



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS:

PROPUESTA DE UN METODO DE CONTROL ESTADISTICO
PARA UN PROCESO DE ELABORACION DE ENVASES DE
PLASTICO PET DE AGUA PURIFICADA.

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

TEMILOTZIN PEDRAZA CATALAN

ASESORA I A ROSALIA MELENDEZ PEREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2001.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AV. FRENTE A H
MEXICO

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: Propuesta de un Método de Control

Estadístico para un Proceso de Elaboración de Envases de Plástico

PET de Agua Purificada.

que presenta el pasante. Temilotzín Pedraza Catalan

con número de cuenta: 9656631-2 para obtener el título de :

Ingeniero 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 14 de Mayo de 2001

MODULO

PROFESOR

FIRMA

II

I.A. Rosalía Melendez Pérez

II

I.B.Q. Jaime Flores Minúti

IV

Dr. José Luis Ruíz Guzman.

A mis Padres.

Por haberme inculcado que la educación es el único camino hacia la superación, por el apoyo y comprensión, pero sobre todo por su Amor

A mis hermanos.

Por el apoyo incondicional, su comprensión y sobre todo por el impulso que siempre me dieron, por haberme enseñado a perseverar ante cualquier situación, por darme el privilegio de recibir educación.

A mis padres y hermanos, por el cariño, la admiración y respeto que les tengo les dedico esta tesis

A mis profesores e invitados del seminario.

Por sus conocimientos y experiencias compartidas

A mi asesora Ing. Rosalía Meléndez Pérez.

Por su paciencia y atención, pero sobre todo por los conocimientos y sugerencias aportados

A mis profesores de la carrera Ingeniería de Alimentos.

Por compartir sus conocimientos

A mis amigos.

Por su amistad incondicional y por su apoyo en los momentos más difíciles de la carrera

A la U N A M.

Por haberme dado la oportunidad cumplir este objetivo en la FES Cuautitlan,
Campo 1

INDICE:	Pagina
Resumen	04
Introducción	06
Objetivos: GENERAL	07
PARTICULARES	07
CAPITULO 1 ANTECEDENTES DE LOS ENVASES DE PLASTICO.	08
1 1 Definición de polímeros plástico	10
1 2 Envases para alimentos líquidos.	11
1 2 1 Elaboración de envases de plástico	12
1 2.1.1 Extrusión	14
1 2 2 Moldeo por soplado, Extrusión-soplado e inyección- soplado.	15
1 2 3 Elaboración de envases Pet (método de inyección-soplado).	18
1.2 4 Características y especificaciones de fabricación de envases PET	21
1 2 5 Diagrama de bloques de elaboración de envases de PET (Propuesto), esquemas y variables involucradas.	23
1.3 Importancia del envase de PET para el agua purificada	25
1.4 Identificación de puntos críticos de proceso de elaboración de envases de plástico PET	26
1.5 Control estadístico de proceso	27
1.5.1 Gráficos de control para variables y atributos.	28
CAPITULO 2 METODOLOGÍA	35
2 1 Descripción de cuadro metodológico.	36
CAPITULO 3 PROPUESTA DE MÉTODO DE CONTROL	39
3.1 Análisis de la propuesta	43
CONCLUSIÓN	45
BLIBLIOGRAFÍA	

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Cuadro 1. Fechas de aparición de los diferentes plásticos.	08
Cuadro 2. Aspectos generales de los envases para bebidas	11
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de los procesos de inyección-soplado	18
Cuadro 4. Propiedades Termoplásticos de poliéster PET	20
Cuadro 5. Especificaciones que debe de cumplir un envase de PET.	22
Cuadro 6 Principales variables involucradas en proceso de elaboración de envases de PET.	24
Cuadro 7. Formulas para cálculos en función del tipo de proceso.	32
Cuadro 8. Formulas par cálculo de límites de control.	32
Cuadro 9. Hoja de registro o verificación para gráficos de control.	34
Cuadro 10. Metodología.	35
Cuadro 11. Hoja de verificación de temperaturas (Propuesta).	41
Figura 1. Partes principales de un extrusor y secciones en que se divide.	14
Figura 2. Moldeo por extrusión soplado.	16
Figura 3. Proceso de soplado en una etapa o de AOKI.	19
Figura 4. Proceso de inyección soplado en dos etapas o de Nissei.	19
Figura 5. Diagrama de flujo de la elaboración de envases de PET para agua.	23
Figura 6. Etapas del diagrama de flujo del proceso la elaboración de Envases de PET y condiciones de operación	24

RESUMEN

Actualmente el plástico es uno de los materiales que más se emplea en la industria de envases y embalaje, debido a las características que presenta, como resistencia mecánica, estabilidad al ataque químico, ligereza, etc, lo cual le permiten a un envase cumplir perfectamente con las funciones para las que fue diseñado, y para lograr lo anterior en un envase de plástico, su proceso de fabricación debe de ser lo más controlado posible.

Por eso es importante conocer algunos antecedentes acerca de envases y comprender algunos conceptos de probabilidad y estadística, razón por la que el primer capítulo de este trabajo parte de los antecedentes históricos con la finalidad de mostrar las diferentes etapas del desarrollo de los polímeros plásticos, que sirven como una referencia para los envases elaborados con polietileno tereftalato (PET), posteriormente, abordamos algunos aspectos generales de los envases para alimentos líquidos y los materiales utilizados. También en este mismo capítulo se hace una breve explicación de algunos procesos de fabricación de envases haciendo énfasis en el proceso inyección-soplado ya que es el que se utiliza en la fabricación de botellas de plástico para bebidas y en el identificamos las variables involucradas con las que determinamos los puntos críticos, con los cuales se realiza una propuesta de un método de control estadístico para un proceso de elaboración de envases de plástico para agua purificada.

Para seleccionar adecuadamente un envase es importante también tomar en cuenta la compatibilidad del envase y el producto a contener.

Considerando los aspectos antes mencionados, se concluye que la temperatura de fusión de la resina plástica durante la extrusión en el proceso de fabricación de botellas de plástico PET es un punto crítico.

En el segundo capítulo se plantea el cuadro metodológico en el que se muestra la secuencia que se sigue para lograr el objetivo general planteado inicialmente, además de la descripción de cada uno de los elementos que la conforma.

Finalmente el capítulo tres describe la propuesta de un método de control estadístico para un proceso de elaboración de envases de plástico PET para agua purificada, y en seguida se realiza el análisis de dicha propuesta

INTRODUCCIÓN.

Hoy en día existe una gran variedad de envases para alimentos, elaborados con materiales y características diferentes como vidrio, cartón, hojalata, aluminio, plástico o combinaciones de estos, donde su uso dependerá de la compatibilidad del producto a contener y sus características.

Los envases plásticos pueden ser flexibles, en forma de películas o laminados con otros materiales (cartón, aluminio, etc.) y rígidos como los contenedores en forma de frascos o botellas para aceites, solventes, bebidas alcohólicas, carbonatadas, no carbonatadas y hasta para agua purificada, esta última ha experimentado una creciente demanda en el mercado de la industria de las bebidas, tal aceptación se debe principalmente a las ventajas que representa la botella de plástico PET para este producto, ya que permite garantizar la calidad sanitaria del producto al transportarlo y comercializarlo con un mínimo de riesgos de alteración, además de su buena resistencia a los impactos, pues no se fractura como los envases de vidrio.

Sin embargo los envases de plástico como el PET de resina pura, pueden presentar problemas, como el fenómeno de migración de componentes no poliméricos residuales que pueden migrar hacia el producto, afectándolo al impartirle sabores, olores, colores extraños o acelerar su deterioro y este problema puede tener su origen durante la fabricación de envases.

Por lo que en este trabajo se pretende analizar que factores influyen durante el proceso de elaboración de un envase de plástico para agua y que defectos puede producir en la calidad final del mismo, pero también es importante tomar en cuenta con que elementos ó herramientas se pueden controlar dichos factores.

En nuestro caso particular, se ha considerando la aplicación de gráficos de control ya que con esta herramienta podemos determinar si el comportamiento de un proceso se mantiene en un nivel aceptable de calidad o si este sufre ciertas desviaciones debido a fuentes de variación poco importantes e incontrolables o que estas, puedan ser a partir de fallas en el proceso.

OBJETIVO GENERAL

Proponer un método de control estadístico de proceso, en base a los puntos críticos de un proceso de elaboración de envases de plástico para agua purificada en presentación de $\frac{1}{2}$ l, con el fin de reducir al mínimo defectos que disminuyan su funcionalidad y que pudieran poner en riesgo la calidad del producto contenido

OBJETIVO PARTICULAR 1

Determinar los puntos críticos de un proceso de elaboración de envases de plástico PET de $\frac{1}{2}$ l para agua purificada, seleccionando las etapas que podrían influir en la calidad final del envase.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Proponer los gráficos de control más adecuados para los puntos críticos en un proceso de elaboración de envases de plástico PET para agua purificada en presentación de $\frac{1}{2}$ l, en base a los puntos críticos identificados

CAPITULO 1. ANTECEDENTES DE LOS ENVASES PLÁSTICOS.

El primer plástico se produjo en el año de 1860 en los Estados Unidos, y se le llamó celuloide, así, sucesivamente a lo largo de los años se fueron desarrollando varios materiales plásticos en todo el mundo, como puede verse en el cuadro No1 donde se presentan en orden cronológico

Cuadro 1. Fechas de aparición de diferentes plásticos.

Fecha	Plástico
1909	Bakelita
1912	Acetato de celulosa
1919	Polímeros de acetato vinílico o películas fotográficas
1930	Poliétileno
1933	Cloruro de polivinilo
1950	Polipropileno
1956	Policarbonatos
1960	Copolímeros
1962	Poliámidas
1963	Elastómeros
1967	Poliésteres termoplásticos
1974	Poliétilen tereftalato
1978	Poliarilatos
1982	Resinas poli térmicas

(Bodini G 1992)

No todos los materiales plásticos presentados en el cuadro 1 se emplean para envases, y solamente se menciona a los principales, pero nos sirve como referencia ya que observamos que el PET es uno de los últimos materiales desarrollado, aunque inicialmente se producía en forma de fibras y películas, posteriormente se empleo en envases de botellas y frascos, desplazando al PVC y al vidrio, principalmente por las propiedades que presenta, como transparencia, buena resistencia mecánica y química, además de su peso ligero por ejemplo mientras que la "botella de vidrio de 500 ml" pesa 600 gr. la de Pet no supera los 80 gr (Plásticos Modernos 1998)

Estas son algunas de las razones que han dado gran aceptación al PET en la industria de envases.

Como un ejemplo de la creciente demanda de este material, algunas estimaciones del mercado mundial de PET, la industria de envases debe importar cerca de 7 millones de toneladas como materia prima para envases, y precisamente en este segmento se pronostican tasas de crecimiento extraordinarias para los próximos años, pues se estima que en el año 2005, el mercado mundial de PET para envases ascenderá a 15 millones de toneladas lo equivaldría a un crecimiento anual del 18 por ciento *(Plásticos Modernos 1998)*

Otro ejemplo de la creciente demanda del PET es de la empresa Shell Chemicals, uno de los principales proveedores mundiales del material de que se hacen las botellas, apuesta por el PET y su crecimiento, dicha empresa está construyendo en diversos puntos del mundo, nuevas instalaciones o ampliando la capacidad de producción actual. Junto con los centros de producción en el Reino Unido, Estados Unidos y México, Shell tenía a finales de 1997 una capacidad de producción de 600,000 toneladas de PET *(Plásticos Modernos 1998)*

Por otra parte es importante señalar que tanto el PET y otros materiales plásticos empleados en la industria de envases también tienen desventajas pues en estado puro puede presentar problemas, como el fenómeno de migración de componentes no poliméricos que comprenden residuos de polimerización (monómeros, oligómeros, catalizadores, solventes de polimerización, entre otros) y aditivos (estabilizantes, antioxidantes, lubricantes, plastificantes, agentes antibloqueo, deslizantes, pigmentos, cargas, etc.) que en algún momento pudieran migrar hacia el producto con el que tiene contacto directo, y que pueden dar sabores, olores, colores e inclusive acelerar el deterioramiento del producto. *(Anast A. 1998)*

1.1 Definición polímero plástico.

Es importante definir que es un polímero plástico, pues son las unidades básicas de las que están constituidos los materiales plásticos

Un polímero se puede definir como una molécula muy grande formada a partir de muchas moléculas pequeñas llamadas monómeros, la mayoría de los polímeros están constituidos por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

Generalmente a los plásticos se les clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en dos grupos principales los termoplásticos y termofijos.

- A) Termoplásticos.- Son polímeros plásticos que pueden ser transformados en diferentes procesos varias veces, como en caso del PET, pero debe de tomarse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina.
- B) Termofijos - Son polímeros plásticos que puede ser fundidos y moldeados mientras están calientes, pero que no pueden ser ablandados por el calor y moldeados de nuevo una vez que han fraguado. *(Maquita J 2001)*

Estos polímeros plásticos pueden ser obtenidos por varios procesos de manufactura, sin embargo los que más se han utilizado son adición y condensación:

1 - Polimerización por adición: Se realiza a partir de un monómero como materia prima, que al unirse forma largas cadenas poliméricas. *(Morton-Jones 1999)*

2.- Polimerización por condensación: Consisten en hacer reaccionar dos moléculas para formar el polímero además de generar productos secundarios como vapor de agua, ácidos, etc los cuales tienen que ser eliminados posteriormente. *(Bodini G 1992)*

1.2 Envases para alimentos líquidos

Existen varios tipos de envases para alimentos líquidos con diferentes características que les confieren diversas propiedades, en el cuadro 2 se muestran a grandes rasgos.

Cuadro 2. Aspectos generales de los envases.

Tipo de envase	Material	Características	Aplicaciones	Ventajas	Desventajas
Botellas	Vidrio	Transparente Rígido, frágil, Pesado, Buena resistencia física y química.	Bebidas carbonatadas y no carbonatadas, alcohólicas, jugos y néctares.	Con buena resistencia a la presión interna, compresión tensión, a los cambios de temperatura, e impermeable	Baja resistencia al impacto. Alto costo de producción con respecto a envases de otros materiales.
Botella	Plástico	Transparente Flexible, ligero, buena resistencia física y química. Inestable ha la variación de temperatura.	Bebidas carbonatadas y no carbonatadas, Jugos, bebidas alcohólicas, agua purificada etc..	Con buena resistencia a la presión interna, tensión, rasgado etc. en función del tipo de plástico o de varios, buena resistencia al impacto. Bajo costo de producción con respecto de otros envases y su tendencia de uso va en aumento .	Baja resistencia a las altas temperatura, pues sufren deformaciones.
Envase de cartón	Cartón laminado con plástico, con / sin aluminio	Ligero, flexible, no transparente, buena estabilidad y variación de temperatura y a la acción química	Jugos, y bebidas lácteas etc.	Buena permeabilidad a los gases y al paso de la luz en función del tipo de película plástica.	Con baja resistencia a la presión interna, tensión, rasgado, baja resistencia al impacto. Sin películas plásticas absorben mucho humedad
Latas y películas laminadas	Aluminio	Flexible, no transparente, recubierto con laca.	Bebidas carbonatadas y no carbonatadas, alcohólicas.	Impermeable a los gases y al paso de la luz, buena resistencia mecánica cuando está lleno.	En el diseño del envase al tratar de destapar se llega a romper la tapa.
Latas	Hojalata	Rígido, recubierto con laca, estable a los cambios de temperatura y acción química.	Su uso en bebidas actualmente es casi nulo, y se utiliza mas en conservas	Impermeable a los gases y al paso de la luz, buena resistencia mecánica.	Se considera de alto costo en comparación con otros envases, para bebidas.

En el cuadro 2 se ilustra como cada envase de tiene diferentes ventajas y desventajas funcionales dependiendo del material con el que está hecho, sin embargo ningún envase de material específico puede desplazar totalmente a otro diferente, hay que mencionar que existen factores como el precio y preferencias del consumidor, que pueden o no marcar la tendencia de uso.

1.2.1. Elaboración de envases de plástico.

Existen varias técnicas de fabricación de envases de plástico pero no necesariamente todas son utilizadas para la producción de botellas ya que algunas son aplicadas en la fabricación de envases para alimentos sólido o semisólidos e inclusive algunas de estas técnicas se aplican en la fabricación de productos muy diferentes, por ejemplo amazones de aparatos electrodomésticos, aislantes, y otros artículos. Estas técnicas son:

- Moldeo por extrusión-soplado
- Moldeo por Inyección -Soplado
- Termo formación
- Moldeo por inyección.

(Morton-Jones 1998)

A continuación se describen brevemente cada una resaltando solamente sus diferencias más significativas.

• **Moldeo por extrusión-soplado:** Esta técnica puede ser continua o intermitente y es muy utilizado en la producción de botellas pequeñas de aproximadamente 6 onzas. Emplea múltiples tamaños de moldes y para el soplado puede emplear aire, CO₂ o una mezcla de gases con presiones de 50 a 150 Psi dependiendo del envases que se vaya a producir. Este método se emplea para extrusión de PVC, y polietileno entre otros materiales.

(Agassant. J.F 1992)

El procedimiento de la técnica consiste en la formación de un tubo semifundido que se atenaza entre dos mitades de un molde y se inyecta aire para llenarlo, luego es enfriado con el envase ya formado en interior para que este solidifique

rápidamente mientras está aún bajo la presión del aire y este obtenga la forma del molde. *(Morton-Jones 1998)*

- **Termo formación:** Con este método se producen envases de diferentes formas que no necesariamente son botellas, y por lo común se emplean láminas de polímeros obtenidos por extrusión, que son calentadas hasta que se reblandecen y luego se someten a deformación mediante una fuerza que se aplica al molde donde se enfría. La técnica más común para deformar láminas reblandecidas por calor, se basa en la disminución de presión de un lado para que la presión atmosférica deforme la lámina del otro lado

- **Moldeo por inyección:** Como su nombre lo indica se basa en la inyección de un polímero fundido en un molde cerrado y frío donde se solidifica para dar el producto el cual es recuperado al abrir el molde. *(Morton-Jones 1998)*

- **Moldeo por inyección-soplado:** Esta técnica en años recientes adquirió importancia en la producción de envases para bebidas carbonatadas y no carbonatadas, y esta difiere de la extrusión –soplado en el que se usa una preforma moldeada por inyección en vez de utilizar un producto intermedio directamente.

Como su nombre lo indica, se inyecta la resina fundida dentro de una cavidad o molde que enfría muy rápido al polímero y lo lleva a su estado amorfo, posteriormente el parísón es calentado hasta justo por encima de su temperatura de transición vítrea y se estira por soplado. *(Morton-Jones 1998)*

La finalidad de describir en forma breve cada una de estas técnicas es mostrar la importancia que tienen en la industria de envases plásticos y cual de ellas es utilizada en la producción de botellas para bebidas, como son los casos de Inyección-soplado y extrusión-soplado.

Por otra parte es importante mencionar que en estos procesos de fabricación una de las etapas fundamentales es la extrusión, que más adelante se describe.

1.2.1.1 Extrusión

Extrusión es la acción de forzar por medio de presión, a pasar a través de un dado o boquilla un material fundido, en este caso plástico. En el proceso moderno se utilizan tornillos para hacer fluir al polímero en el estado fundido o gomoso a lo largo de la camisa de la maquina, también se utilizan maquinas con tornillos gemelos cuando se requiere una mezcla. En la figura 1 se presentan las principales partes de un extrusor y la secciones en las que se divide.

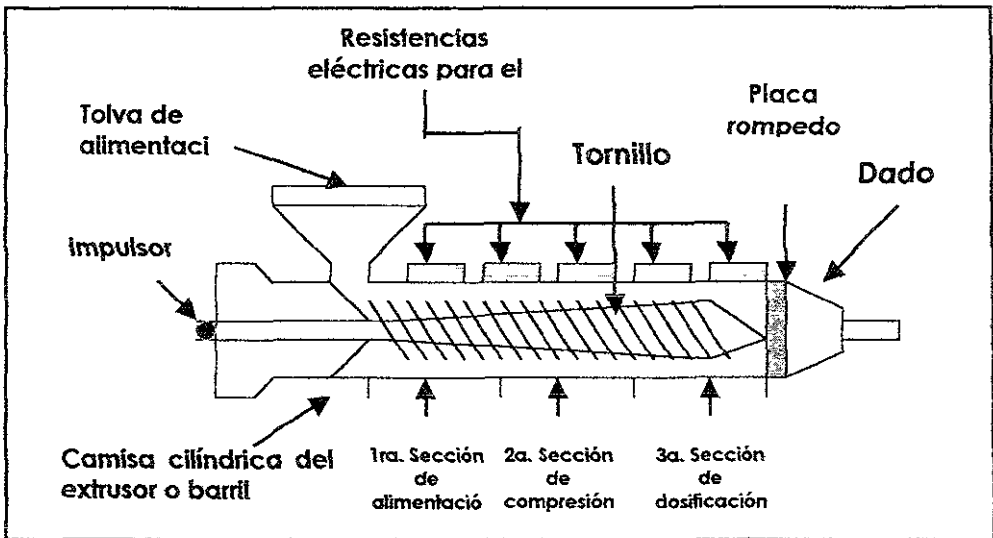


Figura 1. Partes principales de un extrusor y secciones en que se divide

(Padilla I. J. 1995)

La figura 1 muestra las principales partes de un extrusor y como está constituido, este a su vez se divide en tres secciones importantes que son:

1. Sección de alimentación.

Es la primera parte denominada "zona alimentación" donde se precalienta y transporta la resina plástica a las siguientes secciones. Esta alimentación puede

variarse un poco para obtener una eficiencia óptima con los diferentes polímeros.

2. Sección de compresión.

En esta zona se tiene un canal decreciente y tiene diferentes funciones, también se le llama "zona de transición". Al principio en esta zona se expulsa el aire atrapado en los granos originales y enseguida se mejora la transferencia de calor desde las paredes del barril, calentando la resina, que da lugar al cambio de densidad durante la fusión, hay también modificaciones en el diseño en función del polímero que se desee extruir.

3. Sección de dosificación.

Esta sección tiene la función de homogeneizar el material fundido y con ello suministrar a la región del dado, este material es de calidad homogénea a temperatura y presión constantes.

La zona final de un extrusor es el dado donde está situada la porta mallas que consta de por lo común de una placa de acero perforada también conocida como placa rompedora y un juego de mallas de dos o tres capas.

(Morton-Jones 1998)

1.2.2 Moldeo por soplado, Extrusión-soplado e Inyección-soplado.

El moldeo por soplado es la técnica que más se usa para producir botellas y otros contenedores que son fundamentalmente formas huecas simples. Pero es importante recordar que hay dos técnicas ampliamente utilizadas en la industria, que son el moldeo por Extrusión-Soplado y el moldeo por Inyección-Soplado.

A) - El moldeo por extrusión soplado: Esta técnica puede ser continua en cuyo caso la forma intermedia se corta y se mueve hacia el molde o intermitente, cuando el molde se queda bajo el extrusor como se presenta en la

figura 2, de modo que la forma intermedia se cuelga debido a la gravedad y al efecto de hinchamiento del dado.

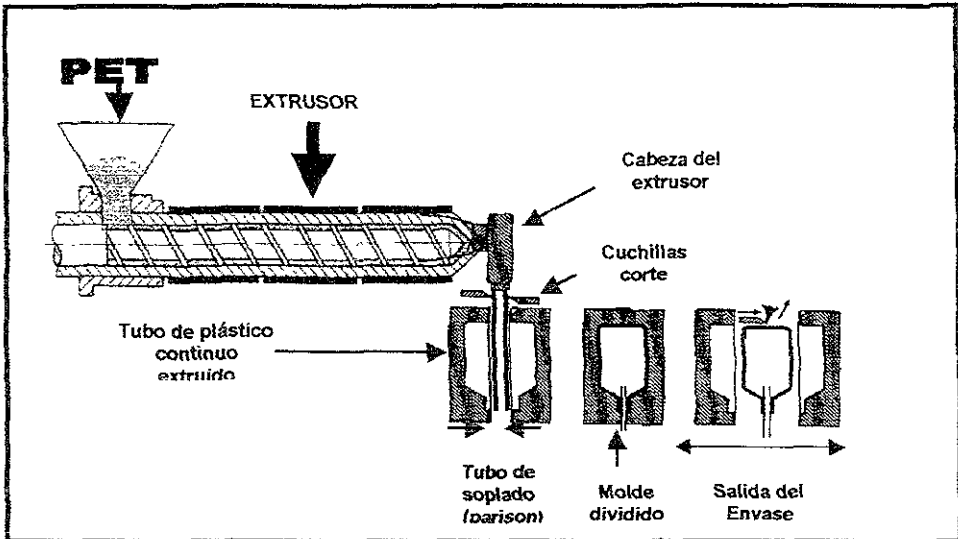


Figura 2. Moldeo por extrusión soplado

(Maquía J. 2001)

Estos efectos actúan en conjunto para dar formas intermedias con pared gruesa en la parte inferior y delgada en la parte superior. Al comenzar la extrusión de la forma intermedia, el hinchamiento en el dado engrosa las paredes de esta y posteriormente el peso creciente estira la forma intermedia y la adelgaza.

Conforme descende la preforma, se halla bajo la acción de fuerzas de tracción y no cortantes el tiempo de proceso va de 1 a 5 segundos, sin embargo el tiempo de relajación de los polímeros es mayor a estos valores bajo tales condiciones, por lo que el proceso entonces es de naturaleza elástica.

La ventaja de este proceso es que no se pierde tiempo entre el cierre de moldeo y el soplado. La desventaja, es que con frecuencia se crean cicatrices en el cuello de la botella debido a que la forma intermedia tiene que ser

suficientemente larga para descender sobre la boquilla, por lo tanto se requiere desbastar la botella después de moldearla

Para obtener botellas libres de borbollones (cicatrices) se puede usar el soplado por arriba, pero requiere tiempo para insertar la boquilla *(Morton-Jones 1998)*

B) - Moldeo por inyección-Soplado

Este proceso difiere principalmente del anterior debido a que usa una preforma **(parisón)** moldeada por inyección en vez de usar un producto de forma intermedia

Esta preforma se moldea a través de un molde que utiliza líquido refrigerado, para enfriar la preforma rápidamente a su estado amorfo, posteriormente se calienta justo por encima de su temperatura de transición vítrea y luego es estirada por soplado.

El proceso de soplado con estiramiento se efectúa empujando la boquilla de soplado, la cual estira hacia abajo la preforma, al soplar simultáneamente para dar una expansión radial, por lo que se trata de un procedimiento de orientación biaxial en el producto o también llamado de otra forma como soplado con estiramiento.

El polímero que más se utiliza en este proceso es el Polietileno tereftalato (PET) para la fabricación de millones de envases para bebidas carbonatadas, aunque inicialmente solo se fabricaron envases de 2 L. Posteriormente se mejoraron las propiedades de este material y el método de producción hasta obtener envases de diversos tamaños. Los detalles de este método se describen en el siguiente subcapítulo. *(Morton-Jones 1998)*

1.2.3 Elaboración de envases PET (método de inyección soplado)

Para este proceso de inyección soplado, existen principalmente dos técnicas con diferentes ventajas y desventajas, que se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas del proceso de inyección-soplado en una y dos etapas.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Una etapa método de Aoki	Alta flexibilidad en tamaños de coronas Relativa baja inversión en moldes Flexibilidad en volúmenes de <i>fabricación</i> Fascos de boca ancha	Baja productividad Poca flexibilidad en uso de maquinaria
Dos etapas método de Nissei	Alta productividad Alta flexibilidad de la maquinaria Cambios rápidos de molde con un solo tipo de corona Fascos de boca angosta	Alta inversión en moldes de inyección Poco desarrollo en fascos de boca ancha Solo para volúmenes altos y envases pequeños y medianos.

(Maquita J. 2001)

Aunque aparentemente el proceso de dos etapas tiene mayores desventajas en comparación con el de una etapa, realmente no es así, pues debido a la alta productividad y a pesar de la gran variedad de tamaños de envases de bebidas que se producen, se utiliza un solo tipo de corona, y los grandes volúmenes de demanda en el mercado compensan uso de este método siendo este el de mayor utilidad en la industria.

El proceso de inyección soplado de una y dos etapas mencionadas en el cuadro 3 están ilustran en las figuras 3 y 4.

En las siguientes figuras 3 y 4 se ilustra la secuencia de las dos técnicas del proceso de fabricación de botellas de PET por inyección-soplado.

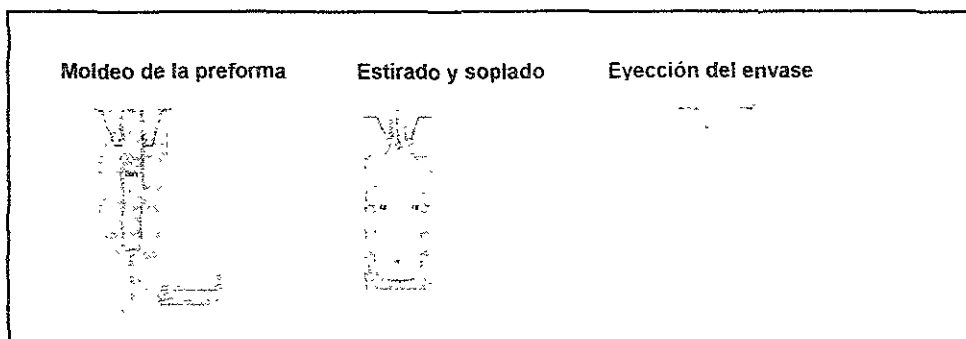


Figura 3 Proceso de soplado en una etapa o de AOKI

(Maquita J. 2001)

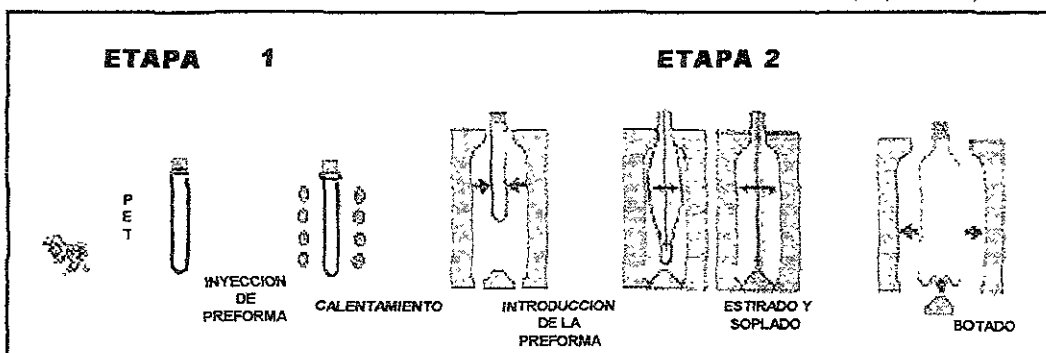


Figura 4. Proceso de inyección soplado en dos etapas o de Nissei

(Maquita J. 2001)

En la figura 3 se esquematiza el método de AOKI que muestra la obtención de un envase en una sola etapa y la figura 4 muestra el método de dos etapas ó de Nissei en el que se forma primero el parison por inyección, posteriormente es calentado e introducido en el molde para ser sometido al estirado-soplado y finalmente la salida del envase, este método es muy practico para la fabricación de grandes cantidades de envases pequeños y medianos.

Sin embargo hay que tomar en cuenta las propiedades termoplásticas del material en este caso del PET que es el material de interés como materia prima para botellas de plástico para agua purificada, sobretodo durante la producción

de los envases, ya que dichas propiedades nos permiten prever el comportamiento del material bajo ciertas condiciones de operación, permitiendo así un mejor control sobre el proceso. En el cuadro 4 se muestran cada una de estas propiedades. (Maquita J 2001)

Cuadro 4 Propiedades Termoplásticos de poliéster PET.

DE PROCESO		Método de prueba ASTM	MECANICAS		Método de prueba ASTM	Térmicas		Método de prueba ASTM
Temp De inyección de molde (° F)	550-680		Fuerza de tensión (Psi.)	8500-10500	D638	Conductividad térmica (° F/in)	48.2	C177
Presión de inyección de molde (Psi)	10000-20000		% de Elongación	3-300	D638	Calor específico (Btu/° F/in)	32.5	
Proporción de compresión (%)	03.01		Modulo de tensión elástica , (10 ⁶ Psi)	4.0-6.0	D638	Expansión térmica (10 ⁵ in/in/° F)	6.5	D696
Reducción de molde lineal (%)	.020-0.025	D792	Esfuerzo de compresión (Psi)	11000-15000	D695	Temperatura de deflexión (°F) a 264 (Psi)	100-106	D648
Gravedad Especifica Densidad (lb/in ³)	1.34-1.39		Esfuerzo de flexión dado (Psi)	14000-18000	D790			
			Esfuerzo de impacto (ft.lb/in)	0.23-0.65	D256			
			Modulo de flexión elástica (Psi. X10 ⁹)	3.5-4.5	D790			
Características de Resistencia		Método de prueba ASTM	Ópticas		Método de prueba ASTM	Eléctricas		Método de prueba ASTM
Absorción de Agua 24h 1/8 in. (% de espesor)	0.1-0.2	D670	Índice de refracción, n _D	1.64	D542	Constante dieléctrica a 77°F 1 Kh	2.95	
Efecto de los ácidos débiles	Ninguno	D543				Factor de poder 77°F 1 Kh	0.006	
Efecto de los ácidos fuertes	Atacado por algunos	D543				Resistividad 77°F 1 Kh (ohm/cm)	10 ¹⁹	
Efecto a los alcalinos débiles	Ninguno	D543						

(Bjorkste J. 1956)

En el cuadro 4. se muestran datos importantes para el proceso de elaboración de envases de plástico en este caso botellas, estos son temperatura de fusión, presión de inyección para el parison etc. que se maneja en la etapa de extrusión, además existen otras propiedades que posee el PET como ópticas,

eléctricas, térmicas, de resistencia mecánica y a los compuesto químicos que se pueden utilizar como parámetros en el control de calidad en envase terminado.

1.2.4 Características de fabricación y especificaciones de envases de PET.

Las botellas se elaboran mediante soplado a partir de preformas moldeadas por inyección, después de un recalentamiento. Durante este procedimiento la velocidad se limita mediante la presión de Inyección para evitar la formación de cristales esferulíticos en el polímero que se deben a la cristalización inducida por esfuerzos, y que provocan turbidez indeseable en la botella terminada.

También es importante controlar la temperatura de fusión en el moldeo por inyección para asegurar que fundan todos los cristales poliméricos y evitar la formación de Acetaldehído debido a la degradación de polímeros por alta temperatura ya que este compuesto tiende a emigrar hacia el producto contenido que si bien no es tóxico si altera el sabor.

Para obtener botellas de calidad satisfactoria a partir de PET el espesor de la pared de la preforma se limita a 4.2 mm, y debe de lograrse una estructura cristalina con el soplado / estirado, además se requiere de un enfriamiento rápido para obtener un sólido amorfo con una temperatura de transición vítrea $T_g = 80^{\circ}\text{C}$ y cuando es rebasada se reblandece el envase. *(Morton-Jones 1999)*

Las especificaciones de envases de PET que se deben de cumplir son las siguientes y son las que normalmente revisa control de calidad en una empresa que adquiere los envases ya formados. Estas especificaciones son las que se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Especificaciones que debe de cumplir un envase de PET.

-Baja permeabilidad al CO ₂	- No debe dilatarse el envase a mas 2%
-No debe romperse o estrellarse el envase	- No debe de haber perdida de sabor (en el caso de bebidas carbonatadas o con sabores)
-No debe deformarse	-Debe de soportar una caída libre a una altura de 2 m.
La perdida de CO ₂ después de 120 días debe ser menor al 15% a 23°C en bebidas carbonatadas	-No debe bajar el nivel del líquido.

(Morton- Jones, 1998)

Como se muestra en el cuadro 5 algunas especificaciones pueden ser evaluadas de manera sencilla y otras con mayor dificultad debido a que requieren, cálculos y mediciones muy precisas, por ejemplo la variación de la concentración de monómeros residuales en el envase o la pérdida de gas cuando el envase esta lleno con alguna bebida carbonatada etc. estas especificaciones normalmente son las que se manejan al momento de recibo por parte del cliente que acepta o rechaza el envase cuando lo adquiere elaborado.

1.2.5 Diagrama de flujo de la elaboración de envases de PET (propuesto), esquemas y variables involucradas.

A partir del siguiente diagrama de flujo de elaboración de envases de PET y sus condiciones de operación se identifican las variables involucradas, con las cuales, se puede determinar los puntos críticos.

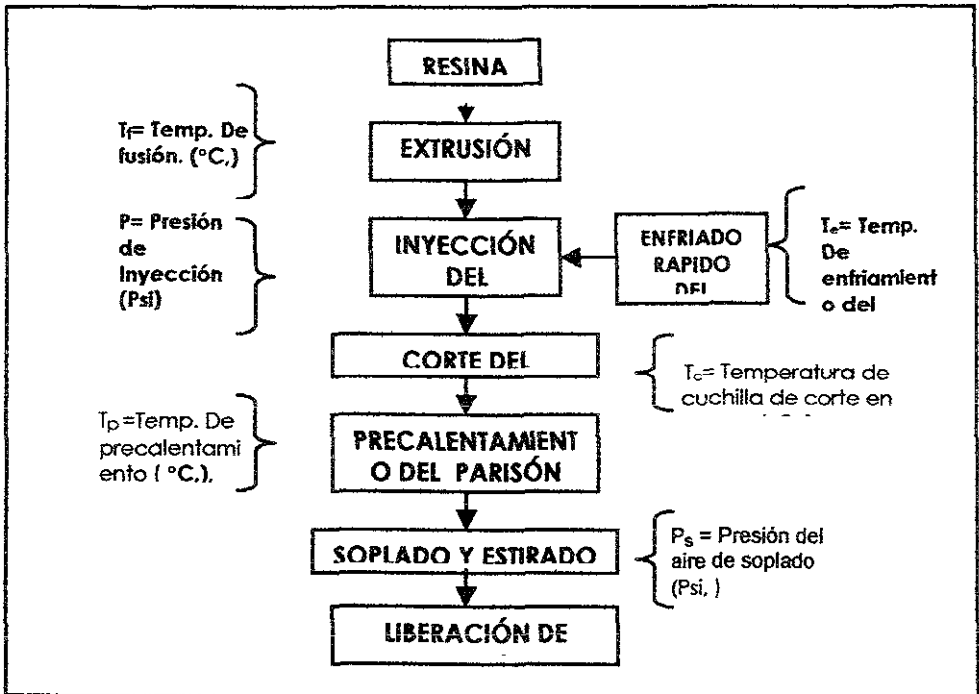


Figura 5. Diagrama de flujo de elaboración de envases de PET

A través de este diagrama de flujo se identificaron en cada etapa las variables del proceso de fabricación de envases de PET ver cuadro 6.

Cuadro 6. Variables involucradas en la elaboración de envases de PET.

En extrusión	En el soplado
T_f temperatura de fusión °C	T_e temperatura de enfriado del parísón °C
T_c temperatura de la cuchilla °C	T_p Temperatura de precalentamiento ° C
P_i presión de inyección (Psi.)	P_{ia} presión de inyección de aire (Psi)

Con la finalidad de saber que sucede en cada una de las etapas en el diagrama de flujo se presenta la Figura 6 .

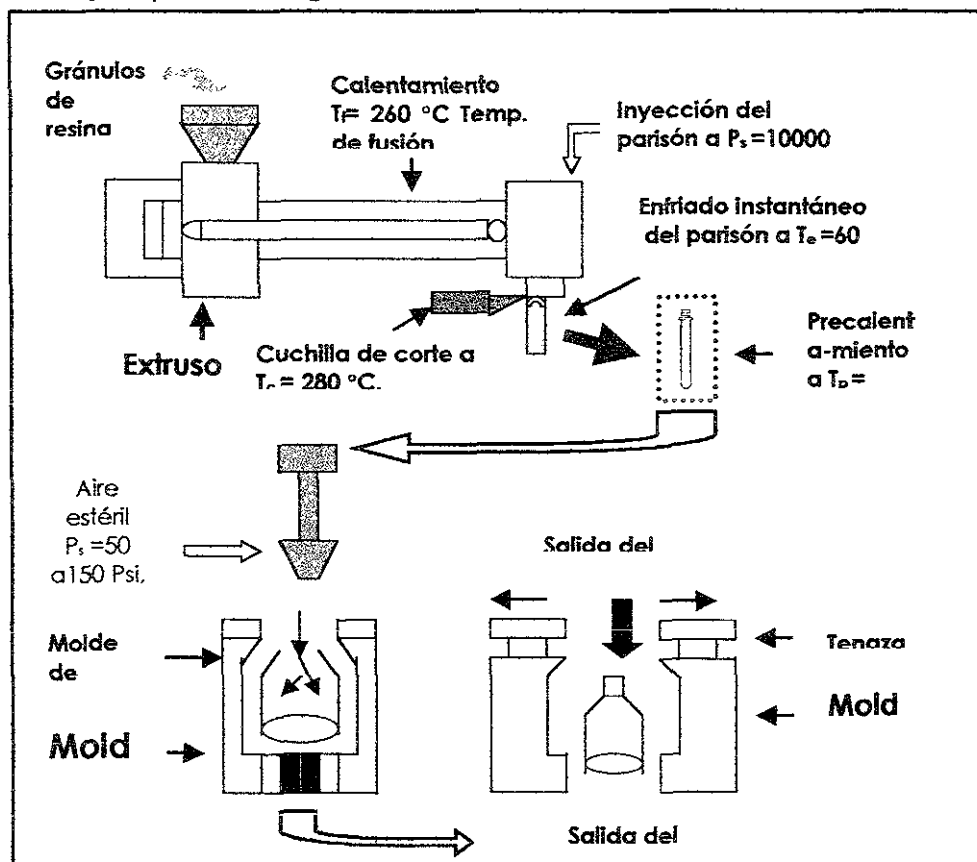


Figura 6. Etapas del diagrama de flujo del proceso de elaboración de envases de PET y condiciones de operación

(Padilla J 1998)

De acuerdo al diagrama de flujo del cuadro 6 y la figura 6 que muestra detalladamente las diferentes etapas del proceso de elaboración, se

determinaron las variables involucradas, y basándonos en el papel que juega cada una de ellas, podemos identificar con mayor precisión, el ó los puntos críticos, que se deben de controlar.

En función de las variables mencionadas en el cuadro 6, se puede considerar a la T_f temperatura de fusión como un punto crítico, debido ha que de no controlarse puede alterar tanto las propiedades de resistencia mecánica y estabilidad química del envase, generado productos residuales como acetaldehído contaminando y alterando el sabor del producto contenido, que en este caso es agua purificada, sin embargo es más adelante donde define que es un punto crítico y la importancia sobre el proceso de elaboración de envases de plástico PET

1.3 Importancia del envase para agua.

Sin duda el consumo de agua purificada en envases desechables a aumentado su demanda de forma rápida en el mercado, especialmente en presentación de botellas de 0.5 a 1.5 lt. además de presentar ventajas para el consumidor que al transportar dichos envases con agua no hay ningún riesgo de fractura al recibir impactos y se rompa en comparación con envases de vidrio, también su ligereza para transportarlo y su costo de producción es mucho menor que el de vidrio, puesto que requiere menor energía en el proceso. Estas son algunas de las principales razones por la se ha incrementado su uso en el mercado de las bebidas carbonatadas y no carbonatadas como el agua purificada y últimamente en bebidas alcohólicas, en detrimento del vidrio y el PVC.

Pero la importancia del uso de un envase de plástico para agua purificada va mas allá de las características que este debe de tener, pues permite conservar durante largos periodos o transportar largas distancias al agua sin que esta sufra alteración significativa que se traduzcan en rechazo por parte del consumidor, más aún, bajo el supuesto de que el proceso del agua purificada se haya llevado acabo de manera correcta, el envase nos permite garantizar su calidad sanitaria en

cualquier lugar de comercialización que el consumidor la adquiera y también le permite llevarla a donde quiera que se desplace con un mínimo de riesgos.

1.4 Identificación de puntos críticos de proceso de elaboración de envase de plástico PET.

Para poder realizar la identificación de el o los puntos críticos de control es necesario primero definirlos para tener un marco teórico de respaldo y poder realizar la propuesta adecuada de control.

Un punto crítico de control es cualquier operación en el proceso donde la pérdida del control puede resultar en un riesgo para la salud. *(Zarco G E 1993)*

Esta definición parte desde el punto de vista de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos ó también conocido como HCCP, tiene un enfoque principalmente sobre la calidad sanitaria de los alimentos, y que pone énfasis en la prevención de contaminación microbiológica, con la finalidad de reducir problemas de salud en el consumidor.

Sin embargo en nuestro caso particular, la definición anterior sólo sirve como referencia ya que nosotros definimos a un punto crítico desde el punto de vista operativo y no sanitario.

Es decir que para nosotros, un punto crítico, es cualquier variable en el proceso de elaboración de envases de plástico, que al experimentar desviaciones o salirse de control puede afectar la calidad final del envase, disminuyendo sus características como, resistencia mecánica, permeabilidad, transparencia, etc. y que no necesariamente es un riesgo de contaminación microbiana como se aborda en HCCP

Debido a que ya se definieron las variables involucradas en el proceso de elaboración de envases, se ha considerado como un punto crítico a la variable, T_f

que es la temperatura de fusión en la etapa de la extrusión de la resina plástica, ya que si no se controla adecuadamente puede afectar tanto las propiedades mecánicas y físicas, del envase, inclusive la presentación, pues puede producirse opacidad en el envase y mas grave aún, producir un monómero residual como es el acetaldehído que afecta el sabor del producto contenido, en este caso agua.

(Tempo D. 1991)

Esta temperatura debe de ser controlada mediante termostatos conectados a las resistencias del extrusor y puede ser monitoreada con termopares de tipo J* y una vez que es fundida la resina es inyectada para formar el parison. Obviamente es importante controlar las otras variables involucradas en el proceso pero por el momento sólo nos centraremos en la **Temperatura de fusión T_f °C**

(Bentley P.J. 1993)*

Para monitorear a la temperatura de fusión a través de termopares conectados a un sistema de computo programado y poder controlarla, se propone el uso de un métodos de control estadístico, empleando gráficos de control, dado que es a través del proceso de producción donde se requiere, y no en el producto final.

1.5 Control estadístico de proceso

El Control Estadístico de Calidad ha hecho resaltar la aplicación de métodos de control en los problemas de fabricación, y se marca su origen en la creación de las Cartas de Control en 1924, auxiliado por la contribución del desarrollo de los planes de Muestreo, que se basan o apoyan principalmente en la teoría del cálculo de probabilidades y conceptos estadísticos.

(Johnson R. A. 1997)

Por lo tanto, como podrá observarse, el Control Estadístico de Calidad puede dividirse básicamente en dos partes fundamentales que son:

- 1- Las Cartas o Gráficos de Control, que son métodos gráficos para controlar el proceso de producción, aislando y cuantificando la variación controlable (no inherente) en la característica de calidad por analizar en el producto, para tomar una decisión con el menor riesgo posible, en base a las 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 (ya sea en la recepción de la materia prima, en fases intermedias del proceso de fabricación y bien en el producto final).

El uso de técnicas de muestreo y análisis estadístico en un escenario de producción, que tiene el objetivo de reducir sistemáticamente la variabilidad y el aislamiento asociado de las fuentes de dificultades durante la producción.

(Walpole E. R 1998)

1.5.1 Gráficos de control para variables y atributos.

Los objetivo principal de los gráficos de control son: mejorar la calidad, aumentar la uniformidad, reducir o evitar la producción de desechos y proporcionar información acerca de la actuación de las máquinas y los operarios.

(Bester field H 1994)

Ningún proceso de producción es perfecto, siempre existirá una variación en las características de calidad, provocada por un gran número de factores que se pueden clasificar en:

- 1- Incontrolables o inherentes- que producen una pequeña variación casual donde se puede considerar que el proceso continúa bajo un control estadístico
- 2- Controlables o no inherentes- que producen una variación medible y por lo tanto, el proceso puede o no estar bajo control estadístico, puede o no tener un comportamiento normal esperado y que dependen del tamaño de dicha variación.

Gráficos de control por variables- para poder adoptar este tipo de inspección es necesario medir las características de calidad, es decir, los valores de la variable aleatoria continua, que generalmente tienen un comportamiento similar al de una distribución Normal.

Para inspeccionar la calidad de cada una de las piezas de un lote de producción (inspección al 100%), para medir o contar cierta característica de calidad de un

producto, no es económica y a veces es imposible y sobre todo si la prueba es destructiva, por lo tanto es mucho mejor realizar las pruebas durante el proceso y establecer bajo las siguientes condiciones.

Al inspeccionar la calidad de cada una de las piezas de un lote de producción (inspección al 100%), para medir o contar cierta característica de calidad de un producto, no es económica y a veces es imposible y sobre todo si la prueba destruye un artículo, por lo tanto es mucho mejor realizar las pruebas durante el proceso bajo las siguientes condiciones:

- intervalos regulares de tiempo
- seleccionar cada vez una muestra aleatoria con tamaño $3 \leq n \leq 10$, recomendándose generalmente $n = 5$ y que debe ser constante durante todo el proceso

Existen 3 formas recomendadas y diferentes para seleccionar las muestras:

- 1- Tomando n elementos consecutivos cada determinado tiempo en la línea de producción
- 2- Tomando n elementos al azar cada determinado tiempo de la producción almacenada o acumulada
- 3- Separando las muestras, según las máquinas, o los operadores o los moldes.

La determinación de los límites de control, permiten detectar las causas explicables de la variación y decidir en la forma mas eficiente, según la causa de error, definir si el proceso esta o no fuera de control y si se requiere una acción correctiva.

Aunque el proceso este bajo control, el grafico puede presentar:

- ciclos repetidos
- tendencias
- cambios bruscos en el nivel del proceso
- puntos cerca de los límites
- estratificación

- falta de variabilidad

Un ejemplo de una gráfica de control es la que se conoce como \bar{x} **gráficos** \bar{x}

Se utiliza cuando un proceso es automático

Es la posición de la medida de tendencia central con base a distribución Normal

con parámetros:

$$\mu_x = \mu \quad \sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

formas de cálculo

- conociendo μ y σ

$$LC = \mu_{\bar{x}} = \mu$$

$$L = \mu_{\bar{x}} \pm 3\sigma_x = \mu \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu \pm A\sigma$$

- estimando μ con $\hat{\mu} = \bar{x}$

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

muestras

y estimando σ con $\hat{\sigma}$

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

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

c_2 = factor de sesgo de la desviación, tabulado en función al tamaño de la muestra

k debe ser por lo menos de 25 muestras

$$LC = \bar{x}$$

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

c) estimando μ igual que anterior, ahora con $\sigma = \frac{(\sum R/k)/d_2}{\bar{d}_2} = \frac{\bar{R}}{\bar{d}_2}$ donde R = rango

y d_2 es factor de sesgo del rango, que está tabulado en función de n

$$LC = \bar{x}$$

$$L = \bar{x} \pm \frac{3\bar{R}}{\sqrt{n(d_2)}} = \bar{x} \pm A_2\bar{R}$$

En el cuadro No. 4 se presenta un resumen de los tipos de gráficos utilizados, el tipo de distribución teórica de probabilidad en la que se basan, donde se recomienda utilizar y las formas de cálculo, y en el cuadro No. 5 las fórmulas utilizadas para calcular los límites superior, central e inferior de los gráficos de control para variables.

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.

Por lo tanto debe examinarse el proceso, para tratar de eliminar la causa de un comportamiento ya sea anormal o un proceso fuera de control, por lo tanto se recomienda:

- Manejar dos tipos de gráficos en forma conjunta

- Establecer especificaciones o para ampliarlas
- K debe ser por lo menos de 25

Cuadro 7. Formulas para cálculos en función del tipo de proceso

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 δ 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 (L I = 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 (L I = 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

Cuadro 8. Formulas para cálculos de límites de control.

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

Con los cuadros 7 y 8 se facilita el uso de las formulas para realizar los (Meléndez P.R. 2001) acuerdo al tipo de proceso del que se trate.

Gráficos de control por atributos.

Por lo general puede obtenerse información mas completa, con mediciones hechas sobre un producto terminado, a menudo es mas rápido y menos costos

Para este tipo de gráficos se analizan los las dos clases fundamentales de gráficas de control usadas en conexión con el muestreo por atributos.

Grafica de fracción de productos defectuoso también llamadas **P**, y las gráficas de número de defectos o graficas **C**.

Como es claro, este tipo de graficas no nos serían muy útiles, ya que se trata de un proceso en el que se pretende controlar los puntos críticos y evitar defectos en el producto terminado y no cuantificarlos o saber en que proporción existen en un el producto final, pues desde el inicio se señaló que era recomendable aplicar gráficos de control directamente durante el proceso. razón por la que no se detalla mas acerca de graficas de control por atributos. (Meléndez P R 2001)

HOJAS DE VERIFICACIÓN: Se utilizan cuando es necesario comprobar constantemente si se han recabado los datos solicitados o si se han efectuado determinados trabajos. El esquema general es el siguiente: en la parte superior de la hoja se anotan los datos generales a los que se refieren las observaciones o verificaciones a analizar y, en la parte inferior se transcribe el resultado de dichas observaciones o verificaciones ver cuadro 9

Cuadro 9. Hoja de registro o verificación para gráficos de control

Producto _____		Defecto _____		Turno _____				
Característica _____		U. de medida _____		Operario _____				
SERIE No.	FECH A	VALOR DE CADA ELEMENTO				X MEDIA	R AMPLITU D	OBSERVACIONES
		A	B	C	D			
TOTA LES								

(Maléndez P.R. 2001)

$$\bar{x} =$$

$$LCS =$$

$$\bar{R} =$$

$$LCI =$$

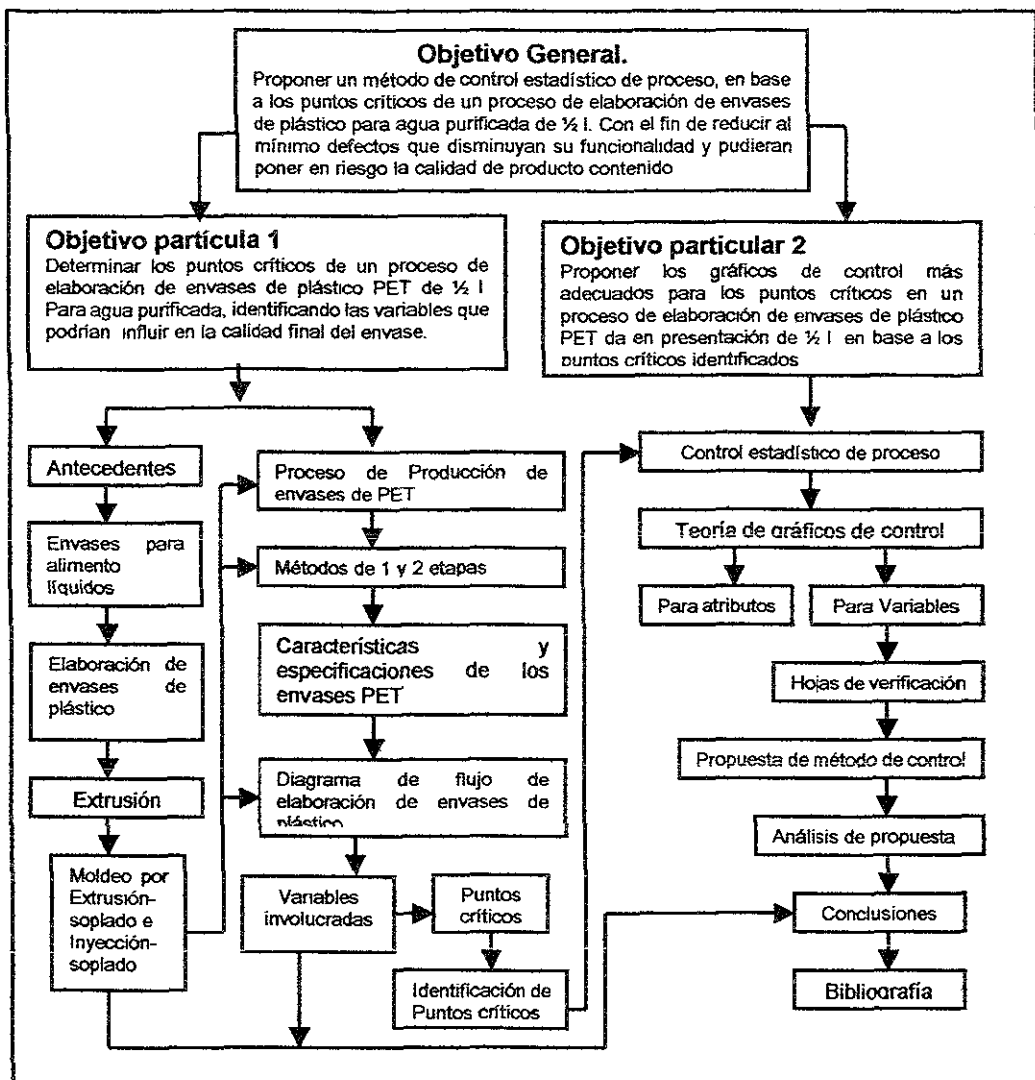
$$A_2 \bar{R} =$$

A partir de los datos que se recaban con esta hoja de verificación, la Media, el Rango y los LCS y LCI se pueden calcular y las formulas están especificadas en los cuadros 7 y 8.

CAPITULO 2. METODOLOGÍA.

A continuación se presenta en el cuadro 10 la metodología que se siguió para resolver el problema planteado al inicio y posteriormente se hace su descripción.

Cuadro 10. Metodología



2.1 Descripción de cuadro metodológico.

En este punto describe se brevemente cada uno de los elementos del cuadro metodológico, resaltando únicamente lo mas relevante de cada uno de ellos con la finalidad de un mejor desarrollo de la propuesta de control estadístico de proceso.

- ❖ El primer elemento que son los antecedentes, tiene una reseña histórica que nos muestra como se han desarrollado diferentes polímeros plásticos en los últimos años desde el celuloide y la bakelita hasta el teflón, PVC, polietilen tereftalato, etc.

Pero no sólo nos informa la historia de los plástico, también muestra la importancia que tienen en varias de la industria y en particular su uso en la de alimentos.

- ❖ Enseguida, se refiere a los diferentes envases para alimentos líquidos, sobre todo en cuanto las diferentes propiedades que tiene los materiales que se utilizan, su funcionalidad, ventajas y desventajas, que tienen unos con respecto de otros. Es en este punto donde se muestra la importancia de los envases de plástico tanto flexibles como rígidos.

- ❖ Existen varios procesos de elaboración de envases de plástico, destacando desde luego el moldeo por extrusión-soplado y el de inyección-soplado que son los que se utilizan en la elaboración de botellas de plástico para bebidas carbonatadas y no carbonatadas

- ❖ Luego se define y describe la extrusión, etapa fundamental en el proceso de plásticos y desde luego para envases, además se ilustra, tanto las principales partes de un extrusor, como las secciones en que se divide para entender que sucede con las resinas al ser extruidas en el interior de estos equipos y lograr mayor control durante el proceso.

- ❖ En el siguiente punto se describe cada uno de los procesos tanto de extrusión-soplado e inyección-soplado, y en los que se destacan las ventajas y desventajas de cada uno de estos procesos.

- ❖ Para los procesos de producción de envases por el método de inyección-soplado se maneja principalmente dos técnicas que son la de Nissei y Aoki.

A partir de esta comparación seleccionamos el método de dos etapas ya que este trabajo se enfoca en envases pequeños como los que se fabrican para agua purificada en presentación de 1/2 l.

- ❖ El siguiente punto señala las características y especificaciones que debe cumplir un envase, además de las propiedades del polímero plástico a emplear en la elaboración de botellas de plástico.

- ❖ El diagrama de flujo que se presenta en este punto tiene la finalidad de identificar las variables involucradas durante todo el proceso de producción de envases de botellas de PET.

- ❖ Fue importante definir que es un punto crítico que en nuestro caso particular, se consideraron algunos conceptos del Manual de análisis de riesgos y control de puntos críticos, llegando a establecer que para nosotros es desde el punto de vista operativo, debido a que si alguna variable involucrada sufre una desviación y no es controlada, producirá defectos en la calidad final de un envase, reduciendo su funcionalidad.

- ❖ Considerando a las variables involucradas en el proceso de elaboración de envases de plástico se identifica como un punto crítico a la temperatura de fusión T_f en la etapa extrusión.

- ❖ Para controlar el punto crítico en el proceso se puede recurrir al control estadístico de proceso que es un método que puede dividirse básicamente en dos partes, las Cartas o Gráficos de Control y el muestreo de Aceptación y su aplicación es en función de lo que se quiera controlar. Sin embargo esta última técnica mencionada no sería de utilidad ya que se pretende controlar la temperatura durante el proceso y no producto terminado.

- ❖ En este punto se define cuáles son los objetivos principales de los gráficos de control que son: Mejorar la calidad, aumentar la uniformidad, reducir o evitar la producción de desechos y proporcionar información acerca de la actuación de las máquinas y los operarios. Y se realiza una diferenciación de los gráficos de control para variables y para atributos para así poder plantear que gráficos de control podemos utilizar en la propuesta de un método de control de proceso.

❖ Los Gráficos de control para variables que se señalan en esta parte la metodología, son una herramienta estadística que se recomienda su aplicación directa durante el proceso.

❖ Posteriormente se vuelve a mencionar los gráficos de control para variables, y también en esta parte plantean las formulas y la secuencia que se debe seguir para el calculo tanto de limites de control superior e inferior y la línea central o de promedios y así realizar las gráficas de medias y de rangos.

❖ Para llevar acabo una buena aplicación de gráficos de control es necesario contar con un elemento que nos ayude a recopilar los datos en el muestreo, por lo que se propone una hoja de verificación, en la que se registra el turno, el tamaño de la muestra, quien realiza la verificación, fecha, etc.

❖ Propuesta de aplicación de método de control, este punto describe la manera en que se propone la aplicación de un método de control, que en este caso es un grafico de control para variables y que en el capitulo 3 se aborda .

❖ Por último en la metodología se muestra análisis de la propuesta que será descrito en él capitulo tres.

CAPITULO 3 PROPUESTA DE UN MÉTODO DE CONTROL

En este capítulo se realiza la propuesta de un método de control para un proceso de elaboración de envases de plástico para agua purificada, en base a la información en el capítulo 1.

A continuación se determina el turno y la capacidad de producción de envases de PET.

- Se tiene de un proceso de producción de un solo turno de 8 Horas.
- Se utiliza un quipo con capacidad de producción de 4500 Envases por hora.
Modelo: Timberline Machinery RHW Cincinnati 1988. *(Timberline Machinery Inc.)*
- En función del número de envases producidos por hora podemos plantear que un lote será de 4500 envases teniendo por turno 8 lotes con un total de envases al final del día de 36000.

1.- Primero es necesario aclarar que es un proceso de producción automatizado que se pretende tener bajo control, por lo tanto, es importante aplicar un método sistemático para detectar desviaciones de un estado de control estadístico, en el momento o antes si es posible.

Como siempre existirá una variación en las características de calidad, provocada por un gran número de factores que se pueden clasificar en:

A.- Incontrolables o inherentes.- que producen una pequeña variación casual donde se puede considerar que el proceso continúa bajo un control estadístico

B.- controlables o no inherentes.- que producen una variación medible y por lo tanto, el proceso puede o no estar bajo control estadístico, puede o no tener un comportamiento normal esperado y que dependen del tamaño de dicha variación.

(Montgomery C 1985)

2.- En bases lo mencionado anteriormente se propone aplicar los gráficos de control a la variable Temperatura de fusión T_f que se pretende controlar.

ESTA COPIA NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

3.- Es necesario establecer las siguientes condiciones:

- Intervalos regulares de tiempo, que en este caso, como se tiene una producción de 4500 envases por hora, el monitoreo de la temperatura de fusión T_f se recomienda hacerlo cada 30 minutos, ya con un intervalo de tiempo más amplio habría mayor riesgo de obtener lecturas erróneas con las que también se tomarían decisiones incorrectas.
- Seleccionar cada vez una muestra aleatoria con tamaño $3 \leq n \leq 10$, se recomienda generalmente $n = 5$ y que debe ser constante durante todo el proceso y número de muestra llamado K será de un valor igual a 16 debido a se considerar lecturas cada 30 minutos en un solo turno y que el tiempo se toma desde las 7:00 a las 15 horas.
- Sin embargo hay que aclarar que en este caso no hay muestras sino lecturas de Temperaturas de fusión que se deberían de registrar en una hoja de verificación cada 5 minutos en intervalos de 30 minutos. Es decir obtendría 6 lecturas ($n = 6$) en un intervalo de 30 minutos y en un turno de 8 Horas equivale ha 16 intervalos ($K = 16$). Cabe señalar que dicho registro de lecturas no se hará de manera manual por lo que no se requiere de un operador realizando esta actividad ya que si se instala un equipo de computo conectado a los sensores de temperatura previamente programado se hará esta toma de lecturas de T_f de manera automática, pero si deberá de haber un técnico que haga la interpretación de las variaciones de los promedios de temperaturas durante el proceso y que tomará las decisiones correctivas en el momento que así lo considere, y evitar la salida de envases defectuosos.
- Otra razón por la que se sugiere la instalación de un sistema de computo que permita realizar el monitoreo de la T_f durante la extrusión de manera permanente es la gran cantidad envases producida y la optimización del monitoreo en el proceso de producción de envases.

4.- Aunque la hoja de verificación será impresa por un equipo de computo, es necesario especificar de que manera se registraran las lectura y que datos deberá

contener, además en esta misma se pueden poner los resultados de la Media y Rango. Dicha hoja que se podría utilizar se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Hoja de verificación de temperaturas (propuesta).

Operador: _____		Hoja No: _____							
Empresa: _____		Hora: _____							
Turno: _____ 1 _____		Característica o variable: _____ Tf _____							
Fecha: _____		Unidades de medida: _____ ° C _____							
k / n	1	2	3	4	5	6	Medias \bar{X}	R	
1	07:00	07:05	07:10	07:15	07:20	07:25	07:30		
	Tf								
2	07:30	07:35	07:40	07:45	07:50	07:55	08:00		
	Tf								
3	08:00	08:05	08:10	08:15	08:20	08:25	08:30		
	Tf								
4	08:30	08:35	08:40	08:45	08:50	08:55	09:00		
	Tf								
5	09:00	09:05	09:10	09:15	09:20	09:25	09:30		
	Tf								
6...	09:30	09:35					10:30		
	Tf								
16	14:30	14:35	14:40				15:00		
	Tf								
Σ De Medias =									
Σ De R =									
Promedios de Medias									
Promedios de R									

A partir de los datos obtenidos en la hoja de verificación se calculan la Media el rango, los LCS y LCI, la línea central y las formulas para los cálculos están especificadas en los cuadros 7 y 8. del capítulo uno

Cabe señalar que una vez que se han determinado el limite superior e inferior no es necesario recalcularos pues la variaciones en los límites de un día a otro no son significativas si se considera que el equipo recibe el mantenimiento adecuadamente, y además de que se trabaja un solo turno. Por lo que se recomienda hacerlo cada 8 días y en este periodo el técnico asignado a esta

actividad solamente se encargará de graficar los puntos y hacer las interpretaciones correspondientes.

También es importante mencionar que si es la primera vez que se aplica este método la recopilación se haga bajo condiciones óptimas para evitar lecturas erróneas.

6.- Obteniendo los resultados señalados en el punto anterior ya se puede realizar el gráfico con el cual se podrán hacer las observaciones durante el proceso diariamente y así poder tomar las acciones correspondientes.

7.- Interpretación de Gráficos obtenidos. En este punto no se profundiza demasiado y solamente se hace una reseña de las tendencias que pueden seguir la grafica con las que se pueda deducir las posibles causas que ocurren durante el proceso y por su puesto tomar las medidas necesarias. Cabe señalar que se utilizan referencias bibliográficas para este punto.

- ✓ Si la Gráfica presenta una tendencia ascendente se puede atribuir ha que existe un deterioro o desgaste del equipo.
- ✓ Si la grafica presenta una tendencia descendente, las posibles causas pueden deberse ha que hay una mejora en la operación, en la técnica del operario o como resultado de la aplicación de un programa de mantenimiento efectivo.
- ✓ Si se presentan puntos fuera de los límites de control, pero de forma aislada pude ser parte de un proceso estable y las causas de variación son fáciles de identificar, esta pueden ser, variación del tamaño de la muestra o haber tomado una muestra diferente.
- ✓ Otro patrón en la gráfica son los cambios repentinos de nivel y las causas pueden ser variadas entre las cuales son: un nuevo empleado, cambios de metodología, motivación del operador o cambios de proveedor.

- ✓ Ciclos que se presenta pueden deberse ha causa estacionales como la temperatura, humedad, fatiga de los operados etc.
- ✓ Por ultimo cuando se presenta inestabilidad en un proceso en la gráfica se presentan puntos que fluctúan dentro ó fuera de los limites de control y las causas de inestabilidad se pueden dar por ajustes excesivos en los equipos, empleados sin experiencia ó descuidados, mal mantenimiento etc, *(Martín 2000)*

Con esta breve explicación de los patrones que se pueden presentar en las graficas de control se muestra la importancia que tienen, para nuestra propuesta, y que desde luego la habilidad de interpretación de graficas de control dependerá de la capacitación y experiencia del operador o quien este al frente del proceso.

3.1 ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

Mediante la revisión de los antecedentes de los plásticos así como la comprensión de los proceso de elaboración de envases de plástico y los conceptos de control estadístico, se desarrolló la propuesta de un método de control para el proceso de elaboración de envases de plástico PET para agua purificada.

Y durante el desarrollo de este trabajo se hizo patente la utilidad de un método de control estadístico como los gráficos de control para variables en comparación con otros métodos, por lo que es una herramienta eficaz, que puede aplicarse directamente a un proceso de producción reflejando inmediatamente cualquier variación fortuita o si tiene cusas atribuibles, mientras que el grafico de control para atributos solamente reporta un número de defectos en un producto y determinado porcentaje de productos defectuosos, también es mas factible que el uso del muestreo por aceptación debido a los grandes volúmenes de producción de envases de plástico sería imposible verificar al 100%.

Como este método se aplica de manera directa tiene una gran ventaja, al reportar desviaciones en el proceso, ya que permite tomar medidas correctivas

minimizando así la cantidad de producto terminado con defectos, evitando el reproceso.

Otra ventaja que nos ofrece este método con gráficos de control, es que al evitar la salida de productos defectuosos mediante un buen control de temperatura en la extrusión de la resina plásticas se garantizan envases de calidad que podrán cumplir con las funciones para las que fueron diseñados, en nuestro caso particular nos referimos a los envases de PET para agua purificada, que no solamente deben de cumplir con sus características ya mencionadas sino que también se garantiza que la contaminación por monómeros residuales sea mínima.

Por otra parte es importante señalar que los gráficos de control se pueden aplicar a cualquier otra variable en el proceso siempre y cuando se identifiquen como un punto crítico

Siendo estos algunos de los argumentos de interés para la realización de la propuesta de un método de control para un proceso de elaboración de envases de plástico PET para agua purificada.

CONCLUSIONES

□ En el caso particular de elaboración de envases de plástico PET para agua purificada es importante este método, ya que durante su producción en la etapa de extrusión la temperatura de fusión al experimentar desviaciones puede afectar las propiedades mecánicas del contenedor y generar residuos monómeros alterando la calidad del producto contenido. por lo que se requiere un mecanismo que permita garantizar la calidad del envase, como son los gráficos de control.

De esta manera las graficas de control se convierten en un elemento que no puede ser ignorado en los procesos de fabricación de envases de diferentes materiales.

□ La utilización directa de gráficos de control para variables en el proceso de producción de envases presenta ventajas con respecto de otros métodos de control, pues se puede decir que tiene un carácter preventivo ya que se actúa antes de que los productos salgan defectuosos, mientras que los otros métodos mencionados no, ya que se aplican en producto terminado.

□ Al realizar una propuesta de control estadístico para envases, se amplía nuestros conocimientos acerca de los diversos materiales para envases y de Probabilidad y estadística, así como su importancia y utilidad en el área de control de calidad y producción en la industria de los alimentos. permitiendo al Ingeniero en alimentos adquirir mayores elementos de decisión para su desempeño profesional tanto en la industria o en cualquier otra área en la que se desenvuelva.

BLIBLIOGRAFÍA

- Agassannt. J.F. Carreau P.J. (1991)
Two phase polymer systems
Hanser Publishers Munich
- Ariosti Alejandro (1998)
Revista Argentina ENFASIS
Junio de 1998
- Bester field H. Dale. (1994)
Control de calidad
Prentice H. Hispanoamericana S A.
- Bjorkste, Johan. (1956)
Polyesters and their applications
Reihold Publishing Corp. N.Y. Chapman & Hall Limited London.
- Bodini Giani, Cacchi Pessani Franco. (1992)
Moldes y maquinas de inyección para la transformación de plásticos.
Mc Graw Hill.
- Bentley B. John P. (1993)
Sistemas de medición principios y aplicaciones
Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
- Johnson Richard A. (1997)
Probabilidad y Estadística para ingenieros de Miller y Freud
PHH. Simon & Shuster Quinta edición.

- Martín Ixchel y Lien Roxana. (2000)
Interpretación y uso de las gráficas de control.
Ciencia aplicada Abril de 2000
- Maquita Jorge. (2000)
Seminario de envase y embalaje de alimentos FESC UNAM
Gerente de empaque de Productos de Maíz Febrero 2001
- Meiéndez Pérez Rosalía. (2001)
Seminario de envase y embalaje FESC UNAM
UNAM 2001
- Morton – Jones. D.H. (1999)
Procesamiento de plásticos, Inyección, Moldeo, Hule, PVC
LIMUSA Noriega Editores.
- Montgomery C Douglas. (1985)
Control estadístico de la calidad
Gpo Editorial Iberoamérica.
- "Noticiero Plástico" Revista. (1998)
Nº 431, junio de 1998, Buenos Aires – Argentina
- "Plásticos modernos". (1998)
PET un plástico muy especial, químicos del Principado
Revista Nº 506 agosto 1998
- Padilla Inclan Julián (Tesis 1998 UNAM)
Asesor: Q.F.B. Maria E. Revuelta Miranda.
Procesos BFS Implementación, aplicaciones y utilización en Plasti - esteril
S.A. de C V.

- Schwartz S. Seymour. Sidney H. Goodman. (1998)
Plastics Materials and processes
Editorial Van Nostrand Reinhold Company N.Y.
- Tampo Débora (1991)
Aguas envasadas.
Editorial LIMUSA S.A. DE C. V.
- Timberline Machinery Inc. Catalogo electrónico. (2001)
7 Pittsburgh Ave. PO Box 01109 N. H. 03061 USA
(603) 889 72 33 Fax. 889 73 00
www.timberlinemachinery.com
- Walpole Ronald E Raymond H. Myers y Sharon L. Myers. (1998)
Probabilidad y Estadística para ingenieros.
Sexta Edición 1998. Editorial: Pearson Educación
- Wilmer A. Jenkins & James P. Harrington.. (1991)
Packaging food with plastics
Edit. Mc Graw Hill
- Zarco Gonzáles Eva. (1993)
Manual de aplicación del análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos
Secretaría de salud. Méx. D. F.