



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS:

"DETERMINACION DE PUNTOS CRITICOS EN
LA OPERACION DE EXTRUSION DE PELICULAS
PLASTICAS TUBULARES DE POLIETILENO
PARA SU USO EN PANIFICACION."

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
MARIA MAGDALENA FARRERA RIVAS

ASESORA I.A. ROSALIA MELENDEZ PEREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Envase y embalaje de alimentos: "Determinación de puntos críticos en la
operación de extrusión de películas plásticas tubulares de polietileno
para su uso en purificación."

que presenta la pasante: María Magdalena Ferrera Rivas

con número de cuenta: 9460272-6 para obtener el título de :
Ingeniera en alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de mayo de 2001.

MODULO	PROFESOR	FIRMA
II	Ing. Rosalía Veléndez Pérez	
II	Ing. Jaime Flores Jiménez	
III	Dr. José Luis Ruiz García	

ADIOS.

Gracias por bendecir mi vida, por permitirme realizar mis estudios, por darme la familia tan maravillosa que tengo y la oportunidad de conocer a muchas personas a las que puedo llamar amigos.

A MIS PADRES.

Por el amor y comprensión que siempre me han dado, por creer siempre en mí y apoyarme en todo. Por impulsarme para lograr tener una educación profesional, por ser el mejor ejemplo en mi vida y hacerme muy feliz.

A MI HERMANA.

Por estar siempre conmigo y ser un apoyo incondicional en mi vida, por tu cariño y por creer siempre en mí.

A MI FAMILIA.

A la familia Rivas y a la familia Ferrera por apoyarme y creer en mí, especialmente a mi tía Lucía por tu cariño y a Viridiana por ser más que mi prima, mi amiga.

A ARELI.

Gracias por compartir conmigo estos años y los que faltan, por todo tu cariño, apoyo, comprensión, ayuda y por estar presente en mi vida, por ser mi amiga y entender lo que esto significa para mí.

A MIS AMIGOS.

Paola, Gyneel, Jennyfer, Neida, Carola, Luci, Nidia, Neja, Aquileo, Dario, Omar, Victor, Nejo, Javier, Luis, Chucho, Cuari y Don Miguel por haber estado este tiempo conmigo, por las cosas aprendidas en el tiempo que convivimos en la universidad y en especial por su amistad.

A Monica gracias por tu apoyo para la realización de este trabajo, Licha, Jaime, Aline, Mara, Xavo, Erick, Eva, Cesar, Nelly, José Luis, gracias por ser mis amigos, por apoyarme, por creer en mí, por estar siempre conmigo, por su cariño y por enseñarme a ser un mejor ser humano. Por ser importantes en mi vida.

A MIS MAESTROS.

Por compartir su experiencia, sabiduría y conocimientos, especialmente a Rosalía Meléndez por todo su apoyo y tiempo para la realización de este trabajo.

ALA FESC.

Gracias por permitirme conocer a tantas personas valiosas y donde tuve la oportunidad de obtener las bases para mi desarrollo profesional.

ÍNDICE.

RESUMÉN.	1
INTRODUCCIÓN.	2
OBJETIVOS.	4
CAPÍTULO I. GENERALIDADES.	5
1.1. FUNCIONES DEL ENVASE EN PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN.	5
1.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DE PELÍCULAS TUBULARES NO METALIZADAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PARA SU USO EN PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN.	9
1.2.1. FALLAS EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULAS TUBULARES DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.	17
1.2.2. DETERMINACIÓN DE VARIABLES PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS TUBULARES NO METALIZADAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.	26
1.3. PUNTOS CRÍTICOS.	31
1.4. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.	33
1.4.1. OBJETIVOS DE GRÁFICAS DE CONTROL.	35
1.4.2. TIPOS DE GRÁFICAS DE CONTROL	36

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.	44
2.1. CUADRO METODOLÓGICO.	46
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	47
3.1 DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS EN EL PROCESO DE LA PELÍCULA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PARA SU USO EN PAN.	47
3.2. PROPUESTA DE GRÁFICAS DE CONTROL PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS TUBULARES NO METALIZADAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.	50
CONCLUSIONES.	53
BIBLIOGRAFÍA.	55
ANEXOS.	58

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro No. 1 : Normas Oficiales Mexicanas vigentes aplicadas al polietileno de baja densidad.	7
Cuadro No. 2 : Características generales del polietileno de baja densidad.	9
Cuadro No. 3 : Intervalos de temperatura en las diferentes etapas del proceso para polietileno de baja densidad (PEBD).	15
Cuadro No. 4 : Gráficas de control para variables.	40
Cuadro No. 5 : Cálculo de los límites de control.	41
Cuadro No. 6 : Tipos de gráficas de control por atributos.	42
Cuadro No. 7 : Consideraciones en la utilización de gráficos de control por atributos.	43
Cuadro No. 8 : Fallas en la operación de extrusión por influencia de la temperatura en la zona de plastificación.	49
Cuadro No. 9 : Hoja de registro.	52

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA No. 1 : ZONAS DEL EXTRUSOR.	13
FIGURA No. 2 : PROCESO PARA PELÍCULA TUBULAR DE PEBD.	16
FIGURA No. 3 : DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN.	27

RESUMEN.

El área de envase y embalaje es una de las más importantes en la industria de panificación. El envase es la barrera que nos permite alargar la vida de anaquel de productos perecederos como es el caso del pan. Sin embargo, pocas veces se tiene la oportunidad de profundizar sobre el tema "envase" ya que muchas industrias lo consideran como parte de la materia prima que les proporcionan sus proveedores certificados, no obstante, que la industria de los envases esté cobrando cada vez mayor importancia pues se debe diseñar un envase para cada producto y no adecuar el producto al envase.

Al hablar de envases es necesario conocer:

- El proceso de fabricación para poder comprender su importancia.
- Las materias primas más empleadas para poder hacer una selección adecuada en base al producto alimenticio que se desee conservar.
- Las especificaciones de las normas ya existentes de acuerdo al tipo de envase para poder obtener un producto final de buena calidad.
- Las bases estadísticas que nos facilitarán la interpretación de las variables medibles cuantitativamente y que nos ayudan en la aplicación de acciones preventivas lo cual se verá reflejado en el mejor aprovechamiento de los recursos con los que se cuenta al minimizar los desechos y aumentar así la productividad.

INTRODUCCIÓN.

Todos los productos de panificación, requieren de un "empaque" para conservar el sabor, el aroma, la textura, el color, etc., que adquieren durante su fabricación hasta el momento en el que llegan al consumidor.

Se puede definir como empaque: "... La aplicación técnica de un material que sirve para proteger y mantener la calidad del producto durante el almacenamiento y comercialización..." (Arjona, 2001). Si nos apegamos estrictamente a la Norma Mexicana NMX- EE-207-1986 (Anexo 1), debemos usar el término Envase al referimos a los empaques.

Actualmente existen diversos tipos de envases y los empleados para panificación se pueden clasificar dentro de los envases flexibles.

En el Capítulo I se realizó una investigación bibliográfica para sentar las bases de este trabajo de seminario, es decir, se explican las características del Polietileno de Baja Densidad (PEBD) que es la materia prima más utilizada a nivel mundial en la producción de envases para panificación, de su proceso de fabricación, de las fallas que se presentan durante el proceso debido a variaciones en el mismo, del Control Estadístico de Procesos (CEP), su importancia e interpretación.

En el Capítulo II, se explica brevemente la metodología seguida para la realización de este trabajo de seminario y se presenta un Cuadro Metodológico que permite ilustrarlo.

En el Capítulo III, se realiza el análisis de resultados en el cual se pueden ver los puntos críticos que se determinaron en la operación de extrusión del proceso de fabricación de películas tubulares no metalizadas de PEBD y la propuesta de gráficas de control para el mismo efecto.

Con este trabajo de seminario, se pretende sentar las bases necesarias acerca de los puntos críticos de la operación de extrusión en el proceso de fabricación de estas películas, el proceso en sí y de esta manera facilitar futuras investigaciones sobre el tema.

OBJETIVO GENERAL.

Propuesta de criterios de control de la operación de extrusión en el proceso de fabricación de películas plásticas tubulares no metalizadas para productos de panificación a partir de la selección de los puntos críticos de su fabricación.

OBJETIVO PARTICULAR 1.

Selección de variables de proceso que afectan las características de las películas plásticas tubulares no metalizadas para productos de panificación (permeabilidad al vapor de agua, permeabilidad al oxígeno) a partir de conceptos teóricos.

OBJETIVO PARTICULAR 2.

Propuesta de gráficos de control para establecer los límites de manejo de la temperatura en la operación de extrusión que afecta la calidad de las películas plásticas tubulares no metalizadas para productos de panificación.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

1.1. FUNCIONES DEL ENVASE EN PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN.

Las funciones del envase en cualquier producto alimenticio son diversas y debe cumplir con ellas por motivos de comercialización, conservación y comodidad del consumidor.

En la industria de la panificación existen diversas formas de deterioro de los productos conforme el paso del tiempo, tales como: alteraciones microbianas, aumento o pérdida de humedad y la pérdida de textura. El pan comienza a envejecer de 4 a 7 días a partir de su fecha de manufactura. La estructura está conformada por 2 porciones: la interna que consta de 90% de humedad y la porción externa o corteza, que tienden a adsorber o perder humedad ocasionando reblandecimiento o resequedad respectivamente. Todo esto depende directamente de las condiciones de hornado, del tipo de harina y sus propiedades, así como, de las condiciones de almacenamiento. También juega un papel muy importante el empleo de materiales de empaque ya que tienen que conservar el contenido de humedad, prevenir el envejecimiento y mantenerlo en condiciones frescas el mayor tiempo posible (*Sacharow, 1980*).

Dentro de las funciones que debe cumplir el envase tenemos:

- ❖ Contener al producto.
- ❖ Ser ergonómico: Ser fácil de transportar, de cerrar, de manipular adaptándose así a las necesidades de comodidad del consumidor.
- ❖ Comercial: Al anunciar la marca del producto, presentándolo e identificándolo, debe informar sobre su forma de consumo, el contenido nutricional, contenido neto, lotificación y fecha de caducidad o de consumo preferente a demás de conservar en buenas condiciones al producto a lo largo de su vida de anaquel. El envase es el principal responsable de llamar la atención del consumidor para que de esta manera el producto sea adquirido por primera vez, no obstante, debemos tener la seguridad de que realmente lo que hará al cliente volver a comprar el producto es la calidad del mismo, satisfaciendo sus necesidades y expectativas.
- ❖ Conservar la calidad: Debe ser una barrera que evite interacciones del medio ambiente al producto y viceversa, evitando la permeación de gases, como CO₂, O₂ y vapor de agua. La permeabilidad de un material de envase es un criterio esencial para su selección dependiendo del producto a envasar, por lo tanto a demás de depender del tipo de material, la permeabilidad también depende del espesor y de la temperatura.
(Rodríguez, 1997)

- ❖ Evitar la adulteración: Garantizar seguridad al consumidor de que el producto fue envasado y almacenado adecuadamente, es decir, sin la introducción de cualquier sustancia o agente ajeno al producto.

- ❖ Adecuarse a la legislación y normatividad del país productor. Para el caso de México existen las Normas Oficiales Mexicanas aplicadas al polietileno de baja densidad, así como, para la determinación de sus propiedades, las cuales se enlistan en el **Cuadro No. 1**; Estas Normas se citan en la Norma Mexicana NMX-EE-207-1986: "ENVASE - PELÍCULA DE POLIETILENO PARA ENVASAR PAN DE CAJA Y BOLLERÍA - ESPECIFICACIONES".
(Anexo I)

Cuadro No. 1: Normas Oficiales Mexicanas vigentes aplicadas al polietileno de baja densidad.

NORMA	NOMBRE
NOM - E - 003	Plásticos - Películas lisas - Determinación del espesor.
NOM - E - 004	Plásticos - Densidad relativa absoluta - Determinación.
NOM - E - 005	Plásticos - Películas - Determinación de las propiedades de tracción.
NOM - E - 077	Plásticos - Brillo Superficial - Determinación.
NOM - E - 082	Plásticos - Determinación de la resistencia a la tensión.
NOM - E - 112	Agricultura - Plásticos - Determinación de la resistencia al rasgado de las películas de plástico y laminado.
NOM - EE - 059	Envase y Embalaje - Símbolos para manejo, transporte y almacenamiento.
NOM - EE - 113	Envase - Plástico - Películas flexibles - Determinación de la Permeabilidad al vapor de agua y gases.

NOM – EE - 136	Envase y Embalaje – Plástico – Terminología.
NOM – EE - 142	Envase y Embalaje – Plástico – Acondicionamiento de materiales plásticos.
NOM – EE - 143	Envase – Películas plásticas – Determinación de la resistencia del sellado a la tensión
NOM – F - 228	Etiquetado o rotulación de alimentos y bebidas.
NOM – Z - 009	Símbolo "HECHO EN MÉXICO".
NOM – Z - 012	Método de muestreo para la inspección por atributos.

(Dirección general de normas, 2001)

Algunas de las ventajas del uso de polietileno de baja densidad (PEBD) como material de envase son: ser una buena barrera al vapor de agua, ocupar poco espacio por ser fácil de almacenar, ser inerte – al encontrarse en contacto directo con el alimento impide la migración de alguna sustancia desde el envase hacia el producto, que pueda modificar olores, sabores e inocuidad del mismo. *(Delgado, 1999-I; Rodríguez, 2001)-.*

1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PELÍCULAS TUBULARES NO METALIZADAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PARA SU USO EN PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN.

Se entiende por películas, a los materiales plásticos presentados en grosores que no excedan a 0.010" (0.254mm). Las más comunes son fabricadas a partir de resinas de polietileno de baja densidad (PEBD) que se obtiene a partir de la polimerización de etileno. (Hawley, 1993; Rodriguez 1997). Las características del polietileno de baja densidad (PEBD) se enlistan en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2: Características Generales del Polietileno de Baja Densidad (PEBD).

CARACTERÍSTICAS	VALOR
• Densidad (g/cc)	0.910 - 0.925
• Peso específico	0.915 - 0.930
• Temperatura de fusión (°C)	150 - 175
• Punto de ablandamiento (°C)	85 - 95
• Resistencia a la tensión (kg / cm ²)	105 - 246
• Resistencia al impacto (IZOD / m kg / cm)	0.0453 a 0.0871
• Coeficiente de expansión térmica (1 / °C)	0.00018 a 0.00022
• Conductividad térmica (Cal)	0.000722 a 0.000833
• Índice de refracción	1.52
• Dureza Rockwell R	85
• Calor específico	0.55
• Coeficiente de fricción	0.3 en contacto con acero
• Absorción de agua (%)	0.04
• Permeabilidad * 1 - WVTR 2 - O ₂ 3 - CO ₂	1.0 -1.5 445 1967
• Muestra en general baja adhesión	Para aumentarla se somete a un tratamiento de oxidación de flama o de irradiación de alta energía

(Béez, 1997; Rodriguez, 1997; Delgado, 1999- II)

En el **Cuadro No. 2** cuando se menciona la permeabilidad del polietileno de baja densidad, es necesario resaltar que: La permeabilidad al O₂ y CO₂ está dada en cc (centímetros cúbicos) por milésima de pulgada de espesor, por un área de 100 pulgadas cuadradas en 24 hrs. a 23°C, y la transmisión de vapor de agua (WVTR) en gramos en lugar de cc.

La permeabilidad es la propiedad de permitir el paso de fluidos, ya sean gases, vapores o líquidos a través de su estructura molecular, siendo considerado como un proceso de difusión, es decir, el gas se disuelve en el material y de ahí se desplaza a lugares de menor concentración, este fenómeno es intramolecular. La permeabilidad en el polietileno es inversamente proporcional a la densidad, es decir, a menor densidad, mayor será la permeabilidad a los gases y vapor de agua. *(Delgado, 1999- III)*

Las películas de polietileno son inertes químicamente, por lo tanto deben ser tratadas con el fin de romper algunas ligaduras superficiales para mejorar atributos tales como adherencia a las tintas y adhesivos, esto se logra con una descarga eléctrica de alto voltaje o por la acción oxidante de una flama sobre la misma. *(Delgado, 1999- I; MIRC Asesores S. C., 2000)*

La resistencia a la tensión del PEBD permite que sea sometido a un estiramiento, que orienta las moléculas en la dirección del mismo. *(Rodríguez, 1997)*

La fabricación de películas plásticas tubulares de polietileno de baja densidad se realiza con un extrusor, máquina cuya función es proporcionar al proceso un material plastificado, térmicamente homogéneo y a velocidad constante, el cual es forzado a pasar por una matriz o dado que cuenta con una perforación interna para entrada de aire y da la forma adecuada al producto final. (*Barragán, 1990*)

En el interior del extrusor el polietileno se encuentra como partículas sólidas, después como una mezcla de partículas sólidas con polímero fundido y finalmente como una masa plastificada homogénea.

Para su descripción, el proceso es dividido en cuatro zonas: Alimentación, Plastificación, Dosificación y Adaptador y Cabezal; las cuales se pueden visualizar en la **Figura No. 1** y en la **Figura No. 2**.

❖ Alimentación:

El proceso comienza cuando el polietileno se alimenta al extrusor en forma granulada (pellets de 3 mm aproximadamente) (*Rodríguez, 1997*) bajando por gravedad a través de una tolva hacia la garganta de un cañón o cilindro hueco en el cual un husillo (al girar por medio de un motor de velocidad variable a través de un reductor de flechas paralelas) empieza a transportar el material que conforme va avanzando aumenta la presión dentro del cilindro. El flujo a la garganta y al canal del tornillo debe ser constante. La garganta debe estar enfriada para evitar plastificaciones prematuras y taponamientos. Algunos

plásticos fluyen por gravedad pero en caso de problemas de flujo se utilizan vibradores, agitadores y empujadores. En esta zona no existe fusión del material pero conforme avanza el proceso empuja con el material sólido al material semifundido y fundido. *(Barragán, 1990; MIRC Asesores S. C., 2000)*

❖ Plastificación:

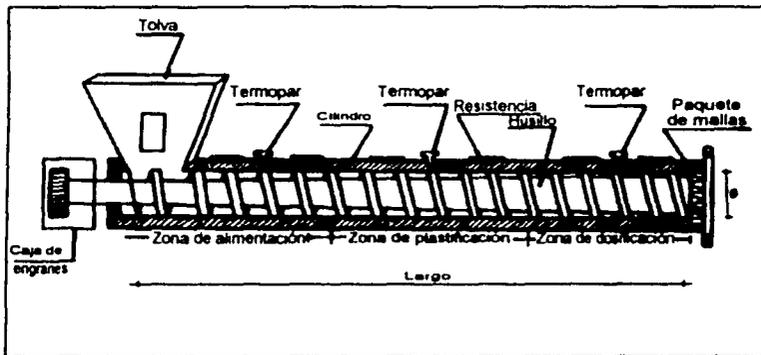
Posteriormente continua aumentando la presión al polímero y por medio de resistencias eléctricas a través de la superficie del cilindro. Se fricciona y transmite calor. El material comienza a fundirse convirtiéndose en una masa plastificada que disminuye su volumen y expulsa gases. El intervalo de presiones que soporta la pared del barril va desde 10,000 y hasta 20,000 PSI en algunos casos *(MIRC Asesores S. C. , 2000)*.

El extrusor debe contar con un sistema automático de enfriamiento que puede ser de circulación de agua o de aire para conservar la temperatura uniforme y evitar modificaciones en las características deseables en el producto e irregularidades de flujo en el dado.

Las temperaturas son medidas por medio de termopares, que mandan la señal a los pirómetros, los cuales cortan o mandan las señales eléctricas a las resistencias externas y del calor generado por la fricción que se da por el material que se encuentra entre el cilindro y el husillo. Ese material va a contraflujo dentro del sistema lubricando para evitar el contacto físico entre el cilindro y el husillo.

La recomendación de la relación L/D (longitud / diámetro) del cilindro para el caso de polietileno es de 20 a 28 veces el diámetro interno del cilindro obteniéndose así una mayor superficie de transmisión de calor, siendo la longitud óptima de 24 veces el diámetro ya que en relaciones menores no se logra tener una masa fundida homogénea y a mayores relaciones se degrada el material. (Barragán, 1990; Delgado, 1999-I; MIRC Asesores S.C., 2000)

FIGURA No.1 ZONAS DEL EXTRUSOR.



(Barragán, 1990)

❖ Dosificación:

En esta zona el material fundido se homogeneiza y el flujo se regula obteniéndose un caudal uniforme que a la salida hacia el cabezal y dado, pasa por un plato rompedor, que es un disco circular grueso con orificios y su función es romper la rotación del flujo a la salida del cilindro y soportar un paquete de mallas. Dichas mallas son de acero inoxidable, detienen la materia extraña,

aumentan la presión en la superficie interna del cilindro y reducen las variaciones de temperatura al mejorar el mezclado. (*Barragán 1990, MIRC Asesores S.C., 2000*)

❖ Adaptador y cabezal:

El adaptador se encuentra entre el cilindro y el dado (**Figura No. 2**), los cuales deben permitir el flujo evitando la degradación del material por presencia de zonas muertas. El dado es específico para cada tipo de película y es el que le da la forma al material plástico extruido. Consta de un cuerpo interior o corazón y de uno exterior, entre los cuales, por diferencia de diámetros (conducto anular), sale el polietileno y se infla con aire repartiéndolo uniformemente. La burbuja formada es la que regula el diámetro del producto final, ya que su tamaño depende de la cantidad de aire que se le inyecte en el interior, pudiéndose así obtener películas de diferentes medidas con el mismo dado.

En el caso de las películas tubulares generalmente se usan sistemas rotatorios en los cuales se distribuye cualquier franja de descalibre a todo lo ancho del rollo del material, este rotador no elimina el descalibre, solo lo distribuye. Los anillos de enfriamiento de películas tubulares permiten la salida del flujo continuo, controlado y uniforme del aire que solidifica la película de polietileno. La función de las guías de la burbuja es, como su nombre lo indica, guiar y soportar al globo en el recorrido hacia las torres en donde se encuentra el sistema de rodillos en la parte superior proporcionando estabilidad a la película. Las cortinas de colapso deben orientar al globo para que en éstos sea

jalada la burbuja y se colapse para posteriormente pasar entre un sistema de rodillos intercambiables y formar las bobinas. (Barragán, 1990; Delgado, 1999-I; MIRC Asesores S.C., 2000)

En el Cuadro No. 3, se muestran los intervalos de temperatura de las diferentes etapas del proceso de fabricación de películas plásticas no metalizadas de polietileno de baja densidad.

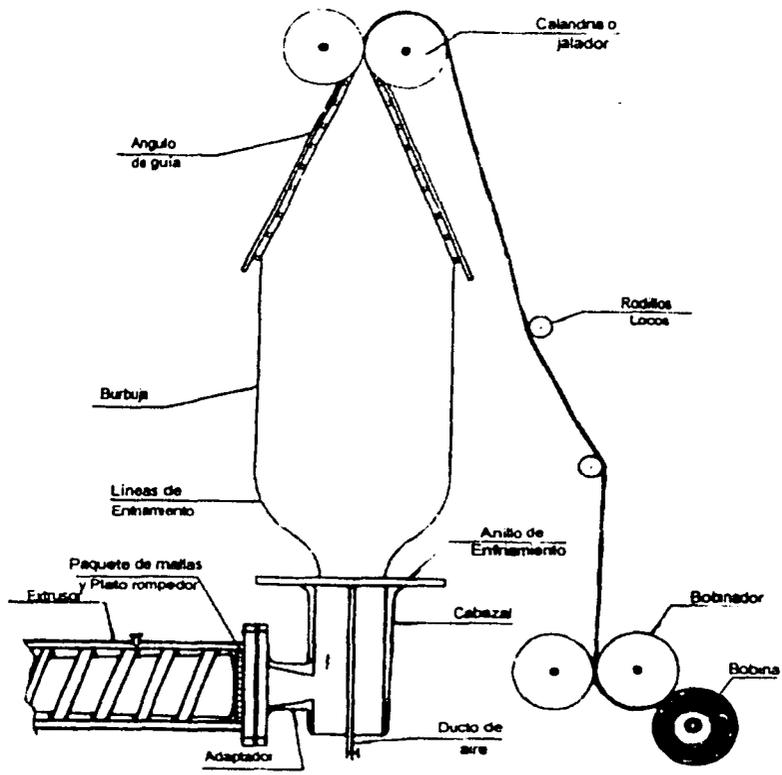
Cuadro No. 3: Intervalos de Temperatura en las diferentes etapas del proceso para Polietileno de Baja Densidad (PEBD).

ZONA	TEMPERATURA	
	MÍNIMA (°C)	MÁXIMA (°C)
♦ Alimentación	130	150
♦ Plastificación	140	180
♦ Dosificación	150	190
♦ Adaptador y Cabezal	150	200

(Barragán, 1990)

Las Temperaturas en el proceso de extrusión deben ser controladas dentro de los intervalos establecidos, de lo contrario se presentan fallas y problemas en el proceso que se reflejan en la calidad final de la película de PEBD.

FIGURA No. 2 : PROCESO PARA PELÍCULA TUBULAR DE PEBD.



(Barragán, 1990)

1.2.1. FALLAS EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULAS TUBULARES DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD. (MIRC Asesores S. C., 2000; Barragán, 1990)

En todos los procesos existen áreas en las cuales es necesario hacer mejoras para obtener un producto de calidad que satisfaga al cliente e incremente la productividad en la empresa.

La mejora del producto se consigue a lo largo de todas las etapas del proceso ya que éste puede presentar fallas en aparatos de medición, materia prima, aditivos, condiciones de proceso, mantenimiento u ocasionadas por los operadores, entre otras. Debemos detectarlas para desarrollar un plan de acción que nos permita aplicar tanto acciones correctivas como preventivas y de esta manera alcanzar niveles cada vez más elevados de calidad y productividad, partiendo de estándares establecidos.

"La calidad es el grado de adecuación de un producto al uso que desea darle el consumidor." (*Gutiérrez, 1992*). Es decir, debe cumplir con todas las características y expectativas que el cliente espera de él en cuanto a mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento.

La productividad está relacionada directamente con la calidad y esta relación se manifiesta cuando los recursos de una empresa son aprovechados

adecuadamente para la obtención de los resultados deseados, por lo tanto, ambas se ven afectadas por las fallas en el proceso.

En el caso de la elaboración de películas tubulares se pueden encontrar: Fallas de superficie, de apariencia, ópticas, de planidad, en el calibre, en las resistencias mecánicas, en el sellado, de discoloración, en la geometría del rollo, baja producción, inestabilidad de la burbuja y en el tratado. Mismas que continuación se mencionan, así como, sus principales causas (*MIRC Asesores S. C., 2000; Barragán, 1990*) .

1. FALLAS DE SUPERFICIE.- Impiden que la película tubular se deslice en la maquinaria de empaque y ocasionan que la película se adhiera a si misma.

- ◆ Deslizamiento: Debida a alta temperatura del plastificado, insuficiencia o exceso de agentes de deslizamiento (amidas de ácidos grasos).

- ◆ Bloqueo: Ocasionada por deficiencia de aditivos de antibloqueo, película caliente en los rodillos superiores, embobinado caliente, exceso de tensión, resinas con bajos pesos moleculares (aceitosas), alta temperatura del plastificado, exceso de tratado (El tratado es cuando se aplica tensión a la película en forma longitudinal, o transversal a la salida del dado, orientando así las moléculas).

2. FALLAS DE APARIENCIA - Disminuyen la calidad del producto por presentar una apariencia que no cumple con las especificaciones afectando así su uso.

(Ver 5.2 del Anexo I)

- Fractura: Ocasionada por bajo perfil de temperaturas en el extrusor, baja temperatura en el dado, alta velocidad del extrusor.

- Geles: Se forman por resina contaminada o incompatibilidad con el agente de deslizamiento, resinas con alto contenido de finos, resina degradada, fallas en el sistema de control de temperaturas, mallas rotas.

- Mal plastificado: Debido a bajo perfil de temperatura, falla en el sistema de control de temperatura, mezclado deficiente, mallas rotas o muy abiertas.

- Puntas de flecha: Ocasionadas por resina con alto contenido de finos, resina contaminada, mallas rotas, resina degradada en las zonas muertas del equipo, mezclado deficiente.

- Piel de naranja: Se dan por mezclado deficiente, bajo perfil de temperaturas, resinas contaminadas.

- Carbones: Se forman en zonas muertas en el equipo, por resina degradada, alto perfil de temperatura, alto tiempo de residencia en el extrusor, fallas en el sistema de control de temperaturas, mallas rotas, extrusor y dado sucios.
- Ojos de pescado: Debidos a contaminación de la resina con volátiles o resina húmeda.
- Marcas y rayas: Ocasionadas por golpeteo de la burbuja contra el anillo de enfriamiento, rozamiento de la película por trayectoria equivocada, rodillos guía parados; golpes, suciedad o desgaste en las guías de la burbuja, cortinas de colapsado, rodillos superiores y/o rodillos guía.

3. FALLAS EN LAS PROPIEDADES ÓPTICAS.- Impide que el producto tenga una buena presentación ante el consumidor.

- Brillo: Debidas a fallas en la temperatura del aire en el anillo de enfriamiento, bajo tiempo de residencia en el extrusor, baja temperatura en el dado, fallas en la temperatura de ablandamiento del material.

- ◆ Turbidez alta: Se da por alta temperatura en el aire de la burbuja, alta temperatura en el anillo de enfriamiento, resinas contaminadas (aumento en la densidad).
- ◆ Transparencia baja: Ocasionada por temperatura alta en el aire de la burbuja, alta temperatura en el anillo de enfriamiento, resinas contaminadas.
- ◆ Opacidad inconsistente o baja: Se da por bajo calibre, vetas a causa de mala dispersión de pigmentos en el extrusor, pigmento insuficiente.

4. FALLAS DE PLANIDAD.- Afectan a la permeabilidad ya que existen zonas con espesores heterogéneos; así mismo dificulta un sellado adecuado.

- ◆ Trenzas, arrugas, costillas y olanes: Dadas por suciedad en el anillo o en el dado, rodillo rotador parado o con velocidad inadecuada, descalibre, falla en el control de temperatura, tensión excesiva, pérdida o falta de presión de aire, desalineación, rodillos sucios o en mal estado, burbuja asimétrica o inestable, guías o cortinas de colapsado asimétricas, dañadas o muy cerradas, falta de deslizamiento, mala formulación, cierre de rodillos superiores disperejo, anillo desnivelado con respecto al dado, temperatura alta en la línea de enfriamiento.

5. FALLAS EN EL CALIBRE. - Ocasionan variaciones en la permeabilidad de la película debido a espesores heterogéneos.

- Estas fallas son ocasionadas por: Anillo o dado de enfriamiento sucios, alta temperatura en la línea de enfriamiento, exceso de volumen de aire, inestabilidad en la alimentación al extrusor, fallas en las resistencias o en el sistema de enfriamiento del extrusor; burbuja asimétrica o inestable, corrientes de aire, dado o anillos desnivelados, variación de velocidad en el rodillo superior, diseño de husillo inadecuado, fugas en el anillo de enfriamiento, tamaño o geometría de pellets inadecuado, mezclas deficientes de resinas, velocidad del extrusor baja, película patinando en el rodillo superior.

6. FALLAS EN LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS. - Pueden ocasionar que se rompa la barrera de protección del medio externo hacia el producto.

- Rasgado: Debido a rayas severas en las películas, alta orientación, baja relación de soplado, marcas del dado en la película, fallas angostas de descalibre, exceso de presión en los rodillos superiores.

- ◆ Tenacidad baja: Ocasionada por alta temperatura en la línea de enfriamiento, descalibre o burbuja asimétrica, bajo tiempo de residencia.
- ◆ Baja rigidez: Se da por un pesaje de formulación incorrecto o formulación inadecuada, baja temperatura de la línea de enfriamiento, alta temperatura del plastificado.

7. FALLAS EN EL SELLADO.- Provocan contaminación del medio externo hacia el producto.

- ◆ Debidas a exceso de agente de deslizamiento, áreas de sello sucias, descalibre, resina contaminada, perfil de temperaturas alto ocasionando oxidación excesiva.

8. DISCOLORACIÓN.- Disminuye la calidad de la película dando una mala presentación de la misma ante el consumidor.

- ◆ Ocasionadas por exceso de tratado (orientación), almacenamiento inadecuado, antioxidantes degradados o ausencia de ellos, degradación térmica de la resina, altas temperaturas del plastificado.

9. FALLAS EN LA GEOMETRÍA DE LOS ROLLOS. - Generan mala calidad.

- Bolsas (rollos convexos) y olanes (rollos cóncavos y cónicos): Son ocasionadas por descalibre de la película, anillo desnivelado con respecto al dado, exceso de tensión en los rodillos, burbuja desalineada con respecto al rodillo superior, mal cierre en las guías de la burbuja, radiación alta del extrusor a la burbuja.
- Disqueo o telescopio: Se da por tensión excesiva o insuficiente, rodillos no fijos y desbalanceados o sin recubrimiento, exceso de deslizamiento.
- Costillas: Son ocasionadas por exceso de tensión al embobinar, descalibre acumulado en la misma zona.

10. BAJA PRODUCCIÓN. - Disminuye la productividad.

- Es ocasionada por, desgaste de husillo – cilindro, paquete de mallas muy cerrado y húmedo, geometría y tamaño de pellets inadecuado, alto contenido de finos o de agentes deslizantes en la resina, alto perfil de temperaturas, entrada del husillo tapada, temperatura de enfriamiento del husillo deficiente, falta de capacidad del anillo de enfriamiento.

11. INESTABILIDAD DE LA BURBUJA.

- Exceso en el volumen de aire, entrada del husillo obstruido por temperatura de enfriamiento deficiente, baja velocidad del extrusor, alimentación discontinua, tamaño y geometría de pellets inadecuado, alta temperatura en la línea de enfriamiento, temperatura de plastificado alta, corrientes de aire cercanas a la burbuja, diseño del husillo inadecuado para la resina, variaciones de calibre, rodillo superior patinando o desalineado, fallas en las resistencias, alta temperatura en la zona de alimentación del extrusor, desalineación entre el dado y el rodillo superior.

12. TRATADO.

- Exceso de agentes de deslizamiento, arrugas en el material, falla de equipo de tratado, rodillo de tratado sucio o perforado y con potencia insuficiente o en exceso, temperatura ambiente muy alta, aisladores de los electrodos carbonizados.

Para la prevención de fallas y problemas durante el proceso de las películas de PEBD, es necesario identificar las variables relacionadas con estos y controlar las de mayor influencia en la calidad del producto final. Una de las variables más importantes es la temperatura en las diferentes etapas del proceso.

1.2.2 DETERMINACIÓN DE VARIABLES PARA MEJORAR EL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS TUBULARES NO METALIZADAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

Una vez que se han clasificado las fallas en el proceso de extrusión de películas de polietileno y sabiendo en función a que variable del mismo se deben, se pueden determinar las variables que nos permitan prever dichas fallas y mejorar el proceso de producción para obtener productos de calidad que satisfagan las necesidades de los clientes.

Dentro de un proceso siempre existen variaciones ya que no se pueden reproducir todas las condiciones exactamente igual, dichas variaciones pueden ser muy pequeñas pero existen en todos los casos, por lo tanto, en la industria se ha optado por incluir en las especificaciones tolerancias permisibles con respecto a un estándar en los parámetros de los procesos.

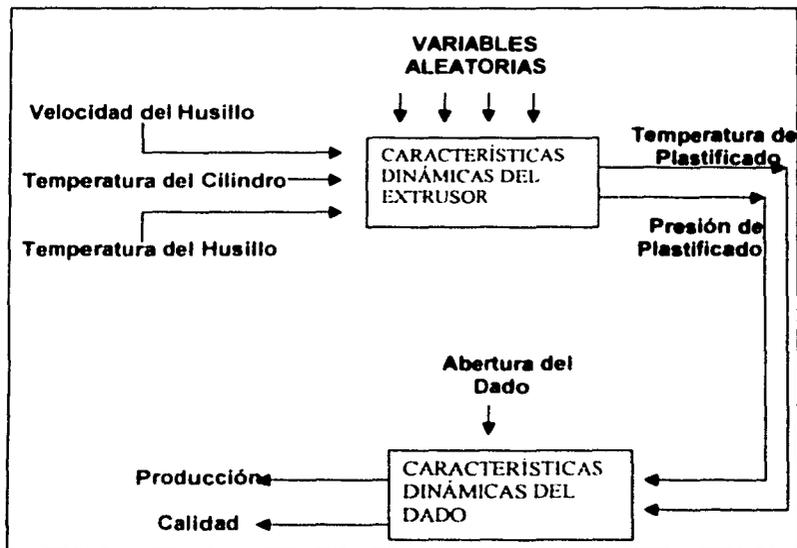
Las variables en los procesos pueden ser de dos tipos:

Variables aleatorias continuas: Son todas las variables que se pueden medir con instrumentos calibrados o validados, por lo tanto, dependen de la precisión de dicho instrumento. *(Meléndez, 2001)*

Variables aleatorias discretas: Son todas las variables que se evalúan de manera subjetiva por medio de atributos (si la característica de una unidad del producto es buena o mala) teniendo un estándar establecido y pudiendo estar o no de acuerdo a las especificaciones, no reporta confiabilidad al 100%. Una variable continua se puede convertir en una discreta. (Meléndez, 2001)

Las variables de operación del extrusor afectan la calidad de la película tubular influyendo en las diferentes etapas del proceso como se muestra de manera esquemática en la **Figura No. 3** por medio de un diagrama de bloques.

FIGURA No. 3: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN.



(MIRC Asesores S. C., 2000)

A continuación se describen las variables de operación y el efecto que tienen en el proceso de extrusión (*MIRC Asesores S. C., 2000*):

- Velocidad de alimentación: La alimentación al extrusor puede ser de dos formas, la primera es por medio de una compuerta en donde la producción es determinada por las RPM del husillo; la segunda es la alimentación a chorro que es cuando la velocidad de alimentación se controla mediante dosificadores y la producción depende del flujo alimentado pudiendo variarse sin variar las RPM.
- Velocidad del husillo: Esta variable influye en el tiempo de residencia ya que existe una transferencia de calor por conducción de las resistencias hacia la resina, siendo necesario el control de la temperatura para evitar degradación de la materia prima. También afecta al mezclado siendo indispensable que la materia plastificada sea homogénea al salir del extrusor hacia el dado.
- Temperatura del cilindro: Afecta en las diferentes zonas del extrusor.
En la zona de alimentación se debe impedir la plastificación del material ya que esto ocasionaría aglomeraciones y atascamiento del equipo siendo afectada la capacidad de transporte dentro del cilindro.
En la zona de plastificación aumenta el calor por conducción y por lo tanto la temperatura y la presión. Con el incremento de la temperatura, la velocidad de plastificación también aumenta y la viscosidad disminuye

mejorándose el mezclado y estabilizándose el proceso. En la zona de dosificación al aumentar la temperatura se incrementa el calor conductivo hacia el plástico, especialmente el cercano a la pared del cilindro. La viscosidad disminuye y el transporte también, éste último a causa de la disminución de la fricción entre el plástico y el cilindro.

- Temperatura del husillo: En la zona de alimentación, el husillo se debe de enfriar ya que el polietileno sufre ablandamiento a temperaturas entre 85 y 95°C y puede ocasionar aglomeraciones y atascamiento.
En la zona de plastificación, si se calienta el husillo internamente puede haber calor de conducción hacia la resina sin modificar su temperatura, pero si se llega a fundir el material, entonces pierde viscosidad la capa de material que estaba en contacto directo con el husillo, causando alteraciones en la presión y en el flujo dentro del extrusor.
- Aumento en la restricción del paquete de mallas: Al tener mayor restricción en las mallas, se ocasiona generalmente una mayor obstrucción de éstas la que disminuye la presión en la salida hacia el dado, disminuyendo también la producción y el tiempo de residencia aumenta. Para compensar la pérdida de producción, se aumentan las RPM y la temperatura de la resina plastificada. El aumento en la restricción nos da mejores características ópticas, mejor tenacidad y menor rigidez en el producto final.

- Temperatura del dado: Al incrementarse ésta, la temperatura del plástico que esta en contacto con el dado aumenta, provocando una mejora en la dosificación que a su vez incrementa la producción.
- Variables post – extrusión son: la velocidad de estirado que cuando es mayor que la velocidad de extrusión, estira la película orientándola. A mayor velocidad de estirado, mayor orientación de la película y se modifican sus dimensiones. Otra variable es la velocidad de enfriamiento que al aumentarse se retiene más la orientación de la película.

En un proceso, generalmente se tienen muchas variables pero no es conveniente controlarlas todas ya que esto elevaría mucho los costos y resultaría poco práctico debido a que, sobre la base de un muestreo específico para el proceso, se obtendría una gran cantidad de datos que requieren mucho tiempo para su interpretación. Por lo tanto, es de suma importancia seleccionar las variables que pueden ocasionar fallas durante el proceso las cuales se verían reflejadas en la calidad final del producto.

1.3 PUNTOS CRÍTICOS.

Los puntos críticos se localizan en diferentes etapas, pasos o procedimientos del proceso productivo del que se este hablando. Al controlarlos se hace un mejor uso de los recursos con los que se cuenta y se reducen las pérdidas económicas. Muchos de ellos se relacionan con la calidad, el control estadístico de proceso y / o propósitos de regulación. Es de suma importancia determinarlos con precisión, es decir, cuales son significativos en el proceso, pues sobre la base de ellos podremos establecer acciones preventivas para evitar con anticipación fallas en el proceso y también implementar un sistema para el control estadístico del proceso.

El Punto crítico (PC) no debe confundirse con los Puntos Críticos de Control de proceso (PCC) y es necesario entender a que se refiere cada uno:

⇒ Punto de Control (PC).- Es definido haciendo referencia a HACCP (Análisis de riesgos y puntos críticos de control) como cualquier etapa, paso o procedimiento de un proceso productivo, donde la pérdida de control no ocasiona una amenaza para la salud del consumidor, sin embargo, no deja de afectar al proceso. Pueden ser de tipo biológico, químico y / o físico; se deben de tomar en cuenta las condiciones particulares de cada riesgo.

En el caso de la operación de extrusión de películas tubulares de polietileno, no se aplica un plan de HACCP ya que éste se encuentra referido únicamente a alimentos y sus procesos productivos, por lo tanto, en el presente trabajo se considera que al alcanzar temperaturas elevadas, por arriba de los 200°C (*Delgado, 1990*), se elimina el riesgo de contaminación microbiana y tomando en cuenta que la materia prima (polietileno) es inerte y propensa a sufrir degradación por altas temperaturas el proceso es afectado por riesgos de tipo químico. Los riesgos de tipo físico están relacionados directamente con las fallas en el proceso de extrusión, descritas en el punto 1.2.1 que posteriormente serán retomadas para su análisis y de esta manera determinar los puntos críticos de control de proceso.

Por lo tanto, para efectos de este trabajo se considera a un Punto Crítico de Control de Proceso como cualquier etapa, paso o procedimiento en la operación de extrusión, donde la pérdida de control puede automáticamente afectar a la productividad y a la calidad del producto ocasionando pérdidas por reproceso. Siendo llamados "críticos" porque es de suma importancia su monitoreo ya que si no se controlan se presentarán fallas y problemas.

(Higuera, 1995; Morales, 2000; Núñez, 2000; Vasavada, 1995)

1.4 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.

Las variaciones en los procesos pueden ser ocasionadas por una gran cantidad de causas las cuales se pueden dividir en dos categorías: causas comunes y causas especiales.

Las causas comunes son las que están presentes siempre en el proceso y por lo tanto generan variación en lo producido constantemente, y las causas especiales, no están presentes siempre en el proceso, sino que aparecen de repente provocando descontrol sin afectar a la producción en su totalidad.

Al tener un proceso sujeto a causas comunes de variación, se dice que su comportamiento es estable estadísticamente considerándose un proceso bajo control y al no presentarse en él causas especiales, opera con cierta variación la cual es uniforme e incluso predecible.

El control estadístico de proceso (CEP) es la condición que describe al proceso en el cual todas las causas especiales de variación han sido eliminadas.

(Meléndez, 2001)

El CEP tiene una amplia aplicación ya que una inspección realizada por el departamento de control de calidad vigila la producción una vez finalizada, obteniendo artículos que no cumplen con las especificaciones, lo cual nos indica que la inspección por sí sola no puede garantizar la calidad, en cambio, al aplicar técnicas del control estadístico de proceso se pueden disminuir las inspecciones.

Para llevar a cabo un control estadístico de proceso adecuado es necesario tomar en cuenta las dos partes en las que está dividido, que son:

1. Las gráficas de control, que son métodos gráficos que nos permiten observar el comportamiento del proceso productivo en sus diferentes etapas, cuantificando la variación controlable en las características de calidad, para realizar una toma de decisión con el menor riesgo posible, en base a especificaciones.
2. El muestreo de aceptación, que se realiza mediante técnicas que son transformadas y presentadas en forma tabular, seleccionando un esquema de muestreo que proporcione el grado de protección deseado, para aceptar o rechazar un lote.

Al establecer el CEP, se pueden obtener evaluaciones periódicas en base a los parámetros relativos de calidad, de las actividades de los departamentos de una empresa, criterios fundamentados para la selección de proveedores y se pueden elaborar instrucciones definitivas en los métodos de inspección.

(Meléndez, 2001)

1.4.1.OBJETIVOS DE GRÁFICAS DE CONTROL .

Las variaciones registradas en las características de calidad se indican en las gráficas de control que son un método de análisis y presentación de datos que sirven para llevar un registro continuo y gráfico de la calidad de una característica en particular, ofreciendo una imagen del transcurso del proceso. Nos permiten saber si es necesario aplicar acciones correctivas o ajustes en un momento determinado del proceso o si debemos dejar que continúe trabajando en caso de que la variación sea aceptable en términos de las especificaciones de calidad. (*Besterfield, 1995; Mendenhall, citado en González, 1997*). Dichas variaciones son provocadas por un gran número de factores que se pueden clasificar en:

- Incontrolables o inherentes: Estos factores producen una pequeña variación casual y se puede considerar que el proceso continúa bajo un control estadístico.
- Controlables o no inherentes: Son los que producen una variación medible y el proceso puede o no estar bajo control estadístico, también puede o no tener un comportamiento normal esperado y dependen del tamaño de dicha variación.

Por lo tanto, las gráficas de control tienen como objetivo principal mejorar la calidad, ayudar a la toma de decisiones cuando hay que dejar que prosiga el proceso o si se le deben hacer ajustes, aumentar la uniformidad en el producto, auxiliar en la prevención de defectos, evitar o disminuir la producción de desechos y proporcionar información acerca del desempeño de los operarios y del funcionamiento de las máquinas y equipos. *(Meléndez, 2001)*

1.4.2 TIPOS DE GRÁFICAS DE CONTROL.

Una Gráfica de control consta de 4 partes, una línea central conocida como Límite Central (LC) que representa el valor medio de la característica de calidad y dos líneas, una por arriba llamada Límite Superior de Control (LS) y la otra por debajo llamada Límite Inferior de Control (LI), y los puntos muestrales que se unen mediante segmentos rectilíneos.

A los valores de la muestra X se les ordena con respecto al tiempo y pueden estar o no dentro de los límites de control lo cual nos indicara si el proceso está o no bajo control. Los gráficos de control pueden ser de dos tipos:

1. Gráficas de control para variables.
2. Gráficas de control para atributos.

1. Las gráficas de control para variables se realizan con los valores de la variable aleatoria continua definida en el punto 1.2.2, y tienen un comportamiento similar al de una distribución normal en su forma. Son las más usadas en los procesos.

Quando se realiza un control en base a variables y no a atributos, es necesario hacerlo en base a gráficas \bar{x} de control para la tendencia central del proceso y gráficas para rango (R) o de desviación estándar (S) que controlan la variabilidad general del proceso y al usarlas de manera conjunta (\bar{x} con R o S) podemos lograr un mejor control del proceso.

Para la realización de esta gráfica la muestra debe tener un tamaño de $3 \leq n \leq 10$ siendo el tamaño recomendado de $n = 5$, el tamaño de la muestra debe ser constante durante todo el proceso. **(Meléndez, 2001)**

La especificación de los límites de control se debe tomar en cuenta para la elaboración de una gráfica de control y generalmente son múltiplos de 3. El establecer los límites nos permite detectar las causas de la variación para así llevar a cabo la toma de decisiones más certera al definir si el proceso está o no fuera de control y si es necesario realizar acciones correctivas. **(Bestorfield, 1995).**

a) Gráficos de control de media \bar{X}

Se recomienda utilizarlas en procesos automáticos.

Si se considera una distribución normal X del muestreo, podemos estimar la media de la población (μ) que está en función al promedio de las muestras (\bar{X}) y por lo tanto la media de la población se considerará como la medida de tendencia central.

$$\mu_s = \mu \quad \text{y} \quad \sigma_s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde σ es la desviación estándar de la población.

⇒ *Formas de cálculo:*

- Conociendo la media de la población (μ) y la desviación estándar de la población (σ), se tiene que:

$$LC = \mu - A\sigma$$

$$L = \mu + 3\sigma_s = \mu \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu \pm A\sigma$$

El valor de A se encuentra en tablas. (Anexo II)

- Estimando μ con $\mu = \bar{x}$

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^k x_k}{k} = \bar{X} \quad \text{donde } \bar{x}_k \text{ es la media de la muestra de tamaño "n" y "k" es}$$

el número de muestras.

y estimando σ con σ

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k s_i}{k} / c_2 = \frac{\bar{s}}{c_2}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

donde c_2 es el factor de sesgo de la desviación que está tabulado en función al tamaño de la muestra y el número de muestras "k" debe ser por lo menos de 27.

$L.C = \bar{x}$ donde \bar{x} es la media de las medias del proceso

$$L = \bar{x} \pm \frac{3\bar{s}}{\sqrt{nc_2}} = \bar{x} \pm A_1 \bar{s}$$

Los valores de c_2 y A_1 se encuentran en tablas. (Anexo II)

- Estimando μ con $\hat{\mu} = \bar{x}$ igual que en el caso anterior, ahora con

$$\sigma = \frac{(\sum R_k)}{d_2} = \frac{R}{d_2} \text{ donde } R \text{ es el rango y } d_2 \text{ es el factor de sesgo del rango,}$$

tabulado en función de "n"

$$L.C = \bar{x}$$

$$L = \bar{x} \pm \frac{3\bar{R}}{\sqrt{nd_2}} = \bar{x} \pm A_2 \bar{R}$$

Los valores de d_2 y A_2 se encuentran en tablas. (Anexo II) (Meléndez, 2001)

Las formas de cálculo para las gráficas de control para medias, desviación estándar y rangos así como el tipo de proceso en el que se recomienda su utilización y la distribución teórica en la que están basadas se presentan en el cuadro No. 4

Cuadro No. 4: Grafica de control para variables.

GRÁFICO DE CONTROL	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	TIPO DE PROCESO	FORMA DE CALCULO
para medias	Normal (límites de control simétricos)	automático	a) conocida μ y $\sigma \Rightarrow A$ b) estimando μ con \bar{x} y σ con $\bar{s}/c_2 \Rightarrow A_1$ c) estimando μ con \bar{x} y σ con $\bar{R}/d_2 \Rightarrow A_2$
para desviación estándar	χ^2 (límites no simétricos, generalmente LI=0)	manual y de excelente calidad (con $n \geq 15$)	a) conocida $\sigma \Rightarrow B_2$ y B_1 b) estimando σ con $\bar{s}/c_2 \Rightarrow B_4$ y B_3
para rangos	χ^2 (límites no simétricos, generalmente LI=0)	manual de buena calidad (con $n < 15$) cuantifica dispersión en forma aproximada	a) conocida $\sigma \Rightarrow D_2$ y D_1 b) estimando $\bar{R}/d_2 \Rightarrow D_4$ y D_3

(Meléndez, 2001)

En el cuadro No. 5 se presentan las fórmulas para calcular los límites superior, central e inferior de los gráficos de control para variables.

Cuadro No. 5: Cálculo de los límites de control.

GRÁFICO	LIMITES	CONOCIDO θ	ESTIMANDO θ CON $\hat{\theta}$
	LS	$\mu + A\sigma$	$\bar{x} + A_1 \bar{s}$ \bar{R}
MEDIAS	LC	μ	\bar{x}
	LI	$\mu - A\sigma$	$\bar{x} - A_1 \bar{s}$ \bar{R}
	LS	$B_2 \sigma$	$B_4 \bar{s}$
DESVIACIÓN	LC	$c_2 \sigma$	\bar{s}
	LI	$B_1 \sigma$	$B_3 \bar{s}$
	LS	$D_2 \sigma$	$D_4 \bar{R}$
RANGO	LC	$d_2 \sigma$	\bar{R}
	LI	$D_1 \sigma$	$D_3 \bar{R}$

(Meléndez, 2001)

Los valores de A , A_1 y A_2 (para gráficos de medias), c_2 , B_1 , B_2 , B_3 y B_4 (para gráficos de desviación) y los valores d_2 , D_1 , D_2 , D_3 y D_4 (para gráficos de rango) se encuentran en tablas. (Anexo II)

2. Gráficas de control por atributos.- Se utilizan cuando se trata de controlar una variable aleatoria discreta, por lo tanto clasifica cada unidad de producto como conforme o disconforme, pasa o no pasa, aprobado o rechazado, si o no, etc. según cumpla o no con atributos específicos, o se puede contar el número de

defectos que aparecen en una unidad de producto clasificando. Estas gráficas basan su comportamiento generalmente en la distribución Poisson o la distribución Binomial.

Las gráficas de control por atributos son aplicables a cualquier proceso ya que las variables aleatorias continuas pueden convertirse en discretas en todos los casos, además ayudan a detectar las áreas con problemas o áreas claves en los procesos.

Las gráficas de control por atributos (variables de tipo discreto) son las que se presentan en el Cuadro No. 6, y las consideraciones para su utilización se presentan en el Cuadro No. 7

Cuadro No. 6: Tipos de gráficas de control por atributos.

p	porcentaje de unidades defectuosas los tamaños de las muestras son variables
Np = b	numero de unidades defectuosas los tamaños de las muestras son constantes
c	numero de defectos los tamaños de muestras son constantes
u = d	numero de defectos por unidad los tamaños de muestra son variables

(Meléndez, 2001)

Cuadro No. 7: Consideraciones en la utilización de gráficos de control por atributos.

Característica	P	np (ó b)	c	u
Versatilidad	se aplica en diferentes áreas de trabajo	se aplica en diversas cuestiones	procesos que requieren contabilizar defectos según su importancia	contabilización de defectos considerando que el tamaño de muestra es variable
Muestras	Tamaño variable. 50 o más	Tamaño constante. 50 o más	tamaño constante	tamaño variable
Objetivos	Investigar proporción de defectos. Causas de la mala calidad. determinar un criterio de una habilidad	determinar la media de artículos defectuosos. Diagnóstico de calidad. criterio para contraste	informar sobre número de artículos con defectos no permisibles	determinar la cantidad de defectos por unidad inspeccionada
Presentación	% fracción defectuosa	número de unidades defectuosas	media de número de defectos	media de defectos por unidad inspeccionada

(Meléndez, 2001)

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.

Para cumplir con el objetivo general del presente trabajo fue necesario realizar una investigación bibliográfica acerca de las generalidades del envase para pan (película tubular no metalizada de PEBD).

Se hace énfasis en las funciones de dicho envase y se enlistaron las normas oficiales mexicanas que se aplican a las películas tubulares de polietileno para uso en pan incluyendo las que se refieren a la determinación de sus propiedades.

También se realiza la descripción detallada del proceso de fabricación de películas tubulares de polietileno no metalizadas, y de las características generales del polietileno de baja densidad. Se identifican las fallas en el proceso haciendo una clasificación de éstas y mencionando las causas que las originan.

En base a dichas fallas se determinaron las variables de proceso en la operación de extrusión para la posterior identificación de los puntos críticos de control de proceso.

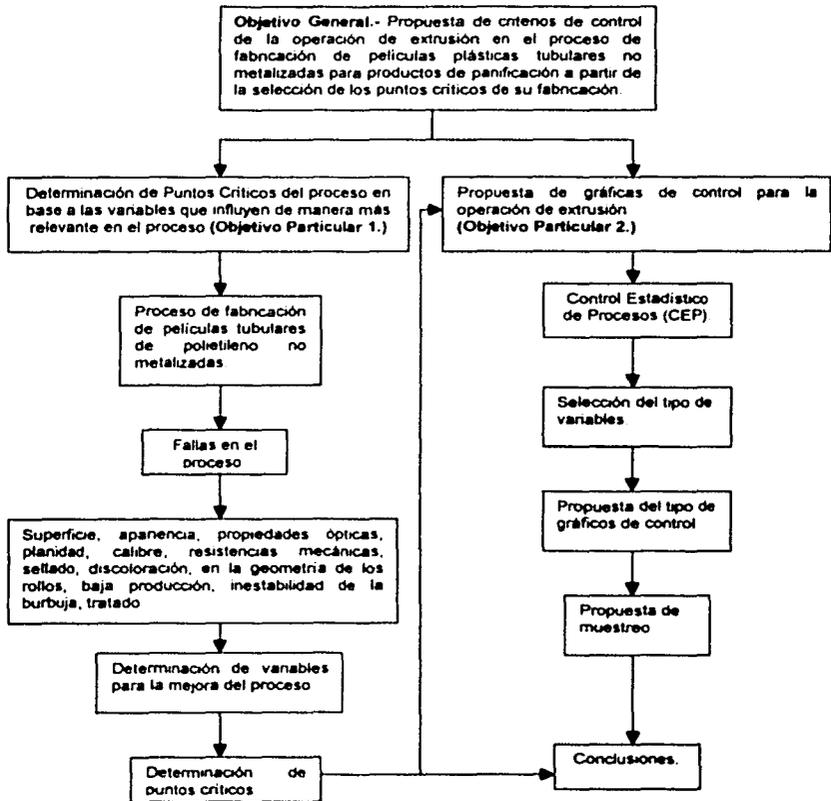
Así mismo, se investigaron generalidades de Puntos Críticos de Control de Proceso (PCC), Control Estadístico de Procesos (CEP) y gráficos de control que serán la base teórica para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

Se identifican los PC en la operación de extrusión del proceso en base a las variables que se considera influyen de manera notable en la calidad del producto.

Y considerando las bases teóricas obtenidas con anterioridad, se determina en tipo de gráficas de control aplicables a las variables seleccionadas, realizando la propuesta de gráficas de control para la operación de extrusión y la propuesta de muestreo para dicho proceso.

En el cuadro metodológico se muestra la secuencia metodológica de este trabajo.

2.1. CUADRO METODOLÓGICO.



CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1. DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS EN EL PROCESO DE LA PELÍCULA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD PARA SU USO EN PAN.

Para la determinación de puntos críticos en el proceso, es necesario identificar las variables con mayor influencia dentro del mismo, la relación entre ellas y las fallas que se originan en la calidad final del producto o durante las etapas posteriores a la operación de extrusión en el proceso de fabricación de la película de PEBD.

En el punto 1.2.2 de este trabajo, se describen las variables en la operación de extrusión y en la figura No. 3 se observa que la temperatura es la variable aleatoria continua con mayor influencia en dicha operación.

La temperatura en la zona de alimentación como en cada zona del extrusor es un punto crítico de control de proceso y es muy importante evitar variaciones en ella, influyen tanto la temperatura del husillo como la del cilindro, ya que si la materia prima alcanza la temperatura de ablandamiento, el equipo puede sufrir atascamiento y disminuir la capacidad de transporte dentro del extrusor ocasionando inestabilidad en el proceso.

En la zona de plastificación es en donde se tiene la mayor influencia de la temperatura en la calidad final de la película tubular de PEBD y en el Cuadro No. 8 se muestran las fallas en la operación de extrusión ocasionadas por la influencia de la temperatura en esta zona.

El aumento en la temperatura interna del husillo permite que se transfiera calor por conducción hacia la resina sin modificar su temperatura, pero si se llega a fundir el material, entonces pierde viscosidad la capa de material que estaba en contacto directo con el husillo, causando alteraciones en la presión y en el flujo dentro del extrusor. En esta zona se aumenta el calor conductivo del cilindro hacia la resina para aumentar la velocidad de plastificación, disminuyendo así la viscosidad lo cual permite una mejora en el mezclado y el proceso se estabiliza.

En la zona de dosificación el aumento de la temperatura incrementa el calor conductivo hacia el plástico, especialmente el cercano a la pared del cilindro. La viscosidad disminuye y el transporte también, éste último a causa de la disminución de la fricción entre el plástico y el cilindro lo cual afecta a la producción que también se ve disminuida.

Cuadro No. 8: Fallas en la operación de extrusión por influencia de la temperatura en la zona de plastificación.

FALLA	DEFECTO	TEMPERATURA EN LA ZONA DE PLASTIFICACIÓN
Superficie	<ul style="list-style-type: none"> × Deslizamiento × Bloqueo 	Alta
Apariencia	<ul style="list-style-type: none"> × Fractura × Geles × Puntas de flecha × Piel de naranja × Carbones 	Baja Alta Alta en zonas muertas** Baja Alta en zonas muertas**
Ópticas	<ul style="list-style-type: none"> × Brillo 	Baja
Resistencias mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> × Baja rigidez 	Alta
Calibre	-----	Alta
Discoloración	-----	Alta
Inestabilidad de la burbuja	-----	Alta
Baja Producción	-----	Alta

** Las zonas muertas son aquellas en las cuales el flujo de material plastificado no es continuo debido a recovecos, esquinas o rugosidades en el interior del extrusor.

Las variables aleatorias continuas al ser interpretadas por medio de gráficas de control, nos ayudan a diagnosticar de manera cuantitativa el comportamiento de la operación de extrusión para la implantación de acciones correctivas y toma de decisiones; y de esta manera disminuir la variación en el proceso, por ello en este trabajo, las temperaturas en las diferentes zonas del extrusor son consideradas como los Puntos Críticos de Control de Proceso dentro de la operación de extrusión.

3.2. PROPUESTA DE GRÁFICAS DE CONTROL PARA EL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PELÍCULAS TUBULARES NO METALIZADAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

Cuando en un proceso se tienen especificaciones en función de variables aleatorias continuas, es decir, características que pueden ser medidas en términos de alguna unidad, se deben usar gráficas de control por variables como herramientas estadísticas para controlar la variabilidad general del proceso. Las más utilizadas son las de promedio \bar{X} , las de rango y las de desviación estándar.

Una gráfica de control se puede considerar como una prueba de hipótesis de que el proceso se encuentra bajo control, y existen algunos factores a considerar para su diseño, como: el costo de muestreo, la tasa de producción, las pérdidas provocadas por exceso de defectos y los costos de investigación por falsas alarmas.

A nivel industrial, las gráficas de control por variables son consideradas desde el punto de vista económico como las más viables pues se reducen significativamente los costos de muestreo (al realizar mediciones durante el proceso sin la necesidad tomar muestras del proceso en sí y tener que regresárlas al mismo o desecharlas debido a que se aplican pruebas destructivas).

La limitante de estas gráficas es que no son aplicables a atributos, es decir, a parámetros de calidad no medibles.

En base a lo anteriormente descrito, se proponen gráficas de control por variables de tipo \bar{X} y $\bar{X} - R$ para el proceso de extrusión de la película tubular de PEBD no metalizada para su uso en pan.

Se propone que la toma de muestra sea realizada en la zona de plastificación en intervalos de tiempo de 20 minutos en cada turno que consta de 8 hrs y al menos con 5 lecturas a intervalos de 2 minutos entre cada una de ellas.

Para la zona de alimentación y dosificación la toma de muestra es propuesta cada 30 minutos en cada turno de 8 hrs y con 5 lecturas a intervalos de 2 minutos entre cada una de ellas.

El registro de los datos se debe llevar a cabo minuciosamente por los operarios en una hoja de registro como la que se muestra en el Cuadro No. 9 y se recomienda construir las gráficas de control de proceso al mismo tiempo en que se van obteniendo los datos para poder analizar el comportamiento del proceso y tomar las medidas pertinentes en caso de ser necesarias.

CONCLUSIONES.

- En el proceso de la película tubular de PEBD no metalizada para uso en pan, se seleccionó a la temperatura en las diferentes etapas de la operación de extrusión como la variable cuya influencia afecta de manera más significativa las características de la película, por lo tanto, las temperaturas son consideradas como los puntos críticos del proceso. Dicha selección se hizo en base a conceptos teóricos (Operación de extrusión, fallas – causas y origen – dentro del proceso) y al análisis de los mismos.
- Los límites de manejo de la temperatura en la operación de extrusión se deben establecer tomando en cuenta las particularidades de la operación y las características de la empresa en la que se aplican como son: tipo de maquinaria y especificaciones, la calidad de la materia prima y operarios. Por ello en este trabajo se propone la aplicación de gráficas de control por variables a la temperatura en cada zona de la operación de extrusión, siendo necesario aplicar los límites de control específicos dependiendo de dichas particularidades de los procesos.

- Para establecer el control estadístico de procesos y realizar una selección adecuada de los puntos críticos de control se tiene que tener un amplio conocimiento del proceso, de sus variables y la influencia de éstas
- Una gran cantidad de fallas en las películas tubulares de PEBD pueden evitarse si se tiene un adecuado control de las temperaturas en la operación de extrusión para lo cual se recomienda implementar el control estadístico de proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arjona, J. L.; (Febrero 2001); "APUNTES DEL SEMINARIO DE TITULACIÓN: ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS - MÓDULO: IMPORTANCIA INDUSTRIAL DEL ENVASE Y EMBALAJE." ; FESC - UNAM; México.
2. BARRAGÁN, F. R.; (1990); "POLIETILENO: TECNOLOGÍA Y PROCESO: PROBLEMAS Y SOLUCIONES."; s. n.
3. Besterfield, D. H.; (1994); "CONTROL DE CALIDAD."; 4ª edición; México.
4. Delgado, N. E.; (1999 - I); "LA FABRICACIÓN DE PELÍCULAS DE POLIETILENO."; www.tecnomaq.com.mx
5. Delgado, N. E.; (1999 - II); "LA PERMEABILIDAD I."; www.tecnomaq.com.mx
6. Delgado, N. E.; (1999 - III); "LA PERMEABILIDAD II."; www.tecnomaq.com.mx
7. Delgado, N. E.; (1999 - IV); "LA IMPRESIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS."; www.tecnomaq.com.mx
8. Feigenbaum, A. V.; (1995); "CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD."; 3ª edición; Editorial CECSA; México.

9. Gutiérrez, M.; (1992); "ADMINISTRAR PARA LA CALIDAD. CONCEPTOS ADMINISTRATIVOS DEL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD."; 2ª edición; Editorial Limusa; México.
10. Hawley; (1993); "DICCIONARIO DE QUÍMICA Y DE PRODUCTOS QUÍMICOS."; Editorial Ediciones Omega; España.
11. Higuera, I. C.; (Marzo – Abril 1995); INDUSTRIA ALIMENTARIA: "HACCP: LAS REGLAS CAMBIAN. ANÁLISIS DE RIESGOS Y CONTROL DE PUNTOS CRÍTICOS DE PROCESOS."; Volumen 17; Numero. 2; México; p: 15 -18.
12. Juran, J. M.; (1992); "MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD."; 2ª edición; Editorial Reverté, col. s. a.; Volumen II.
13. Meléndez, R. P.; (Febrero 2001); "APUNTES DEL SEMINARIO DE TITULACIÓN: ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS - MÓDULO: HERRAMIENTAS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE ENVASE Y EMBALAJE."; FESC - UNAM; México.
14. Meléndez, R. P.; (Junio 1998); "MEMORIAS DEL CURSO: CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA."; FESC - UNAM, ATAM; México.
15. MIRC Asesores S. C.; (2000); "APUNTES DEL CURSO: PROCESO DE EXTRUSIÓN EN PELÍCULAS DE POLIETILENO."; México.

16. Morales, S. Ph. D.; (Marzo – Abril 2000); CARNE TEC. "DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL. PARTE 1 ANTECEDENTES: DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y ANÁLISIS DE RIESGOS."; p: 40 – 45.
17. Núñez, J. F. E.; (Octubre – Noviembre 2000); LACTEOS Y CÁRNICOS MEXICANOS. "GUÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PLAN ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP) PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPACADORA DE PRODUCTOS CÁRNICOS."; Alfa Editores Técnicos, S.A. de C.V.; México; p: 18 – 28.
18. Rodríguez, T. J. A.; (Enero 2001); ENVASE Y EMBALAJE "INTERACCIONES ALIEMENTO – ENVASE."; México; p: 2 – 5.
19. Rodríguez, T. J. A.; (1997); "MANUAL DE INGENIERÍA Y DISEÑO DE ENVASE Y EMBALAJE PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS, FARMACÉUTICA Y COSMÉTICOS."; 3ª edición; Editorial Packaging Ingeniería en Envase y Embalaje; México.
20. Sacharow, S.; (1980); "PRINCIPLES OF FOOD PACKAGING."; 2ª edición, Publishing Company; E.U.A.
21. Vasavada, P.; (Agosto 1995); ALIMENTOS PROCESADOS. "REVISIÓN DEL HACCP, EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL."; Volumen 14; Numero 8; p: 40 – 44.

ANEXO I



SECRETARIA DE COMERCIO

Y

FOMENTO INDUSTRIAL

NORMA MEXICANA

NMX-EE-207-1986

**ENVASE - PELICULA DE POLIETILENO PARA ENVASAR PAN
DE CAJA Y BOLLERIA - ESPECIFICACIONES**

*PACKING - POLYETHYLENE FILM TO PACK BOX BREAD AND
ROLLS - SPECIFICATIONS*

DIRECCION GENERAL DE NORMAS

PREFACIO

En la elaboración de esta Norma participaron las Empresas Organismos siguientes:

- ASOCIACION MEXICANA DE ENVASE Y EMBALAJE
- CELANESE MEXICANA, S.A.
- CELLOPRINT, S.A. DE C.V.
- CYDSA
División Películas y Empaques
- CONASUPO
Dirección Empresas Industriales
- CONTINENTAL DE ALIMENTOS, S.A. DE C.V.
- CONVERFLEX, S.A.
- GRAMINEAS NACIONALES, S.A. DE C.V.
- KLADT SOBRINO DE MORELOS, S.A. DE C.V.
- LABORATORIOS NACIONALES DE FOMENTO INDUSTRIAL
- ORGANIZACION BIMBO
- PASTELERIA Y PANIFICADORA TREVI, S.A. DE C.V.

INDICE

CAPITULO

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2. REFERENCIAS
3. DEFINICIONES
4. CLASIFICACION
5. ESPECIFICACIONES
6. MUESTREO
- 7 METODOS DE PRUEBA
8. EMBALAJE
9. BIBLIOGRAFIA
10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

ENVASE - PELICULA DE POLIETILENO PARA ENVASAR PAN DE CAJA Y
BOLLERIA - ESPECIFICACIONES

PACKING - POLYETHYLENE FILM TO PACK BOX BREAD AND ROLLS -
SPECIFICATIONS

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de la película de polietileno utilizada en la fabricación de bolsas para envasar pan de caja y bollería (productos con periodo de rotación corto)

1.2 Las especificaciones establecidas en esta Norma sobre la película de polietileno son aplicables también a la película que se utiliza para envasar tortillas

2 REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

- NOM-E-003 Plásticos - Películas lisas - Determinación del espesor.
- NOM-E-004 Plásticos - Densidad relativa absoluta - Determinación.
- NOM-E-005 Plásticos - Películas - Determinación de las propiedades de tracción.
- NOM-E-077 Plásticos - Brillo superficial - Determinación.
- NOM-E-082 Plásticos - Determinación de la resistencia a la tensión.
- NOM-E-112 Agricultura - Plásticos - Determinación de la resistencia al rasgado de las películas de plástico y laminado.
- NOM-EE-059 Envase y Embalaje - Símbolos para manejo, transporte y almacenamiento
- NOM-EE-113 Envase - Plástico - Películas Flexibles - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua y gases.
- NOM-EE-136 Envase y Embalaje - Plástico - Terminología
- NOM-EE-142 Envase y Embalaje - Plástico - Acondicionamiento de materiales plásticos
- NOM-EE-143 Envase - Películas Plásticas - Determinación de la resistencia del sellado a la tensión

- NOM-F-228 Etiquetado o Rotulación de Alimentos y Bebidas.
- NOM-Z-009 Símbolo "HECHO EN MEXICO".
- NOM-Z-012 Método de muestreo para la inspección por atributos.

3 DEFINICIONES

Para efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones:

- 3.1 Película.- Material cuyo espesor es no menor o igual 0.0254 mm (0.001 in) y no mayor o igual a 0.0762 mm (0.003 in).
- 3.2 Polietileno.- Plástico formado por la polimerización del etileno como monómero básico.
- 3.3 Películas de Polietileno.-Las de espesor nominal inferior o igual a 0.0254 mm (0.001 in), compuestos principalmente por polímeros de etileno (mínimo 85% de etileno).
- 3.4 Gramaje - Es el peso de un área determinada de material, el cual se expresa en g/m².

Para otra definiciones relacionadas con esta Norma, se debe consultar la NOM -EE-136 (véase 2).

NOTA: En lo sucesivo "Película de polietileno para envasar pan de caja y bollería", se denominará "Película de polietileno".

4 CLASIFICACION

La película de polietileno empleada en la fabricación de bolsas para envasar pan de caja y bollería, se clasifica de acuerdo a su densidad en polietileno de baja densidad.

5 ESPECIFICACIONES

5.1 Del material

El polietileno empleado en la fabricación de bolsas para envasar pan de caja y bollería, debe ser polietileno de baja densidad; sus propiedades y características se establecen en la Tabla 1.

TABLA I
 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA PELÍCULA DE
 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

GENERALES	
Densidad g/cm ³	0.910 - 0.925
Espesor mm (in)	0.0254 - 0.0762 (0.001 - 0.008)
Claridad	Transparente a translúcida
Rendimiento sin impresión (1 mil ²)g/m ² (Gramaje)	24 - 72
MECANICAS	
Resistencia a la tensión Kg/cm ²	70.8 - 246
Alargamiento %	200 - 500
Resistencia al impacto Kg/cm	7 - 11
Resistencia al rasgado g/mil ²	100 - 400
Condiciones de sellado.	
× Temperatura °C (°F)	248 - 320 (120 - 160)
× Tiempo (s)	0.5
× Presión Kg/cm ² (lb/in ²)	2.109 - 2.591 (30 - 60)
Edsura (uniformidad de calibre)	± 10%
FISICOQUÍMICAS	
WVTR g/m ² /24 h a 38°C y 80% HR	30 - 35
Transmisión de gases O ₂	4000 - 8000
MI/mil ² /m ² /24 h/1 atm/25°C, 50%HR	

Nota: 1 mil* (0.001 in espesor).

5.2 Apariencia.

La película de polietileno debe estar libre de burbujas, motas, arrugas, ojos de pescado, partículas extrañas, agujeros u otros defectos que afecten su uso.

5.3 Bloqueo (adherencia entre películas)

La película de polietileno no debe presentar adherencias entre película y película.

5.4 Condiciones Sanitarias

La película de polietileno no debe presentar olor a solventes, tintas, ceras del polietileno o aditivos. Además no debe impartir sabor, ni olor al producto envasado, de acuerdo a lo que establece la Secretaría de Salud.

6 MUESTREO

6.1 Cuando se requiera un muestreo de la película de polietileno empleada en la fabricación de bolsas para envasar pan de caja y bollería, éste podrá ser establecido de común acuerdo entre fabricante y comprador, recomendándose la aplicación de la NOM -Z-012 (véase 2).

6.2 Para efectos oficiales, el muestreo estará sujeto a la legislación y disposiciones de la Dependencia Oficial correspondiente.

7 METODOS DE PRUEBA

7.1 Para la verificación de las especificaciones que establece esta Norma, se deben aplicar las Normas Oficiales Mexicanas de Métodos de Prueba que se indican en el capítulo de referencias (véase 2)

7.2 Determinación del gramaje (Método Ponderal)

7.2.1 Aparatos

- a) Balanza analítica.
- b) Cortador de muestras de 100 cm² y bisturí, u otro dispositivo, para corte preciso de áreas determinadas.

7.2.2 Preparación de las muestras

Las muestras deben ser acondicionadas previamente, conforme a lo establecido en la NOM -EE-142 (véase 2).

7.2.3 Procedimiento

- a) Cortar cuatro muestras de 100 cm² a partir de aproximadamente 2.5 cm del borde de la hoja. Las dimensiones deberán tener una precisión de 0.5 mm.
- b) Pesar cada muestra con aproximación de 1.0 mg.

7.2.4 Cálculos

Calcular el valor promedio de las cuatro muestras pesadas y expresar el resultado en g/m²

$$g/m^2 = \text{valor promedio (g)} \times 100$$

7.2.5 El informe deberá contener las características de la película probada y el gramaje expresado en g/m².

7.3 Determinación de la lisura (uniformidad del calibre).

7.3.1 Aparatos e instrumentos

- a) Mesa con una superficie plana de 275 cm, mínimo, de longitud y 15 cm más ancha que la película de prueba. Sobre ésta se traza, a lo largo, una línea recta y perpendicularmente a esta línea, se trazan dos líneas paralelas, separadas entre sí exactamente 254 cm.
- b) Cuchilla
- c) Regla de bordes rectos
- d) Cepillo suave

7.3.2 Procedimiento

- a) Se desenrolla la película que se va a probar y se corta un pedazo de aproximadamente 280 cm. de longitud. Se extiende la muestra sin tensión sobre la mesa y se ajusta de tal manera que sus bordes sean paralelos con la línea trazada longitudinalmente y sus extremos cubran las dos líneas paralelas. Se nivela la muestra con el cepillo y se verifica su alineamiento.
- b) Se corta la muestra a una longitud de 254 cm utilizando la cuchilla, la regla de bordes rectos y las líneas paralelas como guías. De ambos extremos, del centro y de cualquier otra sección que presente desigualdades, se cortan tiras de 50.8 mm de ancho. Se mide la longitud de las tiras estrándolas mediante tensión suficiente para eliminar arrugas y ondas. La variación de esta longitud medida contra la original de 254 cm, refleja la desviación de la ondulación.

7.3.3 Cálculos

La lisura, expresada en porcentaje, es la variación en centímetros de la longitud original de 254 cm.

7.4 Determinación de la resistencia y/o anclaje de tintas.

7.4.1 Prueba de la cinta adhesiva (scotch tape)

7.4.1.1 Procedimiento.

- a) Verifique la resistencia y/o anclaje de tintas impresas en la película depolietileno, utilizando una tira de cinta adhesiva (scotch tape), adhiera la cinta a la película de polietileno y luego despréndala de un jalón.
- b) Las tintas no deben desprenderse cuando la película impresa se frote entre los dedos

- c) La tinta impresa no deberá descarpelarse ni desprenderse de la superficie de la película de polietileno

8 EMBALAJE

8.1 La película de polietileno objeto de esta norma, se debe embalar según acuerdo entre fabricante y cliente, en bolsas o cajas de material adecuado que tengan la debida resistencia y que ofrezcan la protección necesaria a la película de polietileno, para impedir su deterioro, a la vez que faciliten su almacenamiento, transporte y manejo.

9 BIBLIOGRAFIA

INCOTEC 870 - 1975

Películas de polietileno - Determinación de la lisura y el espesor, Colombia

Modern Packaging Encyclopedia and Planning Guide

1972 - 1973

Specifier's guide - Materials.

ITAL. Instituto de Tecnología de Alimentos.

Campinas - Setembro de 1978.

Técnicas de Laboratorio de embalagens para alimentos.

Embalagens Flexíveis.

Método No. 5

Determinação de gramatura de materiais flexíveis

(Método Ponderal).

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial

Dirección General de Normas

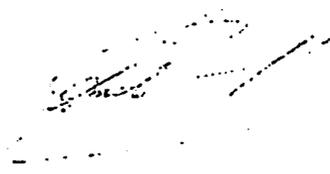
"Acuerdo que fija los contenidos netos, tolerancias e información comercial de las presentaciones de pan de caja blanco e integral". Firmado y aprobado el 27 de Noviembre de 1984. No publicado en el Diario Oficial a la fecha.

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

No se puede establecer concordancia por no existir referencia en el momento de la elaboración de la presente.

México, D.F., Noviembre 17, 198

DIRECTORA GENERAL DE NORMAS



LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO

ANEXO II

TABLA PARA CÁLCULO DE LÍMITES DE CONTROL PARA VARIABLES.

n	x			S				R					
	A	A ₁	A ₂	C ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.1213	3.7599	1.8806	0.5642	0	1.8429	0	3.2664	1.128	0	3.687	0	3.2686
3	1.7321	2.3937	1.0231	0.7236	0	1.8583	0	2.5682	1.693	0	4.357	0	2.5735
4	1.5000	1.8799	0.7285	0.7979	0	1.8079	0	2.2659	2.059	0	4.699	0	2.2822
5	1.3416	1.5959	0.5768	0.8407	0	1.7567	0	2.0895	2.326	0	4.918	0	2.1144
6	1.2247	1.4100	0.4833	0.8686	0.0261	1.7111	0.0300	1.9700	2.534	0	5.078	0	2.0039
7	1.1339	1.2766	0.4193	0.8882	0.1045	1.6719	0.1176	1.8824	2.074	0.205	5.203	0.0758	1.9242
8	1.0607	1.1750	0.3726	0.9027	0.1670	1.6384	0.1850	1.8150	2.8447	0.387	5.307	0.1359	1.8641
9	1.0000	1.0942	0.3367	0.9139	0.2189	1.6089	0.2395	1.7605	2.970	0.546	5.394	0.1838	1.8162
10	0.9487	1.0382	0.3082	0.9227	0.2612	1.5842	0.2830	1.7170	3.078	0.687	5.469	0.2232	1.7768
11	0.9045	0.9726	0.2851	0.9300	0.2994	1.5606	0.3219	1.6781	3.173	0.812	5.534	0.2559	1.7441
12	0.8660	0.9253	0.2658	0.9359	0.3302	1.5416	0.3529	1.6471	3.258	0.924	5.592	0.2836	1.7164
13	0.8321	0.8842	0.2494	0.9410	0.3593	1.5227	0.3818	1.6182	3.336	1.026	5.646	0.3076	1.6924
14	0.8018	0.8482	0.2353	0.9453	0.3842	1.5064	0.4064	1.5936	3.407	1.121	5.693	0.3290	1.6710
15	0.7746	0.8162	0.2231	0.9490	0.4062	1.4918	0.4281	1.5719	3.472	1.207	5.737	0.3476	1.6524
16	0.7500	0.7876	0.2123	0.9523	0.4273	1.4773	0.4487	1.5513	3.532	1.285	5.779	0.3638	1.6362
17	0.7276	0.7618	0.2028	0.9551	0.4446	1.4656	0.4655	1.5345	3.588	1.359	5.817	0.3888	1.6212
18	0.7071	0.7384	0.1943	0.9576	0.4606	1.4546	0.4810	1.5190	3.640	1.426	5.854	0.3918	1.6082
19	0.6882	0.7170	0.1866	0.9599	0.4765	1.4433	0.4964	1.5036	3.689	1.490	5.888	0.4039	1.5961
20	0.6708	0.6974	0.1796	0.9619	0.4900	1.4338	0.5094	1.4906	3.735	1.548	5.922	0.4145	1.5855
21	0.6547	0.6792	0.1733	0.9638	0.5042	1.4234	0.5231	1.4769	3.778	1.606	5.950	0.4251	1.5749
22	0.6396	0.6625	0.1675	0.9655	0.5170	1.4140	0.5354	1.4646	3.819	1.659	5.979	0.4344	1.5656
23	0.6255	0.6469	0.1621	0.9670	0.5278	1.4062	0.5458	1.4542	3.858	1.710	6.006	0.4432	1.5568
24	0.6124	0.6324	0.1572	0.9684	0.5385	1.3983	0.5561	1.4439	3.895	1.759	6.031	0.4516	1.5484
25	0.6000	0.6188	0.1526	0.9696	0.5467	1.3925	0.5638	1.4367	3.931	1.804	6.058	0.4589	1.5411

70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN