se tomará 30 minutos más o menos y esto provoca al final pérdidas de producción.

El operador mientras realiza el calentamiento en frío de la resistencia deberá chequear y tomar el tiempo necesario para que la resistencia alcance su temperatura de trabajo, así determinara la eficiencia de calentamiento. También deberá chequear pérdidas de conexiones, instalaciones erróneas o mal distribuidas, mala selección de termo-coplas y densidad de las resistencias.

Durante la operación de un extrusor existen 3 parámetros importantes y que deben ser verificados con mayor continuidad:

- Velocidad del tornillo
- Amperaje del motor principal
- Presión y temperatura de fundición

3.3.5 Sistemas de enfriamiento

Es muy importante que éste sistema funcione correcta y eficientemente, ya que una mala circulación de agua a través de la zona de alimentación dentro del cañón provocará que la resina se funda en esta zona y provoque el oleaje y que el material patine. Esto a su vez significa pérdida parcial o total de la producción.

Cuando el cañón es enfriado por medio de ventiladores, se puede bajar el “valor de ajuste” del controlador de la zona respectiva temporalmente y verificar que el ventilador arranque expulsando aire caliente.

3.3.6 Rotativo, dado y anillo de enfriamiento

Estos componentes se encuentran en la parte superior o donde se encuentra la salida del material después de haber sido fundido. Es muy importante que el dado y el anillo de enfriamiento estén nivelados. El anillo debe estar concéntrico con el orificio del dado. Cualquier suciedad que esté en el anillo de enfriamiento provocará bandas. Debido a la interrupción de flujo de aire, éste deberá limpiarse única y exclusivamente con láminas adecuadas o cuchillas de cobre.

3.3.7 Torre.

Por esta parte subirá y se desplazará la burbuja de plástico. Es muy importante que la burbuja esté simétrica, alrededor de la línea de plomada, al centro de los rodillos de plegado. La persiana de colapso también deberá estar simétrica, lado a lado y alineada a los rodillos de plegado. Si esto no se cumpliera, la película aparecerá con arrugas continuas o intermitentes en los extremos dependiendo del desalineamiento.

Otro factor importante es la distancia que existe entre la persiana y el rodillo de plegado, si es demasiado grande, provocará arrugas de lado a lado de la película debido a que se tiende a reinflar la película.

La torre también deberá estar aislada completamente de corrientes de aire y los rodillos guía alineados perfectamente ya que de lo contrario aparecerán arrugas y corrimientos de la bobina.

La persiana se deberá limpiar periódicamente para mantener lo más bajo posible el coeficiente de fricción.

3.4 Dados y anillos de enfriamiento

3.4.1 Montaje

Al realizar el montaje del dado deberá verificarse que esté centrado con respecto a la plomada del centro del rodillo de plegado, principalmente cuando se realizan cambios de dados con dimensiones diferentes. El dado deberá ser nivelado sólo después de que se haya alcanzado la temperatura de operación y esto debe realizarse mientras la burbuja no se haya levantado aún.

Después de la instalación, es importante la verificación de que no exista suciedad o grasa entre el anillo y la parte superior del dado, ya que provocaría la formación de bandas en la película.

Un mal anclaje realizado durante la instalación del dado provocará temblor en la película.

3.4.2 Ajuste

Los ajustes para los anillos y el dado son muy importantes. Si no existen, se provocarán malformaciones en la película lo que conlleva una mala producción. Los tornillos de ajuste pueden aparecer en el anillo o en los dados, dependiendo del modelo de la máquina.

Ejemplo de dos tipos de dados ajustables:

En la figura 13 aparecen los tornillos de ajuste en el anillo. Por el contrario en la figura 14 aparecen los tornillos de ajuste en el dado.

Figura 13. Tornillos de ajuste en el anillo

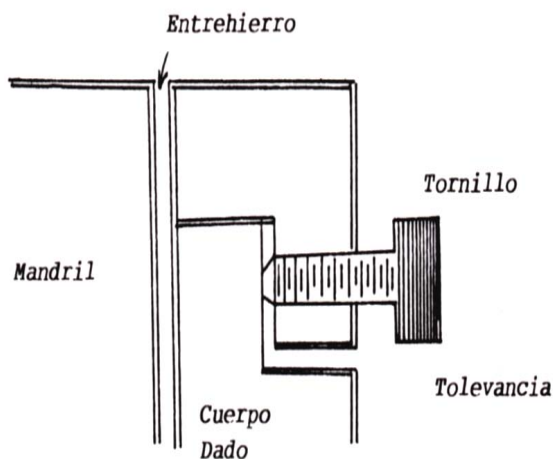
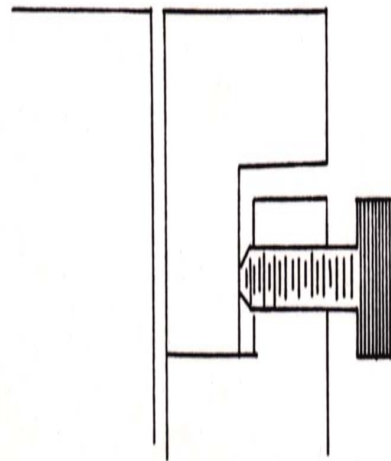


Figura 14. Tornillos de ajuste en el dado



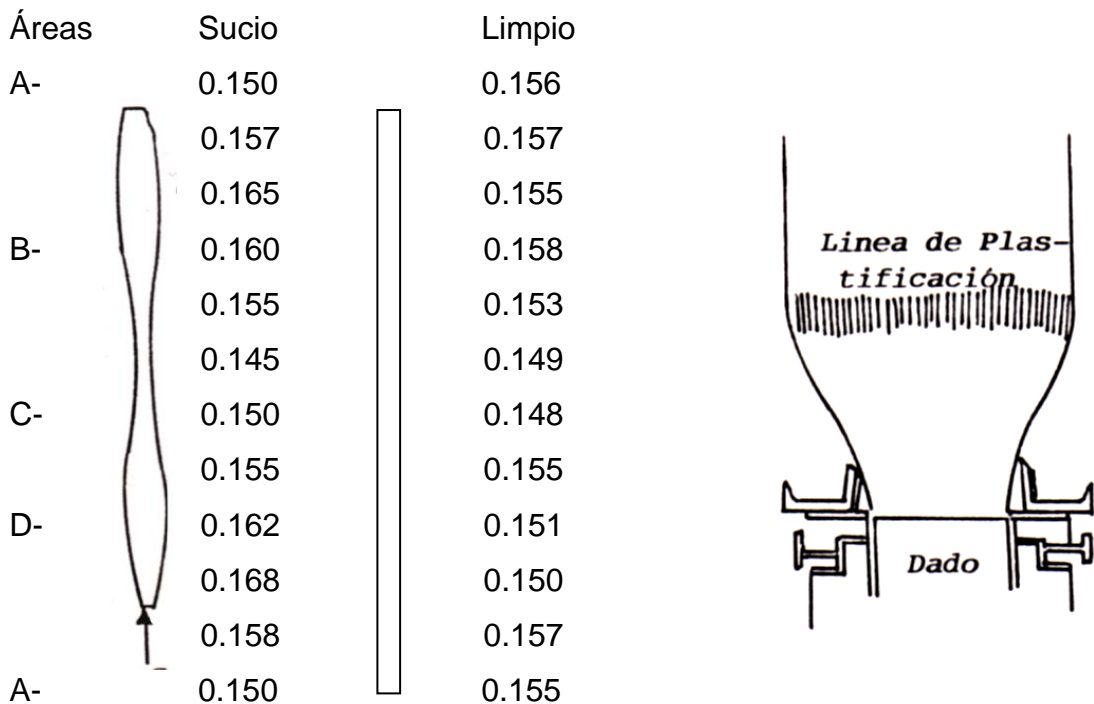
Para la figura 13 cuando se apreta el tornillo, el entrehierro aumenta. Por el caso contrario en el caso de la figura 14 ocurre lo contrario: cuando se apreta el tornillo el entrehierro disminuye.

Como máximo el entrehierro debe ser ajustado hasta 2 milésimas de pulgada, lo que posiblemente signifique, no más de un cuarto de vuelta de los tornillos. Para la realización de este ajuste se llevara a cabo una serie de pasos: el primer paso consiste en centrar el anillo con respecto al mandril usando únicamente calibrador de hojas; de lo contrario, no centrará con las mismas dimensiones; al ojo no se puede centrar correctamente. El siguiente

será el ajuste, que sólo se podrá realizar apretando los tornillos, ya que no existen tornillos para jalar. Cuando se realice esta operación se deben aflojar los tornillos que se encuentran en la parte opuesta un octavo de vuelta, para prevenir que el anillo se mueva de manera fácil o rápida o que rebote súbitamente. No se pueden hacer ajustes demasiado grandes ya que el diseño no está hecho para eso. Cuando se haya terminado el ajuste, no se debe apretar los tornillos restantes.

La importancia de tener limpio el anillo de enfriamiento se hace notar en la figura 15, que refleja el adelgazamiento anormal que sufre la película debido al atascamiento de los distribuidores en dos áreas separadas 180°. Se puede observar también la forma de la burbuja y las deformaciones antes de la línea de plastificación.


Figura 15. Variación del espesor en la burbuja por suciedad en el anillo.

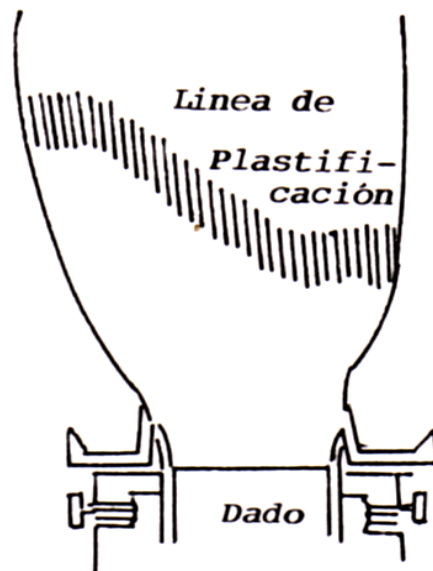


En la figura 16, se puede observar la variación que ocurre en el perfil de la película provocada por un dado o anillo fuera de ajuste. Se muestra la deformación que ocurre en la burbuja debido a un mal ajuste del dado.

Figura 16. Variación del espesor en la burbuja por mal ajuste del dado.

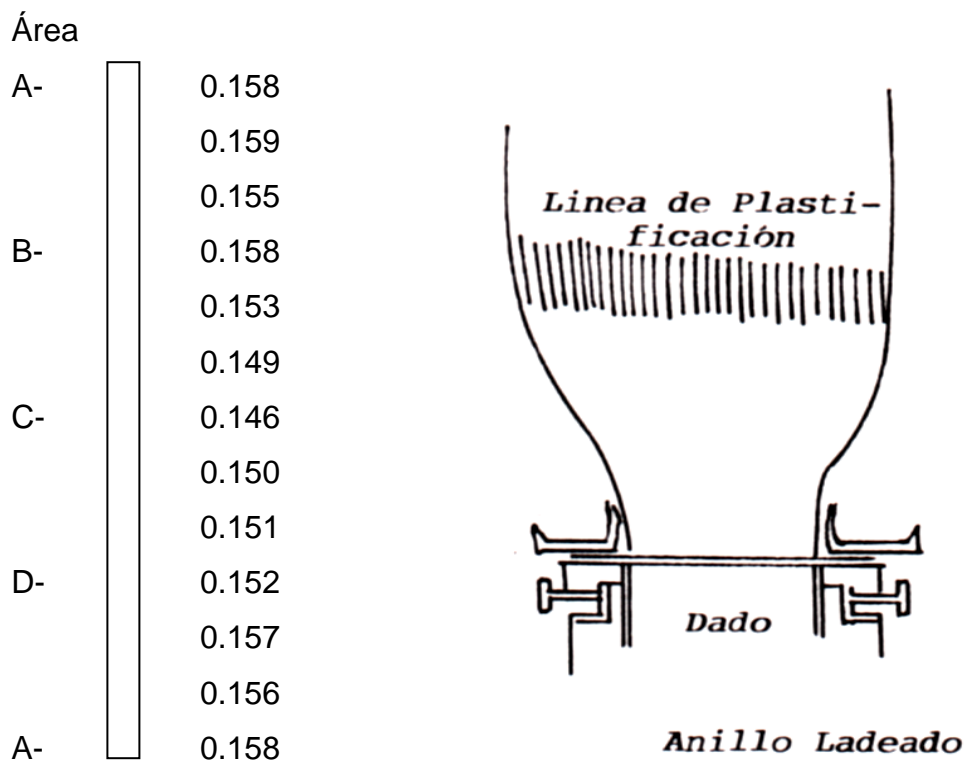
Áreas

A-		0.165
		0.163
B-		0.159
		0.153
		0.150
C-		0.135
		0.130
		0.137
D-		0.147
		0.151
	0.157	
	0.162	
A-	0.165	



En la figura 17, se puede observar la variación de espesor que ocurre cuando el anillo se encuentra ladeado. Esto demuestra que aunque se corrija el dado, no quiere decir que al anillo ya está ajustado. Se deben de ajustar los dos a la vez.

Figura 17. Variación del espesor en la burbuja por mal ajuste del anillo



Por último, se pueden comparar las 3 figuras anteriores para observar que la variación ocurre durante la plastificación en la burbuja y en la forma en que coincide con los altos y bajos del espesor de la fundición.

3.5 Mantenimiento

El mantenimiento está adquiriendo una importancia creciente, en especial con la complejidad y automatización de las instalaciones. En los países en vías de desarrollo su necesidad es vital. Por un lado aparecen los problemas de financiar la adquisición de nuevas máquinas, instalaciones y repuestos; por otro, y como consecuencia de lo anteriormente indicado, la necesidad de alargar la vida útil de las máquinas e instalaciones.

El servicio de mantenimiento tiene como objetivo el mantenimiento en perfecto estado de funcionamiento de todos los elementos productivos de la empresa (máquinas e instalaciones) para lograr su máximo rendimiento con la calidad adecuada y con un mínimo costo.

El servicio de mantenimiento implica la realización, entre otros, de las siguientes actividades:

- Reparar las averías que puedan producirse en máquinas e instalaciones en un mínimo de tiempo.
- Prever las posibles averías con antelación suficiente para que éstas no se produzcan y se eliminen los paros imprevistos.
- Verificar la calidad de fabricación de máquinas e instalaciones para evitar que se deterioren y produzcan rechazos de piezas fabricadas.
- Eliminar las averías y anomalías sistemáticas que producen un aumento en los costos de mantenimiento.
- Realizar una correcta gestión de stocks de repuestos y de materiales de mantenimiento para disminuir los inmovilizados del almacén e impedir al mismo tiempo las roturas de stocks, que pueden originar paros excesivos en máquinas e instalaciones.

- Reacondicionar máquinas e instalaciones para llevarlas a un estado próximo al que tenían nuevas.

3.5.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento tiene como misión conocer sistemáticamente el estado de las máquinas e instalaciones para programar su reparación en los momentos más oportunos y de menor impacto sobre la producción. Se eliminarán anomalías que puedan provocar paros por averías en las máquinas. Para mantener permanentemente en buen estado el equipo de la fábrica, se realizarán las siguientes acciones:

- **Visitas:** es decir, inspecciones para comprobar el estado del equipo, pero sin desmontar ningún órgano o parte del equipo.
- **Revisiones:** éstas son similares a las visitas, con la excepción de que se realizan desmontajes parciales o totales de las máquinas o instalaciones para localizar de una manera más directa los puntos de anomalía y corregirlos.
- **Engrase:** se debe realizar periódicamente a las máquinas o instalaciones. El 70% de las averías pueden ser evitadas mediante una correcta política de engrase.
- **Limpieza** en las máquinas o instalaciones: aunque una parte de la limpieza puede ser realizada por el operario de la máquina, las instrucciones para realizarla correctamente, el control y la limpieza de algunos puntos inaccesibles deberá realizarla el personal de mantenimiento.

Como función, dentro del mantenimiento preventivo, puede asignarse, al servicio de mantenimiento, la vigilancia y cambio de las taladras y aceites de corte (refrigerantes), así como su recuperación.

3.5.2 Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento tiene dos funciones perfectamente diferenciadas. Una es corregir aquellas averías o anomalías sistemáticas que se presenten en máquinas o instalaciones, llegando incluso al cambio de material o de diseño para suprimirlas o, por lo menos, alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo. Otra es el reacondicionamiento de máquinas o instalaciones que por el uso ya se encuentran en condiciones que hacen difícil conseguir una marcha correcta de las mismas o mantener la calidad de fabricación exigida por producción.

3.5.3 Situaciones durante la producción

Muchos pueden ser los factores que reduzcan la capacidad de producción del equipo. Sin embargo, tres son los factores que deben tenerse presentes para alcanzar una alta productividad:

- Mantenimiento satisfactorio
- Mejoramiento en la operación
- Reducción del desperdicio

Una pregunta que nos hacemos siempre es: ¿cuándo será satisfactoria la producción?

La producción es definida como libras por hora de una resina que una máquina puede extrudir por pulgada de circunferencia del entrehierro del dado.

Está claro que la producción instantánea estará en función del ancho de la lámina y del porcentaje necesario de aplanamiento. Si se divide el total de libras (de un determinado producto) dentro de las horas requeridas para su extrusión tendremos un promedio de lbs/hr.

Algo importante es saber que la producción no está gobernada tanto por el dado o la extrusora, sino por las dimensiones, el espesor, la relación de soplado y la habilidad de procesar eficientemente.

Debe hacerse un cuadro de medidas y espesor en función del tiempo para saber el costo de producción real por cada una de ellas.

En lo posible debe producirse con medidas múltiples para optimizar la producción.

Éstos son algunos de los eventos que ocurren en la producción:

a- Reducción de la producción

Varias situaciones pueden provocar una reducción anormal de la producción. Éstas deben ser cuidadosamente identificadas:

- Resinas con exceso de aditivos o mezclas incompatibles. Grasa y suciedad en el tornillo.
- La producción de reprocesado debe mantenerse constante para evitar variaciones en la densidad de volumen y por lo mismo en el espesor.

- Sobrecalentamiento en la zona de alimentación por fallas eléctricas o como consecuencia de un retroceso de calor de la zona de transición debido a un paro súbito.
- Impropio enfriamiento en la zona de alimentación.
- Taponamiento de los filtros que provoca una disminución gradual de la producción que muchas veces se trata de compensar incrementando la velocidad del tornillo o la temperatura. Esta medida provocará detrimento en el espesor e inestabilidad de la burbuja.

b- Incremento de la producción

Si la línea de extrusión está bien diseñada y es mantenida en buenas condiciones, hay algunas mejoras que pueden implementarse:

- Diseño eficiente del tornillo.
- Dados de baja presión.
- Altura adicional de la torre y de la capacidad de trabajo.
- Cesta regulable para mejorar la estabilidad de la burbuja.
- Introducción de aire refrigerado para mejorar la plastificación.
- Operación de la extrusora al máximo de revoluciones posibles, donde los vaciadores de velocidad trabajen mejor.

c- Reducción del desperdicio

Una línea de producción con exceso de desperdicio es más costosa que una línea parada.

Algunas de las causas del desperdicio se deben a errores humanos; resinas no adecuadas o mala interpretación de la orden de producción. Sin embargo, una causa importante es la falta de experiencia y habilidad para

programar la secuencia de órdenes que minimicen los cambios entre tamaños, espesores y resinas.

En esta materia no existen reglas fijas y se requiere estudio. Sin embargo dos causas comunes de desperdicio se pueden eliminar fácilmente:

- Tener un equipo doble para embobinar de forma que se pueda maniobrar sin problemas la bobina terminada y sin daños transportarla al lugar adecuado.
- Educar al operador de forma que entienda que cuando se hace algún ajuste en alguna parte debe esperarse el tiempo necesario para que fluya toda la masa de materia para ver el resultado. No debe hacerse ningún otro ajuste hasta no ver el resultado primero.

3.6 Defectos en las bobinas

Todos los posibles defectos de una bobina deben ser detectados y eliminados durante el proceso de extrusión.

En primer término, lo importante es la apariencia de la bobina. **“Lo que usted ve, es lo que usted tiene”**, éste puede ser el punto de vista del cliente.

Una superficie sucia, orillas dañadas, protuberancias, centros aplastados o con orillas astilladas, etc., pueden convertir el encanto de un buen trabajo, en defectos reales o imaginarios que el cliente es el primero en advertir.

Existen tres problemas principales: el bloqueo, la tendencia a desgarramiento y los problemas durante la impresión.

3.6.1 Bloqueo

El bloqueo se da a causa del exceso de tensión en el embobinado que puede pasarse por alto fácilmente. Además del bloqueo de la película, el exceso de tensión aplasta el centro de la bobina, lo que dificulta el desmonte de la bobina del eje y su reinstalación en otro sitio. Si por el contrario la tensión de la bobina es escasa, la bobina se “telescopia” haciendo casi imposible su conversión.

El bloqueo se debe al enfriamiento insuficiente en las paredes internas, que son pegadas en el momento de pasar a través del rodillo de plegado. En esta situación se deberá reducir la producción o suministrar aire refrigerado. Hay que tener cuidado con la presión de los rodillos de plegado porque si el material pasa a una temperatura lo suficientemente baja para que no se pegue, puede formar otros defectos como el plisado prematuro, que no es otra cosa que un adelgazamiento anormal que hace frágil y quebradiza la película.

Otras causas enteramente diferentes del bloqueo son: usar aditivos de deslizamiento y antibloqueo en cantidades excesivas, el sobretratamiento de la película, etc.

3.6.2 Desgarramiento

Las películas con tendencia al desgarramiento pueden ser producto de: insuficiente enfriamiento, alta línea de plastificación, relación de soplado demasiado baja, ajuste excesivo en los rodillos de plegado, rayones en los dados, piezas con filo en la persiana de colapso, partículas degradadas, suciedad en el labio del cabezal, etc.

3.6.3 Problemas de impresión

La falta de tratamiento es la causa de muchos problemas de impresión, que el cliente es el primero en descubrir.

La mala selección de la potencia de la tratadora es una situación común, principalmente cuando se incrementa la capacidad de producción o se utiliza una resina diferente a la original.

Deben considerarse algunos aspectos importantes para la operación eficiente.

- Poner a tierra de forma apropiada el rodillo de tratado.
- Tratar la película cuando aún se encuentre tibia y no fría.
- Situar las barras de tratado paralelas al rodillo y a una distancia no mayor de 3 mm, y constatar que éstas no descarguen directamente sobre la manga o rodillo aislado, ya que a la larga se tendrá una ruptura del aislamiento del rodillo.
- Verificar constantemente el nivel de tratado. Existen dos métodos para hacerlo:
 - a) El método humado consiste en un kit que se venden con este propósito y cuya mezcla depende del nivel de tratamiento que se desea probar. Este método es el más exacto y tiene la ventaja de que se utiliza una sola vez.
 - b) El del marcador facilita el chequeo en operación. Sin embargo, el marcador se degrada y su exactitud varía con el uso. Es importante saber que cada película, según la resina que le sirva de base, lleva un nivel diferente de tratamiento.

- Usar el nivel más apropiado de aditivos. El exceso de aditivos afecta la plancha de impresión.
- Grasa o silicones en el dado. Éstos se transmiten a la superficie de la película y evita la buena adherencia de la tinta.

3.7 Defectos visibles en las bobinas

Los defectos en las bobinas se pueden dar por situaciones diferentes y se clasifican en:

- a- Originadas por defecto de extrusión
- b- Originadas por defectos de manipulación

Las bobinas con orilla arrugada se pueden deber a un mal enhebrado de la línea antes de alcanzar la estación de embobinado o debido a la variación en el ancho de la película.

Una burbuja inestable o que respira provoca también variación en el ancho y, por ende, orillas escabrosas.

Cuando se efectúan cortes con cuchillas sin filo, no alineadas o perpendiculares a la película se provoca que las orillas se desgarran.

Los defectos de simetría son originados por una variación no uniforme del espesor a lo ancho de la película. Al principio no es visible del todo, sin embargo, una medición de la circunferencia de lado a lado hará saltar a la vista el problema.

Una variación de 0.00002” en el espesor provocará una diferencia de un cuarto de pulgada (1/4 “) de extremo a extremo en una bobina de 18 “. Esto se puede observar en la figura 18.

La bobina con este defecto dará problemas durante la impresión a alta velocidad debido a las ondulaciones ocasionadas en los extremos por la protuberancia.

Un problema parecido, originado por la cinta que se utiliza para pegar la película al centro de la bobina se muestra en la figura 19 y este defecto puede ser ondulatorio o de embobinamiento al centro. Se presenta con mayor frecuencia en el embobinado de lámina. Este también puede ser provocado por corrientes de aire tibio, provenientes de los ventiladores del cañón o del ventilador de soplado. De la misma manera, puede ser la presión desigual en los extremos del rodillo de plegado la que provoca el mismo problema.

FIGURA 18

Bobina convexa

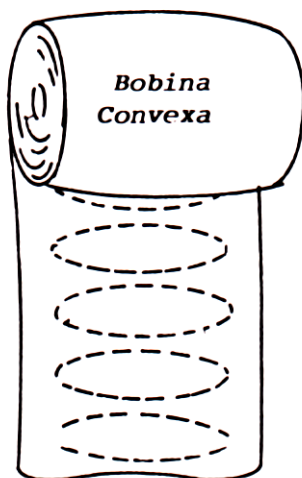
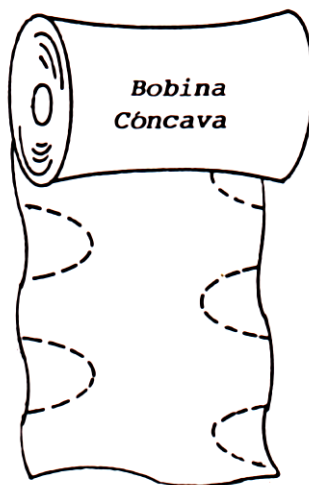


Figura 19

Bobina cóncava



3.8 Variaciones de espesor

Las variaciones de espesor de la película se pueden dar en dos formas diferentes:

- a- En la dirección de la máquina(MD)
- b- Transversalmente (TD)

Las variaciones en el sentido de la máquina se asocian generalmente con la línea de extrusión o con el problema en el estirado de la película. Por ejemplo: bombeo cíclico en la extrusora, pérdida de termo-coplas, mala operación de los termo-reguladores, resistencias de calentamiento quemadas, variación en el suministro de agua de enfriamiento y baja operación de velocidad en el tornillo. Es aconsejable operar el extrusor en la última tercera parte del rango de velocidad. Por otro lado, también estas situaciones ocasionan el mismo efecto: un perfil de temperatura del cañón equivocado, variación en la densidad por volumen de la resina o mezclas usadas y la alimentación intermitente a la tolva.

El efecto que produzca un mal ajuste en la velocidad de la línea no se podrá distinguir del bombeo cíclico del material. El exceso de tensión en el embobinado o en el rodillo de plegado, baja velocidad o problemas en los reguladores electrónicos de velocidad, daños mecánicos en cojinetes, cadenas, etc. provocan el mismo efecto.

La mayoría de extrusoras traen un amperímetro en los reguladores de velocidad y pueden dar una idea inmediata de cuándo hay algún problema mecánico y/o eléctrico. Si se sospecha de la existencia de variaciones en el

espesor en sentido de la máquina, debe detenerse el cabezal rotativo e investigarse la procedencia.

Las variaciones transversales provocan bandas en las bobinas. Este problema crece cuando hay exceso de tensión en la estructura del embobinado. Las bandas son originadas por problemas en el dado, en el anillo de enfriamiento o por corrientes de aire antes de la línea de plastificación.

Las bandas provocadas por corrientes de aire saltarán a la vista inmediatamente en cabezales rotativos. En sistemas estacionarios, no será tan visible, y se definirá más por bloqueo en el anillo de enfriamiento o en la línea de aire, piezas de metal que sirven como deflectores, mal ajuste del dado (excentricidad), mal montaje de los componentes de la máquina después de realizar un mantenimiento. Una de las causas más comunes se debe a la degradación y carbonización del material en el interior del dado lo que inclusive causa rayones o superficies ordinarias en la película. Esta carbonización indica generalmente alta temperatura de fundición. Otros defectos pueden ser un pobre diseño de los pasajes internos del mandril o resistencias de banda quemadas o flojas.

Algo muy importante es saber que la primera función del anillo de enfriamiento es estabilizar y enfriar la burbuja. Por eso debe estar montado con seguridad, paralelo y concéntrico sobre el dado. Cuando se realiza la limpieza de un dado debe hacerse lo mismo con el anillo debido a que el aire siempre lleva impurezas. El bloque del anillo origina bandas de hasta algunos pies de largo en líneas de producción grandes.

Otra cosa muy importante es saber que las bandas provocadas por un pobre mantenimiento no se podrán corregir sólo ajustando el dado.

En la forma de la burbuja podremos encontrar una indicación del espesor de película. Una burbuja simétrica no indica mayores defectos en el espesor. En la línea de plastificación de las películas no pigmentadas se da buena indicación del espesor. Esta línea debe de estar lo más horizontalmente posible.

3.9 Problemas en la burbuja

Una máquina extrusora bien afinada puede producir la mejor película, pero si no se pone atención al ajuste de la persiana, la torre y la estación de embobinado, no servirá ya que al final habrá problemas en la burbuja.

3.9.1 Persiana de colapso

Los rodillos de plegado deberán alinearse con plomada con respecto al cabezal. Si existe desalineamiento, se presentarán problemas en la persiana de colapso. En muchas ocasiones se utilizan piezas para empujar o realinear la burbuja y lo único que hacen es acrecentar o agravar el problema.

Es de suma importancia que el operador entienda y razone que existe una interacción de situaciones cada vez que se realiza algún ajuste y que estas a su vez aparecerán en diferentes lugares. Una ilustración que se puede exponer de este hecho es que cuando se ajusta la persiana para disminuir el roce de la película cuando se abre, pero paralelamente no se inyecta más aire a la película, inmediatamente el ancho variará. Esto deja claro que muchas veces es necesario más de un ajuste.

Un buen alineamiento de la torre, de los rodillos guía, de los rodillos de la tratadora y de la estación de embobinado, ayudará de la mejor manera a desarrollar una mejor calidad de las bobinas. Las barras estabilizadoras de la burbuja deben colocarse siempre concéntricas con el dado y anillo, y deberán estar completamente libres de vibración. De lo contrario se originarán arrugas en la película.

Existen dos problemas adicionales que pudiesen empeorar la situación.

- a- Que la persiana esté demasiado baja en la relación con los rodillos de plegado, provocando que la película se reínele y se produzcan arrugas.
- b- Que la persiana este mal alineada o se encuentre desalineada con respecto al centro del anillo y el dado, y provoque arrugas intermitentes en ambos extremos de la película. A estos defectos se puede sumar la suciedad que se adhiere en las paletas o rodillos boqueados en la cesta, con lo que al final el problema se vuelve más severo.

3.9.2 Manipulación a través de la torre

La tensión debe mantenerse al mínimo sólo lo necesario para hacer descender la película. Un exceso de tensión originará arrugas en el sentido de la máquina. Si se viera la película desde el rodillo de plegado cuando desciende, se debería ver como una banda larga en la cual la tensión varía constantemente.

Cuando se cierran los rodillos de plegado, es posible que cierta cantidad de aire se pase dando lugar a la creación de arrugas que interfieren con la tratadora y no permiten alcanzar el nivel de tratado deseado. Por esta razón, durante la puesta en marcha, la película debe de ser desplazada diagonalmente en varios lugares para purgar el aire atrapado. Si el aire reapareciera constantemente se deberán revisar los rodillos de plegado.

Las arrugas transversales cruzadas pueden provocarse por rodillos galopantes o que no giran libremente.

Lo anteriormente dicho sobre la torre, el tratador, el mantenimiento, etc., es válido tanto para la película de polietileno de alta densidad (PEAD), en sus siglas en inglés (HDPE), como para polietileno de baja densidad (PEBD), en sus siglas en inglés (LDPE).

Recomendaciones para la producción de película de polietileno de alta densidad y alto peso molecular:

- Recomendamos observar siempre la presión de la masa fundida y las condiciones generales al ajustar los parámetros del proceso de fabricación.
- Mantenerse alejado del frente de la máquina tanto durante el arranque inicial de la extrusora como durante todos aquellos trabajos de ajuste que pudieran influir en la presión.
- Se debe tomar en cuenta que en ciertas ocasiones el cambio de un parámetro de fabricación determinado no dará necesariamente el efecto indicado en las listas si no todo lo contrario. Ejemplo, el cambio de la temperatura del agua en la zona de alimentación puede tener efectos

diferentes dependiendo de si la extrusora está provista de una zona de alimentación o no, y del estado general de uso de la máquina.

3.10 Formulario para cálculos de producción

a- Producción

$$\text{Producción (densidad 0.950) lbs/hr} = \frac{\text{Velocidad de línea} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}}{20.3}$$

Dimensionales:

Velocidad de línea = Pies x minuto

Ancho = Pulgadas

Espesor = Milésimas de pulgada

b- Peso

$$\text{Peso-lb. /1000 bolsas (densidad 0.950)} = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}}{14/5}$$

Dimensionales:

Largo = Pulgadas

Ancho = Pulgadas

Espesor = Milésimas de pulgada

c- Relación de soplado

$$\text{Relación de soplado} = \frac{\text{Ancho plegado} \times 0.637}{\text{Diámetro del cabezal}}$$

d- Conversión métrica a americana

$$\text{Metros/minuto a pies/minuto} = \text{metros/minuto} \times 3.28 = \text{pies/minuto}$$

e- Conversión de temperatura

Temperatura en centígrados a Temperatura en Fahrenheit =

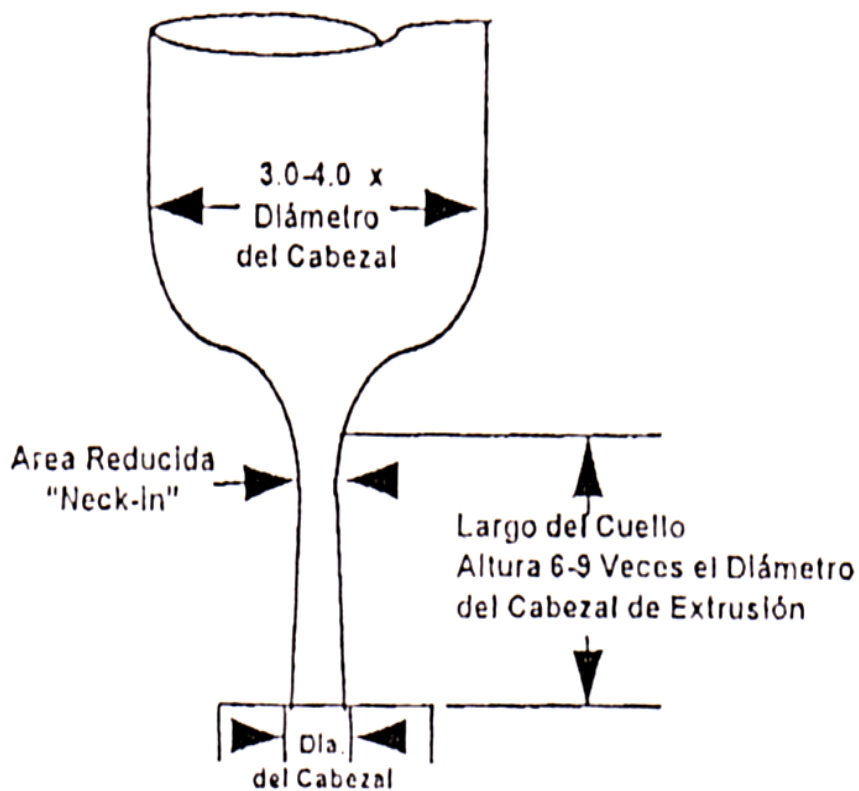
$$F = 1.8 \times C + 32$$

f- Conversión

25 micrones = 1 mil = 0.001 pulg. = 100 galgas.

La configuración óptima de un globo es la esencia para una buena producción de bobina de plástico y un cliente satisfecho.

Figura 20. Configuración óptima para el globo de película de polietileno.



4. IMPLEMENTACION DEL MANUAL PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS O FALLAS MÁS COMUNES

4.1 Procedimiento

4.1.1 Investigar el tipo de problema que está sucintando

La clara y correcta definición del problema ayudará a la pronta resolución del mismo. Si omitimos algo, por muy mínimo que sea, podría de nuevo generar otro problema o aun mayor: el fallo total del proceso o sistema, lo que provocaría pérdida de materia prima, producción y, lo más importante, la ganancia en valor monetario que al final se espera ascienda.

Un ejemplo, por simple que parezca, podría darse cuando se presenta el problema de la variación excesiva en el espesor de la película, ya que éste posee 13 posibles soluciones. Al no tomar en cuenta una de estas soluciones podría provocar otro problema que al final podría desencadenar más problemas. Si no se encuentra una pronta solución, al final puede conllevar al fallo del proceso de producción.

4.1.2 Utilización del manual para su solución

La utilización de los manuales es una clara definición de que los procesos de producción se dan en forma de cadena, y que cada proceso dependerá de uno anterior. Esto indica que una mala selección o una mala ejecución de algún equipo podría desencadenar fallos y posibles paros totales en la producción. Estos manuales siempre están provistos de informaciones

concretas o posibles soluciones en el flujo de operaciones, pero en raras ocasiones vienen provistos de consejos o tips que nos podrían ayudar a prever o anticipar estos problemas.

La utilización de este manual es una forma clara de que se puede reducir el tiempo de ocio en la producción, ya que al ocurrir un problema se define de qué tipo es y de forma rápida se busca y se operan sus posibles soluciones. Algunos tips pueden ser anticipados y se puede garantizar una producción 100% efectiva.

El ejemplo anteriormente descrito nos detalla un problema común en la variación excesiva en el espesor de la película. Con la utilización del manual encontramos una serie detallada de soluciones, de las cuales podemos observar que algunas de éstas pueden ser realizadas antes de encender la máquina, como el ajuste y nivelación de algunos componentes y otros restantes mientras se está realizando el proceso, como podría ser el aumento y reducción de las temperaturas de trabajo.

4.1.3 Creación de un formato de reporte de fallas

La creación de un formato de reporte de fallas podrá contribuir a la creación de antecedentes de los equipos o máquinas, en los cuales se detallará toda la información correspondiente a la máquina y el récord de las fallas, al que se le asignará un código de trabajo. Esta información también podrá ser usada para un récord en el departamento de mantenimiento ya que contará con una casilla de información de reparación que se le haya efectuado a la máquina y otra para notificar materiales utilizados para dicha reparación.

En el lado anverso, este formato contará con el nombre de la máquina, su código, el tipo de proceso que realiza, el sector donde se encuentra, el grupo al que pertenece, tipo de equipo que lo identifica, fecha de ingreso de operación y código de problema. Ejemplo: P13, característica del problema y las soluciones efectuadas.

Tabla V. Lado Anverso.

FORMATO DE REPORTE DE FALLAS

Nombre: Extrusor No 11		Código de máquina 0101102005	
Tipo de proceso: extrusión de bolsa			
Sector: 1 (cuarto de máquinas)			
Grupo al que pertenece: equipo de producción			
Fallas comunes durante la situación			
Fecha	Código	Característica	Soluciones
11/08/04	P13	Variación excesiva en	Ajustar los rodillos
		el espesor de película	Limpiar el dado
			Centrar los estabilizadores
			Ajustar los colapsadotes

El lado reverso contará con el récord de las intervenciones en el equipo, o sea que es una recopilación de todas las labores de reparación efectuadas a la misma inmediatamente después del levantamiento del reporte de fallas. Éste contará con la fecha, el número de orden (lleva el número de reparación y el mes en que se efectuó), la descripción del trabajo realizado, mano de obra realizada (el nombre del operario o el de mantenimiento) y los materiales o repuestos utilizados.

Tabla VI. Lado reverso.

Fecha	Orden No.	Descripción	Mano de obra	Materiales
11/08/04	45-08	Ajustes y limpieza	Juan López	-----

4.2 Serie descriptiva de Problemas

A continuación se detalla una serie de problemas, que suelen ser los más comunes durante la extrusión de la película de polietileno. Se le asigna un código a cada uno.

Tabla VII. Códigos de problemas

Código	Problema
P 1	Rasgado de la película de polietileno en la dirección de la máquina.
P 2	Rasgado en la dirección transversal.
P 3	Inestabilidad vertical de la burbuja.
P 4	Inestabilidad lateral de la burbuja.
P 5	Burbujas deformes.
P 6	Bloqueo de la película.
P 7	Bandas y estrías en la película.
P 8	Fractura del derretido.
P 9	Película no homogénea.
P10	Arrugas.
P11	Arrugas en la dirección de la maquina.
P12	Rotura de la burbuja.

P13	Variación excesiva en el espesor de la película.
P14	Bobina asimétrica.
P15	Bandas duras en la bobina.
P16	Bordes no uniformes en la bobina.
P17	Excesiva presión en el barril.
P18	Excesiva temperatura en el derretido.
P19	Fluctuación de amperaje.
P20	Variación de amperaje y presión.
P21	Depósitos en los labios del dado.
P22	Dispersión deficiente del pigmento.
P23	Baja producción.
P24	Geles en la burbuja.
P25	Baja resistencia al impacto por dardo.

4.2.1 Aplicación del manual

La aplicación del manual, como se puede observar, se hace con la utilización de los códigos de problema. Con el detalle de todas las posibles soluciones que se le pueden dar al problema, se busca en la tabla los diferentes síntomas que estén ocurriendo y se realizan todas las indicaciones o soluciones, ya que utilizar sólo una no garantiza su solución.

Tabla VIII. Códigos con sus respectivas soluciones

Código	Soluciones al problema
P1	1. Reducir la luz del dado.
	2. Reducir la temperatura del derretido.
	3. Aumentar la velocidad del aire de enfriamiento.
	4. Aumentar la relación de soplado.
	5. Aumentar la altura del cuello.
P2	1. Reducir la altura del cuello.
	2. Reducir la velocidad del aire de enfriamiento.
	3. Aumentar la temperatura del derretido.
	4. Aumentar la luz del dado.
P3	1. Reducir la producción.
	2. Aumentar la relación de soplado.
	3. Reducir la velocidad del aire de enfriamiento.
P4	1. Reducir la velocidad del aire de enfriamiento.
	2. Reducir la altura del cuello.
	3. Reducir la temperatura del derretido.
	4. Utilizar una resina de peso molecular superior.
P5	1. Aumentar la altura del cuello.
	2. Reducir la temperatura del derretido.
	3. Aplicar la distancia entre los estabilizadores.
	4. Aumentar la producción (velocidad del tornillo).
	5. Aumentar la velocidad del aire de enfriamiento.
	6. Reducir la luz del dado.
	7. Aumentar la relación de soplado.
P6	1. Aumentar la altura a la cual se colapsa la burbuja.

	2. Reducir la temperatura del derretido.
	3. Aumentar la velocidad del aire de enfriado.
P7	1. Aumentar la temperatura
	2. Chequear problemas de dist. de flujos en el dado.
	3. Limpiar el dado.
	4. Chequear si el dado está dañado.
	5. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
P8	1. Aumentar la temperatura en los labios del dado.
	2. Aumentar la luz del dado.
	3. Aumentar la temperatura del derretido.
	4. Limpiar el dado.
	5. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
P9	1. Ajustar la temperatura del derretido.
	2. Aumentar la temperatura en los labios del dado.
	3. Aumentar la temperatura del dado.
	4. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
P10	1. Aumentar la altura de colapso de la burbuja.
	2. Aumentar la temperatura del derretido.
	3. Reducir el ancho del colapsador.
	4. Aplicar la distancia entre los estabilizadores.
P11	1. Reducir la altura del colapso.
	2. Aumentar el ancho del colapsador.
	3. Aumentar la temperatura del derretido.
	4. Ampliar la distancia entre los estabilizadores.
P12	1. Los filtros pueden estar muy ajustados o sucios. Usar 40/60/40.
	2. Reducir la temperatura del derretido.

	3. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
	4. Limpiar el dado.
P13	1. Reducir la temperatura del derretido.
	2. Aumentar la temperatura del dado.
	3. Limpiar el anillo de enfriamiento.
	4. Reducir o eliminar las corrientes de aire.
	5. Ajustar los colapsadores.
	6. Aumentar la distancia entre los estabilizadores.
	7. Centrar los estabilizadores.
	8. Nivelar el dado y/o el anillo de enfriamiento.
	9. Ajustar los rodillos.
	10. Limpiar el dado.
	11. Chequear problemas de dist. de flujos en el dado.
	12. Chequear si el dado está dañado.
	13. Chequear el alimentador de toda la línea.
P14	1. Nivelar el dado y/o el anillo de enfriamiento.
	2. Reducir o limpiar las corrientes de aire.
	3. Centrar los colapsadores.
	4. Ajustar los rodillos colapsadores paralelos con el dado.
	5. Centrar el alineamiento de toda la línea.
P15	1. Aumentar la temperatura del dado.
	2. Limpiar el anillo de enfriamiento.
	3. Reducir la temperatura del derretido.
	4. Centrar los colapsadores
	5. Aumentar la distancia entre los estabilizadores.
	6. Centrar los estabilizadores.

	7. Limpiar el dado.
	8. Chequear si el dado está dañado.
	9. Chequear si hay un problema de distribución de flujo en el dado.
	10. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
P16	1. Reducir la temperatura del derretido.
	2. Reducir la altura del cuello.
	3. Reducir la velocidad del aire de enfriamiento.
	4. Reducir o eliminar las corrientes de aire.
	5. Aumentar la distancia entre los estabilizadores.
	6. Reducir la producción (la velocidad del tornillo).
	7. Utilizar resinas de peso molecular superior.
P17	1. Los filtros pueden estar muy ajustados y sucios Usar 40/60/40.
	2. Aumentar la temperatura del dado.
	3. Reducir la producción (la velocidad del tornillo)
	4. Limpiar el dado.
P18	1. Los filtros pueden estar muy ajustados y sucios Usar 40/60/40.
	2. Aumentar la temperatura del agua en la sección de alimentación.
	3. Aumentar la velocidad del aire de enfriamiento.
	4. Reducir la producción (la velocidad del tornillo).
P19	1. Reducir la temperatura del agua en la sección de alimentación.
	2. Chequear las poleas.
	3. Reducir la temperatura del derretido.

P20	1. Reducir la temperatura del derretido.
	2. Reducir la temperatura de los labios del dado.
	3. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
	4. Chequear las poleas.
P21	1. Reducir la temperatura del derretido.
	2. Reducir la temperatura de los labios del dado.
	3. Chequear compatibilidad de concentrado/resina.
P22	1. Chequear compatibilidad de concentrado/resina.
	2. Reducir la temperatura del derretido.
	3. Aumentar la temperatura del dado.
	4. Limpiar el dado.
	5. Chequear si el dado está dañado.
P23	1. Ajustar la temperatura de derretido.
	2. Ajustar la temperatura del agua en la sección de alimentación.
P24	1. Chequear si hay un problema de distribución de flujo del dado.
	2. Limpiar el dado.
	3. Chequear bandas eléctricas de calentamiento.
	4. Chequear si el dado está dañado.
	5. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
	6. Los filtros pueden estar muy ajustados o muy sucios. Usar 40/60/40.
P25	1. Reducir la temperatura del derretido.
	2. Aumentar la altura del cuello.
	3. Aumentar la relación del aire.
	4. Aumentar la velocidad del aire de enfriamiento.

	5. Limpiar el dado.
	6. Aumentar la producción (la velocidad del tornillo).
	7. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.
	8. Chequear si el dado está dañado.
	9. Usar una resina de peso molecular superior.
	10. Chequear compatibilidad del concentrado/resina.

4.3 Costos de implementación

El costo es conocido como gasto, y los costos por implementación implican la generación de gastos dentro de la empresa. Esto suele ser uno de los problemas en la industria: no querer recurrir a gastos para mejoramiento de los sistemas ya instalados. Estar a la vanguardia dentro de la industria manufacturera no quiere decir poseer lo último en maquinaria o lo último en procesos de fabricación en la industria, sino optimizar los recursos y estandarizar de la mejor manera los procesos de fabricación que actualmente se poseen.

En muchas ocasiones la implementación de nuevos procesos o nuevas ideas representa gastos en la empresa, pero visto desde otro punto de vista se puede decir que son inversiones a largo plazo, que con el tiempo reducirán los gastos de mantenimiento y minimizarán las pérdidas de producción. Visto desde el punto financiero, suele ser algo positivo y valioso para las empresas.

4.3.1 Requerimiento de equipo

Para la realización e implementación del manual se requiere tener a disposición el equipo (extrusor de polietileno) adecuado para poder lograr su realización. Además, se debe contar con el conocimiento de los procesos de fabricación o extrusión de la película de polietileno, ya que si se observa bien la mayor parte de este manual será sobre la realización de los procesos del producto. Para la realización textual del manual también se requieren varios procesos, los cuales son realizados por una imprenta, desde el levantamiento de texto hasta su impresión. Su costo dependerá al final del tipo de impresión que se desea realizar, la cantidad de páginas con que contará y la cantidad de manuales que se van a imprimir.

4.3.2 Estimación de costos

Los costos para la realización de este manual deberán ser efectuados a través de cotizaciones que se harán en diferentes empresas que se dedican a la impresión de este tipo de documentos. Se deberá hacer un listado de lo que se necesita para luego cotizar. No se trata de buscar el más barato, si no que se trata de buscar una empresa que cuente con liquidez y pueda garantizar su fabricación.

a. Costos de fabricación del manual:

1. Impresión de 10 manuales de 100 hojas.
 - Impresión a color.
 - Impresión en blanco y negro.

2. Empastado de 10 manuales.
3. Impresión del formato de reporte de fallas.
4. Impresión del formato del reporte del desempeño.

Tabla IX. Cotización del Costo de fabricación del Manual

Descripción	Valor
Impresión de 10 manuales de 100 hojas c/u, 0.50 cts. c/hoja	Q. 500.00
Empastado de 10 manuales, Q. 10.00 c/u.	Q. 100.00
Impresión del formato de fallas, 10 block de 100 hojas c/u	Q. 500.00
Impresión del formato del reporte del desempeño 10 B. 100 h c/u	Q. 500.00
TOTAL	Q. 1,600.00

Nota: las cotizaciones se realizaron en distintas empresas. Su nombre no es significativo ya que los precios varían según la fecha de pedido. Al final se selecciono la más adecuada, se tomó la muestra para 10 personas, o sea que el total dividido 10 da el total unitario de Q. 160.00. Si se analiza es bastante bajo para una empresa que genera ganancias bastante superiores. Esto demuestra una vez más que la implementación de una mejora y la capacitación del personal será una inversión y no un gasto, como se hace notar en muchos casos, y a su vez será de gran ayuda, como avance de la empresa a nivel industrial.

También tomaremos en cuenta otros costos que son de mucha importancia para el buen desempeño del operario, como los costos por equipo nuevo para seguridad del personal.

b. Costo de equipo de seguridad

1. Gafas protectoras
2. Guantes de cuero
3. Tapones para oído
4. Botas punta de acero
5. Overoles completos

Tabla X. Cotización del costo de equipo de seguridad

Descripción	Valor
Gafas protectoras	Q. 30.00
Guantes de cuero	Q. 40.00
Tapones para oído	Q. 10.00
Botas punta de acero	Q. 300.00
Overoles completos	Q. 250.00
TOTAL	Q. 630.00

Nota: las cotizaciones se realizaron en distintas tiendas dedicadas a la venta del equipo y se seleccionó la más adecuada. El total de la cotización corresponde a un operario,

El costo total para que cada operario tenga su manual y su equipo de seguridad correspondería a la cantidad de Q.490.00 por c/u.

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Aplicación del manual como rutina de mantenimiento

5.1.1 Retroalimentación

La constante utilización, verificación y evaluación de los nuevos sistemas ayuda a su buena realización. La retroalimentación es una parte muy importante ya que se deberá verificar constantemente la utilización del manual para mejorar los procesos de producción. También se deberá evaluar su utilización, ya que cuando ocurra un problema y sea resuelto, habrá que preguntarle al operario cómo lo solucionó. Si la respuesta es que utilizó el manual para la solución del problema, se podrá comprobar que dio resultado la implementación del manual. La retroalimentación también se podrá hacer a través de chequeos y reuniones con los operarios, exponiendo los factores positivos y negativos del funcionamiento del manual y anotando sus posibles mejoras. Otra manera podría ser a través de la utilización estadística, comparando numéricamente los problemas antes de utilizar el manual y luego de utilizarlo. Si el resultado es la reducción de los problemas es que sí ha funcionado positivamente el manual.

5.1.2 Formato del reporte del desempeño

Formato es darle forma a algo o la forma en que se tiene que hacer algo. Desempeño es el proceso que ha tenido el operario durante la realización de un trabajo. En arquitectura, formato es un cuadro que tiene dimensiones X & Y (cm). Este cuadro es donde se colocan datos como nombre, carné, curso, fecha y la especificación de algo que se quiere demostrar, que en su caso es un plano

de diversas dimensiones. En un formato del reporte del desempeño se debe colocar toda la información necesaria, tanto especificaciones del equipo como las observaciones que se harán al mismo. Un ejemplo puede ser el aumento o cambio de producción. Se anotará dentro de las observaciones, qué reacción tuvo el equipo a este cambio. Si ocurriesen fallas o problemas mayores se deberán anotar, y especificar qué tipo de mantenimiento se le proporcionó. Toda la información que fuese posible debe anotarse, por que al final esto servirá para crear un historial de información y funcionamiento del equipo que se está utilizando.

En la tabla XI, Se puede observar un croquis del formato del reporte del desempeño que deseamos utilizar.

Tabla XI. Formato del reporte del desempeño

REPORTE DEL DESEMPEÑO	
Nombre: extrusor No. 5	Código de máquina 0101102005
Tipo de proceso: extrusor de bolsa	Fecha:
Operario: Johnny SE	
Tiempo que se utilizo: 8 horas	
Qué se fabricó: bolsa para basura	
Cantidad de producción: 10 bobinas	
Observaciones: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	
_____ Firma del operario	

5.2 Sesiones periódicas con el personal

5.2.1 Capacitaciones

Capacitar es adiestrar y enseñar. La capacitación de personal es algo importante, ya que el buen desempeño de un operario consiste en que sepa lo que está haciendo. Si se coloca un personal con conocimiento bajo podría provocar la descomposición parcial o total del equipo. La capacitación debe ser tanto para los encargados de mantenimiento como para los operarios. Se les debe enseñar cómo deben solucionar los problemas a través del manual. Estas capacitaciones se pueden realizar en fechas programadas en que no afecten la producción o en algunas ocasiones cuando se realiza la producción. Estas pueden determinarse a través de ejemplos, gráficas, resúmenes, etc. Lo importante es hacer que la persona entienda cómo puede implementar o dar uso al manual.

5.2.2 Planeación

La planeación es el seguimiento de una serie enumerada de indicaciones, como procedimientos para llegar a un fin. La planificación lleva a la reducción de tiempo en la ejecución de un trabajo. Si se sigue en orden se logra el objetivo. Una forma de dar a entender esta planeación es a través de este ejemplo:

1. Se deberá utilizar el manual para cualquier duda o solución.
2. Se pondrá en práctica la retroalimentación: ejemplo, los días sábados de 12:00 a 13:00 horas se pueden llevar a cabo sesiones con los operarios

para explicar cómo se aplica el manual y cuándo por medio de comentarios o mejoras para el mismo, los días miércoles de 17:00 a 18:00 horas se planificarán reuniones con los supervisores para ver la situación.

3. Todos los días se realizarán visitas por las instalaciones, se observará y se dialogará con el operario para solucionar dudas y ver resultados.
4. Todos los sábados el personal de producción deberá entregar sus reportes a las 12:00 horas.
5. Se verificará uno a uno cada reporte para su posible análisis y la evaluación de resultados.

Al final de éste, se comprobará qué tan eficiente es la planificación y qué resultado está dando.

5.2.2.1 Aplicación del PHVA

El PHVA es planificar, hacer, verificar y actuar la aplicación de este modelo. Es muy importante ya que ayuda de una manera simple y precisa a la solución de problemas y los anticipa.

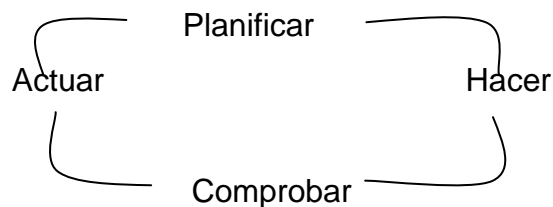
P es planificar, como anteriormente explicamos.

H es hacer: es realizar lo que está en el plan; solucionar los problemas que resulten durante la producción.

V es verificar: ésta deberá ser realizada después de efectuar las reparaciones para tomar nota y crear el reporte del desempeño.

A es actuar: es la parte donde se observa si el sistema funciona para que se quede permanentemente. Si no funciona, se vuelve a planificar.

Figura 21. Proceso de mejora continua



Esto es mejora continua, siempre está dando vueltas el proceso.

5.3 Documentación

5.3.1 Control de documentación

El control de documentación es algo importante, ya que cuando se necesite saber algo, se tendrá a la mano esta información, o cuando se desee hacer una comparación del antes con el después, éste estará por escrito o plasmado para su verificación. Éste tipo de documentación será toda la información necesaria que se recabe con respecto a la maquinaria, sus reparaciones o el proceso de producción. Un ejemplo de control de documentación pueden ser los reportes del desempeño por escrito o un paquete de archivo en una computadora, en un diskette o, por último en un CD. La razón es que si al verificar algún proceso se encontró que se le puede incorporar una nueva información o un nuevo procedimiento, se anota y se archiva para luego analizarlo y ver si se puede echar a andar.

5.3.2 Correcciones

Las correcciones son algo importante para el buen desempeño de las cosas. En algunas ocasiones se suelen dar correcciones a los procesos, a los sistemas o a las rutinas de trabajo a todo lo que lleve un proceso. Al darse estas situaciones quiere decir que se está mejorando, no se debe pensar siempre que porque se corrige se está equivocado. También cabe mencionar que la utilización de este manual mejorará procesos, no corregirá sistemas para procesos, ya que en muchos casos se utilizan para fines diferentes.

CONCLUSIONES

1. La utilización del manual como un programa de soluciones a los problemas de extrusión ayudará a mejorar la eficiencia de los procesos, agilizándolos y permitiéndoles fabricar productos de alta calidad. Éstos, a su vez, ayudarán a reducir los grandes porcentajes de desperdicio que se operan en los departamentos de producción.
2. El manual es simple de entender y de utilizar. Esto lo convierte en bastante operacional, siempre y cuando sea utilizado por las personas idóneas y de la manera correcta con el fin de mantener un proceso continuo y de alta calidad.
3. Con la utilización del manual como rutina de mantenimiento se logra aumentar o alargar la vida útil del equipo y a su vez incrementar la disponibilidad de operación en la máquina.
4. La capacitación del personal de producción ayuda a incrementar la eficiencia en los procesos y la alta calidad de sus productos.
5. La buena utilización del manual para mantenimiento o las tablas de problemas y soluciones servirán para encaminar de una manera correcta las operaciones que se efectúan en los equipos o maquinarias. Así no se tropezará y no se caerá en errores que representan pérdidas en la producción.

6. Concientizar a los trabajadores de mantenimiento y a los operarios sobre la utilización del manual para que conozcan de alguna manera el valor funcional de las máquinas.
7. Toda mejora que se realice a un proceso de producción con el objeto de incrementar la producción y la seguridad de los equipos debe realizarse sin ninguna restricción.
8. La mejora continua dentro de una empresa es la mejor arma para poder luchar dentro del ámbito industrial, ya que el mejoramiento de los procesos mejorará también la calidad de producción.

RECOMENDACIONES

1. Que los operadores de las maquinas extrusoras posean los conocimientos básicos sobre el funcionamiento y manejo de la máquina, ya que esto ayudará a evitar un mayor problema, desde accidentes al operario hasta deterioros fatales en la máquina.
2. Como lo describe el manual, el polietileno de baja densidad deberá fundirse a 150 °C, por lo que las máquinas no pueden estar en el momento de arranque a menos de 150 °C, con excepción de la boca de entrada del material bajo la tolva que puede estar a 130 °C para que el material no se funda y forme un tapón al paso del material virgen.
3. Cuando la máquina haya realizado un trabajado constante, se podrá observar que la temperatura del cuerpo de la máquina se incrementa. Esto se debe a la fricción del material. La estabilización de esta temperatura en la masa de hierro se debe nivelar, entonces se debe disminuir la temperatura de los termostatos para nivelar estas temperaturas.
4. Este proceso puede ser también utilizado para el proceso de fundición del polietileno de alta densidad, tomando como parte importante el punto de fusión del material, ya que ésta es una resina diferente para realizar productos diferentes.

5. Con el uso del manual se recomienda realizar la calibración de los dados antes de iniciar el proceso, ya que podría taponarse la boquilla obstruyendo el paso del material fundido, lo que provocaría como resultado bobinas convexas o cóncavas.
6. Utilizar el manual como una herramienta auxiliar de trabajo, para cuando ocurra alguna falla durante los procesos de producción, ya que esto garantizará una pronta resolución del problema.
7. Poner en práctica constante la mejora continua en todos los departamentos de la empresa y en especial en los procesos de producción, ya que esto incrementará el poder de la empresa.
8. Poner énfasis en la utilización del manual, ya que de ello depende la precisión en el proceso, la calidad del producto y la seguridad de un buen desempeño u operación del extrusor.
9. Al identificar algún problema, se debe profundizar sobre la derivación del mismo, para que la selección de alguna solución de las tablas de problemas y soluciones sea la más adecuada.
10. El departamento de mantenimiento deberá ser el responsable de dar un buen uso del manual para la realización de sus actividades programadas. Con esto se evitará el incremento en los costos por reparación.

BIBLIOGRAFIA

1. Brinker Lemus, Jorge Danilo. Aseguramiento de la calidad de extrusión de película de polietileno para la empresa Helenoplast S.A. Tesis Ing. Mec. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 119 pp.
2. Del monte, John. **Moldeo de plásticos**, por compresión, por inyección y por extrusión. 2da ed. Barcelona. s.e. 1967.
3. Estrada Gil, César Estuardo. Creación de estándares y optimización de los recursos para el mejoramiento de la producción del departamento de polietileno, dentro de la empresa Sacos Industriales, S.A., San Pedro las Huertas, Antigua Guatemala. Tesis Ing. Ind. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 149 pp.
4. Flim, Richard A., Trojan, Paul K. **Engineering Materials and Their Application**. 2da. ed. Boston. Houghton, Mifflin, 1981.
5. Galdamez Ruiz, Luis Haroldo. Seguridad industrial y mantenimiento. Tesis Ing. Mec. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 93 pp.
6. Morton Espencer, Alexander Jones. **Procesamiento de plásticos**. 2da. ed. México. Editorial Limusa S.A. 1993. 376 pp.
7. Morton, Jones. D.H. **Procesamiento de plástico**, Plásticos, México, Limusa. 2002.
8. Ramos Del Valle, Luis Francisco. **Extrusión de plásticos: principios Básicos**, México, Editorial Limusa, 2002.
9. Rubin, Irvin I. **Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones**. México. Editorial Limusa, 2002.
10. Sánchez López, Santiago. **Aditivos para material plástico**, antioxidantes y estabilizadores. México. Editorial Limusa. 1992.

11. Shey, John A. **Procesos de manufactura**, 3ra. ed. México. McGraw-Hill. 2002.
12. Uribe Alcázar, José Miguel. **Los polímeros, síntesis y caracterización**. 3ra. ed. México. Editorial Limusa. 1992. 241 pp.
13. Van Vlack, Lawrence. **Tecnología de materiales**. México. Fondo Educativo Interamericano. 1984.