



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

**CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE
EXTRUSION DE PELÍCULAS DE PLÁSTICO DE
POLIPROPILENO**

MIGUEL ESAÚ REYNOSO RUIZ

Asesorado por : Ing. Ronald Vladimir Urrutia Flores

Guatemala, mayo de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE
EXTRUSION DE PELÍCULAS DE PLÁSTICO DE
POLIPROPILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MIGUEL ESAÚ REYNOSO RUIZ

ASESORADO POR: ING. RONALD VLADIMIR URRUTIA FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2004

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE EXTRUSION DE PELÍCULAS DE PLÁSTICO DE POLIPROPILENO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 12 de enero de 2004.

Miguel Esaú Reynoso Ruiz.

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



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Aldo Estuardo García Morales
EXAMINADOR	Ing. Roberto Valle González
EXAMINADORA	Inga. Paula Vanessa Ayerdi Bardales
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

Guatemala, abril 6 del 2,004.

Ingeniera
Marcia I. Veliz Vargas
DIRECTORA
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señora Directora:

Me dirijo a usted para informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación del estudiante MIGUEL ESAÚ REYNOSO RUIZ, con carné 96-15759, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El trabajo en mención se titula: CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE EXTRUSION DE PELÍCULAS DE PLÁSTICO DE POLIPROPILENO.

Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela y para los efectos correspondientes, me suscribo de usted.

Atentamente,

Ronald Vladimir Urrutia Flores
Ingeniero Industrial
Colg. 4936
ASESOR.

ACTO QUE DEDICO:

A Dios	Ser supremo que me ha dado la vida
A mis padres	Miguel Reynoso y Lidia Ruiz Colocho por sus sabios consejos y su apoyo incondicional
A mis hermanos	Lic. David Reynoso, Brenda Reynoso, Lic. Josué Reynoso
A mis Abuelos	Alejandra Colocho Segura y Luís Alberto Ruiz
A mis Tíos	Sonia, Thelma, German, Luís, William, Urbin, Carlos y en especial a mi tía Silvia Anabelly Ruiz Colocho por su apoyo incondicional
A mis amigos	Lic. Amahán Sánchez, Ing. Rodolfo Samayoa, Ing. Jair Gaitan, Ing. Ronald Urrutia, Ing. Murphy Paiz, Ing. Fredy Monroy, Daniel Lemus, Luís Chacón, Aníbal Moran, Óscar Búcaro, Welder Vargas, David Pazmiño, Pedro Melgar, Manuel Salguero, Jorge Ariza, Benjamín Rojas, Enrique Jiménez, Daniel Amaya, Alejandro Calderón, César Duarte, Alejandra Guerra, y en especial a Grace Martínez
A mis catedráticos	Prof. Daniel Mendizábal
A mis compañeros	
A mi Facultad	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	VIII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
1. GENERALIDADES DE UNA PLANTA EXTRUSORA DE PLÁSTICOS DE POLIPROPILENO	1
1.1 ¿Qué es la extrusión de películas de plásticos de polipropileno?	1
1.2 Organigrama de una planta de producción	5
1.3 Diagrama de flujo del proceso de extrusión de PP	6
1.4 Materias primas	11
1.4.1 Materia prima base	11
1.4.2 Aditivos	11
1.5 Productos	11
1.5.1 Productos (extrusión)	12
1.5.2 Subproductos (conversión)	14
1.6 Maquinaria y equipo	14
1.7 Tipos de clientes	16

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO	17
2.1 Factores que influyen al control de calidad	17
2.1.1 Las 9 “emes”	17
2.1.1.1 <i>Markets</i> (mercados)	18
2.1.1.2 <i>Money</i> (dinero)	18
2.1.1.3 <i>Management</i> (administración)	19
2.1.1.4 <i>Men</i> (personal)	20
2.1.1.5 <i>Motivation</i> (motivación)	20
2.1.1.6 <i>Materials</i> (materiales)	21
2.1.1.7 <i>Machines</i> (maquinaria)	21
2.1.1.8 <i>Modern information</i> (información moderna)	22
2.1.1.9 <i>Mounthin product</i> (requisitos crecientes del producto)	22
2.2 Gráficos de control por variables	23
2.2.1 Tipos de gráficos de control	24
2.2.1.1 Gráfico de promedios (X)	25
2.2.1.2 Gráfico de rangos (R)	27
2.2.1.3 Gráfico de medias individuales	28
2.3 Límites de control de proceso	30
2.4 Análisis de resultados obtenidos en gráficos de control	35
2.4.1 Patrones típicos de gráficos de control	42
2.5 Ventajas y beneficios del uso adecuado de control de calidad estadístico	49
2.6 Resistencia al cambio en la implementación del control de calidad estadístico	50

3. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE EXTRUSION DE PLÁSTICOS DE POLIPROPILENO	52
3.1 Proceso del sistema actual de control de calidad	52
3.1.1 Descripción	52
3.1.2 Diagrama de flujo de operaciones	54
3.2 Elementos del sistema actual de control de calidad	57
3.2.1 Personal involucrado	57
3.2.2 Equipo y herramienta	57
3.3 Políticas del sistema actual de control de calidad	59
3.4 Análisis del control de calidad actual	62
3.4.1 Formatos de control y registro	62
3.4.2 Informes de resultados	66
3.4.3 Decisiones correctivas y/o preventivas	67
4. ESTRUCTURACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO	69
4.1 Gestión de las actividades de control de calidad estadístico	70
4.1.1 Definición de políticas de calidad	70
4.1.2 Definición de líneas de mando	71
4.1.3 Actividades del jefe de control de calidad	71
4.1.4 Actividades del jefe de investigación y desarrollo	72
4.1.5 Actividades del asegurador de calidad	73
4.1.6 Actividades del supervisor de producción	73

4.2	Requerimientos para el control de calidad estadístico	74
4.2.1	Definición de matriz de variables críticas	74
4.2.2	Definición de pruebas para producto en proceso	76
4.2.2.1	Prueba de variables de resistencia	76
4.2.2.2	Prueba para variables de densidad	78
4.2.2.3	Prueba para variables de tiempo de vida	80
4.2.3	Análisis de resultado de pruebas	82
4.2.3.1	Como analizar las fuentes de variación	82
4.2.4	Capacitación de aseguradores de calidad	82
4.2.5	Equipo y herramienta	83
4.2.6	Apoyo general	84
4.3	Metodología del sistema de control de calidad estadístico	84
4.3.1	Definición de variables a controlar	85
4.3.2	Estudios de capacidad de las películas de plástico de polipropileno	86
4.3.3	Aplicación de control sobre el servicio	86
4.4	Costo de implementación y operación	87
5.	IMPLEMENTACIÓN PILOTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO	89
5.1	Metodología de programa piloto	89
5.1.1	Definición de producto a utilizar	90
5.1.1.1	Resistencia de la película de polipropileno	90
5.1.1.2	Densidad de la película de polipropileno	90
5.1.1.3	Tiempo de vida de la película de polipropileno	90

5.1.2 Prueba por realizar	91
5.1.3 Registro de resultados	92
5.1.3.1 Recolección de datos	93
5.1.3.2 Planteamiento de Hipótesis	99
5.1.4 Gráfico de resultados	101
5.1.5 Análisis de resultados obtenidos	116
5.2 Recomendaciones	117
5.3 Retroalimentación	118
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	125
APÉNDICE	126
ANEXOS	135

ÍNDICE DE ILUSTACIONES

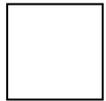
FIGURAS

1	Organigrama de una planta de producción	5
2	Diagrama de flujo del proceso de extrusión PP	8
3	Productos de extrusión de polipropileno	13
4	Maquinaria del proceso de extrusión	15
5	Los tres tipos de límites	32
6	Las seis zonas de una carta de control	36
7	Ejemplo de una gráfica de control	39
8	Diagrama de flujo de control de calidad del proceso de Extrusión PP	55
9	Formato de control de traslado de muestras	63
10	Formato de programación de pruebas	64
11	Formato de recolección de datos estadísticos	65
12	Gráfico de control de resistencia de películas de PP uno	107
13	Gráfico de control de densidad de películas de PP uno	108
14	Gráfico de control de tiempo de vida de PP sem. uno	109
15	Gráfico de control de resistencia de películas de PP dos	113
16	Gráfico de control de densidad de películas de PP dos	114
17	Gráfico de control de tiempo de vida de PP sem. dos	115

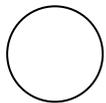
TABLAS

I	Cuando el rango se usa como medida de dispersión	33
II	Cuando la desviación estándar se usa como medida de dispersión	33
III	Cuando el rango se usa como medida de dispersión	34
IV	Cuando la desviación estándar se usa como medida de dispersión	34
V	Rango de variables	60
VI	Matriz de variables críticas	75
VII	Hoja de programación de pruebas	94
VIII	Hoja de control de traslado de muestras	95
IX	Hoja de apuntes estadísticos de resistencia de películas	96
X	Hoja de apuntes estadísticos de densidad de películas	97
XI	Hoja de apuntes estadísticos de tiempo de vida del producto	98
XII	Cálculos para obtener media de medias y media de rangos para variables de resistencia de películas	102
XIII	Cálculos para obtener media de medias y media de rangos para variables de densidad de películas	103
XIV	Cálculos para obtener media de medias y media de rangos para variables de tiempo de vida de películas	104
XV	Factores para la construcción de cartas de control	136

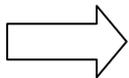
LISTA DE SÍMBOLOS



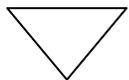
Inspección : símbolo utilizado cuando ocurre o se somete una parte a algún tipo de prueba para determinar su conformidad con requerimiento o parámetro o bien una norma o estándar.



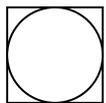
Operación : es el cambio intencional en una pieza que se trabaja para darle las características deseadas de tamaño, forma y otros detalles.



Transporte : distancia que recorre el producto hacia otra estación de trabajo o almacenamiento.



Almacenamiento : es la conservación temporal en un lugar adecuado, de la materia prima antes o después de ser procesada, o de cualquier otro material.



Combinada : se da por entendido de una doble operación realizada en una misma inspección de trabajo, es decir, se trabaja la pieza y se revisa para saber si cumple o no con algunas especificaciones.

GLOSARIO

<i>Extrusión</i>	Proceso de calentamiento y aplastamiento de la materia prima base que se utilice durante el proceso de producción de cualquier producto.
Polipropileno	Resina obtenida del proceso de refinamiento del petróleo.
Aditivo	Material utilizado para colorear o densificar la materia prima base en la elaboración de películas de plástico de polipropileno.
Control	Mecanismos usados para garantizar que conductas y desempeño cumplan con las reglas y los procedimientos de una organización.
Diagrama de flujo del procesos	Contiene, en general, los detalles mas importantes de un proceso con un enfoque que va de lo general de aquel a detalles de operaciones más particulares como: distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, sin redundar en aspectos ingenieriles como tiempos.

PP	Abreviatura utilizada para designar a la resina derivada en el refinamiento del petróleo con nombre genérico de Polipropileno.
Limites de control	Son los límites calculados a partir de datos del proceso para definir los límites de la variación debida al azar (aleatoria alrededor de algún valor central).
Limites de tolerancia	Son establecidos por la función de ingeniería de diseño para definir los valores mínimo y máximo permisibles para que el producto trabaje apropiadamente.
Materia prima	Materiales no elaborados empleados por la industria para su conversión en artículos de consumo.
Muestreo	Estudio de la variación de una característica determinada en función de las muestras escogidas para una encuesta; es el proceso de evaluación de una porción de los productos de un lote con el propósito de estudiar la variación de una característica determinada.
Proceso productivo	Fases que conllevan a la elaboración de un producto o la prestación de un servicio.

Productividad

Incremento simultáneo de la producción y del rendimiento debido a la modernización del material y a la mejora de los métodos de trabajo.

RESUMEN

Este trabajo de graduación es, en si, una aplicación de los gráficos de control por variables, el cual se desarrollara en una planta extrusora. Un método gráfico en una de sus aplicaciones sirve para evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico en sus formas mas usuales, la gráfica de control es una comparación de ilustración cronológica de las características de calidad real del producto, con límites que reflejan la capacidad de producirla de acuerdo con la experiencia de las características de calidad de las películas plásticas. Para poder aplicar el método, primero se definen los posibles puntos críticos del servicio, por medio de una lluvia de ideas entre los elemento que lleven el control de la calidad del producto que para nuestro caso son el jefe de calidad y el jefe del departamento de investigación y desarrollo de la planta extrusora, para luego seleccionar una cantidad de puntos críticos representativos, por medio de un análisis de Pareto, para establecer los puntos críticos con mayor incidencia y que reflejen realmente el problema de la baja calidad de las películas de plástico de polipropileno.

Una vez establecidos los puntos críticos, estos se tratan como variables, las cuales se monitorearán día a día durante el turno respectivo , por medio de la recolección de datos de cada variable, estableciendo los rangos y límites por medio de herramientas estadísticas y, registrando todos los datos obtenidos en un archivo específico para el análisis, graficación e interpretación de los mismos para que, cuando el método tenga un corto plazo de ejecución se notará una mejora significativa del nivel de calidad influenciado por el establecimiento de la

metodología y selección de herramientas estadísticas que apoyen y optimicen la labor de control.

OBJETIVOS

General

Estabilizar la calidad de las películas de plástico de Polipropileno en su proceso de producción, a un nivel aceptable que cumpla con las expectativas del mercado internacional.

Específicos

1. Identificar las técnicas estadísticas necesarias usadas dentro de un sistema de calidad estadístico.
2. Evaluar la situación inicial del control de calidad e identificar las posibles soluciones que lleven a la eficiencia y eficacia optima del sistema.
3. Implantar la retroalimentación como herramienta básica para mejora del sistema de calidad estadístico así como de la calidad misma.
4. Diseñar formatos específicos para el control y registro estadístico de las variables críticas de producción.

5. Identificar las causas de variación y factores que hacen variable la calidad del producto por medio de gráficos de control.

6. Estandarizar el proceso de control de calidad del producto de películas de plástico de polipropileno enfocado a términos de la ISO 9000.

7. Estabilizar el control de calidad por medio de herramientas estadísticas.

INTRODUCCIÓN

Concientes de lo rápidamente cambiante del mundo y lo altamente competitivo de nuestro tiempos, es necesario tomar conciencia de que todos los procesos involucrados en la producción de un bien o servicio sean mejorados continuamente para poder satisfacer las expectativas de los consumidores finales, es por ello, que en el presente trabajo, se mostrará una técnica de control de calidad estadístico altamente eficiente en la detección de causas de variabilidad de la calidad del producto con el fin de elevar el nivel de calidad en una planta productora de películas de plástico de polipropileno.

También, se presenta una evaluación del sistema de producción actual en el que se podrá determinar la situación presente del mismo, así como establecer las mejoras necesarias, las cuales son requeridas por el mercado internacional en términos de calidad para poder expandir las fronteras comerciales de la organización y al mismo tiempo lograr enfocar el análisis a las Normas ISO para la certificación futura de la misma.

Al igual, se hará un marco introductorio conceptual para que lector se identifique con el tema de control de calidad estadístico, donde se presentarán los principales subtemas tocados superficialmente para brindar únicamente una idea de los mismos y no profundizar demasiado.

Seguidamente, se presentará un diseño de sistema de control de calidad estadístico en el proceso de extrusión donde se definirán las variables a estudiar, la organización y control de las actividades a realizar, así como de la

metodología a seguir para poder implementar el sistema y, por último, se implementará un programa piloto del sistema de control de calidad estadístico según el diseño antes elaborado, en el cual se recaudarán datos y analizarán los resultados obtenidos, para luego proporcionar las mejoras y recomendaciones pertinentes.

Sin duda alguna, la calidad es un factor determinante en la comercialización de los productos, es por ello, que la Industria invierte sumas incontables para mantenerse a la vanguardia de este rubro y lograr un nivel altamente competitivo para mantenerse dentro del mercado y lograr los resultados esperados en términos económicos.

1. GENERALIDADES DE UNA PLANTA EXTRUSORA DE PLÁSTICOS DE POLIPROPILENO

1.1 ¿Que es la extrusión de películas de plásticos de Polipropileno?

En la industria del plástico, la extrusión es tan solo uno de los diferentes métodos para procesar las materias primas para obtener películas de plástico y, una vez que los detalles del pedido están totalmente discutidos con el cliente, el pedido pasa a extrusión, primer paso en la cadena de transformación de la granza de polipropileno en una bolsa o film de plástico.

El personal de extrusión, estudia el pedido y programa las máquinas (extrusoras) con los parámetros exclusivos para ese pedido en particular.

Una vez programada la extrusora, se comprueban las mezclas de material y aditivos necesarios para conformar el pedido: alta o baja densidad, con o sin polipropileno lineal, deslizante o antideslizante, con o sin pigmento de color, superficie porosa o lisa, etc.

La granza de polipropileno es transparente, por lo que es necesario añadirle pigmento para conseguir el color deseado en el material.

El pigmento se mezcla con la granza en las tolvas de las extrusoras.

Se añadirá uno u otro pigmento dependiendo del color que se desee.

La granza y el pigmento se calientan a temperaturas cercanas a su punto de fusión, con lo que se vuelven inestables y se pueden moldear con facilidad.

El material alcanza la temperatura de fusión al llegar a una hilera circular. Esta hilera moldea el material en forma de tubo, el cual es sometido de forma simultánea a un tiraje vertical y un proceso de soplado en sentido transversal, creando un auténtico globo de plástico. Mediante una gradación en la temperatura de fusión, el soplado y el tiraje vertical se van conformando las características particulares del pedido: galga, tamaño, resistencia, etc.

El material fundido que asciende debido a las fuerzas a las que es sometido y que luego se convierte en un globo, se va enfriando progresivamente y va volviendo a su temperatura normal y estable. Según se va enfriando se va recogiendo en forma de bobina, lo que conforma un rollo de película tubular.

En muchas ocasiones, la bobina de película de plástico es tratada con una descarga eléctrica que oxida la superficie del plástico y que facilita la adherencia de las tintas en el material. Básicamente, se trata de abrir con las descargas eléctricas unos poros en la superficie de la bolsa para que la tinta quede bien impregnada y anclada en el proceso de impresión.

El proceso se termina en esta etapa para algunos productos que no requieren de transformación. Tal es el caso del material retráctil o de las láminas (tubo, semitubo o lámina) en bobinas sin imprimir. En estos casos, la bobinas se pesan, se embalan correctamente para protegerlas de golpes y polvo en el transporte y se preparan para ser entregadas al cliente.

Para los productos que lleven algún tipo de impresión, tales como una bolsa camiseta impresa o el símil papel impreso, el siguiente proceso es impresión. Los productos que no vayan a ser impresos pasan directamente a corte

Dentro del polipropileno existen numerosos grupos y variaciones que hacen que se amolden mejor a las aplicaciones anteriormente descritas. Los dos grandes grupos que utilizan y que mejor se amoldan a la producción de las bolsas de plástico son el alta y la baja densidad, así como la densidad lineal.

Dentro de estos grupos, existen además otras variaciones y múltiples referencias que permiten resaltar aspectos deseados en las bolsas (mayor o menor brillo, resistencia, tacto, facilidad de apertura, etc.) Una vez que llega la granza de polipropileno a las instalaciones, se siguen una serie de pasos en la transformación. Los más importantes son tres: la extrusión, la impresión y el corte.

Cualquier tipo de bolsa plástica o cualquier otro producto plástico que se produzca se obtiene a partir del petróleo. Es en refinerías especializadas donde se purifica el petróleo hasta llegar a convertirlo en un gas, el propileno.

Este gas es posteriormente polimerizado y solidificado hasta crear lo que se llama polipropileno (polímero de propileno).

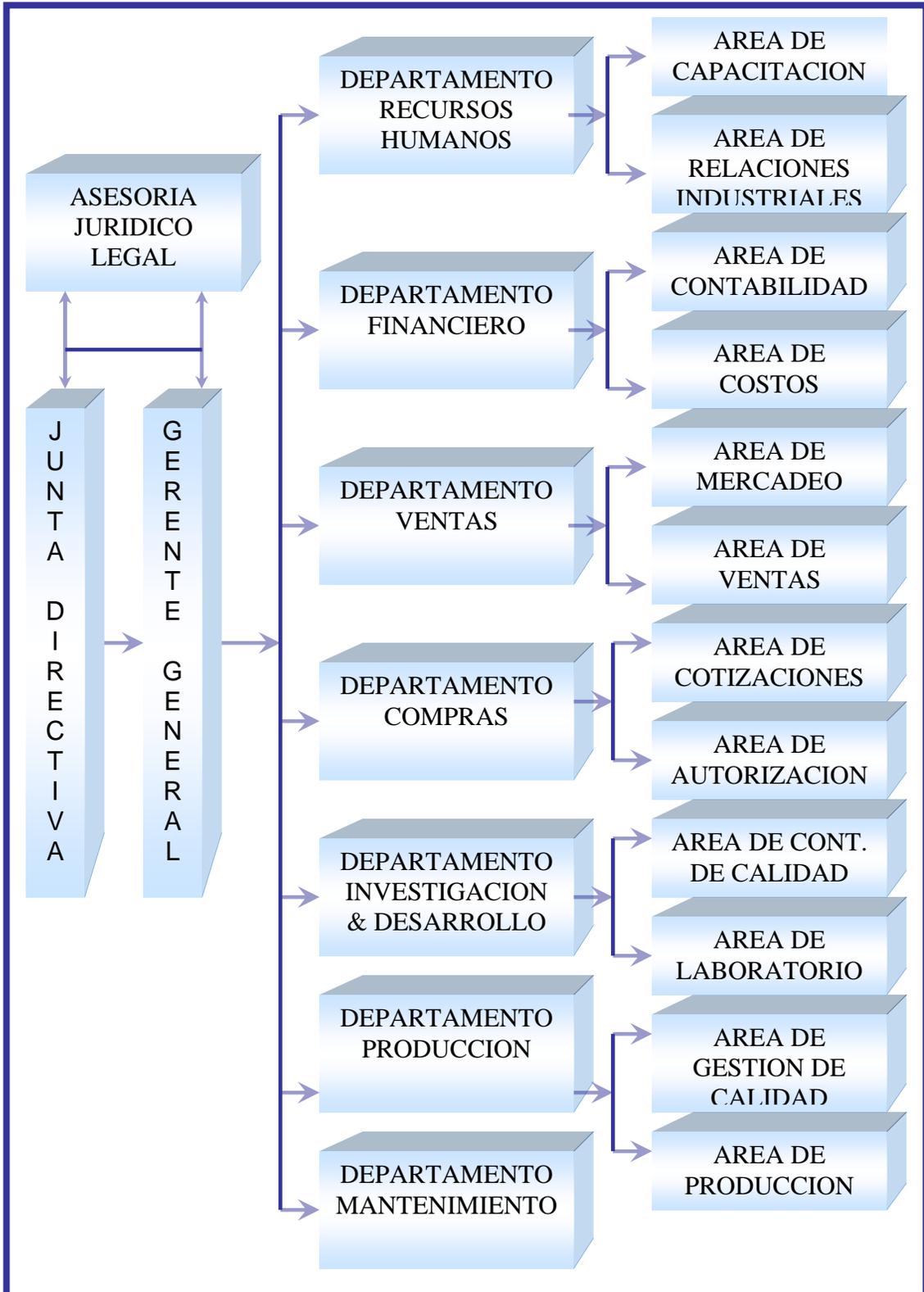
El polipropileno se corta en pequeños granos como los de arroz (llamado genéricamente granza) y normalmente se introducen en sacos de 25 kilos. Posteriormente es servido a las fábricas de bolsas u otros materiales (cables, menaje del hogar, etc.) que lo utilizan como materia base de transformación.

1.2 Organigrama de una planta de producción

Un organigrama, es una descripción gráfica de las líneas de mando dentro de una organización, ya sea esta industrial o de diferente índole, para el

presente estudio se tomará el formato de una empresa de tamaño medio, o sea de la pequeña o media empresa, para no presentar un gráfico demasiado complejo y difícil de comprender para el lector como se muestra a continuación.

Figura 1. Organigrama de una planta de producción



1.3 Diagrama de flujo del proceso de extrusión de PP

En el diagrama de flujo, se describirán las actividades necesarias para realizar la extrusión de la materia prima hasta lograr obtener el producto final, de una forma gráfica, pero que para una mejor comprensión se hará una pequeña descripción de las actividades generales para lograr el objetivo.

- a) **Almacenaje:** El proceso de almacenaje no debe ser considerado "Reciclaje".

- b) **Clasificación selectiva:** Procedimiento de valorización mediante operaciones de separación o segregación de materiales, por lo que se obtienen fracciones de alta riqueza en un componente y que pueden generar otras fracciones de rechazo.

- c) **Triturado:** Se realiza con molinos, densificadores o desgarradores.

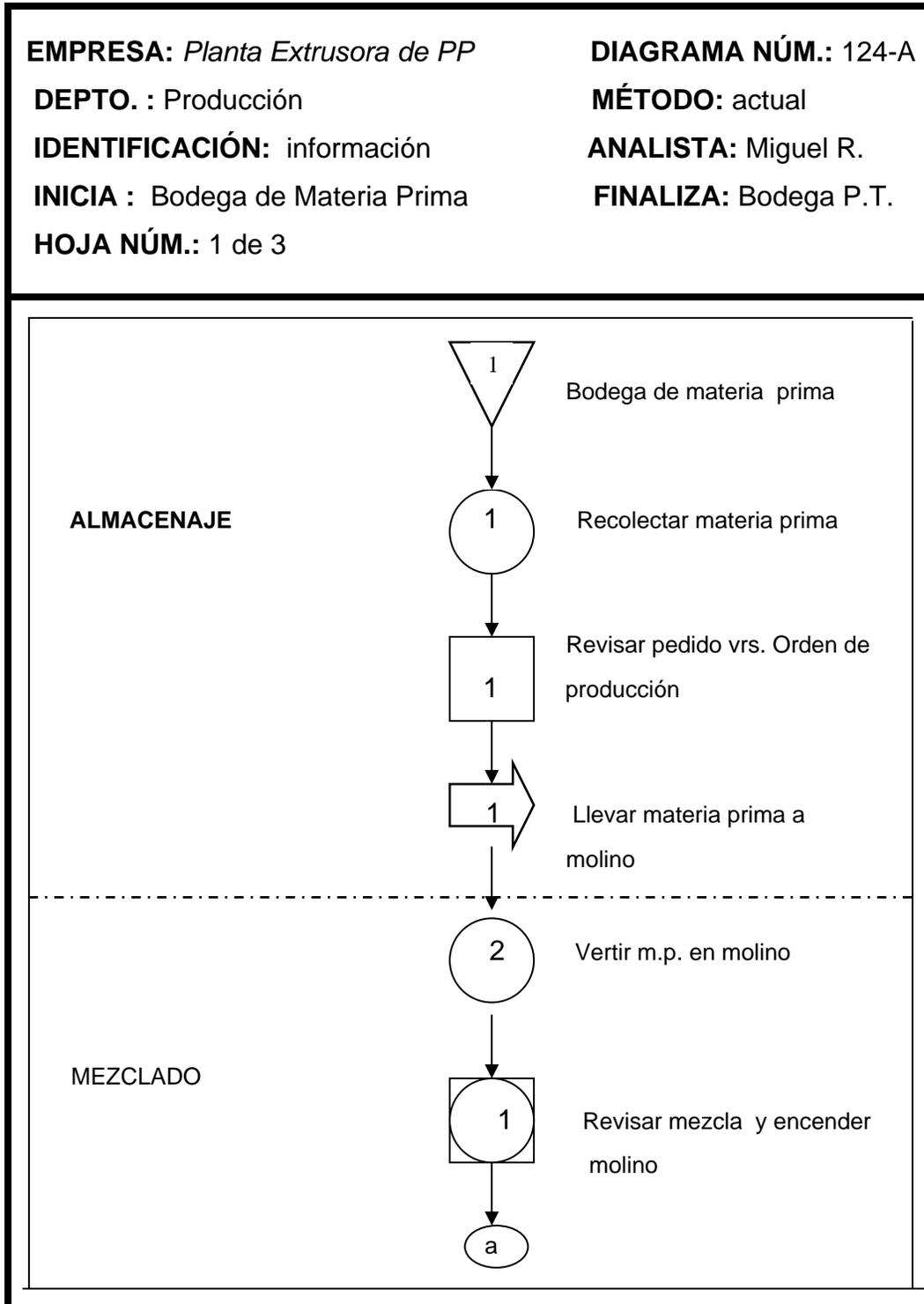
- d) **Lavado:** Por medio del lavado se separan del plástico las impurezas que lleva adheridas. El vehículo lavador es el agua y comporta necesariamente el tratamiento de ésta para su reutilización en el proceso. Posteriormente al lavado se realiza el secado para eliminar la humedad (actividad no muy común).

- e) **Silos Mezcladores:** En algunos procesos es necesario mezclar u homogeneizar los materiales y aditivos.

- f) **Extrusión:** Extrusión y posterior granceado para la obtención de materia prima. Los materiales que sean suficientemente limpios, se

podrán grancear sin lavar. La extrusión puede incluir elementos auxiliares y desgasificación al vacío, filtrado y granceado con agua. La operación de extrusión da lugar directamente al producto acabado, es decir, la granza o granulado.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de extrusión PP



Continuación

EMPRESA: *Planta Extrusora de PP*

DEPTO. : Producción

IDENTIFICACIÓN: información

INICIA : Bodega de Materia Prima

HOJA NÚM.: 2 de 3

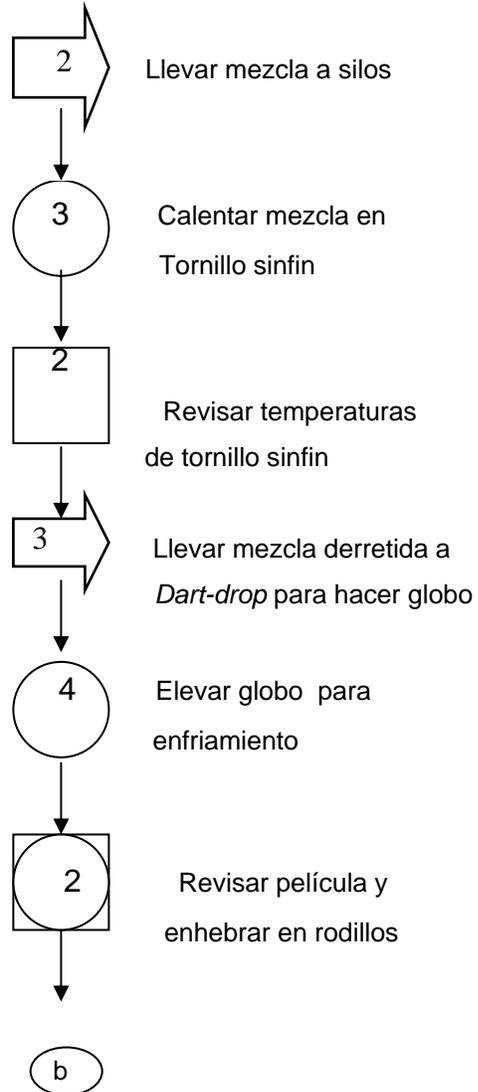
DIAGRAMA NÚM.: 124-A

MÉTODO: actual

ANALISTA: Miguel R.

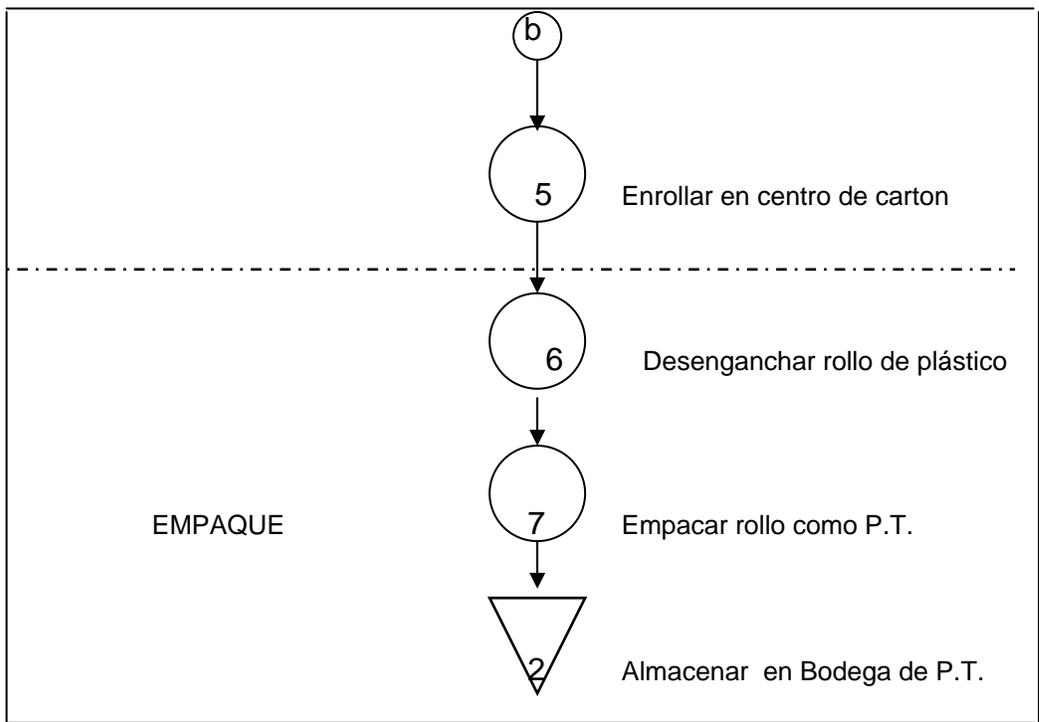
FINALIZA: Bodega P.T.

EXTRUSIÓN



Continuación

EMPRESA: <i>Planta extrusora PP</i>	DIAGRAMA NÚM.: 124-A
DEPTO. : Producción	MÉTODO: actual
IDENTIFICACIÓN: información	ANALISTA: Miguel R.
INICIA : Bodega de m.p.	FINALIZA: Bodega P.T.
HOJA NÚM.: 3 de 3	



Símbolo	Actividad	Operación
∇	Almacenaje	2
○	Operación	7
□	Revisión	2
□○	Op. combinada	2

1.4 Materias primas

La materia prima es todo aquel material esencial utilizado para la elaboración del producto y que en el proceso de extrusión de polipropileno son;

1.4.1 Materia prima base

La materia prima base de las películas de plástico de polipropileno son las resinas derivadas del refinamiento del petróleo y que para este estudio es el polímero de propileno o bien conocido como Polipropileno con abreviatura PP.

1.4.2 Aditivos

Los aditivos son aquellos materiales necesarios para hacer mas o menos densa la mezcla como el *Master Bach* o bien colorantes para definir un color requerido por el cliente que para este caso son tintas especiales.

1.5 Productos

En la división de polipropileno se dispone de varios equipos de extrusión por soplado (burbuja), tanto monocapa como coextrusión para lograr producir una gran variedad de productos plásticos de la resina mencionada anteriormente, con una capacidad de producción de 6000 Toneladas métricas al año, en esta división se transforma el polipropileno en los siguientes productos:

Características de fabricación:

Anchos de 400 a 2500 milímetros

Espesores de 20 a 250 micras de milímetros.

Impresión en un máximo de 2500 mm y hasta cuatro colores por cara

1.5.1 Productos (extrusión)

Los productos de extrusión de polipropileno con que cuenta la planta extrusora son;

- Materiales termocontráctiles: como ; lamina, fundas, tubo
- Sacos industriales
- Film agrícola
- Film Técnico o de barrera, coextrusionados a 3 capas

Figura 3. Productos de extrusión de polipropileno

Baja Densidad (L.D.P.E.)



Bolsa mercadillo



Bolsa camiseta



Bolsa basura



Láminas y láminas en bobina

1.5.2 Subproductos (conversión)

Como complemento, existe una sección de manipulación para realizar diversos formatos en fundas, fundas con precorte, sacos, bolsas industriales, láminas. Todos los procesos de extrusión se controlan mediante soporte informático, lo cual permite garantizar la máxima calidad en los fabricados.

1.6 Maquinaria y equipo

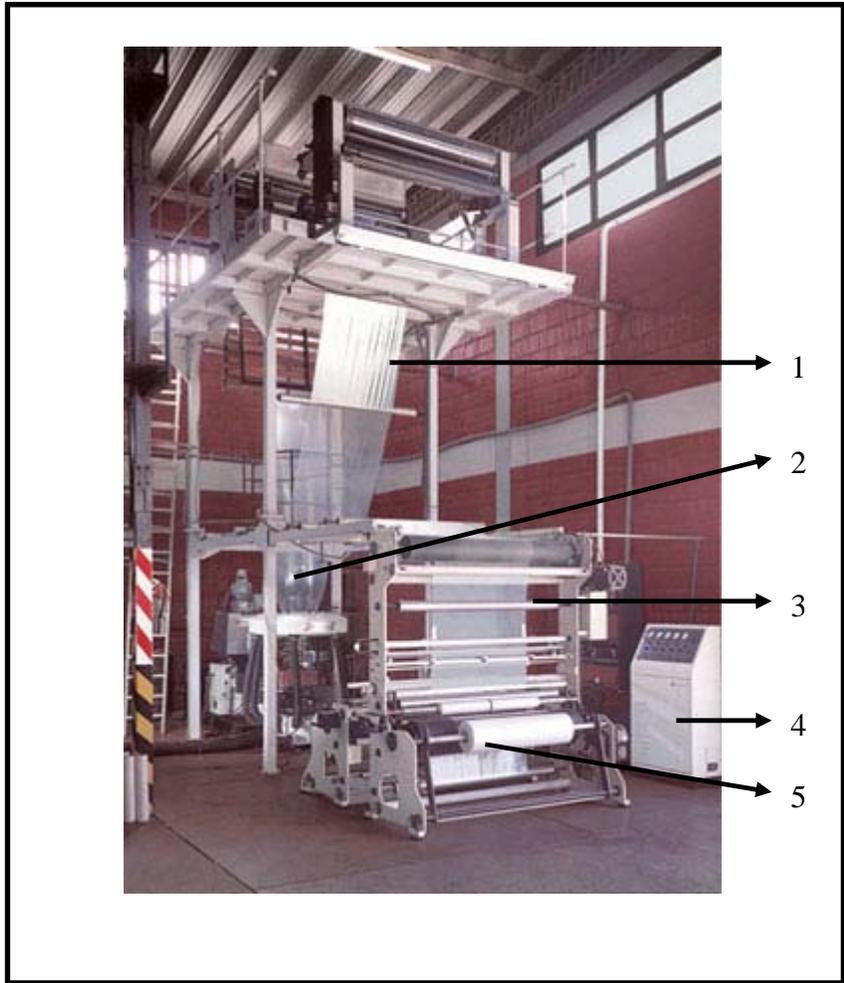
Básicamente la maquinaria y equipo utilizado en la extrusión de películas de plástico de polipropileno se menciona a continuación de una forma superficial sin profundizar en la descripción de cada parte o bien su uso, ya que lo que se pretende lograr es solo formar una idea del proceso de extrusión pero que este no es la base del estudio.

Las instalaciones de fabricación de tecnología de punta eliminan las conjeturas, permitiendo producir confiada y consistentemente las últimas generaciones de compuestos de resinas plásticas para los productos más durables y efectivos en costo en el mercado.

El equipo de **extrusión multicapa**, presenta controles de medición que aseguran que cada fórmula está medida exactamente – así los productos terminados son uniformes desde el principio hasta el fin, y de un embarque al siguiente.

Tales procesos ayudan a satisfacer las demandas de los clientes – desde **películas monoextruidas y coextruidas** multicapa en **varios anchos y calibres**, a materiales para empaque hechos en varios procesos de conversión de película.

Figura 4. Maquinaria del proceso de extrusión



- a. Película de plástico
- b. Globo
- c. Tornillo loco
- d. Mando de controles
- e. Rollo de plástico
- f. Mezclador
- g. Tornillo sinfín
- h. Fuelladores

Los numerales del seis al ocho no aparecen claros en la fotografía pero solo se hacen mención de ellos por su importancia.

1.7 Tipos de clientes

Básicamente los clientes preferenciales son los del área agroindustrial, ya que estos son los que más consumen productos de películas de plásticos para invernaderos o para tapar sus terrenos de sembrado y se podría hacer mención que el área bananera es la que mas lo consume, por el cuidado que conlleva la cosecha del banano.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO

2.1 Factores que influyen al control de calidad

La calidad es un punto crítico y determinante para la comercialización del producto, la cual va a estar pautada por el mercado en el que se desarrolle la misma, debido a la apertura de mercados y formación de bloques económicos, esta pauta la da el mercado internacional y algunos de los factores a considerar como base para el desarrollo de una calidad competitiva y efectiva son los que se mencionan a continuación, conocidos como las “9 emes”.

2.1.1 Las “ 9 emes ”

La calidad de los productos y servicios y por ende los gráficos de control estadístico están influidos directamente en nueve áreas básicas, o lo que podría considerarse como las “9 eMes”;

- 2.1.1.1 *Markets* (mercados)
- 2.1.1.2 *Money* (dinero)
- 2.1.1.3 *Management* (administración)
- 2.1.1.4 *Men* (personal)
- 2.1.1.5 *Motivation* (motivación)
- 2.1.1.6 *Materials* (materiales)
- 2.1.1.7 *Machines* (máquinas)
- 2.1.1.8 *Modern information* (información moderna)

2.1.1.9 *Mounthin product* (requisitos crecientes del producto)

En cada área, la industria se encuentra hoy sujeta a condiciones que actúan sobre la producción en una forma experimentada en periodos anteriores.

2.1.1.1 *Markets* (mercados)

El número de productos nuevos o modificados ofrecidos al mercado crece de una manera explosiva. Muchos de esos productos son el resultado de tecnologías nuevas, que abarcan no solamente al producto en sí, sino también a los materiales y métodos empleados en su manufactura. Los negocios de hoy están identificando cuidadosamente los deseos y necesidades de los consumidores como una base para el desarrollo de productos nuevos. Se ha hecho creer al consumidor que se cuenta con productos que satisfacen casi todas las necesidades. Los compradores están exigiendo más y mejores productos para cubrir sus necesidades actuales. Los mercados se ensanchan en capacidad y se especializan, funcionalmente, en efectos y en servicios ofrecidos. Para un número creciente de compañías, los mercados son internacionales y aun mundiales. Como resultado, los negociosos deben ser más flexibles y capaces de cambiar de dirección rápidamente.

2.1.1.2 Money (dinero)

El aumento en la competencia en muchos campos de acción, aunado a las fluctuaciones económicas mundiales, ha reducido los márgenes de ganancia. Al mismo tiempo, la automatización y la mecanización han obligado a desembolsos de consideración para equipos y procesos nuevos.

El resultado del aumento en las inversiones, que se deben amortizar aumentando la productividad, ha provocado que cualquier pérdida importante de producción, debida a desperdicios y a reproceso, se convierta en un asunto sumamente serio. Los costos de la calidad, conjuntamente con los de mantenimiento y de mejoramiento se han remontado a alturas sin precedente. Este hecho ha enfocado la atención de algunas gerencias hacia el campo del costo de calidad como un “punto débil” ayudar a mejorar las utilidades, disminuyendo sus costos y pérdidas operativas.

2.1.1.3 *Management* (administración)

La responsabilidad de la calidad se ha distribuido entre varios grupos especializados. En otros tiempos, el jefe de taller y el ingeniero del producto eran únicos responsables de la calidad del producto. Ahora, la mercadotecnia, debido a su función de planeación del producto, debe establecer los requisitos de éste. Los ingenieros tienen la misión de diseñar un producto que satisfaga los requisitos. Producción debe establecer y perfeccionar los procesos que tengan la capacidad adecuada para elaborar el producto dentro de las especificaciones fijadas por los ingenieros. Control de calidad reglamentará las mediciones de la calidad durante el flujo del proceso que aseguren que el producto final cumpla con los requisitos de calidad. Aun la calidad de servicio, después de que el producto ha llegado a las manos del comprador, se ha constituido en una parte importante del “paquete del producto”. Esto ha aumentado la carga impuesta a la alta gerencia, particularmente, en vista de la dificultad siempre creciente de localizar responsabilidades por apartarse de los estándares de la calidad.

2.1.1.4 *Men (personal)*

El crecimiento rápido de conocimientos técnicos y la creación de campos totalmente nuevos, tales como la industria electrónica, han creado gran demanda de personas con conocimientos especializados. La especialización se ha hecho necesaria porque los campos de conocimiento se han incrementado no sólo en número sino en amplitud. Aun cuando la especialización tiene sus ventajas, también tiene desventajas al quebrantar la responsabilidad en la calidad de ciertas piezas del producto. Al mismo tiempo, la situación ha creado una demanda de ingenieros capacitados en la elaboración de planes que comprendan todos estos campos de especialización y organización de sistemas, que aseguren los resultados que se desean. Los numerosos aspectos de los sistemas operativos de los negocios se han convertido en el foco de la administración moderna.

2.1.1.5 *Motivation (motivación)*

La creciente complejidad de llevar un producto de calidad al mercado ha aumentado la importancia de la contribución de la calidad por parte de cada empleado. La investigación de la motivación humana ha mostrado que además de la recompensa en dinero, los trabajadores de hoy requieren de refuerzos con un sentido de logro en sus tareas y el reconocimiento positivo de que están contribuyendo personalmente al logro de las metas de la compañía. Esto ha llevado a una necesidad sin precedente de educación sobre la calidad y para mejorar la comunicación de conciencia de calidad.

2.1.1.6 *Materials* (materiales)

Debido a los costos de la producción y a las exigencias en cuanto a calidad, los ingenieros están usando los materiales dentro de límites más estrechos que antes y empleando algunos metales raros y aleaciones metálicas para aplicaciones especiales. El resultado ha sido, especificaciones más estrictas en los materiales y una mayor diversidad en éstos. Ya no sirven para la aceptación la simple inspección visual y la comprobación del espesor, por el contrario, se exigen mediciones físicas y químicas, rápidas y precisas, empleando máquinas especiales de laboratorio, tales como espectrofotómetro láser, aparatos ultrasónicos y equipo de maquinado de prueba.

2.1.1.7 *Machines* (máquinas y mecanización)

La exigencia dentro de las compañías de lograr reducciones de costos y mayor volumen de producción, para satisfacer al consumidor en mercados altamente competitivos, esto ha conducido al uso de equipo más y más complicado, que depende en muchos de la calidad de los materiales empleados. Una calidad buena ha llegado a ser un factor crítico para que una máquina pueda estar trabajando sin interrupción para la mejor utilización de las instalaciones. Esto se cumple para cualquier tipo de equipo de fabricación, desde troqueladoras profundas hasta máquinas automáticas de subensamble. A medida que las compañías transforman su trabajo haciéndolo más automático y más mecanizado a fin de reducir sus costos, se hace más crítica una buena calidad que efectivamente haga real la reducción en costos y eleve la utilización de hombre y máquinas a valores satisfactorios.

2.1.1.8 *Modern information* (métodos modernos de información)

La rápida evolución de la tecnología computacional ha hecho posible la recolección, almacenamiento, recuperación y manipulación de la información en escala nunca antes imaginada. Esta nueva y poderosa tecnología de la información ha proporcionado los medios para un nivel de control sin precedente de máquinas y procesos durante la fabricación y de los productos y servicios aun después de que hayan llegado al consumidor. Los nuevos y constantemente mejorados métodos de procesamiento de datos han puesto a la disposición de la administración información mucho más útil, exacta, oportuna y predictiva sobre la cual basar las decisiones que guían el futuro de un negocio.

2.1.1.9 *Mounthin product* (requisitos crecientes del producto)

Los avances en los diseños ingenieriles que exigen un control más estrecho en los procesos de fabricación han transformado a las “cosas insignificantes”, que no se tenían en cuenta en otros tiempos, en cosas de gran importancia potencial. El polvo en un local donde se haga el ensamblado de tubos electrónicos, vibraciones del piso, transmitidas a la herramienta de una máquina de precisión o variaciones de temperatura, durante el ajuste de sistemas de navegación aeroespacial son riesgos en la producción moderna.

El aumento en la complejidad y los requerimientos de desempeño superior de todo producto han servido para hacer más grande la importancia de la confiabilidad y seguridad del producto. Debe ejercerse una vigilancia constante para evitar que factores, conocidos o desconocidos, se introduzcan en el proceso y disminuyan el grado de confiabilidad de los componentes o de

todo el sistema. Solamente el ejercicio de tal vigilancia puede conducir a un diseño fundamental de confiabilidad.

Por lo anterior, nos hemos enterado de que cada uno de los factores que afectan la calidad están expuestos a cambios continuamente. Cambios que a su vez deben ser atendidos con modificaciones en los programas del control de la calidad dinámica.

2.2 Gráficos de control por variables

Se puede definir a la gráfica de control como;

“ Un método gráfico para evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico”.

En sus formas más usuales, la gráfica de control es una comparación gráfica cronológica (hora a hora, día a día) de las características de calidad real del producto, parte u otra unidad, con límites que reflejan la capacidad del producirla de acuerdo con la experiencia de las características de calidad de la unidad.

El proceso de las gráficas de control es un elemento que pone de manifiesto y en concepto al obrero, de separar las variaciones de los elementos en “normales” y “anormales”, también establece la comparación de la variación de productos con su fabricación real, y los límites de control para el producto.

Cuando se han calculado estos límites y se consideran aceptables para implantarse en la fabricación, las gráficas de control comienzan a desarrollar su misión principal: auxiliar en el control de la calidad de la materia prima, de lotes

de producción, de los elementos aislados o de los ensambles durante su fabricación actual.

En los datos variables, la pregunta “¿qué tan buena o qué tan mala?” se responderá adecuadamente. Por tanto, aunque existe un importante lugar en las aplicaciones del control total de la calidad para las gráficas basadas sobre cada uno de estos tipos de datos, el mayor poder de control de las gráficas de variables hace a este tipo de gráfica la alternativa preferida de control, donde sea práctica y económica.

2.2.1 Tipos de gráficos de control

Son aplicables a variables o características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse como pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etcétera. Las graficas para variables tipo Shewhart más usuales son las que se muestran a continuación.

Algunos tipos de gráficos de control por variables mas comunes o de tipo Shewhart son;

- Gráfica de promedios (\bar{X})
- Gráfica de rangos (R)
- Gráfica de medidas individuales (X)

Estas formas distintas de llamarle a una carta de control se deben al tipo de variable (estadístico) que se gráfica en la carta: un promedio, un rango, etcétera, por medio del cual se tratará de controlar una característica importante de un producto o un proceso.

2.2.1.1 Gráfica de promedios (\bar{X})

La forma operativa de construir una gráfica \bar{X} inicia determinando la característica de calidad a estudiar, para hacer un estudio inicial del desempeño del proceso sobre el tiempo en cuanto a la característica de calidad, es necesario, primero estudiar una parte del proceso que reflejen el comportamiento del mismo, en un tiempo suficientemente representativo, por ejemplo tres días, una semana o un mes. Usualmente esto se logra midiendo la característica de calidad, de una cantidad pequeña de productos consecutivos (subgrupo de productos) cada determinado periodo y, en lugar de analizar las mediciones individuales, se analizan las medias y los rangos de los subgrupos (o muestras).

La gráfica \bar{X} , analizará el comportamiento sobre el tiempo de la columna de medias, con lo cual se tendrá información sobre la tendencia central y sobre la variación entre las muestras. Para calcular los límites de control, en un estudio inicial como el que estamos haciendo, es necesario contar con las medias y rangos de alrededor de 20 muestras (puntos), tipo Shewhart están determinados por la media y la desviación estándar de la variable X , que se grafica en la carta de la siguiente manera:

$$\mu_X \pm 3\sigma_X$$

En el caso de la gráfica \bar{X} , la variable X que se grafica es la media de las muestras, por lo que una forma de estimar su media, μ_X , es por:

$$\mu_X = \mu_{\bar{X}} \approx \bar{\bar{X}}$$

donde $\bar{\bar{X}}$ es la media de las medias de las muestras, mientras que la desviación estándar de las medias de las muestras está dada por:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma_{\underline{x}} = S/\sqrt{n}$$

donde n es el tamaño de muestra y σ es la desviación estándar de la característica de calidad original. Éste es un hecho importante a diferenciar en las cartas \bar{X} : una cosa es la desviación estándar, σ , de la característica de calidad y otra la desviación estándar de las medias de los subgrupos, $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$. Esta última depende de la primera y del tamaño de la muestra.

En la mayoría de los estudios iniciales se desconoce σ , por eso es necesario estimarla a partir de los datos muestrales. Para ello, una alternativa sería calcular la desviación estándar, S , sin embargo, hacerlo de esta forma incluiría la variabilidad entre muestras y dentro de las muestras, y para la carta \bar{X} es más apropiado incluir sólo la variabilidad dentro de muestras.

Existe otra alternativa que sólo incluye la variabilidad dentro de muestras, y que consiste en estimar σ mediante la media de los rangos, \bar{R} , de la siguiente manera :

$$\sigma \approx \bar{R} / d_2$$

donde:

d_2 es una constante que depende del tamaño de la muestra. En la tabla se dan varios valores de d_2 para distintos valores de n . De esta manera, los límites de control para una carta de control \bar{X} , en un estudio inicial, se obtendrán de la siguiente manera:

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

$$LCC = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Donde:

$$A_2 R \approx 3\sigma_{\bar{x}} = 3(\sigma/\sqrt{n}) \approx 3 \left(\frac{\bar{R}/d_2}{\sqrt{n}} \right) = (3/(d_2\sqrt{n}))\bar{R} .$$

Aunque los límites de control de una carta de medias se deducen a partir del supuesto de normalidad, si la característica de calidad no sigue una distribución normal, la carta \bar{X} sigue teniendo un buen desempeño para detectar cambios significativos en la tendencia central de la característica de calidad, lo anterior debido al teorema central del límite. Al respecto existen varios estudios que han concluido la robustez a la suposición de normalidad. Un supuesto que se hace en la interpretación de todas las cartas de control que aquí se verán, es que hay independencia entre los resultados de muestra a muestra.

2.2.1.2. Grafica de rangos (R)

Este diagrama es utilizado para estudiar la variabilidad de una característica de calidad de un producto o un proceso, y en ella se analiza el comportamiento sobre el tiempo de los rangos de las muestras o subgrupos. Los límites de control para una gráfica R se obtienen a partir de la misma forma general: la media más/ menos tres veces la desviación estándar de la variable que se grafica en la carta.

La estimación de la media de los rangos, μ_R , se hace a través de \bar{R} , mientras que la estimación de la desviación estándar de los rangos, σ_R , se obtienen por :

$$\sigma_R = d_3\sigma \approx d_3 (\bar{R}/d_2)$$

donde d_3 es una constante que depende del tamaño de la muestra. De esta manera los límites de una carta R, en un estudio, se obtienen de la siguiente manera:

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

$$LCC = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Donde las constantes D_3 y D_4 están tabuladas directamente en la tabla, para varios tamaños de muestra.

De esta manera, dado que la carta R ha mostrado que la variabilidad del peso de los costales es estable, y que la carta de medias no detectó ninguna situación o causa especial que haya afectado la tendencia central del proceso, entonces los límites de directamente en la línea de producción.

2.2.1.3. Graficas de medidas individuales (X)

La carta de individuales es un diagrama para variables de tipo continuo que se podría ver como un caso particular de la gráfica X- R, cuando el tamaño de muestra es $n = 1$, pero por las diferencias en los procesos que se aplican la vamos a explicar aparte.

Existen muchos procesos o situaciones donde no tiene sentido práctico agrupar medidas para formar una muestra o subgrupo y poder instrumentar una gráfica $\bar{X} - R$, por lo que la mejor alternativa para controlar estos procesos mediante una carta de control es usar un tamaño de muestra $n = 1$. Ejemplos de estas situaciones son los siguientes:

- a. Procesos muy lentos, en los que resulta inconveniente esperar otra medición para analizar el desempeño del proceso, como sería el caso de procesos químicos que trabajan por lotes.
- b. Procesos en los que las mediciones cercanas sólo difieren por el error de medición como temperatura.
- c. Se inspecciona de manera automática todas las unidades producidas
- d. Resulta costoso inspeccionar y medir más de un artículo.

En estos casos la mejor alternativa es usar una carta de individuales, donde cada medición particular de la característica de calidad que se obtiene se registra en una carta. Para estimar la variabilidad de estas mediciones se acostumbra usar el rango móvil de dos observaciones consecutivas, por lo que, al graficar estos rangos, se obtiene una carta de rangos móviles. Aspectos como consumo de agua o energía también pueden evaluarse con este tipo de cartas.

2.3 Límites de control del proceso

La ubicación de los límites de control en una carta es un aspecto fundamental, ya que si éstos se ubican demasiado lejos de la línea central, entonces será más difícil detectar los cambios en el proceso, mientras que si se ubican demasiado estrechos se incrementará el error tipo 1

Para calcular los límites de control se debe proceder de tal forma que, bajo condiciones de control estadístico, la variable que se gráfica en la carta tenga una alta probabilidad de caer dentro de tales límites. Por lo tanto, una forma de proceder es encontrar la distribución de probabilidades de la variable, estimar sus parámetros y ubicar los límites de tal forma que un alto porcentaje de la distribución esté dentro de ellos, esta forma de proceder se conoce como límites de probabilidad.

Una forma más sencilla y usual se obtiene a partir de la relación entre la media y la desviación estándar de una variable, que para el caso de una variable con distribución normal con media μ y desviación estándar S , y bajo condiciones de control estadístico se tiene que entre $\mu-3S$ y $\mu+3S$ se encuentra el 99.73% de los posibles valores que toma tal variable. En caso de que no se tenga distribución normal, pero se tenga una distribución unimodal y con forma no muy distinta a la normal, entonces se aplica la regla empírica o la extensión del teorema de Chebyshev, bajo estas condiciones, se presenta a continuación un modelo general para una carta de control.

Sea X la variable (o estadístico) que se va a graficar en la carta de control, y suponiendo que su media es μ_x y su desviación estándar S_x , entonces el límite de control superior (LCS), la línea central y límite de control inferior (LCI) están dados por:

$$\text{LCS} = \mu_x + 3S_x$$

$$\text{LCC} = \mu_x$$

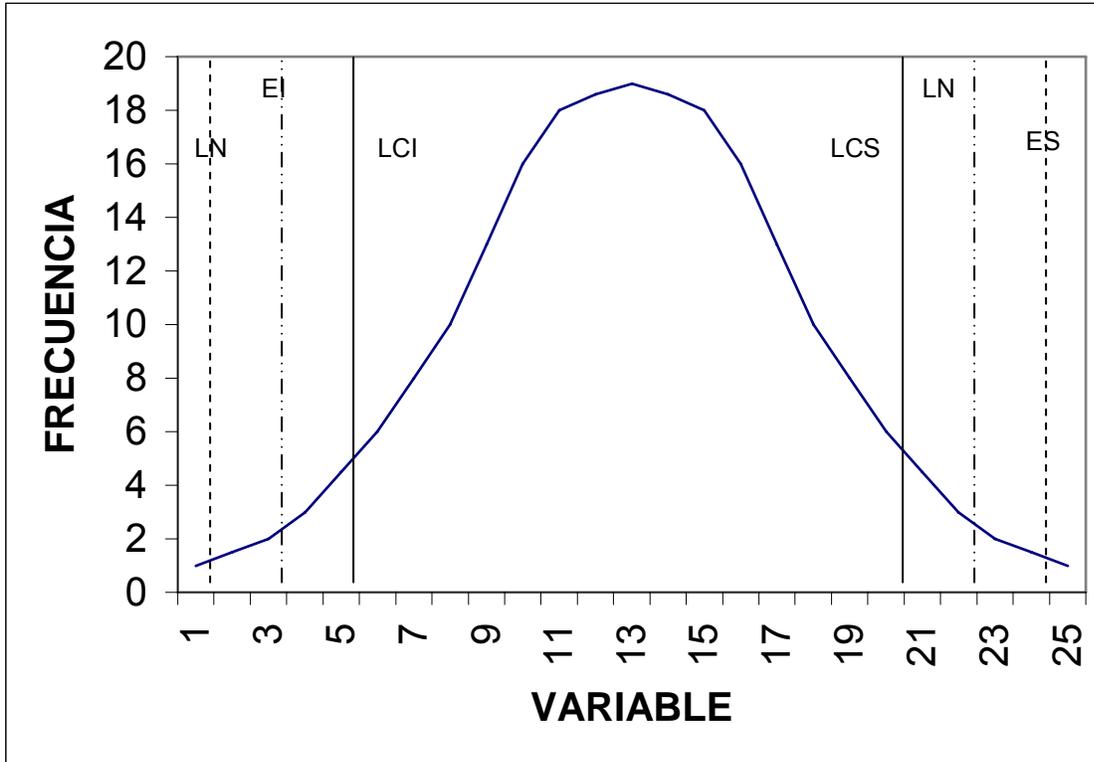
$$\text{LCI} = \mu_x - 3S_x$$

Con estos límites, y bajo condiciones de control estadístico, se tendrá alta probabilidad de que los valores de X estén dentro de ellos. En particular, si X tiene distribución normal, tal probabilidad será de 0.9973, con lo que se espera que bajo condiciones de control sólo 27 puntos de 10,000 caigan fuera de los límites. Este tipo de carta de control fue originalmente propuesta por el Dr. Walter A. Shewhart, por lo que se les conoce como cartas de control de Shewhart.

La forma de estimar la media y la desviación estándar de X a partir de las observaciones del proceso, dependerá del tipo de variable que se X , ya sea un promedio, un rango o un porcentaje.

Un aspecto importante a resaltar en la interpretación de una carta \bar{X} es el hecho de que sus límites de control no son equivalentes a las especificaciones o tolerancias de la característica de calidad; es más, no tienen ninguna relación, ya que los límites de control son obtenidos a partir de la variabilidad del proceso, y en la carta \bar{X} , representan la realidad en cuanto a la variabilidad de las medias de las muestras, en tanto que las especificaciones son valores deseados para las mediciones individuales de la característica de calidad.

Figura 5. Los tres tipos de límites



Fuente : Humberto Gutiérrez Pulido. **Calidad total y productividad**. México, McGraw Hill, 1997. 154p.

Los límites de control en una carta X, sirven para estudiar la realidad o variabilidad del proceso, vista a través de las medias, y no sirven para ver si se cumple con las especificaciones deseadas. Por ello no se les debe confundir, y mucho menos pretender graficar las especificaciones en una carta X.

Las fórmulas que se emplean para el cálculo de los límites en la gráficas de control por variables de Shewhart sin estándar dado, son las siguientes:

Tabla I . **Cuando el rango se usa como medida de dispersión**

Promedio:	Límite inferior	=	$X - A_2 R$
	Límite central	=	X
	Límite superior	=	$X + A_2 R$
Rango:	Límite inferior	=	$D_3 R$
	Límite central	=	R
	Límite superior	=	$D_4 R$

Tabla II . **Cuando la desviación estándar se usa como medida de dispersión**

Promedio:	Límite inferior	=	$X - A_3 S$
	Límite central	=	X
	Límite superior	=	$X + A_3 S$
Desviación estándar	Límite inferior	=	$B_3 S$
	Límite central	=	S
	Límite superior	=	$B_4 S$

Donde :

X = gran promedio R = rango medio S = desviación estándar de la muestra.

Las fórmulas que se emplean para el cálculo de los límites en las gráficas de control por variables de Shewhart con estándar dado, son las siguientes:

Tabla III . Cuando el rango se usa como medida de dispersión

Promedio:	Límite inferior	=	$X_o - A S_o$
	Límite central	=	X_o
	Límite superior	=	$X_o + A S_o$
Rango:	Límite inferior	=	$D1 S_o$
	Límite central	=	R_o (o $d2 S_o$)
	Límite superior	=	$D2 S_o$

Tabla IV . Cuando la desviación estándar se usa como medida de dispersión

Promedio :	Límite inferior	=	$X_o - A S_o$
	Límite central	=	X_o
	Límite superior	=	$X_o + A S_o$
Desv. Estándar	Límite inferior	=	$B5 S_o$
	Límite central	=	s_o (o $c4 S_o$)
	Límite superior	=	$B6 S_o$

Donde :

X_o = valor del promedio adoptado para calcular la línea central y los límites de la gráfica de control.

R_o = Valor del rango adoptado para calcular la línea central y los límites de la gráfica de control.

s_o = Valor de la desviación estándar de la muestra adoptada para calcular la línea central y los límites de la gráfica de control.

S_o = Valor de la desviación estándar del lote o de la población adoptado para calcular la línea central y los límites de control de la gráfica de control.

2.4 Análisis de resultados obtenidos en gráficos de control

Como se había mencionado anteriormente, una señal donde se ha detectado una causa especial de variación (o señal de que ha habido un cambio especial en el proceso) se manifiesta cuando un punto cae fuera de los límites de control o cuando los puntos graficados en la carta siguen un comportamiento no aleatorio (por ejemplo, una tendencia a aumentar, un movimiento cíclico, etcétera). Para facilitar la identificación de patrones no aleatorios lo primero que se hace es dividir la carta de control en seis zonas o bandas iguales, cada una con una amplitud similar a una desviación estándar de la variable que se grafica (ver figura 3).

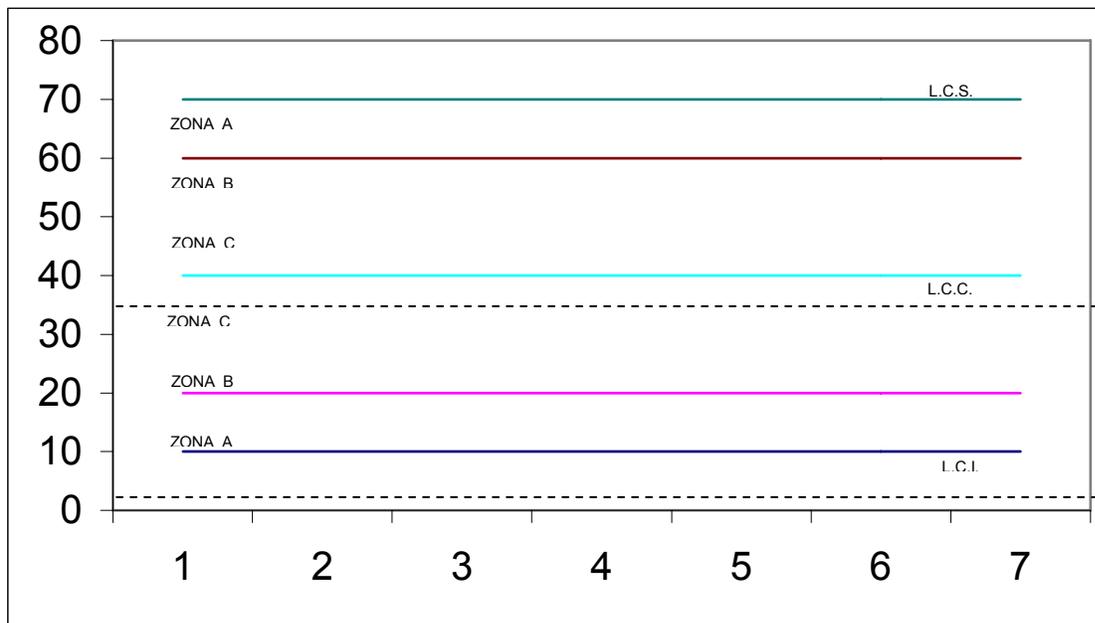
A continuación se dan cinco patrones para el comportamiento de los puntos en una carta. También se presentan las razones comunes por las cuales pueden ocurrir dichos comportamientos. Además, se dan algunas pruebas estadísticas para confirmar la existencia del patrón bajo discusión.

Estas pruebas se han derivado bajo el supuesto de normalidad e independencia en los datos, por lo que, de no cumplirse, las pruebas deben verse con reservas. En particular si dos muestras consecutivas de una carta no son independientes, entonces se debe intentar modificar el muestreo para que sí sean independientes, o usar otro tipo de cartas de control.

Los patrones para el comportamiento de los puntos en una carta son los siguientes:

- Cambios en el nivel del proceso
- Tendencias en el nivel del proceso
- Ciclos recurrentes
- Mucha variabilidad
- Falta de variabilidad o estatificación

Figura 6. Las seis zonas de una carta de control



Fuente : Humberto Gutiérrez Pulido. **Calidad total y productividad.** México, McGraw-Hill, 1997, 163p.

Hay dos condiciones diferentes bajo las cuales se utilizan estas gráficas de control:

- A. Las gráficas usadas para investigar el estado de control de un proceso, tal vez uno que no ha sido examinado previamente, o uno al que se le han hecho grandes cambios en el proceso, o uno que se

examina para el estado de control continuo después que un análisis preliminar de distribución de frecuencias demostró control inicial. Las lecturas sobre las características de calidad de las partes y productos se toman y se analizan para dicho propósito del investigador. Los valores de los límites de control y de la tendencia central se calculan como parte de este análisis y, por lo tanto, la condición se denomina “sin estándar dado”. Con frecuencia los límites de control y los valores de tendencia central se usan en las gráficas, para mantener un control continuo.

- B. Las gráficas en que la tendencia central y los valores de dispersión hayan sido establecidos al inicio, están en condición de “estándar dado”. En todos los casos, la suposición será que los valores estándar son tales que el proceso puede operar a estos niveles y que los datos anteriores disponibles, algunas veces un procedimiento sin estándar dado- han sido usados para determinar que existe un estado de control. En algunas situaciones de planta y compañía, estos estándares se establecen de una forma relativamente arbitraria, basándose sobre circunstancias particulares económicas o de otro tipo práctico que se basan en las necesidades de producción o servicio o en un valor deseado u objetivo designado por requisito o especificación.

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto, o de un proceso, con el propósito de distinguir en dicha variable sus variaciones de causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles). El uso adecuado de las cartas de control permitirá detectar cambios y tendencias importantes en los procesos.

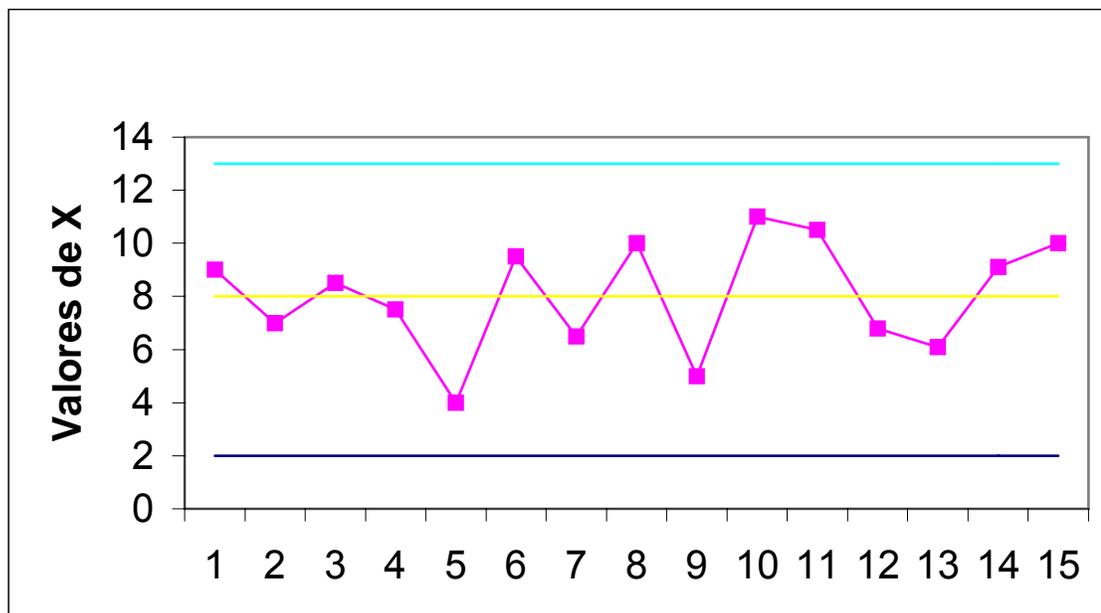
En la figura 5, se muestra una gráfica de control típica, la cual se compone básicamente de tres líneas paralelas, comúnmente horizontales, que rematan a la izquierda en una escala numérica en las unidades de la variable X, que se grafica en la carta. En la parte de abajo, paralela a las líneas hay un eje que sirve para identificar a quién pertenece cada valor de la variable que ha sido representado en la carta mediante un punto. En caso de que el eje sea una escala cronológica, entonces los puntos consecutivos se unen con una línea recta para indicar el orden en que ha ocurrido cada dato.

La línea central de una carta de control representará el promedio de la variable que este graficando cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal que, cuando el proceso está en control estadístico, existe alta probabilidad de que prácticamente todos los valores de la variable (puntos) caigan dentro de los límites. Si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está bajo control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces, será una señal de que el proceso está fuera de control estadístico, por lo que es necesario investigar cuál es la causa del comportamiento o cambio especial. En general, los límites de control serán estimaciones de amplitud de la variación natural de la variable (promedio, rangos, etcétera) que se grafica en la carta.

No siempre es indeseable que un punto caiga fuera de los límites de control. Por ejemplo, en una carta donde se grafique la proporción de artículos defectuosos, el que un punto esté por abajo del límite inferior indicará la presencia de una causa especial, que es positiva para la calidad del proceso y que deberá identificarse para tratar cuál fue la causa que influye permanentemente en el proceso.

Lo que se observa en una carta de control, no sólo es, que un punto caiga fuera de los límites de control, sino también, cualquier formación o patrón de puntos que tenga muy poca probabilidad de ocurrir en condiciones “normales”, lo cual será una señal de alerta sobre posibles cambios debidos a causas especiales.

Figura 7. Ejemplo de una gráfica de control



Fuente: Humberto Gutiérrez Pulido. **Calidad Total y Productividad**. México, McGraw – Hill, 1997, 143p.

Las etapas que se siguen para el proceso de las gráficas son las siguientes:

Sin estándar dado:

- Seleccionar las características de calidad apropiadas para el estudio.
- Registrar los datos de un número requerido de muestras, con cada muestra compuesta de un número apropiado de unidades.
- Determinar los límites de control para estos datos de la muestra.
- Analizar el estado de control en la muestra. ¿Demasiada variación?, ¿Rápidas desviaciones de un estado de control y un repentino retorno al control?, ¿Proceso bien controlado?. Se toma una acción apropiada, de acuerdo con las necesidades y economía, con base en este análisis.
- En muchos casos, cuando los límites de control se calculan por primera vez para partes o ensambles, los procesos se encuentran “fuera de control”; las características de varias muestras exceden los límites de control. En estos procesos, las causas para las variaciones excesivas en las muestras se pueden localizar y eliminar. Los pasos 2 y 3 se repiten hasta que el proceso está controlado.
- En aquellos casos en que la gráfica de control y sus límites sean utilizados, para mantener un control del proceso continuo, se siguen los procedimientos de los pasos 6 y los siguientes de la condición de estándar dado.

Con estándar dado :

- Seleccionar la característica de calidad apropiada para el estudio.

- Establecer el valor apropiado de la tendencia central y de la dispersión que se usarán. Todos los datos anteriores disponibles deben usarse para determinar que existe un estado de control.
- Determinar los límites de control a partir de estos valores “adoptados”.
- Establecer que estos límites de control sean económica y prácticamente satisfactorios para el trabajo.
- Establecer los valores de los límites de control y graficar los límites en un papel apropiado.
- Empezar a registrar los resultados de las muestras de producción de tamaño apropiado, seleccionadas en intervalo periódicos.
- Tomar acción correctiva si las características de las muestras de producción exceden los límites de control.

Existen muchas aplicaciones adicionales de las gráficas de control por variables en las operaciones de una factoría, antes o después de su empleo sobre la producción real. Dos aplicaciones características son:

- a. Informar al ingeniero proyectista de la posibilidad de manufactura de los diseños alternativos posibles.
- b. Medición del desgaste de la herramienta, como una guía para el futuro diseño y calibración de esas herramientas.

Aun cuando el cálculo de los límites de control para estas dos clases de gráficas medición y fracción o porcentaje, difiere en sus detalles, el proceso fundamental es el mismo. El cálculo está basado en la teoría de las probabilidades.

2.4.1 Patrones típicos de gráficos de control

Algunos de los patrones mas comunes que se proyectan dentro del análisis de una gráfica de control son los siguientes;

Patrón 1. Cambios (brincos) en el nivel del proceso: Este patrón es un cambio que se registra en la carta cuando pocos puntos están fuera o muy cerca de los límites de control o cuando una gran cantidad de puntos caen de un solo lado de la línea central . Estos cambios especiales se dan a causa de la introducción de nuevos trabajadores, máquinas, materiales o métodos; esto ocurre debido a los cambios en los métodos de inspección, o a una mayor o menor atención de los trabajadores. Cuando esto ocurre en las cartas \bar{X} , p , np , u o c , se dice que ha habido un cambio en el nivel promedio del proceso; por ejemplo, en las cartas \bar{X} un cambio de nivel significa que el centrado del proceso tuvo cambios. En la carta R , significa que la variabilidad aumentó o disminuyó.

Un cambio en el nivel del proceso ha ocurrido cuando se cumple una de las siguientes cuatro pruebas:

Prueba 1; un punto fuera de los límites de control.

Prueba 2; dos de tres puntos consecutivos en la zona A o más allá

Prueba 3; cuatro de cinco puntos consecutivos en la zona B o más allá.

El cumplimiento de las tres pruebas se muestra . Cuando se está analizando el proceso con los datos o muestras recién obtenidas y sea cumplida alguna de las tres pruebas, entonces esto es indicará de que ha entrado al proceso una causa especial que ha provocado que el proceso esté operando con otro nivel. Tal cambio pudo darse de manera paulatinamente hasta que alcanzó una magnitud considerable y la carta lo registró, o también pudo darse desde hace un momento de manera repentina. En cualquier caso oh se debe investigar por qué ha ocurrido, identificarlo y actuar en consecuencia. De no hacerse nada, puede que después de un tiempo el proceso regrese a su nivel normal, una vez que haya desaparecido la causa. Pero también puede ocurrir que dicha causa se quede permanente en el proceso hasta que se haga algo para eliminarla.

Siempre que se detecte un cambio de nivel se debe actuar inmediatamente, para identificar la causa, lo cual permitirá conocer más el proceso, y saber si el cambio es positivo y se estará en posibilidades de mantener esa mejora; por el contrario, si el cambio se traduce en mala calidad y se deba trabajar para lograr el nivel anterior o para prevenir que en el futuro no se dé tal cambio especial.

Cuando se cumple alguna de las tres pruebas anteriores, lo que se hace además de investigar la causa, es tomar datos de inmediato, para confirmar el cambio y monitorear más de cerca lo que está pasando en el proceso.

Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso: Este patrón consiste en una tendencia a incrementarse (o disminuirse) los valores de los puntos en la carta, como se aprecia en la figura seis. Una tendencia bien definida y larga no es un

patrón aleatorio, por ello se debe a alguna causa especial. Por ejemplo, puede deberse al deterioro gradual del equipo de producción, desgaste de las herramientas de corte; acumulación de productos de desperdicio en las tuberías, calentamiento de máquinas o cambios graduales en las condiciones del medio ambiente. Estas causas se reflejan prácticamente en todas las cartas excepto en la de rangos.

Las tendencias en una carta de rangos son más raras, pero cuando se dan, pueden deberse a la mejora o empeoramiento de la habilidad de un operario, a la fatiga del operario (la tendencia se repetirá en cada turno) y al cambio gradual en la homogeneidad de la materia prima.

Para determinar si hay una tendencia en el proceso se tiene la siguiente prueba concreta:

- Prueba 5 ; Seis puntos consecutivos ascendente (o descendentes):

El cumplimiento de esta prueba se muestra en la primera parte de la figura seis. En ocasiones se presentan tendencias que no se ajustan a la prueba cuatro, como es el caso de la que se presenta en la segunda parte de la figura seis. En este caso evidentemente hay una tendencia, ya que es demasiado largo el movimiento ascendente como para que sea aleatorio. Cuando se presenta este tipo de tendencias, pero más cortas, resulta difícil determinar cuándo es un comportamiento aleatorio o cuándo no lo es. Sin embargo, el conocimiento del proceso y un buen uso de las cartas de control podrán facilitar la identificación.

La recomendación básica en este caso sería que, en el momento en que se dé un flujo largo y creciente de puntos que parezca no aleatorio, entonces

es una señal de alerta para vigilar más de cerca del desempeño del proceso, para que en su caso se pueda identificar la causa del mismo.

El uso de las cartas de control para determinar el momento oportuno de dar mantenimiento o ajustes en el proceso resulta de mucha utilidad, ya que cuando se vuelve indispensable el mantenimiento esto puede reflejarse en una tendencia.

Patrón 3. Ciclos recurrentes (periodicidad)

Otro patrón no aleatorio que pueden presentar las cartas es un comportamiento cíclico de los puntos. Por ejemplo, se da un flujo de puntos consecutivos que tienden a crecer y luego se presenta un flujo similar pero de manera descendente, y esto se repite cíclicamente. Cuando un comportamiento cíclico se presenta en la carta X, entonces las posibles causas son temperatura u otros cambios periódicos en el ambiente; diferencias en los dispositivos de medición o de prueba que se utilizan en cierto orden; rotación regular de máquinas u operarios; efecto sistemático producido por dos máquinas, operarios o proveedores que se usan alternadamente.

Si el comportamiento cíclico se presenta en la carta de rangos, entonces algunas de las posibles causas son mantenimiento preventivo programado o fatiga de trabajadores o secretarías.

Para saber si existe un ciclo se debe observar que, en efecto, éste se repita periódicamente. Por ello se debe ser muy cuidadoso y recurrir al conocimiento del proceso y a un buen uso de la carta. Cuando el ciclo consiste en que los puntos se van alternando entre altos y bajos, tenemos la siguiente prueba.

- Prueba seis; Catorce puntos consecutivos alternando entre altos y bajos

El cumplimiento de esta prueba se muestra . Un error frecuente de interpretación en los ciclos como el de esta figura, es declarar que hubo un ciclo sólo porque unos cuantos puntos en la carta se van alternando entre altos y bajos; el criterio en estos casos es muy claro: “14 puntos consecutivos alternando entre altos y bajos”. Desde el punto de vista probabilístico resulta confiable la aplicación de la prueba seis a todas las cartas que se describen en este trabajo de graduación.

Patrón 4. Mucha variabilidad

Una señal de que en el proceso hay una causa especial de variación, que provoca que esté fuera de control estadístico, se manifiesta mediante una alta proporción de puntos cerca de los límites de control, a ambos lados de la línea central, y muy pocos o ningún punto en la parte central de la carta. En estos casos se dice que hay mucha variabilidad, como se puede ver en la figura siete. Algunas causas que pueden afectar a la carta X de esta manera son sobre control o ajustes innecesarios en el proceso, diferencias sistemáticas en la calidad del material o en los métodos de prueba, y control de dos o más procesos en la misma carta (uno con resultados mayores y otro con resultados menores), mientras que la carta T se puede ver afectada por la mezcla de materiales de calidades bastante diferentes, diferentes trabajadores utilizando la misma carta R (uno más hábil que el otro), y datos de procesos operando bajo diferentes condiciones graficados en la misma carta. Una prueba para detectar la alta proporción de puntos cerca o fuera de los límites es la siguientes:

- **Prueba siete; ocho puntos consecutivos a ambos lados de la línea central con ninguno en la zona C.**

La alta proporción de puntos cerca o fuera de los límites de control en ocasiones se debe a una mala planeación de la instrumentación de la carta. Por ejemplo, el sobreajuste es un indicio claro del desconocimiento de los objetivos de una carta de control. Este se puede dar cuando al operario se le responsabiliza por la mala calidad producida por las máquinas o cuando el operario no se le creó conciencia ni se le hizo participe en la instrumentación de la carta.

Muchas de las posibles causas que motivan la alta proporción de puntos cerca de los límites de control pueden ser corregidas con una buena planeación del muestreo del proceso, es decir, razonando adecuadamente el subgrupo (muestra).

Desde el punto de vista probabilístico, resulta confiable la aplicación de la prueba siete a todas las cartas que se describen en este trabajo de graduación.

Patrón 5. Falta de variabilidad (estatificación): Una señal que exista algo anormal en el procesos será el que prácticamente todos los puntos se concentren en la parte central de la carta, es decir, que los puntos reflejen poca variabilidad, como se aprecia . Algunas de las causas que pueden afectar a todas las cartas de control de esta manera serán una equivocación en el cálculo de los límites de control, agrupamiento en una misma muestra a datos provenientes de universos con medias bastantes diferentes, “cuchareo” de los resultados y carta de control inapropiada para la variable en cuestión. Para detectar falta de variabilidad se tiene la siguiente prueba:

- **Prueba ocho; Quince puntos consecutivos en la zona C, arriba o debajo de la línea central.**

Una reducción en la variabilidad se refleja en la carta X, pero en la carta de rangos se apreciarían muchos puntos por debajo de su línea central. Si ha ocurrido una reducción en la variabilidad, lo que se debe hacer es recalcular los límites de control.

Para afirmar que hay poca variabilidad en una carta de control se debe aplicar al pie de la letra la prueba anterior.

Desde el punto de vista probabilístico, la aplicación de la prueba 8 generará más falsas alarmas en las cartas p y np que en la carta de medias, sobre todo en combinaciones específicas de los valores de p y n. Por ello esta prueba debe aplicarse con más cuidado en estas cartas.

Cuando alguna de las ocho pruebas anteriores es positiva, entonces el proceso está fuera de control estadístico. Es decir, se ha detectado una causa especial de variabilidad, lo que se traduce en cambios significativos en la correspondiente característica : calidad promedio, variación, proporción de artículos defectuosos o número de defectos.

Cabe señalar que si el proceso está fuera de control estadístico no significa que no se pueda seguir produciendo con él, sino que el proceso está trabajando con variaciones debidas a alguna causa específica (material heterogéneo, cambios de operadores, diferencias significativas entre máquinas, desgaste o calentamiento de equipo, etcétera). Será responsabilidad de quienes aplican la carta de control buscar la causa de variación o no hacer nada, en cuyo caso las cartas pierden mucho de su potencial.

Salirse de control estadístico es señal de que un factor específico de variación se encuentre presente, por lo tanto debe investigarse cuál es, para prevenir su ocurrencia. El uso e interpretación adecuada de las cartas de control las convierte en una herramienta poderosa para lograr el conocimiento y la mejora de los procesos.

2.5 Ventajas y beneficios del uso adecuado de control de calidad estadístico

Ventajas del uso adecuado del control estadístico ;

Algunas de las ventajas mencionadas aquí, son las mas relevantes en la industria, pero haciendo la salvedad de que existen muchas otras.

- a. Es un programa que integra a todas las personas que forman parte de una empresa, desde sus respectivos jefes, hasta los operadores, dándoles la oportunidad de participar directamente en la solución de problemas de sus áreas de trabajo.
- b. Las mediciones son realizadas y graficadas por el operario.
- c. Las fallas en el proceso pueden ser corregidas, debido a que da los elementos necesarios para realizar cualquier tipo de corrección.
- d. Indica el nivel de cumplimiento del proceso de manufactura.

Beneficios del uso adecuado de control estadístico ;

Algunos de los beneficios son:

- a. Reducir costos en desperdicio de material, (en material de proceso).
- b. Mejorar la uniformidad del producto y del proceso
- c. Mejorar los indicadores de producción (productividad y eficiencia)
- d. Reduce el costo de inspección del producto, debido a que no se debe revisar el 100% del producto.
- e. Ayuda grandemente a mejorar el ambiente de trabajo.

2.6 Resistencia al cambio en la implementación del control de calidad estadístico

Barreras de la implementación del control estadístico ;

- a. Falta de apoyo de la gerencia en cualquiera de sus niveles.
- b. Compromiso de un departamento únicamente.
- c. Compromiso a corto plazo , falta de persistencia.
- d. Implantación con poca planificación para el desarrollo del control de calidad estadístico (C.E.P.).
- e. Fallas en la contratación de un estadístico competente o en la realización de la capacitación del estadístico a los empleados.

- f. Medir el éxito y dirigir el programa basado en las ganancias a corto plazo.
- g. Fallas en solicitar la cooperación del nivel operativo.
- h. Dependencia excesiva de un control de calidad computarizado.
- i. Falta de presupuesto para realizar cambios significativos en el sistema: maquinaria nueva, capacitación, m.p. de mejor calidad.
- j. Falta de investigación de mercado; desconocimiento de lo que quiere el cliente.
- k. Falta de ensayo de materia prima para verificar su calidad, lo cual nos vendría a afectar el producto defectuoso.
- l. Falta de coordinación del programa.
- m. Falta de conocimiento de la norma de vocabulario COGUANOR NCR 66 005:96 (ver anexos).

3. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE EXTRUSION DE PLÁSTICOS DE POLIPROPILENO

3.1 Proceso del sistema actual de control de calidad

De una forma general y no profunda se dará una descripción teórica y gráfica del sistema de control de calidad que se utiliza en la planta extrusora para poder desarrollar el análisis situacional del mismo.

3.1.1 Descripción

El proceso de control de calidad inicia desde que la materia prima es llevada a piso para correr la producción, en ese preciso momento cuando el operador empieza a realizar la mezcla para extruirla es donde se inicia el sistema de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno.

El proceso de control de calidad del departamento de investigación y desarrollo (I&D) de la planta extrusora de plásticos de polipropileno se divide básicamente en 3 etapas que son :

- **Etapas de planificación** . Esta etapa empieza cuando el jefe de calidad programa las pruebas a realizar según el programa de producción en las diferentes máquinas en las que se esta produciendo el producto, entonces el designará el personal y el tipo de análisis que se deberá realizar, al igual

deberá contactar al superintendente de producción y al jefe de producción para que estén sabidos del personal que se movilizará en piso.

- **Etapas de Recolección.** En esta etapa es cuando el operador es avisado por su supervisor para recolectar cierta cantidad de producto cada cierto tiempo, la cantidad y el intervalo de tiempo le será informado al supervisor por el asegurador de calidad, que este último es el encargado de coordinar la recolección de muestras en piso para luego ser trasladadas al laboratorio para su respectivo análisis, estas muestras serán entregadas al analista de laboratorio de turno para sus realizar las respectivas pruebas .
- **Etapas de Análisis.** En esta última etapa es cuando las muestras recolectadas ya han sido entregadas al analista de laboratorio y este se prepara a realizar las pruebas designadas en el programa elaborado por el jefe de calidad, el Analista debe estar seguro que los instrumentos a utilizar como la maquinaria este calibradas y en óptimas condiciones, para no sesgar los resultados obtenidos. Una vez realizada la prueba el analista deberá elaborar un reporte de los resultados para luego ser entregado al jefe de calidad para que esté de el visto bueno a la corrida de producción para poder ser despachada al cliente.

El proceso actual de control de calidad en el cual se aplicará el control de calidad estadístico, es debido a que este sistema actual solo genera datos de los cuales no son analizados para darles seguimiento o mejora a la calidad del producto, ya que con esto, se puede detectar las causas raíz de la variabilidad de calidad del producto ya sea esta debido a proceso o a materias primas.

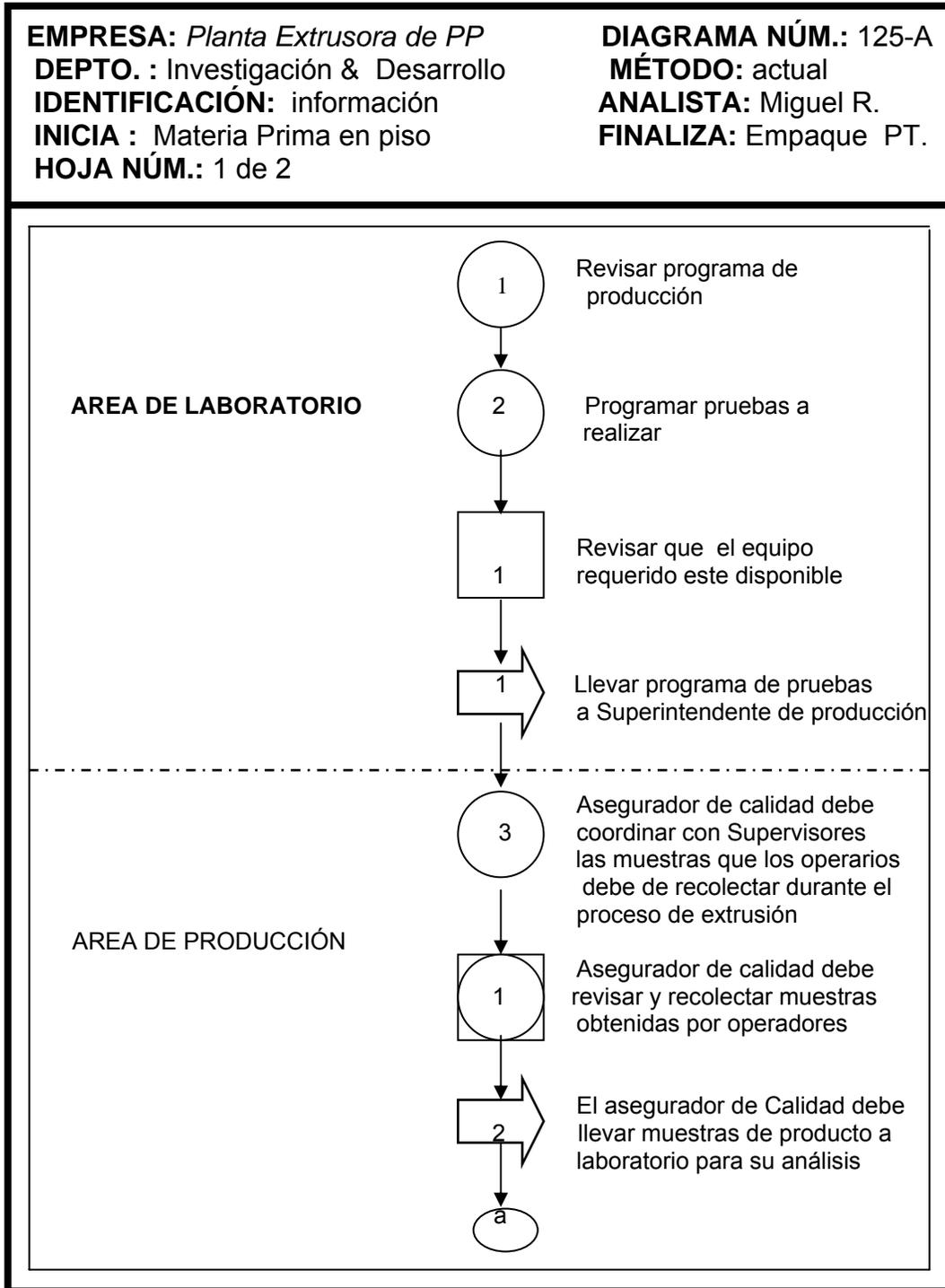
3.1.2 Diagrama de flujo del sistema de control de calidad actual

El proceso productivo depende de la buena planificación del mismo, por lo que es relevante tener una buena diagramación del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno para poder detectar cualquier cuello de botella o bien otro defecto.

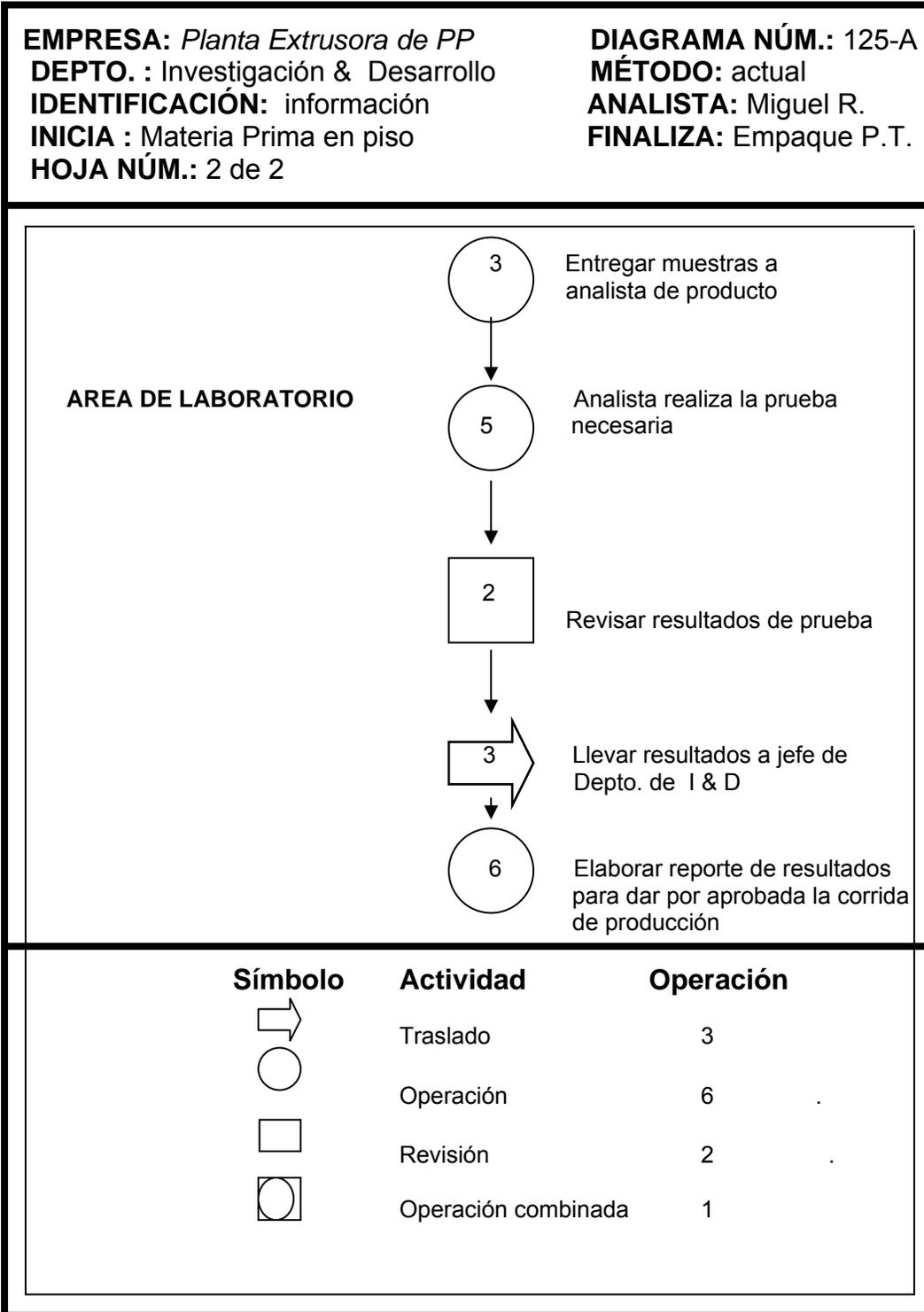
El diagrama de flujo del sistema de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno, no es mas que una recopilación de las principales actividades realizadas por las diferentes personas relacionadas con el mismo, ya sea directa o indirectamente, este tipo de diagrama por no ser para un estudio de tiempo y movimientos, sino mas bien su diseño va enfocado para ser utilizado dentro de un mapeo en la fase de documentación para la implementación de las Normas ISO 9000 y que por lo mismo no contará con el típico diseño de ingeniería que conlleva el tiempo que dura cada operación o actividad y las distancias que recorre, si no es, simplemente para orientar al usuario en lo que respecta a las líneas de mando y actividades a realizar.

A continuación, se darán a conocer el diagramas de flujo del sistema de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno actual de la planta.

Figura 8. Diagrama de flujo de control de calidad del proceso de extrusión PP



Continuación



3.2 Elementos del sistema actual de control de calidad

Los medios o elementos del sistema actual de control de calidad son todos aquellos elementos que se utilizan para el análisis del producto a producirse en planta. Dentro de los medios relevantes se puede mencionar los siguientes :

- Personal involucrado
- Equipo y herramienta.

3.2.1 Personal involucrado

El personal involucrado en el control de calidad de las películas de plástico de polipropileno son esencialmente el analista de pruebas, el asegurador de calidad y el jefe de calidad, ya que estas personas son las que generarán la información necesaria para emprender el nuevo sistema de control de calidad estadístico, y que cada uno realizara las tareas asignadas para cada puesto, las cuales se describieron anteriormente .

3.2.2 Equipo y herramienta

El personal del departamento de investigación y desarrollo (I&D) de la planta extrusora de plásticos de polipropileno debe tener un equipo completo y en buen estado para brindar un nivel alto de eficiencia y eficacia en el control de calidad del producto a distribuir de lo contrario no tendría las herramientas necesarias para brindar el 100% de su capacidad. El equipo principal del departamento de investigación y desarrollo (I&D) es el siguiente :

- **Computadora.** La computadora no importa su velocidad o modelo ya que su función principal es la de una terminal tonta, pero debe contar con todo su hardware completo, que incluiría su monitor, ratón, pantalla, filtro visual, cpu, teclado, scanner.

Es muy importante que todos sus accesorios estén habilitados en el sistema ya que con la falta de alguno de ellos el Analista se vería privado de brindar sus servicios y se tendría esa estación inhabilitada y nos afectaría en la productividad del departamento.

- **Máquina de reflectancia.** Este equipo es de suma importancia para el análisis de las películas de plástico, ya que con esta máquina se determinará la densidad de la película sea la requerida en la orden de producción y que esta no sea inestable sino continua en su grosor, por lo que debe estar en óptimas condiciones para su uso,.
- **Cinta métrica.** La cinta métrica o metro es de suma importancia tanto para el analista como para el asegurador de calidad, el cual deberá ser como mínimo de 3mts de largo, este servirá para tomar longitudes de las muestras proporcionadas por los operadores o para cualquier actividad que requiera de una medición de longitud.
- **Fólder de información.** El fólder de información lo tiene cada analista y le sirve para archivar cualquier dato importante que le sea enviado de su supervisor y también para los datos que él considere de importancia, el analista debe tener siempre consigo este fólder o sino brindara una mala información a la hora de una consulta y por ende el departamento quedaría en mal.

- **Tensor de películas.** Este equipo no es mas que para realizar las pruebas de resistencia de las películas de plástico de polipropileno, en el cual se registra la resistencia máxima de la película, esto para lograr los requerimientos del cliente en el producto solicitado.

El equipo y maquinaria antes descrita es lo básico y fundamental para poder realizar las pruebas de laboratorio y que tanto el analista como el asegurador de calidad, deberán velar para que este se encuentre en óptimas condiciones para su uso.

3.3 Políticas del sistema actual de control de calidad

La Planta de extrusión de plásticos de polipropileno al realizar su mejor esfuerzo para no defraudar la confianza de los clientes (individuales y empresas), que solicitan sus servicios y permiten brindarles un producto de calidad ante sus clientes, lo cual significa que deben mantener las líneas de comunicación accesibles, tratar a todos los clientes con el respeto y cortesía que se merecen, darle seguimiento y asegurarnos de resolver cualquier duda o inquietud que el cliente tenga, con el objeto de que siempre se sienta bien atendido y satisfecho. Y para lograr esto se tiene que tomar muy en serio los siguientes aspectos .

- **Parámetros para prestar el servicio**

Las variables que afectan directamente a la calidad del producto o bien a las funciones para las cuales fue diseñado el mismo en el departamento de

Investigación y Desarrollo (I&D), son aquellas en las cuales se ven afectadas en el rendimiento del producto de plástico. Por lo cual, según el análisis del “Por qué – Por qué” se sugirieron algunas de ellas, pero que para efectos del proyecto se hará una lista de todas las posibles variables, y luego se seleccionaran únicamente tres de ellas, para poder darles seguimiento en un futuro.

Las posibles variables que afectan directamente a la calidad de la producción de productos de plástico de polipropileno son :

- a) Resistencia
- b) Período de vida
- c) Densidad

Los rangos de las variables antes mencionadas fueron establecidos por medio de un estudio analítico efectuado con anterioridad al presente proyecto, para lo cual se tomarán como base los resultados obtenidos y se trabajaran sobre ellos. Los resultados presentados son los siguientes :

Tabla V. Rangos de variables

VARIABLE	RANGO
1.- Resistencia	8 a 10 lb
2.- Densidad	0.71 a 0.75gr/cm ³
3.- Período de vida	26 a 36 días de vida

Las variables seleccionadas fueron las tres mencionadas anteriormente, para lo cual se justificarán de la siguiente manera:

a. Resistencia

Según el estudio de mercado realizado con anterioridad se estableció un 3% de error sobre la media de la resistencia mas común en el mercado, de lo cual se esta hablando de 8 a 10 libras de resistencia como máximo.

b. Densidad

Según los requerimientos de los clientes detectado en el estudio de mercado realizado con anterioridad se estableció un rango específico de densidad necesaria en el producto de 0.71 a 0.75 gr/cm³, lo cual se pretende elevar pero a su vez siempre cuidando la calidad de los mismos.

c. Período de vida

El rango de oscilación del período de vida de los productos de plástico de polipropileno se estableció que es entre 26 a 36 días de vida, que para efectos del proyecto estos serán los límites de control, el período de vida del producto es aquel tiempo en que el plástico permanece con cierta intensidad de color, una vez este color se desvanece al medio ambiente y se decolora el producto, es cuando se dice que el período de vida caduco.

3.4 Análisis del control de calidad actual

Antes de planear los aspectos de calidad, nada es más importante que asegurarse de antemano del grado de variabilidad que exhibirá el sistema de control de calidad actual. Para ello, se debe proporcionar una predicción cuantitativa de qué tan adecuado es el proceso en sí, con el propósito de obtener información importante para establecer límites de control realistas.

3.4.1 Formatos de control y registro

Es importante llevar un registro de todos los datos recabados al implementar el sistema de control de calidad estadístico.

El número de observaciones, los días y el tamaño de la muestra para cada punto crítico a controlar fue elegido tratando de que estos fueran representativos, para el ensayo piloto.

Se elaborarán formatos específicos para el registro de los datos recolectados de los puntos críticos o variables a estudiar al aplicar el programa de control de calidad. Este formato está subdividido para una recolección por días, para un total de cinco muestras por día y del cual se llevará un control mensual, pero que se deberá analizar por semana para evaluar y verificar el comportamiento de la producción según el punto crítico o variable a estudiar, para su respectiva mejora continua.

Los formatos diseñados se presentará a continuación :

3.4.2 Informes de resultados

La información registrada se analizará tomando por aparte cada uno de los puntos críticos o variables a controlar pero siguiendo un mismo formato de análisis para estandarizar el control de calidad estadístico para cualquier variable o punto crítico del proyecto, siendo este el siguiente:

PASO 1: recolectar datos de la variable o punto crítico en estudio y anotarlos en la hoja de registro de recolección de datos (15-A), se tomará las columnas igual a la hora que se toma la muestra y las filas igual a las muestras llevadas por el asegurador de calidad, de lo cual se asume que las muestras serán las que tomen los operadores en plena producción del producto y el tamaño de la muestra que siempre será de 5.

PASO 2 : calcular la media aritmética de cada muestra :

$$\bar{X}_i = \sum \text{observaciones} / 5$$

PASO 3 : calcular el rango de la muestra :

$$R_i = \text{Dato mayor} - \text{Dato menor}$$

PASO 4 : calcular la media de medias en estudio :

$$\bar{X} = \sum \bar{X}_i / \# \text{ muestras}$$

PASO 5 : calcular el rango de rangos o sea la media de los rangos:

$$R = \sum R_i / \# \text{ muestras}$$

PASO 6 : Calcular los límites de control de la media de medias :

$$L.C.S. = \bar{X} + A^2 * R$$

$$L.C.C. = X$$

$$L.C.I. = X - A^2 * R$$

PASO 7 : Calcular los límites de control del rango de rangos :

$$L.C.S. = R * D4$$

$$L.C.C. = R$$

$$L.C.I. = R * D3$$

Los valores A_2 , D_3 y D_4 son constantes para las gráficas de medias y rangos que se pueden observar en la parte de anexos.

PASO 8 : realizar graficas de medias y de rangos con los datos obtenidos de los pasos anteriores.

PASO 9 : analizar resultado de las graficas obtenidas según criterios descritos en capítulo II y corregir o reducir los problemas que se presentasen, para ver resultados en la siguiente semana al aplicar los pasos descritos anteriormente.

3.4.3 Decisiones correctivas y/o preventivas

A pesar de que cuando el proceso de control de calidad en general muestra consistencia y poca variabilidad, se deben tomar las siguientes acciones correctiva y preventivas, como soporte a la retroalimentación del sistema de control de calidad, y aunque el proceso sea estable estadísticamente, si no se remedia el mal detectado, este se volverá crónico.

Las acciones de soporte a tomar para centrar el proceso de control de calidad del proceso de extrusión de plásticos de polipropileno son :

- a. Supervisar en pasillos directamente a los aseguradores de calidad y analistas.
- b. Poner mas cuidado en el método de trabajo.
- c. Capacitar a los aseguradores de calidad y analistas.
- d. Continuar con controles estrechos sobre los promedios del proceso de control de calidad en cualquier punto critico.

Estas acciones de soporte al igual que las acciones secundarias se seleccionaron luego de realizar una sesión de lluvia de ideas de cómo mejorar el sistema de control de calidad con los coordinadores de área de investigación y desarrollo (I&D) así como con el jefe de producción.

Las acciones secundarias a tomar en cuenta son :

- a. Revisar y dar mantenimiento a la maquinaria y equipo del departamento de investigación y desarrollo.
- b. Mejorar los métodos de trabajo y la condiciones en las estaciones de trabajo.
- b. Documentar a los aseguradores de calidad y analistas con información impresa.

4. ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO

4.1 Gestión de las actividades de control de calidad estadístico

La responsabilidad de organizar y delegar las actividades de calidad recae sobre la gerencia del departamento de investigación y desarrollo (I&D); esta debe crear un nuevo enfoque de la calidad y que se ocupe de concretar el trabajo relacionado con el control de calidad estadístico del las películas de plástico de polipropileno durante el proceso y contar con las siguientes actividades:

El departamento de investigación y desarrollo (I&D), deberá desarrollar, gestionar y tener a su cargo las siguientes labores:

- a. Determinar las políticas y metas de calidad.
- b. Planear y revisar el sistema de control de calidad estadístico.
- c. Echar a andar el sistema de calidad estadístico, comunicándolo a todos los empleados y documentando clara y específicamente toda la nueva estructura de calidad de las líneas de mando.
- d. Capacitar al personal en lo relacionado con el nuevo sistema.
- e. Diseñar y revisar la documentación para el muestreo y registro de datos.

- f. Supervisar la calidad durante el proceso.
- g. Mantener archivos de calidad del proceso productivo.
- h. Llevar archivos del mantenimiento del equipo de inspección y medición.

4.1.1 Definición de políticas de calidad

Las políticas de calidad a seguir y que deben establecerse como principio son las siguiente:

- a. El departamento de investigación y desarrollo (I&D) debe ser independiente de la función de producción en el ámbito de la planta.
- b. Deben realizarse todas las tareas necesarias para lograr una calidad superior, pero cada tarea debe evaluarse para asegurar que la inversión tenga efecto tangible sobre la calidad.
- c. Deben definirse por escrito las responsabilidades específicas de calidad de todas las áreas de la empresa incluyendo la alta administración.
- d. Las actividades de calidad deben hacer hincapié en la prevención del problema de calidad y no sólo en la detección y corrección de los mismos.
- e. La calidad y la confiabilidad deben definirse y medirse en términos cuantitativos.

- f. Todos los parámetros y pruebas de calidad deben reflejar las necesidades de los clientes, las condiciones de uso y los requerimientos reglamentarios.
- g. Los costos totales de la empresa asociados con el logro de los objetivos de calidad deben obtenerse en forma periódica.
- h. Cada responsabilidad sobre las tareas de calidad definidas para un área funcional, debe tener un procedimiento escrito que describa cómo debe realizarse la tarea.

4.1.2 Definición de líneas de mando

Como todo sistema debe estar bien conformado y estructurado, se debe definir las obligaciones y responsabilidades que desarrollaran cada uno dentro del sistema de control de calidad estadístico de películas de plástico de polipropileno de la planta extrusora, y estas se describen a continuación.

4.1.3 Actividades del jefe de control de calidad

La planificación de las actividades de calidad debe estar al mando de un director de control de calidad (que a su vez puede ser el supervisor de calidad), persona encargada de llevar a bien el nuevo sistema. Esta persona debe tener a su cargo (entre otras) las siguientes actividades:

- a. Revisar el proceso con el fin de localizar y prevenir dificultades relacionadas con la calidad durante el mismo.
- b. Determinar el tipo de medidas y controles de calidad a utilizar en el sistema de calidad.

- c. Recolectar, analizar y dar las acciones correctivas y preventivas que mejoraran la calidad del producto durante el proceso.
- d. Determinar la capacidad que tiene el proceso productivo de cumplir con las especificaciones de calidad.

Llevar al día todos los registros de calidad y el análisis de los costos de la mala calidad y del control.

4.1.4 Actividades del jefe de investigación y desarrollo

La planificación y dirección del departamento de investigación y desarrollo (I&D) debe estar al mando de un gestor de control de calidad (que a su vez puede ser el jefe de calidad), persona encargada de llevar a bien el nuevo sistema de control de calidad estadístico. Esta persona debe tener a su cargo (entre otras) las siguientes actividades:

- e. Gestionar el proyecto con el fin de centralizar todas las actividades y dificultades relacionadas con la calidad durante la implementación del mismo.
- f. Determinar toda aquella acción correctiva del tipo de medidas y controles de calidad a utilizar en el sistema de calidad.
- g. Reportar del avance del proyecto a gerencia general.
- h. Determinar la capacidad que tiene el proyecto de cumplir con las metas y objetivos planificados.

4.1.5 Actividades del asegurador de calidad

Además del jefe de control de calidad, el área de calidad debe estar conformado por un asegurador de calidad para cada variable a controlar. Estos deberán tener las siguientes responsabilidades:

- a. Verificar que las unidades individuales del producto cumplan con las especificaciones.
- b. Vigilar para que las condiciones del proceso se mantengan dentro de los requerimientos especificados.
- c. Recolectar las muestras obtenidas por los operadores durante la corrida de producción.
- d. Trasladar las muestras recolectadas al laboratorio del departamento de investigación y desarrollo para su análisis respectivo.

4.1.6 Actividades del supervisor de producción

Y por último y además del asegurador de calidad, el área de calidad también debe estar apoyado por el supervisor de producción quien debe contribuir con el asegurador de calidad para aplicar las pruebas definidas para analizar las películas de plástico de polipropileno. Estos deberán tener las siguientes responsabilidades:

- a. Contar que las unidades individuales del producto cumplan con las especificaciones requeridas con el plan estadístico.

- b. Vigilar para que las condiciones del proceso se mantengan dentro de los requerimientos especificados.
- c. Analizar las muestras obtenidas por los aseguradores de calidad durante la corrida de producción.
- d. Trasladar los resultados de las muestras recolectadas al jefe de calidad del departamento de investigación y desarrollo para su reporte respectivo.

4.2 Requerimientos para el control de calidad estadístico

Es importante señalar que en esta etapa del estudio los conceptos relacionados con el control de calidad estadístico de procesos, existen algunos elementos indispensables o básicos para su implementación, los cuales a continuación se describen:

4.2.1 Definición de matriz de variables críticas

Para definir las variables críticas que afectan directa o indirectamente la calidad de las películas de plástico de polipropileno, se realizó un análisis de priorización de variables, en el cual se tomo en cuenta aquellas variables que tienen mayor incidencia en el control de calidad, por medio de una gráfico de Pareto, y el resultado obtenido es el siguiente.

Tabla VI Matriz de variables críticas

MATRIZ DE VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULAS DE PLÁSTICO DE POLIPROPILENO		
Variable	% de incidencia	Núm. Pruebas
1. Resistencia	35%	5 por corrida
2. Densidad	30%	5 por corrida
3. Tiempo de vida	23%	2 por corrida
4. Ancho de fuelle	8%	5 por corrida
5. Ojo de pescado	3%	2 por corrida
6. Otras	1%	----

4.2.2 Definición de pruebas para producto en proceso

4.2.2.1 Prueba para variable de resistencia

Variable a controlar : resistencia de películas de plástico de polipropileno.

Ubicación física : la prueba se realizará en la sección de la planta de producción y en laboratorio de Investigación y Desarrollo, específicamente en la pantalla asignada para el analista de turno.

Aparato y unidad de medición : el equipo a utilizar en este tipo de prueba será la máquina tensora, la unidad de medición será de 8 a 10 lbs.

Prueba aplicable en : el proceso de producción.

Método de muestreo : Para efectos de muestreo se tomarán muestras de cinco observaciones con un intervalo de una hora entre cada muestra. Las observaciones se tomarán al azar de las que se van acumulando en la estación de trabajo.

Material y equipo necesario : computadora y hoja de registro para gráficos de control.

Procedimiento :

- a. El operador del proceso de extrusión deberá tomar las muestras
- b. El asegurador recolectará las muestras obtenidas por el operador y revisando que tenga las medidas adecuadas, para luego ser trasladadas al analista del laboratorio.

- c. El analista del laboratorio efectuará los cálculos de medias y rangos para cada conjunto de cinco observaciones y luego graficar.

Encargado : jefe de calidad

Criterio de aceptación y rechazo : cada conjunto muestreado se clasificará como aceptado o rechazado de acuerdo a los siguientes criterios:

- a. El conjunto muestreado cuya media y rango, para la resistencia determinada como estándar que se encuentren entre los límites de control inferiores y los límites de control superiores respectivos, será aceptado.
- b. El conjunto muestreado cuya media o rango, para la resistencia determinada como estándar que se encuentren por debajo de los límites de control inferiores o por encima de los límites de control superiores respectivos, será rechazado.

En el caso de obtener como resultado conjuntos aceptados, se procederá con el desarrollo normal del proceso productivo. En el momento de obtenerse un conjunto rechazado se deberá notificar al departamento de producción para que este dicte las acciones a tomar.

El formato para la hoja de registro es el que se muestra en la figura 11

4.2.2.2 Prueba para variable de densidad

Variable a controlar : densidad de películas de plástico de polipropileno.

Ubicación física : la prueba se realizará en la sección de la planta de producción y en laboratorio de Investigación y Desarrollo, específicamente en la pantalla asignada para el analista de turno.

Aparato y unidad de medición : el equipo a utilizar en este tipo de prueba será la máquina de reflectancia, la unidad de medición será de 0.71 a 0.75 gr/cm³.

Prueba aplicable en : el proceso de producción .

Método de muestreo : Para efectos de muestreo se tomarán muestras de cinco observaciones con un intervalo de una hora entre cada muestra. Las observaciones se tomarán al azar de las que se van acumulando en la estación de trabajo.

Material y equipo necesario : computadora y hoja de registro para gráficos de control.

Procedimiento :

- d. El operador del proceso de extrusión deberá tomar las muestras
- e. El asegurador recolectará las muestras obtenidas por el operador y revisando que tenga las medidas adecuadas, para luego ser trasladadas al analista del laboratorio.

- f. El analista del laboratorio efectuará los cálculos de medias y rangos para cada conjunto de cinco observaciones y luego graficar.

Encargado : jefe de calidad

Criterio de aceptación y rechazo : cada conjunto muestreado se clasificará como aceptado o rechazado de acuerdo a los siguientes criterios:

- c. El conjunto muestreado cuya media y rango, para la densidad determinada como estándar que se encuentren entre los límites de control inferiores y los límites de control superiores respectivos, será aceptado.
- d. El conjunto muestreado cuya media o rango, para la densidad determinada como estándar que se encuentren por debajo de los límites de control inferiores o por encima de los límites de control superiores respectivos, será rechazado.

En el caso de obtener como resultado conjuntos aceptados, se procederá con el desarrollo normal del proceso productivo. En el momento de obtenerse un conjunto rechazado se deberá notificar al Departamento de Producción para que este dicte las acciones a tomar.

El formato para la hoja de registro es el que se muestra en la figura 11

4.2.2.3 Prueba para variable de tiempo de vida

Variable a controlar : el tiempo de vida de películas de plástico de polipropileno.

Ubicación física : la prueba se realizará en la sección de la planta de producción y en laboratorio de Investigación y Desarrollo, específicamente en la pantalla asignada para el analista de turno.

Aparato y unidad de medición : el equipo a utilizar en este tipo de prueba será la máquina deshidratadora , la unidad de medición será de 26 a 36 días.

Prueba aplicable en : el proceso de producción .

Método de muestreo : Para efectos de muestreo se tomarán muestras de cinco observaciones con un intervalo de una hora entre cada muestra. Las observaciones se tomarán al azar de las que se van acumulando en la estación de trabajo.

Material y equipo necesario : computadora y hoja de registro para gráficos de control.

Procedimiento :

- g. El operador del proceso de extrusión deberá tomar las muestras
- h. El asegurador recolectará las muestras obtenidas por el operador y revisando que tenga las medidas adecuadas, para luego ser trasladadas al analista del laboratorio.

- i. El analista del laboratorio efectuará los cálculos de medias y rangos para cada conjunto de cinco observaciones y luego graficar.

Encargado : jefe de calidad

Criterio de aceptación y rechazo : cada conjunto muestreado se clasificará como aceptado o rechazado de acuerdo a los siguientes criterios:

- e. El conjunto muestreado cuya media y rango, para las horas de vida determinada como estándar que se encuentren entre los límites de control inferiores y los límites de control superiores respectivos, será aceptado.
- f. El conjunto muestreado cuya media o rango, para las horas de vida determinada como determinada como estándar que se encuentren por debajo de los límites de control inferiores o por encima de los límites de control superiores respectivos, será rechazado.

En el caso de obtener como resultado conjuntos aceptados, se procederá con el desarrollo normal del proceso productivo. En el momento de obtenerse un conjunto rechazado se deberá notificar al Departamento de Producción para que este dicte las acciones a tomar.

El formato para la hoja de registro es el que se muestra en la figura 11

4.2.3 Análisis de resultado de pruebas

El análisis de datos se realiza por medio de la elaboración de un gráfico de control de X y R, en donde se puede observar si la población está o no bajo control. Cualquier punto que se salga de los límites 3σ indicará que el proceso no está bajo control.

Si el proceso está bajo control estadístico opera con menos variabilidad que un proceso con causas especiales. Un proceso que tienen causas especiales es inestable y la variación excesiva puede ocultar el efecto de los cambios que se han introducido para lograr el mejoramiento.

4.2.3.1 Cómo analizar las fuentes de variación

En un proceso que no se encuentra bajo control deben buscarse todas las posibles fuentes de variación, esto puede ser mediante pruebas sencillas como ajustes del equipo o por medio de complejos experimentos controlados.

Para este análisis es muy útil el conocimiento que se tenga del proceso y la experiencia en su manejo.

4.2.4 Capacitación de Aseguradores de calidad

Si se desea integrar el control estadístico de procesos, se debe contar con una persona relativamente experta en el manejo de éste para su coordinación. De no existir en la organización la persona adecuada, se puede capacitar o contratar a alguien.

Adicionalmente, se tendrá que capacitar al personal que ejecutará físicamente el control, ya sea que se utilicen personas específicas para esa función del proceso, quienes lo ejecuten.

En este punto se desea, fuertemente, sugerir que sean los operarios del proceso quienes ejecuten la recolección de muestras; con ello se desea manifestar que la persona que ejecuta el trabajo es responsable, no sólo de cantidad, sino también de la calidad.

Los aseguradores de calidad y analistas deben ser entrenados para tomar la muestra, efectuar la medición de la variable, hacer los cálculos necesarios, graficar los resultados e inclusive detener el proceso cuando sea necesario. Existen procesos que requieren la total concentración de los aseguradores de calidad en él, por lo que sería negativo pedirles que adicionalmente llevaran el control estadístico. Para estos casos, se debe proveer la información a los analistas de laboratorio para su respectivo proceso.

4.2.5 Equipo y herramienta

La medición de las variables a controlar demandará generalmente algún tipo de instrumento o maquinaria especial, para lo cual debe contarse con la disposición presupuestaria para su adquisición y mantenimiento. Las mediciones serán tan exactas como el instrumento de medición lo sea, por lo que el equipo descrito en el capítulo 3 deberá contar con un presupuesto para mantenimiento y/o actualización de los mismos.

4.2.6 Apoyo general

El elemento más importante y del cual depende en alto grado los elementos anteriores, es la comprensión, conciencia y compromiso gerencial con el nuevo sistema de control de calidad estadístico.

En un proceso monitoreado con el control estadístico de procesos se debe contar con el respaldo de la gerencia para que en cualquier momento se pueda detener la producción; debe existir un compromiso sincero con el cumplimiento del nivel de calidad especificado. En otras palabras, se debe contar con la autoridad para ejecutar las acciones correctivas necesarias cuando el control estadístico de procesos lo indique.

Saber que algo anda mal en el proceso y no hacer nada al respecto es equivalente a desconocerlo.

4.3 Metodología del sistema de control de calidad estadístico

Para desempeñar eficientemente la tarea de producir con calidad un producto de calidad es necesario forjar un plan de los cursos de acción.

Como se mencionó, el control de calidad estadístico para producto en proceso, ejerce la mayor influencia sobre el nivel de calidad del producto final, ya que se lleva dentro de la planta y en el momento de realizar la actividad de producción.

Un sistema de calidad estadístico está formado por una red de actividades técnicas y de procedimientos indispensables para poner en el mercado un producto que satisfaga determinados estándares de calidad.

Para todo esto es necesario establecer la metodología y seleccionar las herramientas estadísticas que apoyen y optimicen la labor del control que efectuará el sistema de calidad, dejando referencia escrita de las mismas.

A continuación se muestra la metodología que da la base para desarrollar el sistema de control de calidad estadístico de películas de plástico de polipropileno basado en el control estadístico de procesos.

Para implementar el control estadístico de procesos en un sistema de control de calidad se hacen necesarias los pasos o etapas que se detallan a continuación:

4.3.1 Definición de variables a controlar

En esta primera actividad, se definirá claramente qué variables se estudiarán estadísticamente para aplicarles el control estadístico de procesos, para lo cual deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- a. La elección debe basarse en la alta relevancia que la característica tiene en la calidad del producto.
- b. La variable debe ser mensurable numéricamente tal y como se produce en las condiciones reales de producción.

- c. La variable controlada debe atender a una distribución estadística.

La definición de las variables debe ser mediante su descripción, su ubicación física, el aparato y las unidades de medición a utilizar.

4.3.2 Estudios de capacidad de las películas de plástico de polipropileno

Una vez definidas las variables cuantitativas que se controlarán, se procede a realizar un estudio estadístico sobre el nivel de variaciones que producen las películas de plástico de polipropileno que resultan del proceso. Es decir, se determina qué tan capaces son para cumplir con determinadas especificaciones.

Para efectuar esto se recurre a un control de la media y rango de la variable en cuestión, las etapas del estudio se describen a continuación:

4.3.3 Aplicación de control sobre el servicio

Es asegurar plenamente que las muestras que se utilicen para el estudio sean provenientes de una sola población y que la variable se encuentre bajo control. Para ello se realiza un muestreo representativo para calcular la media de medias y rangos y la desviación estándar de medias y rangos.

Con los datos obtenidos se elabora un histograma de frecuencias que muestre la dispersión de los datos y su comportamiento respecto a la curva normal.

Previo a efectuar el muestreo debe lograrse que las condiciones de los teleoperadores a estudiar se encuentren en su nivel óptimo, para lo cual se debe realizar un sondeo y revisión completa adecuadamente.

4.4 Costo de implementación y operación

Todo sistemas de control de calidad estadístico tiene un costo asociado, para la implementación del sistema se deben presupuestar los siguientes rubros.

- a. **Sueldos:** Un jefe de Calidad, seis Analistas de laboratorio, cuatro Aseguradores de Calidad.
- b. **Equipo:** Instrumentos de medición para cada empleado, como cintas métricas, una máquina tensora, una máquina de reflectancia, estas dos últimas para realizar las pruebas de las variables críticas, y equipo de protección como casco, lentes, tapones auditivos, y mascarillas, así como de su respectivo uniforme para cada elemento.
- c. **Papelería:** Impresión y reproducción de formatos para recopilación y graficación de datos de acuerdo con las variables a controlar.
- d. **Tiempo:** Será necesario realizar una inversión de las competencias laborales de los elementos seleccionados, y para esto es necesario realizar una capacitación de por lo menos 60 horas y que se relacionarán con el manejo del control estadístico de procesos.

La mayoría de industrias nacionales podrían absorber los costos mencionados utilizando los presupuestos regulares, la organización, equipamiento y personal existente. Lo que respecta a salarios y gastos directos e indirectos se tendrá que realizar un estudio económico para contabilizar los gastos en números reales presentarlos a la gerencia para su aprobación, lo que respecta en este proyecto solo se formulan los rubros a utilizar pero no se especulara contablemente ya que eso depende del departamento de recursos humanos, proveeduría y contabilidad.

5. IMPLEMENTACIÓN PILOTO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PLÁSTICO

5.1 Metodología de programa piloto

Para poder aplicar el método, primero se definen los posibles puntos críticos del servicio, por medio de una lluvia de ideas entre los elementos que lleven el control de la calidad del producto que para nuestro caso son el Jefe de calidad y el Jefe del departamento de investigación y desarrollo de la planta extrusora, para luego seleccionar una cantidad de puntos críticos representativos, por medio de un análisis de Pareto, para establecer los puntos críticos con mayor incidencia y que reflejen realmente el problema de la baja calidad de las películas de plástico de polipropileno.

Una vez establecidos los puntos críticos, estos se tratan como variables, las cuales se monitorearán día a día durante el turno respectivo, por medio de la recolección de datos de cada variable, estableciendo los rangos y límites por medio de herramientas estadísticas, y registrando todos los datos obtenidos en un archivo específico para el análisis, graficación e interpretación de los mismos para que cuando el método tenga un corto plazo de ejecución se notará una mejora significativa del nivel de calidad influenciado por el establecimiento de la metodología y selección de herramientas estadísticas que apoyen y optimicen la labor de control.

5.1.1 Definición de producto a utilizar

Las variables seleccionadas gracias al análisis de Pareto o sea que por su mayor incidencia durante el proceso de extrusión y para efectuar el ensayo piloto en la implementación del control estadístico de calidad son:

5.1.1.1 Resistencia de las películas de plástico de polipropileno

Esta variable se medirá por turno y de acuerdo a la definición de la prueba en el capítulo IV, según estudio de mercadeo realizado con anterioridad por el respectivo departamento y según registros obtenidos se indico que la resistencia debe oscilar entre un rango de 8 a 10 libras al calibrar la máquina tensora.

5.1.1.2 Densidad de las películas de plástico de polipropileno

Esta variable se medirá por turno y de acuerdo a la definición de la prueba en el capítulo IV, según estudio de mercadeo realizado con anterioridad por el respectivo departamento y según registros obtenidos se indico que la densidad debe oscilar entre un rango de 0.71 a 0.75 gr/cm³ al calibrar la máquina de reflectancia.

5.1.1.3 Tiempo de vida de la película de plástico de polipropileno

Esta variable se medirá se medirá por turno y de acuerdo a la definición de la prueba en el capítulo IV, según estudio de mercadeo realizado con

anterioridad por el respectivo departamento y según registros obtenidos se indico que el tiempo de vida debe oscilar entre un rango de 26 a 36 días al calibrar la máquina de deshidratación.

Estas tres variables son de suma importancia para brindar un producto de calidad eficiente y eficaz a los clientes de la planta extrusora, por lo que se controlaran estadísticamente para lograr una producción estable y producir un producto de competitividad internacional.

Antes de emprender con el programa piloto, se les explico a los aseguradores de calidad, analistas de laboratorio y al jefe de calidad que iban a estar bajo control estadístico y se les capacito sobre los parámetro que deberían cumplir al prestar el servicio.

Asimismo se les brindó un curso rápido de concientización de las Normas internacionales ISO 9000 y de empatía para lograr un mismo nivel de conocimiento y de conciencia en todos los empleados que intervienen el desarrollo de este proyecto. Teniendo para esto la participación de impartir los cursos unos profesionales en el ramo, para no caer en improvisaciones por parte del jefe de calidad y lograr el cometido del mismo, el tiempo invertido para estos cursos fue prácticamente compensado por los logros a obtener y se impartió en dos días en su horario de trabajo en grupos designados por el jefe del departamento de investigación y desarrollo.

5.1.2 Prueba por realizar

Para realizar estas pruebas se tomo en cuenta la metodología de control descrita en el capítulo anterior para controlar la variable en cuestión.

Las tres pruebas se realizarán simultáneamente para llevar un mejor control de todas las variables y observarlas la mismo tiempo para ahorrar tiempo y costos.

5.1.3 Registro de resultados

El desarrollo del ensayo piloto se llevó a cabo de la siguiente manera :

- a. Se seleccionó la máquina extrusora y operadores que se iban a observar para la producción de películas de plástico de polipropileno en ciertos días de producción.
- b. Se realizó el muestreo correspondiente para cada día de producción del producto.
- c. Se anotaron los datos en la hoja de registro para gráficos de control.
- d. Se realizaron los cálculos para el análisis final.
- e. Se elaboró un reporte para que el Jefe de calidad emitiera la certificación de la producción y que esta siguiera con el procedimiento de almacenaje a bodega de producto terminado para su respectivo despacho.

5.1.3.1 **Recolección de datos**

Los datos recolectados para la evaluación de las variables definidas y seleccionadas en los capítulos anteriores, son valores de los resultados al darle seguimiento a la aplicación del ensayo piloto, y los valores obtenidos en las mediciones se muestran en la siguiente hoja de registro para cada variable:

Tabla VII Hoja de programación de pruebas

Logo		Programación de pruebas			Clave:
					Versión:
Semana del: <u>16/02/04</u> al <u>27/02/04</u>					
Núm.	Código de Producto	Orden de Producción	Fecha	Nombre de Prueba	
1	P-PP-002	012050	16-2-04	Densidad, Resist, Vida	
2	P-PP-002	012051	17-2-04	Densidad, Resist, Vida	
3	P-PP-003	012051	18-2-04	Densidad, Resist., Vida	
4	P-PP-004	012051	19-2-04	Densidad, Resist., Vida	
5	P-PP-002	012052	20-2-04	Densidad, Resist, Vida	
6	P-PP-003	012052	23-2-04	Densidad, Resist, Vida	
7	P-PP-003	012053	24-2-04	Densidad, Resist, Vida	
8	P-PP-003	012054	25-2-04	Densidad, Resist, Vida	
9	P-PP-005	012055	26-2-04	Densidad, Resist, Vida	
10	P-PP-005	012056	27-2-04	Densidad, Resist., Vida	
11					
12					
13					
14					
15					
F _____		F _____			
Jefe de Calidad		Jefe de Producción			

Tabla IX Hoja de apuntes estadísticos de resistencia de películas

Logo	Hoja de apuntes estadísticos	Clave:	
		Versión:	
Fecha: <u>del 16 al 27 de feb.</u>			
Núm.	Hora	Prueba	Resultados obtenidos
1		Resistencia	Promedio de 9 libras de resistencia
2		Resistencia	Promedio de 8 libras de resistencia
3		Resistencia	Promedio de 8 libras de resistencia
4		Resistencia	Promedio de 10 libras de resistencia
5		Resistencia	Promedio de 9 libras de resistencia
6		Resistencia	Promedio de 9 libras de resistencia
7		Resistencia	Promedio de 8 libras de resistencia
8		Resistencia	Promedio de 8 libras de resistencia
9		Resistencia	Promedio de 9 libras de resistencia
10		Resistencia	Promedio de 10 libras de resistencia
Observaciones: <u>Se obtiene una X de X de 8.8 libras y se observa una</u> <u>tendencia al límite inferior</u>			
Orden de producción <u>012050 a 56</u> Código producto <u>P-PP-002 a 5</u>			
F _____		F _____	
Analista de Laboratorio		Jefe de Calidad	

Tabla X Hoja de apuntes estadísticos de densidad de películas

Logo		Hoja de apuntes estadísticos		Clave:
				Versión:
				Fecha: _____
Núm.	Hora	Prueba	Resultados obtenidos	
1		Densidad	Promedio de 0.72 gr/cm ³	
2		Densidad	Promedio de 0.75 gr/cm ³	
3		Densidad	Promedio de 0.76 gr/cm ³	
4		Densidad	Promedio de 0.74 gr/cm ³	
5		Densidad	Promedio de 0.72 gr/cm ³	
6		Densidad	Promedio de 0.74 gr/cm ³	
7		Densidad	Promedio de 0.75 gr/cm ³	
8		Densidad	Promedio de 0.73 gr/cm ³	
9		Densidad	Promedio de 0.75 gr/cm ³	
10		Densidad	Promedio de 0.75gr/cm ³	
Observaciones: <u>Se obtiene una media de medias de 0.741 gr/cm³</u>				
<u>con una tendencia hacia el límite superior</u>				
Orden de producción <u>012050 a 56</u> Código producto <u>P-PP-002 a 5</u>				
F _____		F _____		
Analista de Laboratorio		Jefe de Calidad		

Tabla XI Hoja de apuntes estadísticos de tiempo de vida de producto

Logo	Hoja de apuntes estadísticos	Clave:	
		Versión:	
Fecha: _____			
Núm.	Hora	Prueba	Resultados obtenidos
1		Tpo. de vida	Promedio de 25 días
2		Tpo. de vida	Promedio de 26 días
3		Tpo. de vida	Promedio de 27 días
4		Tpo. de vida	Promedio de 27 días
5		Tpo. de vida	Promedio de 30 días
6		Tpo. de vida	Promedio de 30 días
7		Tpo. de vida	Promedio de 30 días
8		Tpo. de vida	Promedio de 27 días
9		Tpo. de vida	Promedio de 30 días
10		Tpo. de vida	Promedio de 30 días
Observaciones: <u>Obteniendo una media de medias de 28.2 días</u> <u>con una tendencia hacia el límite central</u>			
Orden de producción <u>012050 a 56</u> Código producto <u>P-PP-002 a 5</u>			
F _____ Analista de Laboratorio		F _____ Jefe de Calidad	

5.1.3.2 Planteamiento de hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis del proceso, se plantearon las siguientes hipótesis :

Hipótesis nula para variable de la resistencia de las películas de plástico de polipropileno :

$H^0 : \mu = \mu^0 =$ Resistencia máxima de 10 libras y mínima de 8 libras.

La cantidad máxima y mínima en resistencia de las películas inspeccionadas no sobrepasa a la cantidad de especificación. A un nivel de significación de $\alpha = 5\%$.

Hipótesis alterna para variable de la resistencia de las películas de plástico de polipropileno :

$H^1 : \mu \neq \mu^0 \neq$ Resistencia máxima de 10 libras y mínima de 8 libras.

La cantidad máxima y mínima en resistencia de películas de plástico inspeccionadas sobrepasa a la cantidad de especificación. A un nivel de significación de $\alpha = 5\%$.

El nivel de significación α es el error Tipo I, es decir, la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando se debió aceptar.

Hipótesis nula para variable de la densidad de películas de plástico :

$H^0 : \mu = \mu^0 =$ Densidad máxima de 0.75 gr/cm³ y mínima de 0.71 gr/cm³.

La cantidad máxima y mínima en densidad de películas de plástico inspeccionadas no sobrepasa a la cantidad de especificación. A un nivel de significación de $\alpha = 5\%$.

Hipótesis alterna para variable de la densidad de películas de plástico :

$H^1 : \mu \neq \mu^0 \neq$ Densidad máxima de 0.75 gr/cm³ y mínima de 0.71 gr/cm³.

La cantidad máxima y mínima en densidad de películas de plástico inspeccionadas sobrepasa a la cantidad de especificación. A un nivel de significación de $\alpha = 5\%$.

El nivel de significación α es el error Tipo I, es decir, la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando se debió aceptar.

Hipótesis nula para variable del tiempo de vida de las películas de plástico :

$H^0 : \mu = \mu^0 =$ Tiempo máximo y mínimo de tiempo de vida debe ser de 36 a 26 días.

Las películas de plástico inspeccionadas, no sobrepasa el tiempo promedio de vida de la especificación. A un nivel de significación de $\alpha = 5\%$.

Hipótesis alterna para variable del tiempo de vida de las películas de plástico :

$H^1 : \mu \neq \mu^0 \neq$ Tiempo máximo y mínimo de tiempo de vida debe ser de 36 a 26 días.

Las películas de plástico inspeccionadas, sobrepasa el tiempo promedio de vida de la especificación. A un nivel de significación de $\alpha = 5\%$.

El nivel de significación α es el error tipo I, es decir, la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando se debió aceptar.

5.1.4 Grafico de resultados

Se deben calcular la media y rangos para los límites de control de las gráficas de medias y rangos. Los cálculos se resumen a continuación:

$$X_i = \frac{\sum \text{observaciones}}{\text{núm de observaciones}}$$

$$R_i = (\text{observación mayor}) - (\text{observación menor})$$

Tabla XII Cálculos para obtener media de medias y media de rangos para variable de resistencia de películas

Muestras	Σ medias	Media de medias	Σ rangos	Media de rangos
1	45	9	15	3
2	40	8	10	2
3	40	8	15	3
4	50	10	5	1
5	45	9	5	1
6	45	9	15	3
7	40	8	15	3
8	40	8	5	1
9	45	9	5	1
10	50	10	5	1

Tabla XIII Cálculos para obtener media de medias y media de rangos para variable de densidad de películas

Muestras	Σ medias	Media de medias	Σ rangos	Media de rangos
1	3.6	0.72	0.2	0.04
2	3.75	0.75	0.1	0.02
3	3.8	0.76	0.2	0.04
4	3.7	0.74	0.3	0.06
5	3.6	0.72	0.2	0.04
6	3.7	0.74	0.2	0.04
7	3.75	0.75	0.2	0.04
8	3.65	0.73	0.1	0.02
9	3.75	0.75	0.1	0.02
10	3.75	0.75	0.1	0.02

Tabla XIV Cálculos para obtener media de medias y media de rangos para variable de tiempo de vida de películas

Muestras	Σ medias	Media de medias	Σ rangos	Media de rangos
1	125	25	25	5
2	130	26	20	4
3	135	27	15	3
4	135	27	15	3
5	150	30	25	5
6	150	30	25	5
7	150	30	25	5
8	135	27	15	3
9	150	30	25	5
10	150	30	25	5

Límites de control para gráfico de medias

$$\text{Límite de control superior} = \bar{X} + (A^2 * R)$$

$$\text{Límite de control medio} = \bar{X}$$

$$\text{Límite de control inferior} = \bar{X} - (A^2 * R)$$

Límites de control para gráfico de rangos

$$\text{Límite de control superior} = D4 * R^{\bar{}}$$

$$\text{Límite de control medio} = R^{\bar{}}$$

$$\text{Límite de control inferior} = D3 * R^{\bar{}}$$

Las constantes A2, D3 y D4 se muestran en la tabla I de los anexos.

Ahora se procederá a calcular los límites para medias y para rangos de las tres variables en observación de las dos semanas, así como su respectiva gráfica de cada una de ellas.

Cálculos de límites de control para la variable de resistencia de las películas de plástico de polipropileno para la semana uno.

Límites para medias :

$$\text{L.C.S.} = 8.8 + (0.577) (5) = 11.68 \approx 11 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.C.} = 8.8 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.I.} = 8.8 - (0.577) (5) = 5.91 \approx 6 \text{ lbs de resistencia.}$$

Límites para rangos :

$$\text{L.C.S.} = (2.114) (5) = 10.57 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.C.} = 5 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.I.} = (0) (5) = 0 \text{ lbs de resistencia.}$$

Cálculos de límites de control para la variable de densidad de las películas de polipropileno para la semana uno.

Límites para medias :

$$\text{L.C.S.} = 0.738 + (0.577) (0.04) = 0.761 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.C.} = 0.738 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.I.} = 0.738 - (0.577) (0.04) = 0.714 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

Límites para rangos :

$$\text{L.C.S.} = (2.114) (0.04) = 0.084 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.C.} = 0.04 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.I.} = (0) (0.04) = 0 \text{ gr/cm}^3.$$

Cálculos de límites de control para la variable de tiempo de vida de las películas de polipropileno para la semana uno.

Límites para medias :

$$\text{L.C.S.} = 27 + (0.577) (4) = 29.30 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.C.} = 27 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.I.} = 27 - (0.577) (4) = 24.69 \text{ días.}$$

Límites para rangos :

$$\text{L.C.S.} = (2.114) (4) = 8.45 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.C.} = 4 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.I.} = (0) (4) = \text{días.}$$

Figura 12. Gráfico de control de resistencia de películas de PP

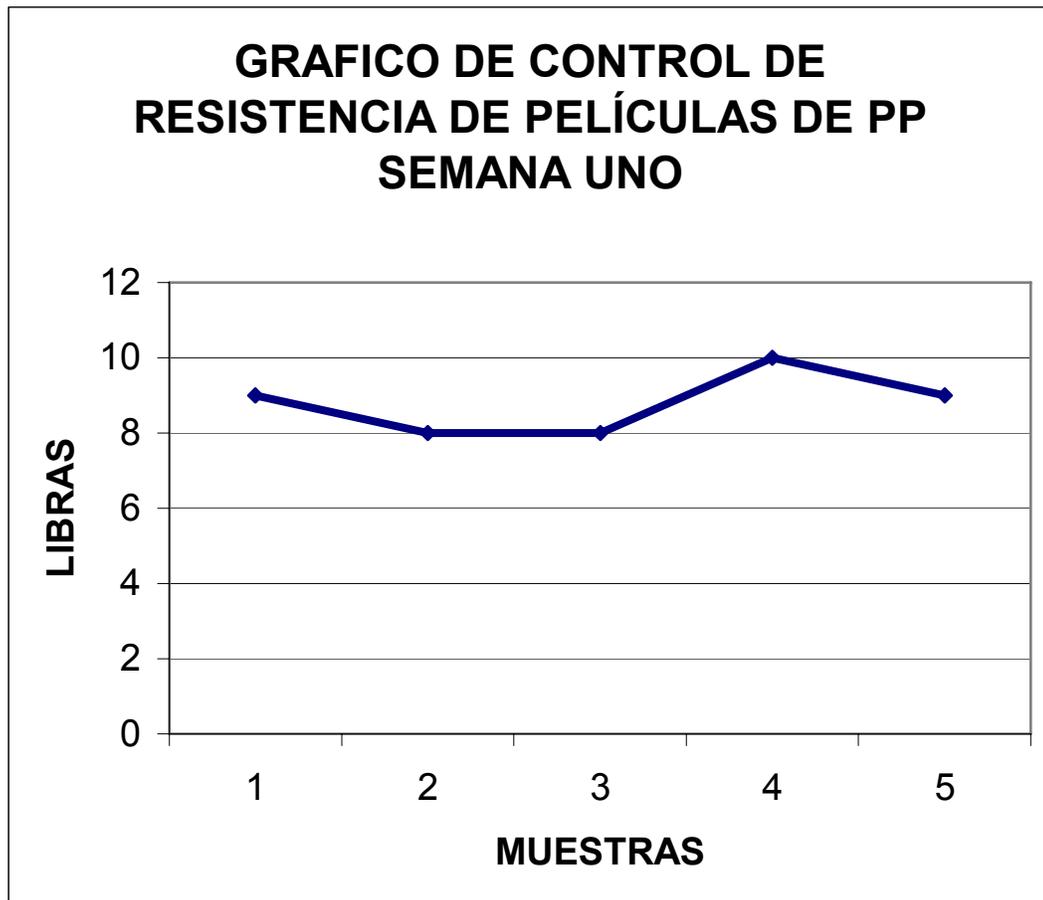


Figura 13. Gráfico de control de densidad de películas de PP semana uno

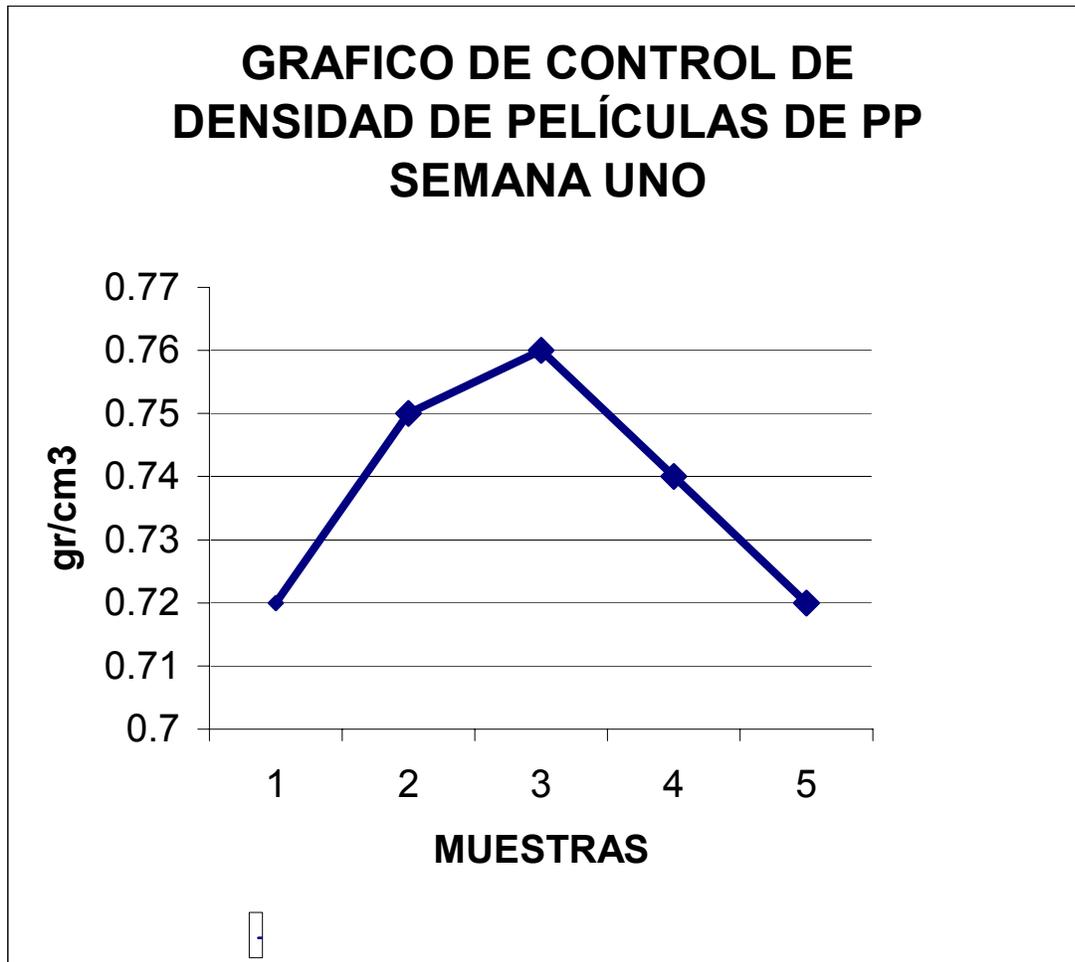


Figura 14. Gráfico de tiempo de vida de películas de PP semana uno



De las gráficas de las variables en estudio de la semana primera o uno, anteriormente elaboradas se concluye lo siguiente :

En la gráfica de la variable de la resistencia de las películas de polipropileno analizadas en el laboratorio se concluye que no presenta ninguna variabilidad debido a que ningún punto sale de los límites de control establecidos durante el proceso, por lo que se nota un buen nivel de producción

pero se tiene que estar pendientes con los puntos que tienden a cualquiera de los dos límites de control para lo cual se deberá realizar un análisis profundo de que pudo pasar en estos días para que la resistencia del producto llegara a dicho límites.

Para la gráfica de la variable del tiempo de vida de las películas de polipropileno analizadas en el laboratorio, se concluye, al igual que el análisis anterior que no presenta ninguna variabilidad debido a que ningún punto sale de los límites de control establecidos durante el proceso, por lo que se nota un buen nivel de producción y no se tiene que estar pendientes con los puntos que tienden a cualquiera de los dos límites de control ya que estos permanecen dentro del límite central y para lo cual se deberá realizar un análisis profundo de que pudo pasar en estos días para poder aplicar el suceso a las otras variables.

En lo que respecta con la gráfica de la variable de la densidad de las películas de polipropileno analizadas en el laboratorio, se concluye, que la anterior y única variabilidad que presenta la densidad del producto es en el tercer día de observaciones de la semana uno o primera de aplicación del ensayo piloto y debido a esta variabilidad que sale de los límites de control establecidos durante el proceso se deberá realizar un análisis profundo de que pudo pasar en este día para que la densidad del producto llegara a dicho límites., pero en general y por lo que se nota un buen nivel de producción solo se tiene que estar pendientes con los puntos que tienden a cualquiera de los dos límites de control .

Cálculos de límites de control para la variable de resistencia de las películas de plástico de polipropileno para la semana dos.

Límites para medias :

$$\text{L.C.S.} = 9 + (0.577) (5) = 11.88 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.C.} = 9 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.I.} = 9 - (0.577) (5) = 6.11 \text{ lbs de resistencia.}$$

Límites para rangos :

$$\text{L.C.S.} = (2.114) (5) = 10.57 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.C.} = 5 \text{ lbs de resistencia.}$$

$$\text{L.C.I.} = (0) (5) = 0 \text{ lbs de resistencia.}$$

Cálculos de límites de control para la variable de densidad de las películas de polipropileno para la semana dos.

Límites para medias :

$$\text{L.C.S.} = 0.744 + (0.577) (0.028) = 0.760 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.C.} = 0.744 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.I.} = 0.744 - (0.577) (0.028) = 0.727 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

Límites para rangos :

$$\text{L.C.S.} = (2.114) (0.028) = 0.059 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.C.} = 0.028 \text{ gr/cm}^3 \text{ de densidad.}$$

$$\text{L.C.I.} = (0) (0.028) = 0 \text{ gr/cm}^3.$$

Cálculos de límites de control para la variable de tiempo de vida de las películas de polipropileno para la semana dos.

Límites para medias :

$$\text{L.C.S.} = 30 + (0.577) (4) = 32.3 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.C.} = 30 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.I.} = 30 - (0.577) (4) = 27.69 \text{ días.}$$

Límites para rangos :

$$\text{L.C.S.} = (2.114) (4) = 8.45 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.C.} = 4 \text{ días.}$$

$$\text{L.C.I.} = (0) (4) = \text{días.}$$

Figura 15. Gráfico de control de resistencia de películas de PP semana dos

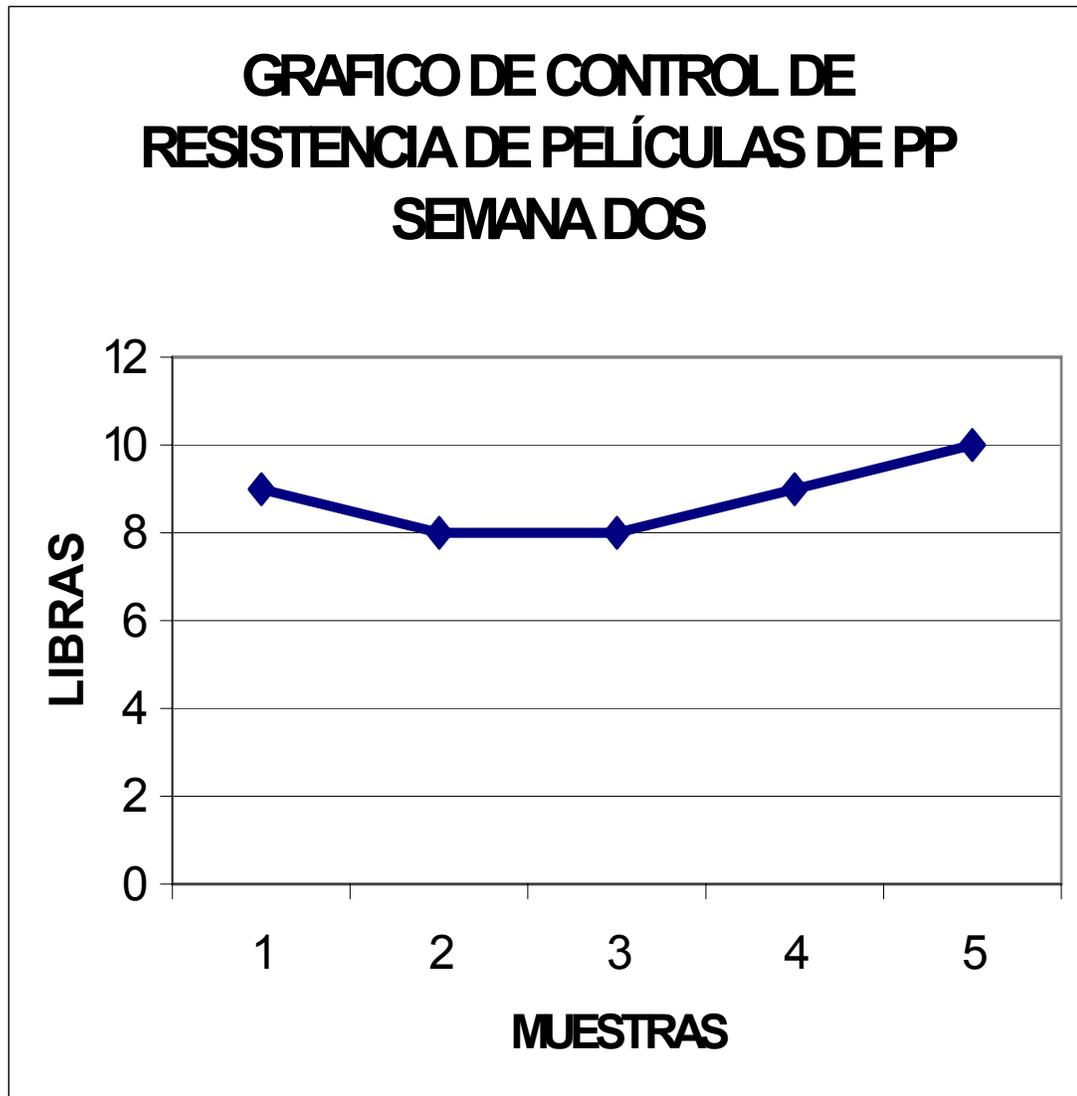


Figura 16. Gráfico de control de densidad de películas PP semana dos

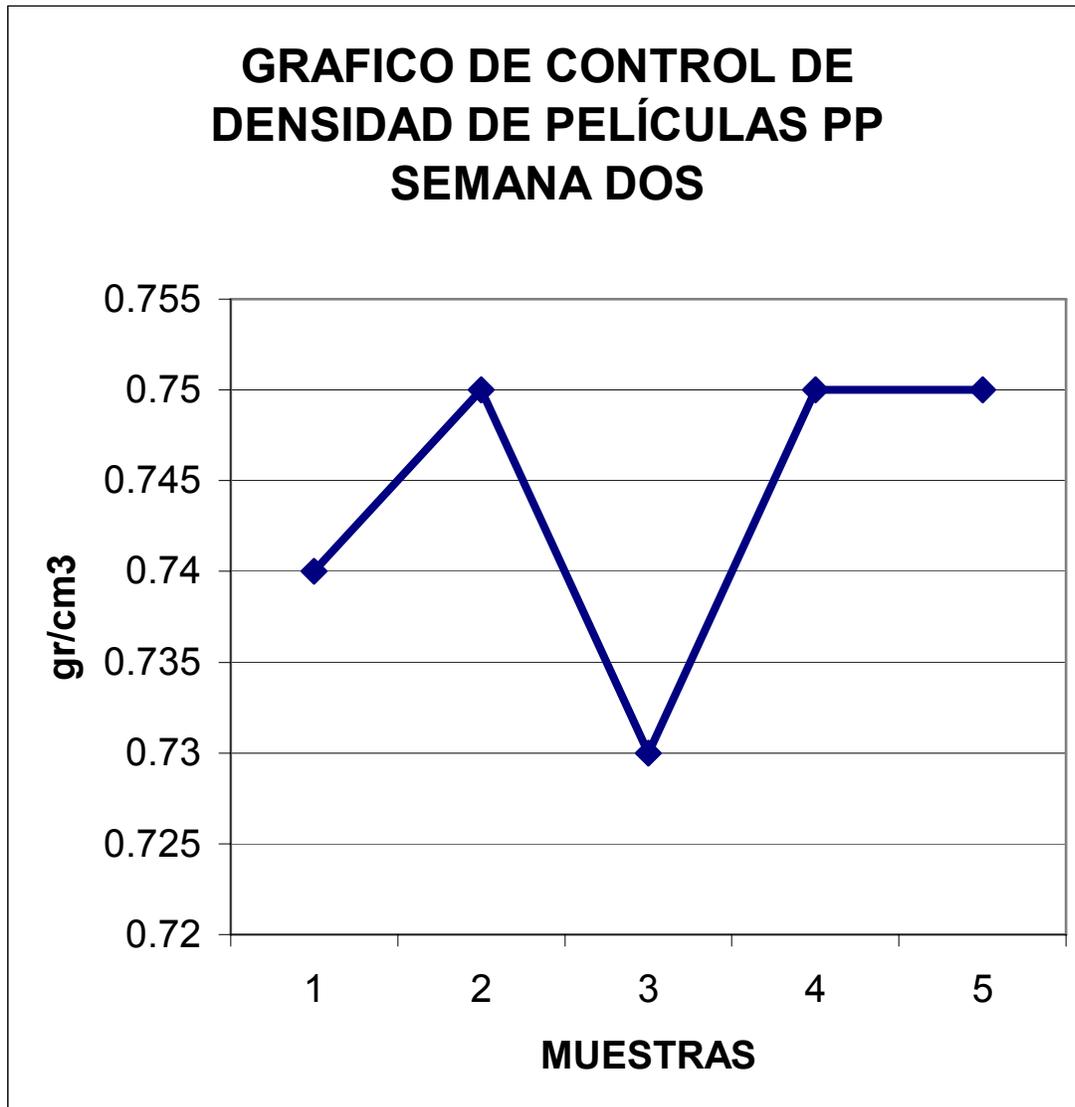


Figura 17. Gráfico de control de tiempo de vida de películas PP semana dos



5.1.5 Análisis de resultados obtenidos

De las graficas de las variables en estudio de la semana dos de observaciones, anteriormente elaboradas se concluye lo siguiente :

En la gráfica de la variable de la resistencia de las películas de polipropileno analizadas en el laboratorio, se concluye, que no presenta ninguna variabilidad debido a que ningún punto sale de los límites de control establecidos durante el proceso, por lo que se nota un buen nivel de producción pero se recomienda una aplicación continua del sistema para futuros imprevistos.

Para la gráfica de la variable del tiempo de vida de las películas de polipropileno analizadas en el laboratorio, se concluye, al igual que el análisis anterior que no presenta ninguna variabilidad debido a que ningún punto sale de los límites de control establecidos durante el proceso, pero se observa una tendencia a incrementar los días de vida de las películas de polipropileno en relación a la semana uno y se deberá realizar un análisis profundo de que pudo pasar en estos días para poder aplicar el suceso a las otras variables.

Lo que respecta con la gráfica de la variable de la densidad de las películas de polipropileno analizadas en el laboratorio, se concluye, un buen nivel de calidad de producción ya se logro mejorar el punto crítico de la semana anterior.

5.2 Recomendaciones

Se puede observar que el proceso se encuentra en estado de control estadístico, es decir, opera sin variación debida a causas aleatorias (ningún valor se sale de los límites de control).

Es importante ahora, probar la hipótesis establecida anteriormente. Para ello se utiliza el siguiente estadístico de prueba para una distribución normal, que solo se aplicará a la variable de tiempo de vida.

Estadístico de prueba :

$$Z = (\bar{X} - \mu) / (\sigma / \sqrt{n}) \text{ donde :}$$

Z = un valor de área bajo la curva normal.

X = Valor promedio muestral

μ = valor medio de especificación

σ = desviación estándar para valores individuales

n = tamaño de la muestra.

Como los límites de especificación por lo general se aplican a valores individuales, los límites de control no se pueden comparar a estos; por lo tanto se debe convertir R a la desviación estándar para valores individuales. La siguiente relación se cumple para encontrar una estimación de σ sí y sólo sí, un proceso se encuentra en control estadístico:

Donde:

d^2 es un factor para la estimación de σ (ver anexos)

Entonces :

Para la variable del tiempo de vida de las películas de plástico :

$$\sigma = 2.7 / 2.326 = 1.16$$

$$Z = (26.6 - 26) / (1.16 / \sqrt{50}) = 3.65$$

La región de aceptación para un $\alpha = 5\%$, está determinada por los valores de Z entre (-1.96 y +1.96).

Como el valor de Z no se encuentra dentro de la región de aceptación se rechaza la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa de las tres variables. Por lo que se tiene suficiente evidencia para afirmar que las tres variables varían respecto al rango de especificación y se debe continuar con las acciones correctivas.

5.3 Retroalimentación

Como se ha podido observar, las gráficas de control son un concepto poderoso, pero su uso debe mantenerse en perspectiva.

El propósito final del proceso de manufactura es hacer un producto adecuado para el uso, no un producto que simplemente cumpla con los límites de control. Una vez logrado el control de calidad estadístico, las gráficas que se usan deben sustituirse por puntos de verificación (inspección por muestreo periódico) y el esfuerzo debe dirigirse a otras características que necesiten mejorar.

En el análisis anterior no se obtuvo ningún dato fuera de los límites de control al final de la toma de datos en el semana cinco a excepción en la variable número dos con el punto nueve pero que se actuó como se indico anteriormente y no es significativo para el global , es decir, no habían causas de variación identificables, pero de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis, existe una diferencia estadística significativa entre el resultado de la muestra y el valor central establecido es decir, el proceso se encuentra bajo control estadístico pero no cumple con la especificación, por lo que se deben tomar acciones correctivas como: a) verificar que los teleoperadores no estén platicando entre ellos en horario de atención. b) revisar que no estén recibiendo llamadas personales.

Por otra parte, es importante dar a conocer la forma en que deben interpretarse las gráficas al momento en que se obtengan datos fuera de los límites de control.

Las \bar{X} (medias muestrales) fuera de los límites de control son seña de un cambio general que afecta todas las piezas posteriores al primer subgrupo fuera de los límites.

El registro que se guarda durante la recolección de datos, la operación del proceso y la experiencia del trabajador, deben estudiarse para descubrir la variable que pudo haber causado que saliera de los límites de control. Las causas comunes pueden ser : un cambio de numeración, el personal, la maquinaria, o desgaste personal.

Las R fuera de los límites de control indican que la uniformidad del proceso ha cambiado. Las causas pueden ser un cambio en el personal, un aumento en la variabilidad, etc.,.

Una sola R fuera de control puede ser causada por un cambio en el proceso, ocurrido mientras se tomaba la muestra del subgrupo.

Así concluye el ensayo piloto para la implementación del sistema de control de calidad para el producto de películas de plástico de polipropileno de una planta extrusora.

CONCLUSIONES

- 1) Conforme se vayan implementando mejoras estratégicas que modifiquen el proceso de extrusión de plásticos de películas de polipropileno o se vayan adquiriendo nuevos y mejores equipos y herramientas, tanto de producción como de inspección, la calidad de las películas por ende, se verá modificada, por lo que se deben de considerar las técnicas estadísticas de control de calidad para el departamento de investigación y desarrollo, para que la calidad del producto no sea mediocre y que el cliente se sienta decepcionado por la empresa.
- 2) Para lograr el adecuado diseño de un sistema de calidad estadístico, es necesario evaluar las condiciones actuales y luego, es necesario, establecer la metodología y seleccionar las herramientas estadísticas que apoyen y optimicen la labor de control que efectuará el sistema de calidad, por eso, el uso de modelos de gráficos de control por variables como control estadístico de la calidad de la producción de películas de plástico de polipropileno, es la mejor opción para este tipo de proyectos.
- 3) Lograr una mejora continua del sistema de calidad, implica el desarrollo de un proyecto específico, el cual debe seguir cuatro pasos o fases esenciales; en la primera, se debe definir el proyecto, en la segunda analizar el problema, en la tercera verificar y evaluar resultados y en la cuarta normalizar los métodos, para lograr el cometido de la retroalimentación para mejorar los canales de comunicación entre los elementos que conforman el departamento de Investigación y desarrollo.

- 4) El logro de la calidad requiere una amplia variedad de actividades o elementos de trabajo e implica un compromiso total por parte de toda la empresa y, en consecuencia de este compromiso es la iniciativa de desarrollo de diseños de formatos necesarios para contar con el registro de estos resultado obtenidos.
- 5) El lograr una graficación correcta de los resultados obtenidos de una producción estable y, aunque el proceso sea consistente y esté funcionando sin causas de variación identificables, el uso de los gráficos de control como parte de un control permanente será de suma importancia para detectar futuras causas de variación y factores que modifiquen la calidad del producto, en cualquier momento.
- 6) El lograr el enfoque deseado de las normas internacionales al aplicar el sistema de control de calidad estadístico ayudará a la unificación de todo el personal, se tendrá una sola forma de Identificar, analizar y proponer soluciones a problemas del departamento a través de los elementos de trabajo, para contar con el apoyo de los mismos al implementar las medidas correctivas y preventivas necesarias.
- 7) El lograr una producción estable será la señal de haber alcanzado la mejora o estabilización del control de calidad estadístico en el proceso de elaboración de las películas de plástico de polipropileno y, aunque esto se concrete, se deberá seguir una aplicación continua para detección futura de causas variables que afecten y alteren estos resultados.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios futuros que abarquen tanto al equipo, las máquinas y herramientas como el personal del departamento de investigación y desarrollo (I&D), que nos muestren tabuladamente el buen o mal nivel de calidad que se este reflejando dentro del departamento, ya que esto permitirá ampliar nuestro sistema de control de calidad estadístico en o bien re-estructurarlo si ese fuera el caso.
2. Capacitar constantemente tanto a los aseguradores de calidad, analistas de laboratorio, operadores y supervisores como a los coordinadores de área en el ámbito de gráficos de control, para lograr que el análisis de los mismos reflejen un criterio correcto y unificado por parte de los elementos que intervienen dentro del sistema de control de calidad estadístico .
3. Establecer y conservar registros que prueben que el servicio ha sido inspeccionado. Estos registros deben reflejar claramente si el producto han superado o no las inspecciones de acuerdo con los criterios de aceptación definidos, asegurándose que se cumplan con las políticas establecidas dentro del departamento de investigación y desarrollo (I&D).
4. Llevar a cabo encuestas periódicas a clientes o consumidores con el objeto de identificar el grado de aceptación del producto y determinar que tipo de mejoras se deben implementar dentro del proceso de fabricación, para contar con un servicio mas orientado a las necesidades del mercado y por su puesto con ayuda del departamento de Mercadeo.

5. El sistema de control de calidad, debe ser revisado por lo menos una vez cada seis meses con el propósito de verificar y evaluar el estado en que se encuentra y, su modificación a las nuevas políticas y objetivos de calidad que se puedan ver afectadas por una variación de los requerimientos del producto.

6. Si fuera el caso de estar planificando una certificación de la planta extrusora de plásticos con las Normas internacionales ISO 9000, recomendar un tipo de membrete para los formatos de control de los registros, para luego no tener que volver a realizar una impresión de los mismos, únicamente para validarlos por la Norma.

7. Como una forma de orientación, se recomienda analizar nuevamente los registros de control de calidad del departamento de semestres pasados para rectificar e identificar fallas del sistema de control de calidad antiguo, para tomar las decisiones correctivas respectivas, de manera de aplicar una retroalimentación a nivel estratégico.

BIBLIOGRAFÍA

A. ACLE TOMASINI. **Planeación estratégica de la calidad.** 6ª. ed. . .
. . . Argentina, Grijalvo, 1990.

Agustín Reyes Ponce. **Administración moderna.** 3ª. ed. Limusa, 1995.

Don Hellriegel, John W. Slocum. **Administración.** 7ª. ed. Thomson editores,
1998.

J.M. JURAN; F.M. GRYNA. **Análisis y planeación de la calidad.** Trad. . .
Marcia Gonzáles Osuna. 3ª. ed. México, McGraw-Hill, 1995.

Walton, Mary. **Cómo administrar con el método Deming.** Trad. Guisela .
Wolfers de Rosas. Barcelona: Norma, 1988.

APÉNDICE

Norma de vocabulario (COGUANOR NCR 66 005:96)

Generalidades de norma COGUANOR NCR 66 005:96

Muchos términos de uso cotidiano se emplean en el campo de la calidad con un significado específico o más restringido respecto del conjunto de definiciones del diccionario, por razones como las siguientes:

- a. La adopción de una terminología de la calidad por diferentes sectores comerciales e industriales para satisfacer sus necesidades específicas percibidas.
- b. La introducción de una multiplicidad de términos por los profesionales de la calidad en los diferentes sectores industriales y económicos.

El objeto de esta norma es clasificar, definir y normalizar los términos fundamentales relacionados con los conceptos de la calidad, tal y como se aplican a todos los campos, para la elaboración y utilización de las normas relativas a la calidad y para la comprensión mutua en las comunicaciones internacionales.

Términos generales

- **Entidad** : aquello que puede ser descrito y considerado individualmente. Una entidad puede ser, por ejemplo una actividad o un proceso, un producto, una organización, un sistema o una persona o cualquier combinación de ellos.

- **Proceso** : conjunto de recursos y actividades relacionadas entre sí que transforman elementos de entrada en elementos de salida. Estos recursos pueden incluir el personal, las finanzas, las instalaciones, los equipos, las técnicas y los métodos.
- **Procedimiento** : manera específica de realizar una actividad. Cuando un procedimiento está documentado, (por ejemplo, los procedimientos de un sistema de calidad) es frecuente usar el término “procedimiento escrito o procedimiento documentado”.
- **Producto** : resultado de actividades o de procesos. Un producto puede incluir servicio, materiales, materiales procesados, programas de computación o una combinación de éstos; puede ser tangible (por ejemplo, componentes o materiales procesados) o intangible (por ejemplo, conocimientos o conceptos) o una combinación de éstos; puede ser intencional (por ejemplo, lo que se ofrece al cliente) o no intencional (por ejemplo, un contaminante o efectos no deseados).
- **Servicio** : resultado generado por actividades en la interacción entre el proveedor y el cliente y por actividades internas del proveedor, con el fin de responder a las necesidades del cliente.
- **Organización** : compañía, sociedad, firma, empresa o institución, o parte de éstas, de responsabilidad limitada u otra, pública o privada, que posee su propia estructura funcional y administrativa.
- **Cliente** : el receptor de un producto suministrado por el proveedor. En una situación contractual, el cliente se denomina “comprador”. El

cliente puede ser, por ejemplo, el consumidor final, el usuario, el beneficiario o el comprador.

- **Proveedor** : organización que provee un producto al cliente. En una situación contractual, el proveedor puede ser denominado “contratista”. El proveedor puede ser, por ejemplo, el productos, el distribuidor, el importador, el ensamblador o la organización de servicio.

Términos relacionados con la calidad

- **Calidad**: la totalidad de las características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas.
- **Grado** : categoría o rango asignado a entidades que tienen el mismo uso funcional pero diferentes requisitos para la calidad.
- **Requisitos para la calidad**: expresión de las necesidades o su traducción en un conjunto de requisitos, establecidos en términos cuantitativos o cualitativos para las características de una entidad, para permitir su realización y examen.
- **Seguridad** : el estado en el cual el riesgo de lesión a las personas o de daño a los materiales, está limitado a un nivel aceptable. La seguridad es uno de los aspectos de la calidad.
- **Conformidad** : cumplimiento con los requisitos especificados.

- **No conformidad** : incumplimiento de un requisito especificado.
- **Defecto** : incumplimiento de un requisito o de una expectativa razonable, relacionados a un uso previsto, incluidos los requisitos relativos a la seguridad.
- **Calificado (A)** : condición dada a una entidad cuando se ha demostrado que es capaz de cumplir con los requisitos especificados.
- **Inspección** : actividades tales como medir, examinar, ensayar o calibrar una o más características de una entidad y comparar los resultados con los requisitos especificados, con el fin de establecer si se obtiene la conformidad para cada una de estas características.
- **Autoinspección** : inspección efectuada al trabajo por la misma persona que lo ha ejecutado, de acuerdo con las reglas especificadas.
- **Verificación** : confirmación mediante examen y aporte de evidencia objetiva que se han cumplido los requisitos especificados.

Términos relacionados con el sistema de la calidad

- **Política de la calidad** : las directrices y los objetivos generales de una organización concernientes a la calidad, expresados formalmente por el más alto nivel de la dirección. La política de la calidad es un elemento de la política general y es aprobada por el más alto nivel de la dirección.

- **Administración de la calidad:** conjunto de actividades de la función general de administración que determinan la política de la calidad, los objetivos y las responsabilidades, y se llevan a cabo por medios tales como la planificación de la calidad, el control de la calidad, el aseguramiento de la calidad y el mejoramiento de la calidad en el marco del sistema de calidad.
- **Planificación de la calidad :** actividades que establecen los objetivos y los requisitos para la calidad, así como los requisitos para la aplicación de los elementos del sistema de calidad.
- **Control de la calidad :** técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para satisfacer los requisitos para la calidad.
- **Aseguramiento de la calidad:** conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas, aplicadas en el marco del sistema de la calidad, y que se ha demostrado son necesarias para dar confianza adecuada que una entidad satisficará los requisitos para la calidad.
- **Sistema de la calidad:** estructura organizacional, procedimiento, procesos y recursos necesarios para llevar a cabo la administración de la calidad.
- **Administración total de la calidad :** forma de administración de una organización, centrada en la calidad, basada en la participación de todos sus miembros, y que persigue el éxito a largo plazo a través de la satisfacción del cliente y beneficios para todos los miembros de la organización y para la sociedad.

- **Mejoramiento de la calidad:** acciones emprendidas en toda la organización con el fin de incrementar la eficacia y la eficiencia de las actividades y de los procesos para brindar beneficios adicionales a la organización y a sus clientes.
- **Manual de la calidad:** documento que establece la política de la calidad y que describe el sistema de la calidad de una organización.
- **Plan de calidad:** documento que establece las prácticas, los medios y secuencias de las actividades ligadas a la calidad, específicas de un producto, proyecto o contrato particular.
- **Especificación:** documento que establece requisitos.
- **Registro:** documento que provee evidencia objetiva de las actividades efectuadas o de los resultados obtenidos.
- **Trazabilidad:** aptitud para rastrear la historia, la utilización o la localización de una entidad por medio de identificaciones registradas.

Términos relacionados con las herramientas y las técnicas

- **Ciclo de la calidad:** modelo conceptual de actividades interrelacionadas que influyen sobre la calidad en las diferentes etapas, desde la identificación de las necesidades hasta la evaluación.

- **Costos relativos a la calidad:** costos en que se incurre para asegurar una calidad satisfactoria y dar confianza de ello, así como las pérdidas sufridas cuando no se obtiene la calidad satisfactoria.
- **Pérdidas relativa a la calidad:** pérdidas ocasionadas por no aprovechar el potencial de los recursos en los procesos y las actividades.
- **Evaluación de la calidad:** examen sistemático con el fin de determinar en qué medida una entidad es capaz de satisfacer los requisitos especificados.
- **Supervisión de la calidad :** seguimiento y verificación continuos del estatus de una entidad y análisis de los registros con el fin de asegurar que se cumplen los requisitos especificados.
- **Auditoria de la calidad:** examen sistemático e independiente con el fin de determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones preestablecidas, y si estas disposiciones son aplicadas en forma efectiva y son apropiadas para alcanzar los objetivos.
- **Acción preventiva :** acción tomada para eliminar las causas de una potencial no conformidad, de un defecto y de cualquier otra situación indeseable, con el fin de evitar que se produzca.
- **Acción correctiva :** acción tomada para eliminar las causas de una no conformidad, de un defecto o de cualquier otra situación indeseable existente, para evitar que vuelva a ocurrir.

- **Tratamiento de una no conformidad:** acción a tomar a una entidad no conforme, con el objeto de resolver la no conformidad.
- **Reparación:** acción tomada sobre un producto no conforme de modo que satisfaga los requisitos de uso previstos, aunque no cumpla con los requisitos especificados originalmente.
- **Reproceso :** acción tomada sobre un producto no conforme de modo que satisfaga los requisitos especificados.

ANEXOS

Tabla XV Factores para la construcción de cartas de control

Tamaño de la muestra, n	Carta X	Carta R		Estimación
	A2	D3	D4	d2
2	1.88	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.97
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.64
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.18	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Fuente : Humberto Gutierrez Pulido. **Calidad total y productividad.** McGraw-Hill, 1997.