



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“PLAN DE INSPECCION APLICADO A LA
PRODUCCION DE MONOFILAMENTO
DE POLIETILENO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTAN:

ANTONIO TONATIUH DIAZ GARCIA
ESTEBAN SORIANO DEL CARMEN



DIRECTOR DE TESIS:
M.I. OCTAVIO ESTRADA CASTILLO

MEXICO, D. F.

2002

TESIS CON
FALTA DE CR.GEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoy concluyo una meta en mi vida convirtiendo un sueño en realidad, esto no sería posible si dios no guiara mi camino.

Esta tesis está dedicada a todas aquellas personas que directa o indirectamente estuvieron conmigo durante el periodo de mi vida estudiantil.

A mis padres

Por su educación, por su apoyo incondicional, por su confianza incansable y en especial por su eterno amor que han sido un ejemplo para lograr mis metas.

A mi alma mater

Por dame la oportunidad de una formación profesional, por su espíritu, por sus recursos, por sus valores y principios que me han ayudado a salir adelante en la vida.

A la familia Soriano Tobón y a Elodia

Por todos los momentos de apoyo y afecto que han demostrado.

A mis amigos

Arturo, Cony, Jorge, José Angel, José Luis, Luis Gabriel, Marcela, Oscar y Tomas.

Al M.I Octavio Estrada Castillo

Por dirigir esta tesis.

A todos mis profesores

Que me permitieron crecer diariamente y definir el camino a seguir.

GRACIAS

Esteban

Agradecimientos

A mis padres,

*Por enseñarme el camino,
por su amor y valiosas enseñanzas,
por brindarme la oportunidad de la vida.*

A Mitzi, Sergio, Alejandro, Selene, Lilia, y al resto de mi familia,

*Por su apoyo incondicional,
por compartir sus vidas conmigo,
por su cariño y comprensión.*

A mis amigos,

*Por darme la mano cuando lo he necesitado,
por los momentos inolvidables que hemos compartido.*

Al Ing. Octavio Estrada Castillo,

Por su incondicional apoyo para la elaboración de este trabajo de tesis.

"Antonio Díaz"

PLAN DE INSPECCION APLICADO A LA PRODUCCIÓN DE MONOFILAMENTO DE POLIETILENO

OBJETIVO:

Diseñar un plan de inspección que permita producir monofilamento de polietileno con las características requeridas para ser empleado en el tejido de mallas que elabora DIASOR.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA.....	3
1.1 Historia de los plásticos.....	4
1.2 Tipos de plásticos.....	6
1.3. Polietileno de alta densidad (PEAD).....	7
1.4 Aditivos.....	8
1.4.1 Aditivos de procesamiento.....	10
1.4.1.1 Antioxidantes.....	10
1.4.2 Aditivos Funcionales.....	11
1.4.2.1 Pigmentos y colorantes.....	11
1.4.2.2 Criterios de selección de pigmentos o colorantes.....	12
1.4.3 Estabilizadores de luz ultravioleta (UV).....	13
1.5 Procesos de transformación de los plásticos.....	15
1.6 Proceso de transformación empleado para producción de monofilamento de polietileno.....	16
1.6.1 Definición de proceso de extrusión.....	16
1.6.2 Ventajas y restricciones del proceso de extrusión.....	17
1.6.3 Importancia del proceso de extrusión en el mercado.....	17
1.6.4 Descripción del proceso de extrusión.....	17
1.6.5 Descripción del equipo de extrusión.....	18
1.6.5.1 Tolva.....	18
1.6.5.2 Barril o cañón.....	19
1.6.5.3 Husillo.....	20
CAPITULO 2 MARCO TEORICO.....	23
2.1 Evolución de la calidad.....	24

2.1.1 Concepto moderno de calidad.....	30
2.2 Técnicas para la solución de problemas.....	31
2.3 Técnicas estadísticas para el control de la calidad.....	31
2.3.1 Muestreo de aceptación.....	33
2.3.1.1 Ventajas y desventajas del muestreo de aceptación.....	36
2.3.1.2 Tipos de planes de muestreo.....	37
2.3.1.3 Rigor de la inspección.....	38
2.3.1.4 Uso de tablas de muestreo.....	39
2.3.2 Diagramas de precontrol.....	40
2.4 Sistema de calidad.....	42
2.4.1 Proceso de certificación.....	43
2.4.2 Manuales y registros de procedimientos.....	44
2.4.2.1 Manual de calidad.....	45
2.4.2.2 Procedimientos.....	45
2.4.2.3 Instrucciones de trabajo y/o métodos de prueba.....	47
2.4.2.4 Registros.....	49
2.4.2.5 Diferencia entre procedimiento e instrucción de trabajo.....	50
2.4.3 Control de proceso.....	50
2.4.3.3 Plan de inspección.....	51
CAPITULO 3 PRODUCCIÓN DE MONOFILAMENTO DE POLIETILENO.....	53
3.1 Breve descripción de DIASOR.....	54
3.2 Planteamiento del problema.....	57
3.3 Descripción gráfica del proceso.....	61
3.4 Descripción del proceso.....	64
3.4.1 Recepción y verificación de pedido de materia prima.....	64
3.4.2 Inspección de materia prima.....	65
3.4.3 Almacenamiento de materia prima.....	65
3.4.4 Generación de la orden de producción de monofilamento de polietileno.....	66
3.4.5 Preparación de mezclas de materia prima.....	66
3.4.6 Extrusión del monofilamento de polietileno.....	66
3.4.7 Enfriamiento del monofilamento de polietileno en agua.....	67

3.4.8 Estiramiento del monofilamento de polietileno en agua caliente.....	67
3.4.9 Recocido del monofilamento de polietileno en horno.....	67
3.4.10 Habilitación del monofilamento de polietileno.....	67
3.4.11 Almacenamiento temporal de monofilamento de polietileno.....	68
3.4.12 Inspección de monofilamento de polietileno.....	68
3.4.13 Almacén de monofilamento de polietileno.....	69
3.4.14 Área de cuarentena.....	69
CAPÍTULO 4 DISEÑO DEL PLAN DE INSPECCIÓN.....	70
4.1 Diagrama de etapas del proceso de producción del monofilamento de polietileno.....	71
4.2 Descripción de las etapas y características a controlar en el proceso de extrusión de monofilamento de polietileno.....	73
4.3 Plan de inspección preliminar.....	75
4.4 Evaluación del plan de inspección preliminar.....	79
4.4.1 Inspección de materia prima.....	79
4.4.2 Mezclado de materia prima.....	81
4.4.3 Extrusión del monofilamento.....	82
4.4.4 Enfriamiento del monofilamento en agua.....	83
4.4.5 Estiramiento del monofilamento en agua caliente.....	84
4.4.6 Horno.....	86
4.4.7 Habilitación del monofilamento.....	87
4.4.8 Inspección del monofilamento.....	89
4.5 Plan de inspección propuesto.....	90
4.6. Documentación.....	92
CAPÍTULO 5 APLICACIÓN DEL PLAN DE INSPECCIÓN.....	93
5.1. Método de prueba para determinar densidad.....	94
5.1.1 Justificación de la aplicación del método de prueba para determinar densidad.....	94
5.1.2 Documentos para realizar la prueba de densidad.....	97

5.1.3 Ejemplo de inspección de densidad.....	103
5.2. Método de prueba para determinar Dtex.....	107
5.2.1 Justificación de la aplicación del método de prueba para determinar Dtex.....	107
5.2.2 Documentos para realizar la prueba de Dtex.....	107
5.2.3 Ejemplo de inspección de Dtex.....	111
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
6.1 Conclusiones.....	118
6.2 Recomendaciones.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	121
GLOSARIO.....	124
ANEXO.....	127

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en la empresa DIASOR, que al igual que muchas empresas del país presenta una gran variedad de problemas en sus distintas áreas, afectando con ello el aprovechamiento de sus recursos. Dado que DIASOR no cuenta con un sistema de calidad eficaz, se vio la oportunidad de desarrollar el presente proyecto de tesis enfocado al control de calidad en la producción de mallas de polietileno.

Este trabajo tiene como objetivo, diseñar un plan de inspección que permita producir monofilamento de polietileno con las características requeridas para ser empleado en el tejido de mallas que elabora DIASOR.

Con base en este objetivo se desarrolló el presente trabajo que está conformado por 6 capítulos, los cuales, permiten adentrarse en el problema y proponer una solución satisfactoria.

El primer capítulo, Marco de referencia, comienza con una breve reseña histórica de los plásticos donde se ve cómo se han desarrollado desde sus inicios hasta convertirse en el material más importante para la vida moderna, posteriormente se da la clasificación de los plásticos, ya que a pesar de existir una gran variedad de ellos es posible dividirlos en dos grupos, termofijos y termoplásticos, como siguiente punto se mencionan materias primas de la industria del plástico en general, y particularmente las utilizadas en la elaboración de hilo en la empresa DIASOR, finalmente se describe el proceso de extrusión en general.

En el segundo capítulo, Marco teórico, se plantean los conceptos básicos de calidad que serán útiles para el desarrollo de la tesis; primeramente, se da una breve historia sobre el desarrollo de la calidad, en segundo término, se mencionan las técnicas para la solución de problemas, posteriormente se describen técnicas estadísticas

para el control de la calidad, y finalmente, se presentan definiciones y requisitos de un sistema de calidad.

En el tercer capítulo, Producción de monofilamento de polietileno, se muestra gráficamente el proceso de producción de monofilamento de polietileno utilizado en DIASOR, y posteriormente, se hace una descripción detallada del mismo; ambos elementos serán útiles para lograr una clara comprensión de dicho proceso.

En el cuarto capítulo, Diseño del plan de inspección, se selecciona la parte del proceso a analizar y se elabora un diagrama para mayor claridad, seguido de la descripción de las etapas y características a controlar, posteriormente, se elabora un plan de inspección preliminar el cual es evaluado, y finalmente, se presenta el plan de inspección propuesto y su documentación requerida.

En el quinto capítulo, Aplicación del plan de inspección, se dan dos ejemplos de aplicación del plan de inspección propuesto; el primero se refiere al método de prueba para determinar densidad, y el segundo se refiere al método de prueba para determinar Dtex.

Por último, en el sexto capítulo, se dan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1

MARCO DE REFERENCIA

Objetivo específico.

Conocer las materias primas y el proceso de transformación que se emplea para la producción de monofilamento de polietileno.

Este capítulo comienza con una breve reseña histórica de cómo han evolucionado los plásticos, posteriormente se mencionan materias primas de la industria del plástico en general, y particularmente las utilizadas en la elaboración de monofilamento de polietileno¹ en la empresa DIASOR.

Las materias primas que emplea esta empresa para la producción de hilo son:

- Polietileno
- Aditivos

El polietileno usado para la producción de hilo en esta empresa es el polietileno de alta densidad (PEAD), en tanto que los aditivos que se utilizan son: antioxidante, pigmento y filtro UV.

Además se mencionan los procesos de transformación para los plásticos, de los cuales sólo se describe el proceso de extrusión, que es el proceso empleado en DIASOR para la producción de hilo.

1.1 Historia de los plásticos

El plástico se ha convertido en el material de mayor uso en la actualidad, esto se puede notar al mirar a nuestro alrededor, ya que muchas cosas que se utilizan a diario están hechas de plástico. Pero ¿Qué significa plástico? Plástico es una palabra que deriva del griego "plastikos", que significa, capaz de ser moldeado. Los plásticos son parte de la gran familia de los polímeros, siendo esta una palabra de origen latín que significa poli=muchas, meros=partes, de los cuales se derivan también otros productos como: adhesivos, recubrimientos y pinturas.

¹ En este trabajo se emplean indistintamente los términos monofilamento de polietileno e hilo.

El desarrollo de los plásticos comenzó a mediados del siglo XIX. El inventor inglés Alexander Parkes, obtuvo accidentalmente la nitrocelulosa mediante la reacción de la celulosa con ácido nítrico y sulfúrico, a ésta la llamó parkesina, misma que con aceite de ricino podía ser moldeada. Sin embargo, debido a su flamabilidad, no tuvo éxito comercial.

Alrededor de 1860, en los Estados Unidos de América, surgió el primer plástico de importancia comercial, gracias a un concurso para encontrar un material que sustituyera al marfil en la fabricación de las bolas de billar. Casualmente, John Wesley Hyatt trabajaba con el algodón tratado con ácido nítrico, siendo un producto muy peligroso que podía utilizarse como explosivo. Aprovechando la idea de Parkes, sustituyeron el aceite de ricino por alcanfor, y al producto obtenido le llamaron celuloide, el cual hizo posible la producción de varios artículos como: peines, bolas de billar, películas fotográficas, etc.

Otro plástico semisintético que tuvo buena aceptación comercial fue el que desarrollaron W. Kricheldorf y Adolph Spitteler en 1897, debido a la demanda de pizarrones blancos en las escuelas alemanas. Este material se fabricó a partir de caseína, que es el producto de la reacción de una proteína de la leche con formaldehído. Su principal aplicación fue la elaboración de botones.

En 1899, Leo H. Baekeland descubrió una resina considerada totalmente sintética, la baquelita, la cual se obtiene mediante la reacción de fenol con formaldehído.

En 1907 salió al mercado la resina fenólica baquelita. Por esas mismas fechas, Herman Staudinger trabajaba en la fabricación del poliestireno; y Otto Rhom, enfocaba sus estudios al acrílico, que para 1930 ya se producía industrialmente.

Por su parte el PVC, aunque había sido sintetizado desde 1872 por E. Bauman, fue hasta 1920 cuando Waldo Seman, mezclándolo con otros compuestos, obtuvo una masa parecida al caucho, iniciándose así la comercialización del PVC en 1938.

El químico alemán Herman Staudinger, premio Nobel en 1953, con sus trabajos revolucionarios iniciados en 1920, demostró que muchos productos naturales y todos los plásticos contienen macromoléculas. Este descubrimiento hizo que se le considerara como "el padre de los plásticos".

Durante la Segunda Guerra Mundial se vieron acortados los suministros de materias primas a los países industrializados, periodo en el que la industria de los plásticos demostró ser una fuente muy aceptable de materiales sustitutos, encontrándose:

- El caucho sintético
- El nylon
- Los poliésteres

Durante los años de la posguerra se mantuvieron las investigaciones en el área de los plásticos; se desarrollaron los plásticos técnicos con base en policarbonatos, los acetatos y las poliamidas, se utilizaron además materiales plásticos sustituyendo a metales en los componentes de maquinaria, así como piezas que se deberían utilizar en condiciones ambientales extremas. Finalmente se llegó al desarrollo del polietileno y el polipropileno, que son los plásticos con mayor demanda en la actualidad.

1.2 Tipos de plásticos

Los plásticos se pueden clasificar en términos generales como termofijos y termoplásticos.

Los compuestos termofijos son formados mediante calor y con o sin presión, resultando un producto que es permanentemente duro. El calor ablanda primero al material, pero al añadirle más calor o sustancias químicas especiales, se endurece por un cambio químico conocido como polimerización y no puede ser nuevamente reblandecido.

Los materiales termoplásticos no sufren cambios químicos en el moldeo y no se vuelven permanentemente duros con la aplicación de presión y calor. Permanecen suaves a temperaturas elevadas hasta que endurecen por enfriamiento; además, se les puede fundir varias veces por aplicaciones sucesivas de calor, como sucede en el caso de la parafina.

1.3 Polietileno de alta densidad

El polietileno es el plástico que ocupa el primer lugar en volumen de consumo nacional y mundial.

Para su transformación y uso es importante considerar que se pueden utilizar numerosos aditivos para cambiar considerablemente algunas propiedades de los polietilenos. Por ejemplo las elevadas temperaturas y la radiación UV, provocan la oxidación de la molécula del polietileno que se refleja en una apariencia amarillenta en el producto, la cual puede reducirse con la adición de absorbedores de radiación UV y antioxidantes.

El polietileno de alta densidad (PEAD), tiene una densidad en el rango de 0.941–0.965 g/cm³, presenta un alto grado de cristalinidad, siendo así un material opaco y de aspecto ceroso, las propiedades de cristalinidad y mayor densidad se relacionan con las moléculas más empaçadas, ya que casi no existen ramificaciones.

La rigidez, dureza y resistencia a la tensión de los polietilenos se incrementa con la densidad. El PEAD presenta mejores propiedades mecánicas que el polietileno de baja densidad (PEBD) y el polietileno lineal de baja densidad (PELBD), también presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y la abrasión.

El PEAD muestra un punto de fusión entre 120° y 136°C, un poco mayor al del PEBD que es de 115°C. El PEAD tiene excepcional resistencia a sustancias químicas y otros medios. No es atacado por: soluciones acuosas, salinas, ácidos y álcalis. La solubilidad del polietileno en hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados, depende de la cristalinidad, pero a temperaturas elevadas el PEAD es soluble en éstos.

El PEAD no es resistente a fuertes agentes oxidantes como: ácido nítrico, ácido sulfúrico, peróxidos de hidrógeno o halógenos.

1.4 Aditivos

Los aditivos son materiales orgánicos e inorgánicos, que incorporados a los plásticos antes y durante su transformación, mejoran sus propiedades como: presentación, resistencia a medios externos y facilidad de procesamiento.

Un aditivo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Fácil dispersión en el plástico
- Mejorar propiedades al producto final
- Facilitar el procesamiento
- No ser tóxico
- No desarrollar efectos secundarios

Los aditivos se comercializan en diferentes presentaciones como: líquido, polvos, pastas y master batch (pellets).

El master batch se define como un compuesto de plástico, el cual contiene una alta concentración de uno o más aditivos. Se utilizan en cantidades específicas con el plástico base, con el fin de obtener la concentración final requerida.

El mezclar plásticos con aditivos mediante métodos físicos ofrece: mejor funcionalidad, menores costos por unidad, mayor resistencia, versatilidad de colores y facilidad de procesamiento.

Actualmente existe en el mercado una gran variedad de aditivos que se utilizan para modificar las propiedades y características de procesamiento de los materiales plásticos.

De acuerdo con la propiedad o característica de procesamiento que modifiquen o desarrollen, los aditivos se clasifican de la siguiente manera:

a) Aditivos de procesamiento

- Estabilizadores al calor
- **Antioxidantes**
- Lubricantes
- Agentes deslizantes
- Modificadores de flujo
- Modificadores de viscosidad

b) Aditivos funcionales

- Cargas
- Plastificantes
- **Pigmentos**
- Modificadores de impacto
- Retardantes a la flama
- Supresores de humo
- Agentes antiestáticos
- **Absorbedores de luz UV**
- Fungicidas
- Agentes espumantes
- Agentes de entrecruzamiento
- Aromatizantes

c) Aditivos multifuncionales

- Agentes nucleantes
- Agentes de acoplamiento
- Negro de humo

1.4.1 Aditivos de procesamiento

Los aditivos de procesamiento tienen la función principal de evitar que el polímero se degrade durante el tiempo que permanece en el equipo de transformación, proporcionando cualidades que facilitan su procesamiento, como son:

- Eliminar la adherencia del plástico fundido con el husillo, el cilindro y otras partes del equipo.
- Mejorar el flujo para aumentar la velocidad de producción.
- Disminuyen la degradación ante el efecto de temperatura.
- Reducen desperdicios y costos aumentando la productividad.

1.4.1.1 Antioxidantes

Estos aditivos ayudan a inhibir o retardar el mecanismo de oxidación-degradación de los polímeros que se producen durante su fabricación o transformación. En la transformación del polímero, las temperaturas de procesamiento y la velocidad de producción elevadas, son condiciones propicias para la degradación del material.

Para cualesquiera de las causas anteriores, cuando un polímero se degrada presenta: decoloración o amarillamiento, pérdida de propiedades mecánicas, rigidez y pérdida de peso.

De acuerdo con su funcionamiento, los antioxidantes se clasifican en:

a) Antioxidantes primarios

Inhiben la degradación oxidante por medio de radicales libres. Son principalmente compuestos fenólicos y aminas aromáticas, que contienen grupos OH o NH reactivos, que donan los hidrógenos para formar radicales libres.

b) Antioxidantes secundarios

Su función es descomponer los hidróxidos saturados, por lo que no pueden utilizarse como antioxidantes únicos en el plástico, ya que sólo detienen la reacción en cadena pero no el inicio de la descomposición. Se deben utilizar en combinación con los antioxidantes primarios para proporcionar mayor estabilidad. Los compuestos más comunes contienen azufre o fósforo, los más conocidos son los tioéteres y los fosfitos.

1.4.2 Aditivos funcionales

Sirven para modificar o incrementar las propiedades de los plásticos, así como para protegerlos de factores externos como la luz solar, el fuego o los microorganismos.

Con estos aditivos se obtienen plásticos con mejores propiedades ópticas, físicas, mecánicas y se puede mejorar su apariencia.

1.4.2.1 Pigmentos y colorantes

Para entender claramente la función de estos aditivos, es importante señalar la diferencia que existe entre un pigmento y un colorante.

Pigmento. Es un polvo de origen orgánico o inorgánico, con tamaño de partícula de 0.01 a 1 μm , insoluble en el medio de aplicación y que tiene como función la de conferir color.

Colorante. Es un polvo de origen orgánico, soluble totalmente en el medio de aplicación y que confiere color a la sustancia. En algunas ocasiones, también se le conoce como tinte.

Debido a lo anterior, los pigmentos se emplean en la coloración de la masa de resinas poliméricas por medios mecánicos; y los colorantes en artículos de coloración en baño o por solubilidad en el polímero, por ejemplo fibras textiles naturales y sintéticas.

Los pigmentos o colorantes presentan las siguientes propiedades:

- Fuerza colorante
- Poder cubriente
- Matiz
- Efecto óptico
- Dispersión
- Estabilidad térmica
- Estabilidad química
- Migración
- Brillo
- Estabilidad a la luz y a la intemperie

1.4.2.2 Criterios de selección de pigmentos o colorantes

a) Presentación del producto.

Este punto se refiere a determinar si el producto a colorear es transparente u opaco. En el caso de ser transparente, se debe utilizar un colorante o pigmento orgánico transparente; en el caso de ser un producto opaco, se empleará un pigmento inorgánico de preferencia.

b) Uso final del producto.

Es necesario conocer: si el producto va a estar expuesto a la intemperie; si va a estar en contacto con alimentos o medicinas; si tendrá un uso infantil o escolar, ya que de ser así, se eliminarán los pigmentos inorgánicos elaborados con base en metales pesados, debido a su toxicidad.

c) Tipo de polímero y temperatura de procesamiento.

De acuerdo con el tipo de plástico con el que será fabricada la pieza final, y sobre todo con la temperatura de procesamiento, se escogerá el pigmento adecuado que posea la estabilidad térmica necesaria y un buen poder cubriente.

d) Tono deseado.

En algunos casos el tono es uno de línea de la compañía fabricante, pero en otros, se debe realizar una mezcla especial para alcanzar el tono deseado. Dependiendo de las propiedades anteriores, será fijado el precio del pigmento o colorante a utilizar.

e) Presentación comercial.

También se deberá tomar en cuenta si el pigmento se usará en forma de: polvo, master batch (pellets), líquido o pasta. En la mayoría de los casos se emplea directamente el pigmento en forma de polvo, pero esto trae como consecuencia una difícil limpieza del equipo, así como en ocasiones un pequeño desperdicio en el momento del mezclado del pigmento con el material. Por lo anterior, se recomienda emplear master batch siempre y cuando el producto lo permita. En el caso de los pigmentos líquidos, se debe efectuar una inversión en el equipo para integrar una cabeza mezcladora que integre el pigmento al plástico. Por último, los pigmentos en forma de pasta se usarán exclusivamente para algunos compuestos termofijos.

1.4.3 Estabilizadores de luz ultravioleta

La protección de los plásticos a la degradación por efecto de la energía ultravioleta es muy importante en algunos mercados, como es el caso de los productos que estarán expuestos a la intemperie y la luz solar. Este tipo de degradación se genera porque un grupo químico de la molécula absorbe la luz ultravioleta (UV).

Esta degradación ocurre debido a cualesquiera de las siguientes causas:

- Existe un doble enlace en la estructura del polímero.

- El polímero está contaminado por residuos de algún catalizador, monómero o hidroperóxidos.
- Formación de grupos carbonilos durante el procesamiento.

En México, debido a su posición geográfica, la luz llega con un ángulo de incidencia que acelera la degradación y provoca pérdida de propiedades en los plásticos mucho más rápido que en otros países.

La función de los aditivos es interrumpir la secuencia de reacción, protegiendo de los rayos UV al polímero, ya sea: absorbiendo los rayos UV; reprimiendo el estado excitado de la molécula; o por inhibición del proceso de propagación.

Para seleccionar el tipo de estabilizador de luz UV se deben tomar en cuenta algunos factores, tales como:

- Espectro de absorción del polímero
- Efecto del estabilizador sobre el color
- Resina acrílica
- Vida útil del producto
- Toxicidad (porque los estabilizadores orgánicos tienden a emigrar a la superficie)

Los aditivos estabilizadores de luz UV se clasifican de acuerdo con su función en: Protectores, absorbedores, reprimidores y desintegradores de peróxidos.

1.5 Procesos de transformación de los plásticos

Existen varios procesos de transformación de los plásticos que se clasifican en:

a) Procesos para termoplásticos:

- Extrusión
- Soplado
- Inyección
- Termoformado
- Calandreo
- Sinterizado
- Recubrimiento por cuchillas
- Inmersión

b) Procesos para termofijos:

- Laminado
- Embobinado de filamento continuo
- Transferencia
- Pultrusión

c) Procesos para termoplásticos y termofijos:

- Vaciado
- Rotomoldeo
- Compresión
- Espreado

Otra clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios del estado que sufre el plástico dentro de la maquinaria. De este modo se tienen procesos primarios, y procesos secundarios.

En el proceso primario, el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado líquido y finalmente se solidifica. En los procesos secundarios, se utilizan medios mecánicos o neumáticos para formar el artículo final sin pasar por la fusión del plástico.

Con base en estos criterios, los procesos de transformación principales se clasifican como:

a) Procesos primarios:

- **Extrusión**
- **Soplado**
- **Inyección**
- **Compresión**
- **Calandreado**
- **Inmersión**
- **Rotomoldeo**

b) Procesos secundarios:

- **Termoformado**
- **Doblado**
- **Corte**
- **Torneado**
- **Barrenado**

1.6 Proceso de transformación empleado para producción de monofilamento de polietileno

Para la elaboración de hilo se emplea el proceso de extrusión, el cual se describe a continuación.

1.6.1 Definición de proceso de extrusión

Es un proceso continuo, en el que el plástico es fundido por la acción de temperatura y fricción, es forzado a pasar por un dado que le proporciona una forma definida, y enfriado finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, manguera, lámina, filamentos y pellets.

1.6.2 Ventajas y restricciones del proceso de extrusión

Presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. El costo de la maquinaria de extrusión es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, soplado o calandreo, y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores.

La restricción principal es que los productos obtenidos por extrusión deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud; quedan excluidos todos aquellos con formas irregulares o no uniformes. La mayor parte de los productos obtenidos de una línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de bolsas a partir de película tubular.

1.6.3 Importancia del proceso de extrusión en el mercado

En México, el proceso de extrusión es el más importante tomando en cuenta el volumen de plástico transformado. En 1995, más del 50% de todo el plástico moldeado se obtuvo por este proceso, sin considerar que los procesos de soplado y termoformado involucran una fase de extrusión.

1.6.4 Descripción del proceso de extrusión

Dentro del proceso de extrusión, se deben identificar varias partes, con el fin de aprender sus funciones principales, saber sus características en el caso de elegir un equipo, y detectar en dónde se puede generar un problema en el momento de la operación.

La extrusión, por su versatilidad y amplia aplicación, suele dividirse en varios tipos; dependiendo de la forma del dado y del producto extruido.

Así la extrusión puede ser: de tubo y perfil; de película tubular; de lámina y película plana; recubrimiento de cable; de monofilamento; y para pelletización y fabricación de compuestos.

Independientemente del tipo de extrusión que se quiera analizar, todos guardan similitud hasta llegar al dado extrusor.

Básicamente, una máquina de extrusión consta de un eje metálico central con álabes helicoidales llamado husillo o tornillo; instalado dentro de un cilindro metálico revestido con una camisa de resistencias eléctricas.

En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima, donde se instala una tolva de alimentación; generalmente de forma cónica. En ese mismo extremo se encuentra el sistema de accionamiento del husillo, compuesto por un motor y un sistema de reducción de velocidad. En la punta del tornillo se ubica la salida del material extruido y el dado que da forma finalmente al plástico.

1.6.5 Descripción del equipo de extrusión

A continuación se describen las partes que conforman un equipo de extrusión.

1.6.5.1 Tolva

La tolva es el depósito de materia prima en donde se colocan los pellets de material plástico y aditivos para la alimentación continua del extrusor.

Debe tener dimensiones adecuadas para ser completamente funcional; los diseños mal planeados, principalmente en los ángulos de bajada del material, pueden provocar estancamientos de material y paros en la producción.

En materiales que se compactan fácilmente, una tolva con sistema vibratorio puede resolver el problema, rompiendo los puentes de material formados y permitiendo la caída del material a la garganta de alimentación. Si el material es problemático aún con la tolva en vibración, la tolva tipo Cramer es la única que puede forzar el material a fluir, empleando un tomillo para lograr la alimentación.

Las tolvas de secado son usadas para eliminar la humedad del material que está siendo procesado, sustituyen a equipos de secado independientes de la máquina.

En sistemas de extrusión con mayor grado de automatización, se cuenta con sistemas de transporte de material, desde contenedores, hasta la tolva por medios neumáticos o mecánicos.

Otros equipos auxiliares son los dosificadores de aditivos a la tolva y los imanes o magnetos para la obstrucción del paso de material ferroso que pueda dañar el husillo y otras partes internas del extrusor.

1.6.5.2 Barril o cañón

Es un cilindro metálico que aloja al husillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El barril debe tener una compatibilidad y resistencia al material que esté procesando, es decir, ser de un metal con la dureza necesaria para reducir al mínimo cualquier desgaste.

La dureza del cañón se consigue utilizando aceros de diferentes tipos, y cuando es necesario, se aplican métodos de endurecimiento superficial de las paredes internas

del cañón, que son las que están expuestas a los efectos de la abrasión y la corrosión durante la operación del equipo.

El cañón cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos, va complementado con un sistema de enfriamiento que puede ser por flujo de líquido o por ventiladores de aire.

Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función del tipo de material y del producto deseado.

Para la mejor conservación de la temperatura a lo largo del cañón y prevenir cambios en la calidad de la producción por variaciones en la temperatura ambiente, se acostumbra aislar el cuerpo del cañón con algún material de baja conductividad térmica como la fibra de vidrio.

1.6.5.3 Husillo

Gracias a los intensos estudios sobre el comportamiento del flujo de los polímeros, el husillo ha evolucionado ampliamente desde el auge de la industria plástica hasta el grado de convertirse en la parte que contiene la mayor tecnología dentro de una máquina de extrusión.

a) Álabes o filetes

Los álabes o filetes, que recorren el husillo de un extremo a otro, son los verdaderos impulsores del material a través del extrusor. Las dimensiones y formas que estos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir del equipo.

Profundidad del filete en la zona de alimentación.

Es la distancia entre el extremo del filete y la parte central o raíz del husillo. En esta parte los filetes son muy pronunciados, con el objeto de transportar una gran cantidad de material al interior del extrusor, aceptando el material sin fundir y aire que está atrapado entre el material sólido.

Profundidad del filete en la zona de descarga o dosificación.

En la mayoría de los casos, es mucho menor a la profundidad de filete en la alimentación. Ello tiene como consecuencia la reducción del volumen en que el material es transportado, ejerciendo una compresión sobre el material plástico. Esta compresión es útil para mejorar el mezclado del material y para la expulsión del aire que entra junto con la materia prima alimentada.

Relación de compresión.

Como las profundidades de los álabes no son constantes, las diferencias se diseñan dependiendo del tipo de material a procesar, ya que los plásticos tienen comportamientos distintos al fluir.

La relación entre la profundidad del filete en la alimentación y la profundidad del filete en la descarga, se denomina relación de compresión. El resultado de este cociente es siempre mayor a uno y puede llegar incluso hasta 4.5 en ciertos materiales.

b) Longitud

Tiene una importancia especial; influye en el desempeño productivo de la máquina y el costo de esta.

Funcionalmente, al aumentar la longitud del husillo y consecuentemente la del extrusor, también aumenta la capacidad de plastificación y la producción de la máquina. Esto significa que operando dos extrusores en las mismas condiciones de rpm. y temperatura, que sólo se distinguen en longitud, es posible que el extrusor de

menor longitud no tenga la capacidad de fundir o plastificar el material después de recorrer todo el extrusor, mientras que el extrusor de mayor longitud ocupará la longitud adicional para continuar la plastificación y dosificará el material perfectamente fundido y en condiciones de fluir por el dado.

Otro aspecto que se mejora al incrementar la longitud es la calidad de mezclado y homogeneización del material. De esta forma, en un extrusor pequeño la longitud no es suficiente para fundir el material al llegar al final del mismo, y el plástico se dosifica mal mezclado.

En las mismas condiciones, un extrusor mayor fundirá el material antes de llegar al final, y en el espacio sobrante seguirá mezclando hasta entregarlo homogéneo.

Esto es importante cuando se procesan materiales pigmentados o con lotes maestros (master batch), de cargas o aditivos que requieren incorporarse perfectamente en el producto.

c) Diámetro

Es la dimensión que influye directamente en la capacidad de producción de la máquina, generalmente crece en proporción con la longitud del equipo. A diámetros mayores, la capacidad en kg/hr es presumiblemente superior.

Al incrementar esta dimensión debe hacerlo también la longitud del husillo, ya que el aumento de producción debe ser apoyada por una mejor capacidad de plastificación.

Como consecuencia de la importancia que tiene la longitud y el diámetro del equipo, y con base en la estrecha relación que guardan entre sí, se acostumbra especificar las dimensiones principales del husillo como una relación longitud/diámetro (L/D). Comercialmente las relaciones L/D más comunes van desde 20/1 hasta 30/1.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Objetivo específico.

Plantear los conceptos básicos de calidad que serán útiles para el desarrollo del proyecto.

2.1 Evolución de la calidad

Es importante resaltar que el concepto de calidad y su control no ha sido el mismo a través del tiempo. El término de Calidad se entendía en la antigüedad (primera guerra mundial, que es cuando surge el inspector de calidad) como una función exclusiva de control del proceso productivo, enfocándose a la detección de defectos por medio de la inspección. Así la calidad era definida como cumplir con especificaciones, actualmente el enfoque se ha visto modificado y hoy en día se entiende como la adecuación al uso haciendo énfasis en la satisfacción de las necesidades del consumidor.

La Inspección era la única función que el departamento de calidad efectuaba antaño. Cabe aclarar que la función de inspección se entiende exclusivamente como una simple comparación de características de un producto o servicio, contra un patrón o norma y como resultado de ello sólo se logra la separación de artículos en categorías, las cuales pueden ser:

Categorías resultado de la inspección

- a) Artículos dentro de especificaciones.
- b) Artículos por arriba de las especificaciones.
- c) Artículos fuera de especificaciones.
 - Susceptibles de degradamiento.
 - Susceptibles de reproceso.
 - Desperdicio o defectuosos.

Como se observa, la inspección como tal no agrega valor a la calidad ya que no modifica en lo absoluto la realización del producto, sólo cuando por motivo de esta inspección se toman medidas que modifiquen el proceso y corrijan los errores se justifican los trabajos de ésta, y aún así esto no evita que se produzcan artículos

defectuosos. Inicialmente la inspección era colocada al final de la línea de producción con el propósito de garantizar que el artículo suministrado a los clientes fuera de "calidad", esto es, que cumpliera con las especificaciones de diseño. Se observó que durante el proceso se seguía invirtiendo dinero en artículos que de inicio no contaban con materia prima que reuniera las características deseadas. Este problema fue solucionado colocando a un inspector de recibo de materia prima, pero la misma situación surgió a lo largo del proceso, lo que derivó en colocar inspectores a lo largo del proceso para que en caso de detectar errores, este artículo fuera retirado de la línea de producción evitando que se le siguiera agregando valor a un artículo defectuoso. El resultado fue una inspección excesiva, que lo único que ocasionaba era un incremento sustancial en los costos. Esta situación era del todo aberrante ya que una persona realizaba el trabajo y era otra la que lo supervisaba.

La tendencia actual es de darle la responsabilidad de la inspección del artículo manufacturado al propio operador y no a una tercera persona, esto llevó a generar el concepto de clientes internos, surgió entonces un enfoque de cliente-proveedor para cada etapa del proceso; lo que en pocas palabras dice que cada operario debe ser responsable de su trabajo, debe exigir y quedar satisfecho del trabajo y/o materia prima que recibe, y a su vez jugar el papel de proveedor y dejar satisfecha a la siguiente persona en el proceso (cliente).

En lo que al proveedor externo se refiere, se da un enfoque de control extramuros en donde se asegura que el proveedor es capaz de dar el producto en el tiempo y con las características deseadas, esto se contempla en un desarrollo de proveedores confiables con lo que se elimina la inspección de recibo de materiales.

Una vez que se habló de la inspección valdría la pena dar una clasificación de esta actividad, misma que se plantea en función de varios criterios:

De acuerdo con el lugar en que se efectúa la inspección.

- 1) Inspección de recibo de materias primas.
- 2) Inspección de producto o servicio en proceso.
- 3) Inspección de producto o servicio terminado.
- 4) Inspección en auditoria y servicio.

De acuerdo con el lugar que ocupa el producto o servicio inspeccionado en la producción.

- 1) Inspección de primer producto o servicio.
- 2) Inspección de producto o servicio en proceso.
- 3) Inspección de último producto o servicio.

De acuerdo con el medio utilizado para su inspección.

- 1) Inspección por sentidos.
 - Inspección visual.
 - Inspección manual, etc.
- 2) Inspección por instrumentos.
 - Inspección con aparatos específicos.
 - Inspección con plantillas o escantillones.

De acuerdo con el tipo de prueba.

- 1) Inspección por pruebas físicas.
- 2) Inspección por pruebas químicas.
- 3) Inspección por prueba destructiva.
- 4) Inspección por pruebas no destructivas.
- 5) Inspección de laboratorio.

De acuerdo con lo que se está inspeccionando.

- 1) Inspección de producto o servicio.
- 2) Inspección de materia prima.
- 3) Inspección de equipo de producción.
- 4) Inspección de equipo de medición.

De acuerdo con la severidad y objetivo de la prueba.

- 1) Inspección al uso.
- 2) Inspección al desgaste.
- 3) Inspección a la ruptura o falla.

De acuerdo con el número de productos o servicios inspeccionados.

- 1) Inspección al 100 %.
- 2) Inspección por muestreo.

De esta última clasificación es de donde surge propiamente el control estadístico de la calidad en su concepto más general, ya que a partir de muestras se pretende inferir el comportamiento del proceso para tomar acciones. El precursor de estos conceptos, Walter Shewhart, menciona en una de sus publicaciones (1939) que

“La contribución a largo plazo de la estadística no depende de incorporar a la industria un grupo de estadísticos altamente entrenados, sino crear una generación de físicos químicos, ingenieros y otros interesados en las estadísticas que de alguna forma ayuden a desarrollar y dirigir el proceso de producción del futuro”²

² Ver referencia bibliográfica 21

La aplicación de estos conceptos toma fuerza en el área de control de la calidad con los trabajos del Dr. Walter Shewhart en los laboratorio Bell por el año de 1920, su aplicación fue ampliamente utilizada en la Segunda Guerra Mundial por parte de los inspectores estadísticos de calidad, uno de sus principales promotores fue el Dr. William Edwards Deming, sobre todo en Japón con la difusión de estas teorías al término de la guerra.

En un principio el uso de la estadística (ciencia que estudia la variación) y el cálculo de las probabilidades pretendía controlar la variación de los artículos manufacturados buscando que dicha variación fuera lo más pequeña posible e incluso poder eliminarla. Erróneamente se pretendía que con ello se cumpliría con las especificaciones del cliente.

Fue precisamente el Dr. Walter Shewhart el que introdujo un concepto revolucionario para su época. Mencionó que existían dos tipos de variación, la primera variación denominada variación debida a causas comunes, dichas alteraciones son imputables a las variables casuales o accidentales del proceso, estas discrepancias en la producción, son imputables e inherentes al proceso mismo de manufactura (factores del proceso) y no pueden ser controladas (eliminadas) ya que como se menciona son intrínsecas al proceso mismo, para suprimirlas, se requieren acciones sobre el sistema.

El segundo tipo de variación debido a causas especiales o asignables, se atribuye a las denominadas, variables asignables o atribuibles, en este caso las variaciones se deben a cuestiones que no son propiamente del sistema (Condiciones del proceso) y si pueden ser controladas, debido a que en estas discrepancias si se pueden detectar sus orígenes, es factible corregirlas, como ejemplo de esto se tiene la materia prima utilizada, errores humanos, desajustes en la maquinaria etc. Son precisamente estas variaciones las que se deben estudiar y tratar de eliminar en el control estadístico del proceso (CEP), a fin de detectar su presencia y actuar en

consecuencia, con respecto a las variaciones debidas a causas comunes, no queda más que conocerlos para aprender a vivir con ellos, saber si la maquinaria está en posibilidades de satisfacer las expectativas del cliente, y en caso contrario evaluar la posibilidad de un cambio de sistema.

Con un análisis de la variación en el proceso, se puede, en lugar de estar separando artículos buenos de malos, realizar una función de prevención y conocer qué variación es imputable al sistema, la cual se debe aceptar y encontrar aquellas que no son propias del proceso y en consecuencia son sujetas de ser corregidas.

De este modo el control de la calidad se fue convirtiendo en una organización constructiva y colaboradora de la producción en lugar de ser simplemente un archivo de resultados y especulaciones. Su aplicación a la inspección y los perfeccionamientos de sus técnicas, han permitido obtener los siguientes resultados:

- a) Una inspección efectiva, eficiente y económica.
- b) Uniformidad de acción.
- c) Control de los defectos de fabricación.
- d) Reducción de los gastos en arreglos y piezas estropeadas.
- e) Determinación y aislamiento de las causas que provocan defectos en la producción.
- f) Criterios para tomar decisiones en la prevención de defectos y eliminación de los riesgos de error.
- g) Consecución de la calidad exigida con arreglo a las normas y especificaciones previamente establecidas.
- h) Seguridad funcional del producto.

2.1.1 Concepto moderno de calidad

El concepto de calidad ha alcanzado nuevas connotaciones generadas a partir de los enfoques de los distintos teóricos de la calidad, como Deming, Juran, Feigenbaum, Ishikawa, Taguchi, Crosby, y de experiencias de la aplicación de la calidad, como en el caso japonés. Generalmente se entiende por calidad a un juicio que los consumidores o usuarios hacen de un producto o servicio en cuanto a su creencia de si el producto o servicio satisface sus necesidades y expectativas.

Sin embargo, actualmente el término calidad también abarca otro concepto: el mejoramiento constante del proceso ampliado de una empresa, esto es, un proceso continuo y sin fin hacia la mejora. Proceso ampliado significa que como parte de la organización se incluya también a los proveedores, distribuidores, clientes, inversionistas, empleados, etc.

La calidad no es ya un término aplicable únicamente al producto y/o al servicio sino a la organización en su totalidad, entendiéndose además la satisfacción de los clientes como fin principal de la empresa. Este afán totalizador ha provocado que muchos autores llamen a este nuevo enfoque de la calidad como calidad total.

La satisfacción del cliente en el contexto ampliado incluye a los accionistas, empleados, distribuidores, consumidores y proveedores.

La satisfacción del cliente puede ser definida como el grado de bienestar o conformidad que un cliente experimenta con respecto al producto y/o servicio que resulta de la interacción e interrelaciones de todas las personas que integran una empresa. Así, el objetivo final de un sistema de calidad debe ser lograr y mejorar permanentemente la satisfacción del cliente en su sentido más amplio.

Con este nuevo enfoque calidad puede definirse como anticipar, identificar y satisfacer las necesidades de los clientes, accionistas, empleados, consumidores o distribuidores, proveedores y el entorno social que rodea a la organización, en forma continua. En la anterior definición la palabra anticipar se refiere a que es necesario prever los cambios que sufrirá el mercado, las demandas de los clientes, la tecnología, los materiales a usar, el impacto en el medio ambiente, etc. Asimismo la palabra identificar se refiere a que no se pueden cumplir las exigencias de los clientes si no se sabe cuáles son sus exigencias. El satisfacer significa que para poder sobrevivir, ser rentables y competir con ventaja se requerirá cumplir con las demandas crecientes de los clientes.

2.2 Técnicas para la solución de problemas

En la tabla 2.1 se enumeran algunas técnicas para el proceso de solución de problemas³, además de señalar la fase para la implantación de un sistema de calidad donde pueden ser aplicadas⁴.

2.3 Técnicas estadísticas para el control de la calidad

Las técnicas estadísticas usadas por parte del control de la calidad se pueden reunir en tres grandes grupos:

- I. Muestreo de aceptación
- II. Diagramas de distribución de frecuencias
- III. Diagramas de control

Para poder estudiar estas técnicas básicas de la estadística, aplicadas al control de la calidad, se debe primeramente definir las características de calidad, las cuales se

³ El lector que desee conocer sobre estas técnicas consultar referencias bibliográficas 2,6,15,16,17,18 y 22.

⁴ Ver referencia bibliográfica 10.

Tabla 2.1 Técnicas para el proceso de solución de problemas

Nº	HERRAMIENTA	FASE DONDE SE APLICA			
		Planear	Organizar	Controlar	Mejorar
1	Tormenta de Ideas	X		X	X
2	Selección de Problemas	X		X	X
3	Técnica de Grupo Nominal	X		X	X
4	Hoja de Verificación	X	X	X	X
5	Estratificación	X	X	X	X
6	Diagrama de Pareto			X	X
7	Diagrama Causa-Efecto			X	X
8	Diagrama de Dispersión			X	X
9	Diagrama Por qué - Por qué			X	X
10	Diagrama Cómo - Cómo	X		X	X
11	Análisis de Campo de Fuerza	X		X	X
12	Diagrama de Relaciones	X		X	X
13	Diagrama de Afinidad	X	X		
14	Diagrama Sistemático	X		X	X
15	Diagrama de Matriz	X		X	X
16	Matriz de Análisis de Datos	X		X	X
17	Diagrama de Programa de Proceso de Decisión	X	X		
18	Diagrama de Flechas	X	X	X	
19	Histograma			X	X
20	Diagrama de Control			X	X
21	Diagrama de Precontrol			X	X
22	Análisis del Modo y Efecto de la Falla	X		X	X
23	Análisis de Valor	X			X
24	Análisis de Experimentos			X	X
25	Muestreo de Aceptación			X	X
26	Diagrama de Tela de Araña	X		X	X
27	Función Despliegue de Calidad	X	X		
28	Diagrama de Arbol	X	X		
29	Diagrama de Gantt	X	X		X

entienden como todas aquellas propiedades físicas o químicas que influyen o determinan el buen funcionamiento del producto a fin de que satisfaga la necesidad para la que fue creado.

Estas características de calidad son de dos tipos, las cuales se denominan "variables" y "atributos". Cuando se lleva registro sobre la medida real de una característica de calidad, y esta puede ser comparada contra un patrón o escala, se dice que está expresada por variables. Cuando el registro muestra solamente el número de artículos que están conformes y el número de artículos que dejan de cumplir con esta característica, se dice que es un registro por atributos. En este caso sólo existen dos respuestas posibles, el artículo posee o no el atributo que se busca. En la tabla 2.2 se muestran algunos ejemplos de "variables y atributos".

Tabla 2.2 Ejemplos de variables y atributos

Variables	Atributos
Peso de una maceta	Verificar el contenido de un paquete
Densidad del PEAD	Verificar si un producto tiene etiqueta
Calibre del hilo	¿El cliente recibe a tiempo el producto?
Longitud de un tendedero	¿El producto tiene el color solicitado?

En este trabajo sólo se hace referencia al muestreo de aceptación y a los diagramas de control; de estos últimos se hablará exclusivamente de los diagramas de precontrol.

2.3.1 Muestreo de aceptación

El muestreo de aceptación establece el método a seguir para llevar a cabo la inspección por muestreo de los productos que entran a un proceso productivo y los criterios de aceptación o rechazo en que descansa la decisión de aceptar o no un producto o servicio. Un plan de muestreo de aceptación debe contener el tamaño

muestral y los criterios de aceptación o rechazo. Hay tres aspectos importantes en el muestreo de aceptación:

1. El propósito del muestreo de aceptación es juzgar los lotes, no estimar su calidad.
2. Los planes de muestreo de aceptación no proporcionan alguna forma directa de control de calidad. Los procesos de control se usan para vigilar y mejorar sistemáticamente la calidad, pero ello no sucede con el muestreo de aceptación.
3. El uso más eficiente del muestreo de aceptación no es "suministrar calidad al producto mediante la inspección", sino más bien como una herramienta de verificación con el fin de asegurar que la producción o salida de un proceso esté conforme con los requisitos.

El muestreo de aceptación es muy útil en las situaciones siguientes:

1. Cuando la prueba es destructiva.
2. Cuando es muy alto el costo de una inspección al 100%.
3. Cuando una inspección al 100% no es tecnológicamente factible o cuando se necesitaría tanto tiempo que el proceso productivo se vería afectado seriamente.
4. Cuando hay que inspeccionar muchos artículos, y la tasa de errores de inspección es suficientemente alta para que una inspección al 100% pudiera dejar pasar un mayor porcentaje de artículos defectuosos que en el caso de un plan de muestreo.
5. Cuando el proveedor tiene un excelente historial de calidad y se desea alguna reducción en la inspección al 100%, pero, la relación de capacidad del proceso de aquél es lo bastante baja para que la no inspección sea una alternativa satisfactoria.
6. Cuando existen riesgos potencialmente serios respecto de la responsabilidad legal por el producto, y aunque es satisfactorio el proceso del proveedor, se necesita disponer de un programa de vigilancia continua.

Existe una gran cantidad de tablas estadísticas de muestreo, las cuales, están condicionadas al modelo o plan de muestreo requerido para satisfacer objetivos particulares de inspección, ya sea por atributos o por variables.

La primera serie de tablas se basa en el Nivel de calidad aceptable (NCA) (en inglés AQL) que es el porcentaje máximo de unidades que no cumplen los requisitos en un lote que, con propósitos de muestreo de aceptación, puede considerarse satisfactorio como una media del proceso.

Estas tablas están orientadas al muestreo de series continuas de lotes y a proporcionar una alta probabilidad de aceptación del lote, cuando el proceso tiene una calidad igual o mejor que el NCA especificado. Ejemplo de estas tablas son las Military Standard 105D; ANSI/ASQC Z1.4; ISO 2859, (esencialmente iguales).

La segunda serie de tablas está basada en el Nivel de calidad limitante (NCL), el cual se define como el porcentaje de unidades que no cumplen los requisitos en un lote para el cual, con propósitos de muestreo de aceptación, el consumidor desea que se restrinja la probabilidad de aceptación a un valor bajo especificado, estas tablas están enfocadas para la inspección de lotes individuales donde se hace alto énfasis en la calidad de los mismos. Un ejemplo típico de estas tablas son las del tipo de tolerancia de porcentaje defectuoso en el lote (TPDL)(en inglés LTPD). Tablas basadas en los principios anteriores son las Dodge-Romig.

La última serie de tablas ofrece protección a "lo almacenado", esto es a la calidad media de un gran número de lotes del mismo material después de su inspección, estas están basadas en el límite del promedio de la calidad final (LPCF)(en inglés AOQL), el cual se define como la máxima calidad esperada de la calidad final sobre todos los niveles posibles de calidad de recibo, siguiendo el uso de un plan de muestreo de aceptación para un valor dado de la calidad del producto recibido,

dichas tablas buscan que el índice de calidad en promedio a largo plazo, no será peor que el LPCF.

De las anteriores las más usadas para el control de la calidad de lotes son dos: las Tablas del porcentaje de defectivos tolerables en el lote (NCL) y las Tablas de nivel de calidad aceptable (NCA).

2.3.1.1 Ventajas y desventajas del muestreo de aceptación

Cuando se compara el muestreo de aceptación con una inspección al 100%, el primero tiene las ventajas siguientes:

1. Por lo general es menos costoso.
2. Hay un menor manejo del producto y por lo tanto se reducen los daños.
3. Puede aplicarse en el caso de pruebas destructivas.
4. Hay menos personal implicado.
5. A menudo reduce notablemente la cantidad de errores de inspección.
6. El rechazo de lotes completos, en vez de la simple devolución de artículos defectuosos, constituye una motivación más fuerte para que el productor mejore su calidad.

El muestreo de aceptación, sin embargo, tiene también varias desventajas; entre ellas están las siguientes:

1. Existe el riesgo de aceptar lotes "malos" y rechazar lotes "buenos".
2. Se genera normalmente menos información sobre el producto o el proceso de fabricación del producto.
3. El muestreo de aceptación necesita planeación y documentación del procedimiento de muestreo, mientras que una inspección al 100% no lo requiere.

2.3.1.2 Tipos de planes de muestreo

Plan de muestreo simple

Es un procedimiento en el que se toma una muestra aleatoria de "n" unidades del lote para su apreciación y se determina el destino del lote con base en la información contenida en la muestra. Por ejemplo, un plan de muestreo simple por atributos consistiría en una muestra de tamaño "n" y un número de aceptación "c". El método funcionaría de la manera siguiente:

1. Seleccionar aleatoriamente una muestra representativa del lote de tamaño "n".
2. Llevar a cabo las mediciones e inspecciones de las características críticas de cada artículo de la muestra y registrar sus resultados.
3. Si existen "c" o menos artículos defectuosos en la muestra, se acepta el lote, de lo contrario, se rechaza el lote.

Plan de muestreo doble

Un plan de muestreo doble es un poco más complicado. Después de una muestra inicial se toma una decisión basada en la información de esta muestra para 1) aceptar el lote; 2) rechazarlo; o, 3) tomar una segunda muestra. Si se toma esta última, se combina la información de ambas muestras para decidir sobre la aceptación o el rechazo del lote.

Plan de muestreo múltiple

Un plan de muestreo múltiple es la extensión del concepto de muestreo doble, en el que pueden necesitarse más de dos muestras para llegar a una decisión acerca de la suerte del lote.

2.3.1.3 Rigor en la inspección

Existen tres diferentes grados de severidad para efectuar la inspección que son: Inspección normal, inspección severa e inspección reducida.

Este grado de rigor estriba en los tamaños de muestras utilizadas, a mayor rigor un mayor número de muestras, los criterios para su aplicación dependen de la confianza que el proveedor vaya generando. La norma ANSI A1.9 (1980) indica el procedimiento para cambiar entre cada uno de los tipos de inspección.

Inspección normal

Al iniciar la inspección para algún proveedor, con el cual no se tienen experiencia previa siempre se inicia con este tipo de inspección, si después de llevar un historial se dan las siguientes situaciones en forma simultánea que a) la producción sea fija, b) que se tenga un antecedente de 10 lotes consecutivos precedentes aceptados y c) además exista la aprobación de una autoridad competente, se puede cambiar a una inspección reducida.

Por el contrario si dos de cinco lotes consecutivos han sido rechazados, se modifica la inspección a una inspección rigurosa.

Inspección Reducida

Si estando en una inspección reducida se presenta que a) Existen lotes rechazados o b) La producción del proveedor es irregular, se regresa a la inspección normal.

Inspección Severa

Si estando en inspección severa cinco lotes consecutivos son aceptados, esto autorizaría el volver a la inspección normal.

2.3.1.4 Uso de tablas de muestreo

En la industria las tablas de muestreo más utilizadas fueron tomadas de estándares militares, las utilizadas para inspeccionar atributos es la MIL-STD-105D, cuando la característica de calidad que se desea controlar es una variable, la tabla utilizada es la MIL-STD-414.

Se describe brevemente el procedimiento a seguir para la utilización de una tabla de muestreo. Primeramente se deben conocer cuatro cuestiones 1) el tamaño del lote, 2) definir si el muestreo se realizará en forma simple, doble o múltiple, 3) fijar el NCA, esto es qué porcentaje de defectuosos está dispuesto a aceptar en el lote y 4) por último el grado de severidad del muestreo, a partir de estos elementos se selecciona la tabla correspondiente a las respuestas de los puntos 2, y 4, así si se decidió realizar un muestreo doble con un grado de inspección severa, se debe seleccionar una tabla para muestreo doble con inspección severa, una vez realizado esto se busca la línea correspondiente al intervalo en el cual se encuentra el tamaño del lote que se desea inspeccionar, en la columna siguiente se establecerá el o los tamaños de las muestras dependiendo si se trata de un muestreo simple, doble o múltiple, en la intersección de esta línea con la columna del NCA, se obtiene el número de defectuosos para aceptar el lote y el número de defectuosos con los cuales se rechazaría el lote inspeccionado, en caso de no poder decidir (sólo en muestreo doble o múltiple), se procederá a tomar la muestra siguiente, acumulando para ello los defectuosos previamente encontrados a los que surjan de la nueva muestra inspeccionada, este procedimiento se realiza hasta que se acepte o rechace el lote sujeto de inspección.

2.3.2 Diagramas de precontrol

Otro tipo diferente de gráficas denominadas gráficas de precontrol presentan ventajas sobre las gráficas de control de Shewhart y por lo mismo serán analizadas a continuación.

Los diagramas de control convencionales determinan los límites de control a partir de la variación observada del proceso exclusivamente, sin tomar en cuenta los límites de control especificados en los documentos de diseño y/o de proceso. Cuando estos diagramas son usados para propósitos de controlar el proceso, el marcar los límites especificados en estos diagramas, no es lo más adecuado, ya que los límites de control estadístico se calculan a partir de los promedios de los subgrupos muestreados, los cuales, lógicamente presentan menos variación que las mediciones individuales. Por ello no pueden compararse los límites de control con los límites especificados. Por la misma razón, para analizar la aptitud de un proceso a lo largo del tiempo se requerirá además de un diagrama de control que mide la variabilidad de un proceso, estimar la capacidad de éste, comparándolo con las especificaciones, es decir, calcular el C_{pk} . Por otra parte, para graficar un diagrama de control convencional \bar{x} -R, se requieren de 20 a 25 subgrupos de tamaño 4 ó 5 productos o servicios, calcular los límites de control, vaciar los datos e interpretar la gráfica.

Un diagrama de precontrol, también denominado gráfico arcoiris, es un tipo de gráfica de control usado para medir la aptitud de un proceso sin necesidad de calcular límites de control y permitiendo al mismo tiempo comparar contra las especificaciones. Su diseño y aplicación es mucho más sencillo que los diagramas de control convencionales y no se requiere interpretarlos debido a su sencillez y analogía con un semáforo. Fueron inventados por un matemático norteamericano, Frank Satherwaite, hace más de 30 años. Estos diagramas, al igual que los de control convencionales de Shewhart, están basados en que la distribución de la

característica de interés de la población de unidades de un proceso en línea, se distribuye normalmente.

Para graficar y usar un diagrama de precontrol se aplican los siguientes pasos:

1. Determinar el intervalo de especificación de la característica de interés del proceso que se pretende controlar y dividirlo entre cuatro. Los puntos que dividen a este intervalo en cuatro partes formarán los límites del Diagrama de Precontrol. Los límites de las dos porciones centrales serán las líneas de precontrol; éstas dos porciones centrales estarán iluminadas en color verde. Las porciones laterales que se encuentran entre las líneas de precontrol y los límites especificados estarán iluminadas de color amarillo. Las zonas que se encuentran externamente a los límites de especificación estarán iluminadas de color rojo.
2. Para arrancar el proceso, cinco mediciones de la característica de interés, consecutivas, al ser marcadas en la gráfica, deben caer en zona verde. Si no ocurre esto, el proceso debe ser revisado y ajustado hasta que ocurra lo dicho anteriormente.
3. Durante el proceso, se obtienen dos mediciones consecutivas periódicamente, si las dos mediciones al ser marcadas en la gráfica:
 - a) Caen en zona verde, el proceso está trabajando satisfactoriamente.
 - b) Una cae en zona verde y la otra en zona amarilla, hay que estar alertas, el proceso puede empezar a salirse de control.
 - c) Si las dos mediciones caen en zona amarilla o una de las mediciones cae en zona roja, se debe parar, el proceso se ha salido de control. En los casos en que el proceso deba detenerse, para reiniciarlo, cinco mediciones consecutivas al ser marcadas en la gráfica deben caer en zona verde. La frecuencia de muestreo entre cada grupo de dos mediciones será estimada, dividiendo el intervalo de tiempo entre dos paros o cambios de turno entre seis.

2.4 Sistema de calidad

Todas las empresas, grandes o pequeñas, disponen de una forma o sistema establecido para llevar a cabo sus negocios. Las normas para los sistemas de calidad identifican los criterios que pueden contribuir a que la empresa satisfaga los requisitos de sus clientes, no se trata, por tanto, de imponer algo ajeno a la empresa.

Los sistemas de calidad pretenden evaluar la forma y las razones por las que se hacen las cosas de una manera determinada, documentando dicha manera de trabajo, y conservando los registros que demuestren lo que se hizo.

Un sistema de calidad, en si mismo, no conduce de manera automática a la mejora de los procesos de trabajo o de la calidad de los productos. No resuelve todos los problemas que se presentan. Esto significa que es preciso aplicar una aproximación metódica a todos los aspectos que afectan a la empresa.

El propósito final de cualquier programa de aseguramiento de la calidad es garantizar la plena satisfacción del cliente con los productos o servicios proporcionados por el productor. En primer lugar se tienen que determinar las necesidades del cliente, por consiguiente, en cualquier programa de aseguramiento de la calidad el cliente tiene que participar, en forma directa o indirecta.

La filosofía actual es insistir en la prevención de fallas y en la evidencia objetiva o real de que exista la calidad, y que las actividades establecidas en el sistema de calidad se han realizado acordes con lo establecido en procedimientos documentados. Esta evidencia objetiva (documental) confirma que todas las actividades dentro de cada una de las funciones de diseño, compras, producción, etc., se han llevado a cabo con los métodos de trabajo establecidos. Estos métodos se consignan en documentos, a los cuales se les conoce como procedimientos.

Definición de Sistema de calidad

Organización, procedimientos, procesos y recursos necesarios para implementar la gestión de la calidad.⁵

2.4.1 Proceso de certificación

Los tres grandes pasos que involucra el proceso de la certificación son: la planeación, la implantación y la consecución de la certificación.

La planeación, etapa inicial, en la certificación ISO 9000 consiste en capacitar al personal ejecutivo de la empresa con el fin de lograr un involucramiento total, formal y directo con los objetivos del proceso y además lograr que se dé un efecto cascada, es decir desde los niveles superiores a los niveles inferiores haciendo ver que el éxito de la empresa, luego de la certificación, radicará en que la norma se convertirá en un modo de vida, en una filosofía de compromiso con la calidad.

El siguiente paso consiste en elegir una organización asesora-conductora del proceso y desarrollo del sistema de calidad externa a la empresa que busca la certificación, esta organización puede ser contratada en el extranjero o puede ser nacional, todo depende del prestigio que esta organización sustente. Luego, se deben crear los documentos que soportarán todo el Sistema de calidad de la empresa, estos se componen de: el "Manual de calidad", los "Procedimientos del Sistema de Calidad", las "Instrucciones de Trabajo y/o métodos de prueba" y los "Registros".

⁵ Norma NMX-CCC-001:1995 IMNC (ISO- 8402:1994)

2.4.2 Manuales y registros de procedimientos

La mayoría de los sistemas ISO 9000 de aseguramiento de la calidad consiste de una estructura jerárquica de documentación que por lo general se estructuran en niveles que dependerán de la complejidad del sistema que pretenda manejar la empresa, esta estructura rara vez excederá cuatro niveles.

La estructura del sistema de calidad se compone de: el "Manual de calidad", los "Procedimientos del Sistema de Calidad", las "Instrucciones de Trabajo y/o métodos de prueba" y los "Registros". En la figura 2.1 se muestra de manera gráfica esta estructura.

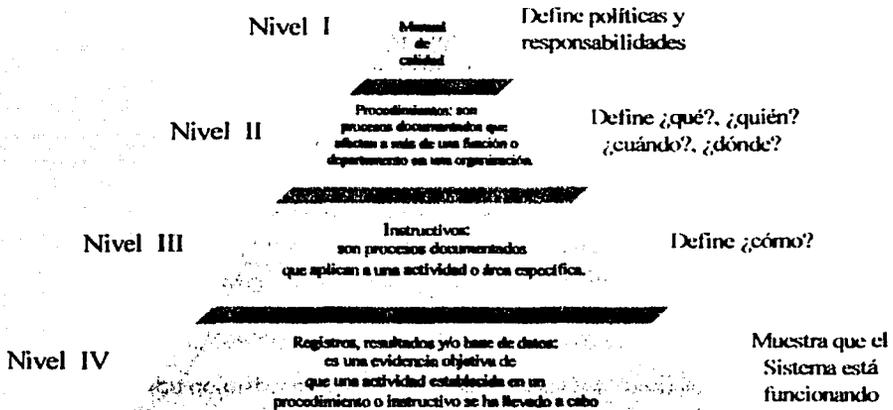


Figura 2.1 Estructura documental de un sistema de calidad

2.4.2.1 Manual de Calidad

Definición

Documento que enuncia la política de la calidad y que describe el sistema de la calidad de un organismo.⁶

Los datos que deben incluirse en el Manual de Calidad son: nombre y razón social de la empresa, índice, alcance y campo de aplicación, introducción a la empresa, número de revisión, fecha de publicación, lista de distribución y responsable, política de la calidad, objetivos de la empresa, estructura organizacional y descripción de los elementos que se aplican.

Cada uno de los elementos anteriores deberá ser redactado específicamente para cada caso de cada empresa, buscando cumplir con los objetivos que se pretenden desarrollar.

2.4.2.2 Procedimientos

Definición

Manera especificada de realizar una actividad.⁷

Los procedimientos documentados contribuyen también a la aplicación eficaz del sistema de la calidad establecida en los objetivos siguientes: reducir la variación de los parámetros al mínimo, factibilidad para controlar debidamente los procesos, uniformar los procesos, reducir la dependencia de personas, definir las necesidades de capacitación.

⁶ Norma NMX-CCC-001:1995 IMNC (ISO- 8402:1994)

⁷ Norma NMX-CCC-001:1995 IMNC (ISO- 8402:1994)

Puesto que el procedimiento describe la forma de proceder durante la realización de un proceso, tienen que definir las acciones que se toman:

- ¿Quién hace qué?
- ¿Quién realiza las inspecciones y ensayos?
- ¿Quién aprueba qué?
- ¿Quién se hace responsable en qué caso?
- ¿Quién supervisa qué?

Los manuales de procedimientos tienden a proporcionar una explicación global. A veces los consultores cometen el error de fomentar la aplicación de los manuales para describir todos los procesos posibles tomando en cuenta todas las posibilidades. El resultado es un manual que consiste de páginas y páginas de manuales carentes de importancia. Este proceso de documentar y diagramar cada actividad es, por sí solo, muy caro y de dudoso valor.

Los procedimientos son importantes; sin embargo, nunca garantizan que no ocurran infortunios o escenarios extraños. En algunos casos, la aplicación rutinaria de los procedimientos puede llevar a escenarios ridículos, e incluso, de vez en cuando estos reemplazan al sentido común.

Los elementos que se deben incluir en un procedimiento son:

1. **Objetivo.** Indicar lo que se quiere lograr con el documento que se va a elaborar.
2. **Alcance.** Definir a qué elemento o área de la organización aplicará el documento elaborado.
3. **Definiciones.** Incluir el significado de palabras técnicas, abreviaturas o siglas que pudieran causar confusión al personal que utiliza el documento.

4. Referencias. Verificar y plasmar los documento necesarios y especificos que se utilicen en el desarrollo del documento, con el fin de evitar confusiones y hacer más ágil la lectura y entendimiento.
5. Responsabilidades. Establecer las responsabilidades que tienen los involucrados para desarrollar dicho procedimiento y/o instrucción de trabajo.
6. Diagrama de flujo. Definir y numerar la secuencia de actividades en orden cronológico.
7. Desarrollo. Describir cada una de las actividades mencionadas, narrando procedimientos e instrucciones de trabajo con detalle suficiente.

2.4.2.3 Instrucciones de trabajo y /o métodos de prueba

Definición

Secuencia de actividades en orden cronológico específico del área o actividades que definen el cómo realizar el trabajo.

Algunas de las recomendaciones para la redacción efectiva tanto de procedimientos como de instrucciones de trabajo son:

- Identificar todas las necesidades que requieren de procedimientos y/o instrucciones de trabajo
- Dividir las en secciones manejables.
- Obtener los documentos que ya están disponibles en planta sin aceptarlos como válidos.
- Iniciar delineando los puntos más importantes.
- Identificar el objeto, el resultado esperado y la forma de medir si el documento satisface los propósitos.
- Nunca se debe asumir que el lector del documento conoce de lo que se trata de manifestar a través del documento.
- Utilizar oraciones sencillas y palabras fáciles de entender.

- Escribir lo que se piensa.
- Evitar el uso de adverbios como "muy", "satisfactorio", "extremadamente" ya que estos términos son relativos.
- Evitar el uso repetitivo de las mismas palabras.
- Poner atención a los detalles.
- Limitar los párrafos a un objetivo solamente.
- Evitar las ambigüedades.
- Evitar los modismos.
- Evitar usar demasiadas abreviaturas, de tal forma que se dificulte la lectura del documento.
- Utilizar títulos y encabezados cortos.
- Dejar que alguien lea lo que se ha escrito y siga las instrucciones a manera de ensayo.

Los elementos que se deben incluir en las instrucciones de trabajo y/o métodos de prueba son:

1. **Objetivo.** Indicar lo que se quiere lograr con el documento que se va a elaborar.
2. **Referencias.** Verificar y plasmar los documentos necesarios y específicos que se utilicen en el desarrollo del documento, con el fin de evitar confusiones y hacer más ágil la lectura y entendimiento.
3. **Desarrollo.** Describir cada una de las actividades mencionadas, narrando procedimientos e instrucciones de trabajo con detalle suficiente.
4. **Criterios.** Indicar el (los) criterio(s) a seguir para aceptar o rechazar el producto en el desarrollo de la actividad.
5. **Equipo a utilizar.** Describir el equipo a utilizar para llevar a cabo la actividad descrita.

2.4.2.4 Registros

Definición

Documento que provee evidencias objetivas de las actividades efectuadas o de los resultados obtenidos.⁸

Los registros de calidad, son datos relativos a la calidad que surgen, por ejemplo, de los resultados de distintas inspecciones y ensayos: revisión y emisión del diseño, revisión y emisión de planos, inspecciones y ensayos de aceptación del subcontratista, inspección y ensayos de recepción, ensayos en proceso, ensayos finales, ensayos de puesta en marcha y verificación práctica durante el servicio.

Los registros de calidad pueden ser:

- Registros de revisión del contrato
- Registros de revisión del diseño
- Registros de revisión de verificación del diseño
- Registros de revisión de los subcontratistas
- Registros de los productos suministrados por los clientes, no aptos para su uso
- Registros de la identificación de los productos
- Registros de la capacidad de los procesos
- Registros de la aptitud de los equipos
- Registros de la calificación del personal
- Registros de inspección y ensayo
- Registros de la calibración del equipo
- Registros de no conformidades
- Registros de investigación de no conformidades.

⁸ Norma NMX-CCC-001:1995 IMNC (ISO- 8402:1994)

- Registros de acciones correctivas y preventivas tomadas
- Registros de productos reprocesados y reparados
- Registros de la calidad de subcontratistas
- Registros de las auditorias internas y externas
- Registros de capacitaciones
- Registros de quejas y reclamos de los clientes
- Registros de no conformidades encontradas durante el servicio posventa y las acciones correctivas tomadas
- Registros de las técnicas estadísticas utilizadas

2.4.2.5 Diferencia entre procedimiento e instrucción de trabajo

Resulta conveniente señalar la diferencia que existe entre procedimiento e instrucción de trabajo, esta diferencia radica en que la finalidad de los procedimientos es establecer una secuencia de actividades interrelacionadas con una o más áreas y que buscan un fin común, mientras que la finalidad de las instrucciones de trabajo, es establecer una secuencia de actividades en forma cronológica y que no tenga interrelaciones con una o más áreas.

2.4.3 Control de Procesos

El control de procesos enfatiza la necesidad de planear y establecer los procedimientos de fabricación e instalación que influyen sobre la calidad de los productos mediante instrucciones de trabajo, de supervisión y control del proceso, aprobación de procesos y equipos, así como criterios de ejecución de trabajos.

El desarrollo planeado y documentado de las funciones de control de proceso permite asegurar que todas las actividades del proceso se efectúan bajo condiciones controladas y de la manera y secuencia establecidas, lo que redundará en el logro de los requisitos de calidad preestablecidos para su ejecución.

Se deben establecer procedimientos que contemplen los siguientes puntos:

- Secuencia de operaciones.
- Tipos de equipo.
- Ambiente especial de trabajo.
- Métodos de trabajo.
- Almacenamiento de productos en proceso.
- Materiales.
- Características y tolerancias.
- Puntos de control, prueba e inspección.
- Instrumentos de medición y prueba.
- Instructivos.
- Registros de medición y prueba.
- Forma de proceder ante no conformidades.

Un documento muy necesario para controlar el proceso de fabricación de un producto es el denominado Plan de Inspección.

2.4.3.3 Plan de inspección

Un plan de inspección es un documento o mapa conceptual que contiene todas las etapas por las que atraviesan los diversos productos y/o servicios, en las cuales se realiza algún tipo de verificación, para asegurar la calidad de estos. Dicho documento también contiene la referencia de la forma en que se hacen estas verificaciones, quién las hace, con qué instrumentos, cada cuándo, dónde, cómo, qué tipo de documentos o registros requerirá y cómo reaccionará ante una no conformidad.

El plan de inspección debe contemplar la planeación y documentación de las actividades de inspección, verificación y pruebas para las fases constituidas por las actividades de abastecimiento y producción.

Las características del producto y/o servicio final que deben ser incluidas en un plan de inspección son:

- a) Características de control.
- b) Características identificadas como relevantes por el cliente.
- c) Características identificadas por el proveedor como relevantes, basado en su conocimiento del proceso.

El plan de inspección debe ser un documento ágil, de tal forma que debe estar sujeto a revisiones periódicas.

CAPÍTULO 3

PRODUCCIÓN DE MONOFILAMENTO DE POLIETILENO

Objetivo específico.

Describir el proceso de extrusión de monofilamento de polietileno que se emplea específicamente en DIASOR para tener un conocimiento preciso del mismo.

3.1 Breve descripción de DIASOR

¿Quién es DIASOR?. DIASOR es una empresa 100% mexicana fundada en 1970, desde entonces, la empresa se ha dedicado a la fabricación de artículos dirigidos a satisfacer las necesidades de diversos sectores de la industria, tales como: agrícola, ferretero, artículos para el hogar y jardinería. En la tabla 3.1, se mencionan algunos de los artículos que fabrica DIASOR.

Tabla 3.1 Artículos fabricados por DIASOR

Sector	Artículo
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Malla antiafida • Malla antigranizo • Malla sombra
Ferretero	<ul style="list-style-type: none"> • Gaveta • Tendedero • Pinzas para tendedero • Malla mosquitero • Toldo para protección de autos
Hogar	<ul style="list-style-type: none"> • Jarra • Vaso • Plato • Florero • Tazón • Copa • Palangana • Coladera • Dulcero • Ensaladera
Jardinería	<ul style="list-style-type: none"> • Maceta • Base para maceta

Esta empresa ha podido crecer debido a los requerimientos del mercado. Es por eso que para 1990, surge la necesidad de expansión de su capacidad instalada, dando paso así a la creación de una nueva planta en la cual se concentrarían la fabricación de los productos agrícolas y ferreteros, además del almacén general de la empresa. Actualmente la compañía cuenta con dos plantas, en las que laboran más de 150 trabajadores.

Esta fábrica vende sus productos en algunos países de América, Europa y el cercano Oriente; exportando aproximadamente el 30% de su producción.

En DIASOR se utilizan procesos de producción tales como: extrusión, inyección y tejido. En estos procesos los insumos principales son el polietileno de alta densidad y el polipropileno, que son materiales reciclables, esto es algo que hoy en día resulta importante para la conservación de nuestro hábitat.

Este trabajo se desarrolló en la planta textil donde el producto terminado son las mallas de polietileno que se clasifican en tres sectores: agrícola, ferretero y hogar. En la tabla 3.2, se muestra el sector a que pertenece cada una de las mallas, el nombre de la malla y su color, además de señalar el calibre del hilo que se emplea para su construcción.

Tabla 3.2 Clasificación de mallas por sector

Sector	Malla	Color	Calibre
Agrícola	Antiafida	Transparente	8 y 10
Agrícola	Antiafida	Beige	8
Agrícola	Antigranizo	Negro	12
Agrícola	Sombra	Negro	12 y 13
Ferretero	Mosquitero	Aluminio	12
Ferretero	Mosquitero	Blanco	12
Ferretero	Mosquitero	Negro	12
Ferretero	Mosquitero	Verde	12
Hogar	Colador	Transparente	13

De acuerdo con el sector al que pertenece la malla se sigue un determinado proceso, siendo este uno de los que se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Procesos para la fabricación de mallas

Malla para el sector Agrícola	Malla para el sector Ferretero	Malla para artículos para el hogar
Extrusión de monofilamento	Extrusión de monofilamento	Extrusión de monofilamento
Urdido	Urdido	Urdido
Atado	Atado	Atado
Tejido	Tejido	Tejido
Revisado y confección	Revisado y enrollado	Revisado y enrollado
Empaque	Empaque	---

Para realizar las actividades antes mencionadas se tiene la distribución de planta que se muestra en la figura 3.1.

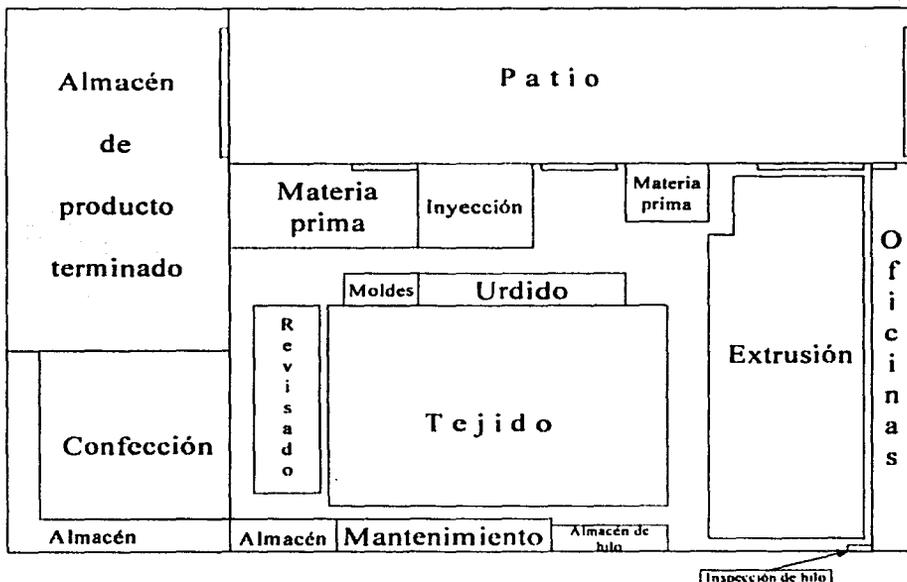


Figura 3.1 Distribución de planta textil

3.2 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que se han detectado en la empresa es la variación en las características de las mallas que se producen; situación que ocasiona fallas en el proceso, productos sin calidad y devoluciones.

Las características a considerar de una malla son: peso, sombra, construcción y ancho. Cuando estas características presentan variaciones se generan ciertos problemas, estos se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Problemas generados debido a la variación de las características de las mallas

Variación en:	Problema
El peso	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe ajustar el número de pasadas con lo cual se incrementa el tiempo muerto del telar debido al departamento de mantenimiento • Mayor número de inspecciones generando un incremento de tiempo muerto de telar debido al departamento de calidad • Incremento de desperdicio • Variación en la sombra de la malla • Se debe cambiar el hilo que se está utilizando para trama, lo cual origina paros de telar. • Genera dificultades al área de confección ya que al momento de costurar la tela es más difícil de manipular. • Mayor consumo de materia prima
La sombra	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe ajustar el número de pasadas con lo cual se incrementa el tiempo muerto del telar debido al departamento de mantenimiento

Variación en:	Problema
La sombra	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor número de inspecciones generando un incremento de tiempo muerto de telar debido al departamento de calidad • Incremento de desperdicio • Variación en el peso de malla • Se debe cambiar el hilo que se está utilizando para trama, lo cual origina paros de telar. • No satisface el objetivo del cliente, generando daños o variación en el desarrollo de sus cultivos.
La construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe ajustar el número de pasadas con lo cual se incrementa el tiempo muerto del telar debido al departamento de mantenimiento • Mayor número de inspecciones generando un incremento de tiempo muerto de telar debido al departamento de calidad • Incremento de desperdicio • Variación en el peso, ancho y sombra • Se debe cambiar el hilo que se está utilizando para trama, lo cual origina paros de telar.
El ancho	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe ajustar el número de pasadas con lo cual se incrementa el tiempo muerto del telar debido al departamento de mantenimiento • Incremento de desperdicio • Mayor número de inspecciones generando un incremento de tiempo muerto de telar debido al departamento de calidad • Genera dificultades al área de confección

Tabla 3.4 Continuación

Para identificar los problemas que originan las variaciones en las características de las mallas, se aplicaron algunas técnicas para la solución de problemas, tales como: Entrevista y Tormenta de Ideas seguidas de un Diagrama de Pareto, bajo las siguientes características, ello se muestra a continuación.

1. Participantes:

- a) Jefe de producción.
- b) Jefe de mantenimiento.
- c) Jefe de calidad.
- d) Supervisor de producción (primer turno).
- e) Supervisor de producción (segundo turno).
- f) Supervisor de producción (tercer turno).

2. La pregunta que se les realizó a los participantes fue: ¿Cuáles son las principales causas de las variaciones en las características de las mallas?

3. De las opiniones externadas por los participantes con respecto a la pregunta que se les formuló, las posibles causas de variación se pueden agrupar en las siguientes categorías.

- A. Falta de capacitación del personal.
- B. Monofilamento de polietileno sin calidad.
- C. Mal repaso de hilos en los telares
- D. Falta de personal en el área de tejido.
- E. Falta de mantenimiento en los telares.
- F. Julios mal urdidos.

4. Posteriormente se le pidió a los participantes que asignaran una calificación del 1 al 10 según la importancia de cada causa de variación. Con ello se generó la tabla 3.5, en la que se indican las causas de variación y la calificación que asignaron los participantes a cada una de ellas.

Tabla 3.5. Calificaciones de las causas de variación en las características de las mallas

CAUSAS	PARTICIPANTES						PROMEDIO
	a	b	c	d	e	f	
A. Falta de capacitación del personal.	8	8	9	7	8	8	8.00
B. Hilo sin calidad.	9	10	10	10	9	10	9.67
C. Mal repaso de hilos en los telares.	4	5	6	5	5	6	5.17
D. Falta de personal en el área de tejido.	10	9	8	8	10	10	9.17
E. Falta de mantenimiento en los telares.	9	7	9	9	10	9	8.83
F. Julios mal urdidos.	6	6	7	6	6	6	6.17

5. A partir de los resultados obtenidos en la tabla 3.4 es posible realizar un Diagrama de Pareto, el cual se muestra en la figura 3.2.

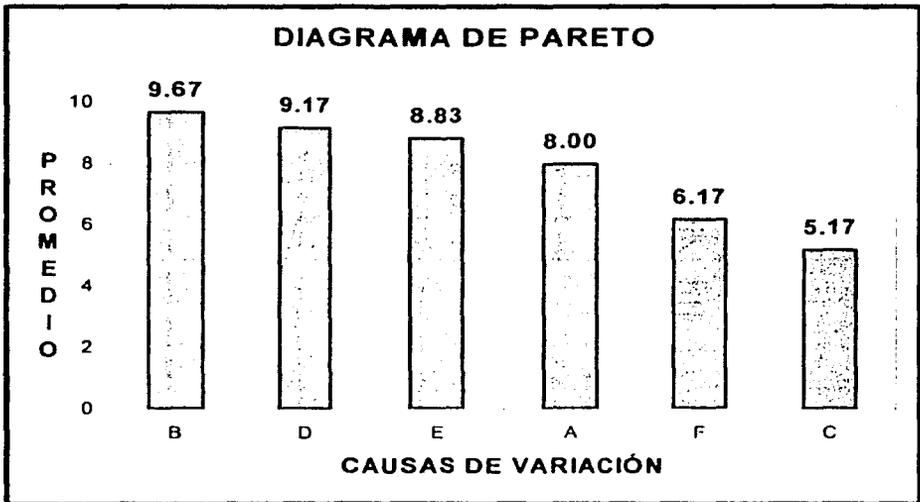


Figura 3.2 Diagrama de Pareto de las causas de variación en las características de las mallas

Como se observa en el Diagrama de Pareto, las variaciones que se presentan en las características de las mallas, son debidas principalmente a la falta de calidad del hilo que se produce.

Por lo tanto, para este trabajo de tesis se plantea el siguiente objetivo:

Diseñar un plan de inspección que permita producir monofilamento de polietileno con las características requeridas para ser empleado en el tejido de mallas que elabora DIASOR.

3.3 Descripción gráfica del proceso

Para conocer la forma en que se produce el hilo, se realizaron observaciones de las actividades que se llevan a cabo para su obtención, abarcando desde la recepción de materia prima hasta el almacenamiento de producto terminado. La información recabada en las observaciones fue complementada por comentarios del personal operativo de la planta, obteniendo a partir de ello el diagrama del proceso de extrusión de monofilamento de polietileno que se muestra en la figura 3.3. En este diagrama se observa la secuencia de pasos que se deben seguir para la fabricación del hilo.

Para tener una idea más clara sobre cómo se lleva a cabo el proceso productivo de hilo, se elabora un esquema en el cual se muestran de manera gráfica los pasos que integran dicho proceso. Este esquema se muestra en la figura 3.4.

Una vez que se ha visualizado el proceso gracias a la ayuda del diagrama y el esquema, es posible hacer una descripción más detallada del mismo, ello se desarrolla en la siguiente sección.

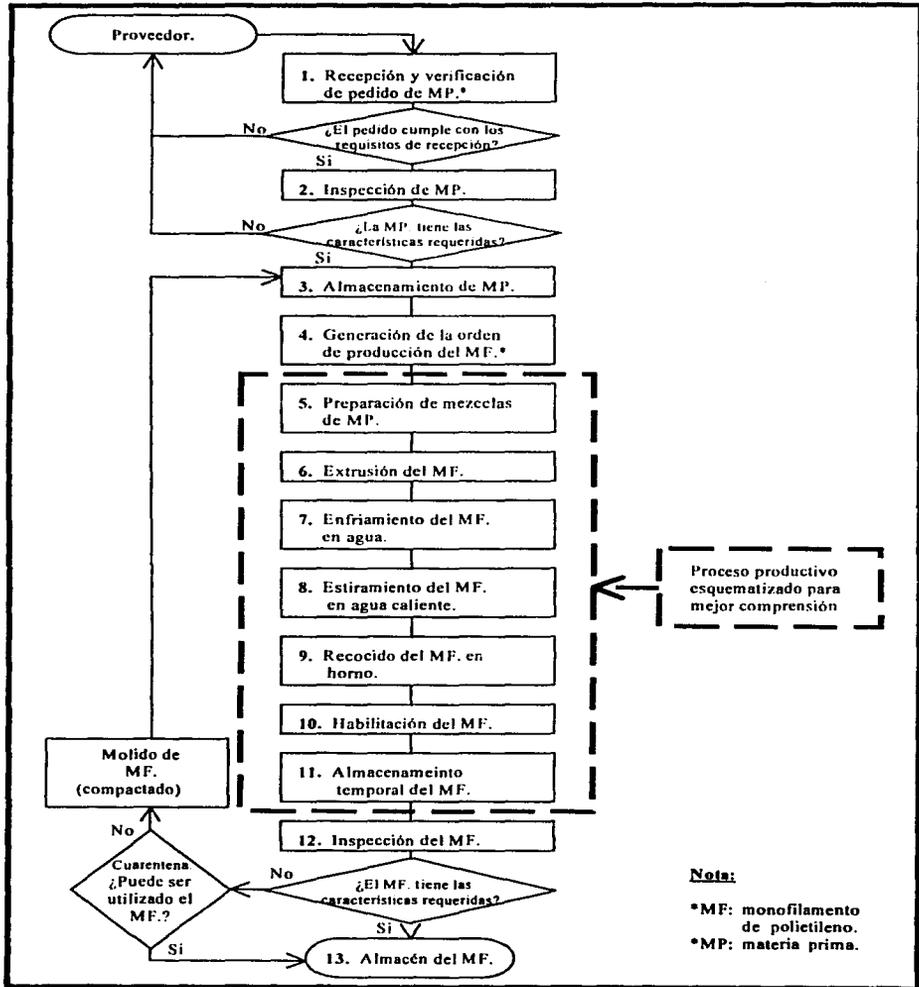


Figura 3.3 Diagrama de proceso del monofilamento de polietileno

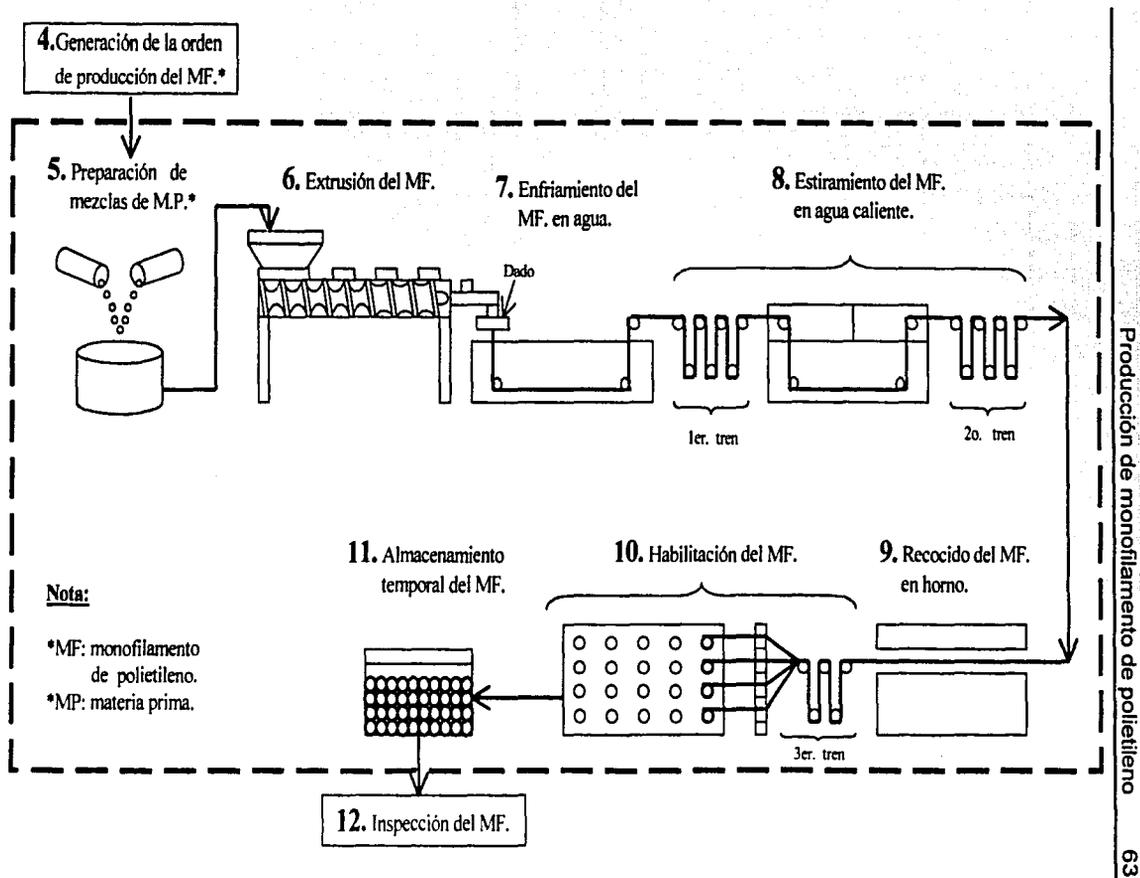


Figura 3.4 Proceso productivo esquematisado de la producción monofilamento de polietileno

3.4 Descripción del proceso

En esta sección se aborda de manera detallada cada uno de los pasos que integran el proceso de extrusión de hilo, todo ello de acuerdo con las observaciones realizadas y a la información proporcionada por el personal de la empresa.

Antes de comenzar con la descripción del proceso es conveniente señalar que el departamento de calidad cuenta con etiquetas para indicar la disposición tanto de materia prima como de producto terminado, ello de acuerdo con el siguiente código de colores: Verde para aprobado, amarillo para detenido y rojo para rechazado.

3.4.1 Recepción y verificación de pedido de materia prima

El proceso comienza con la recepción de la materia prima, la cual es efectuada por el jefe de almacén, mismo que debe solicitar al proveedor factura y certificado de calidad con registro de pruebas del producto que se le entrega. Después de recibir dichos documento, se verifica la cantidad y el número de lote. Si los datos de los documentos no corresponden con lo que se recibe físicamente, no se acepta el producto. Por el contrario, si los datos son correctos, se procede inmediatamente a generar el formato nombrado Aviso de recepción de materiales, que es entregado al departamento de calidad para que este inspeccione la materia prima recibida.

Las materias primas que se reciben son:

- Polietileno de alta densidad
- Antioxidante
- Pigmento (Master batch)
- Filtro UV
- Compactado

3.4.2 Inspección de materia prima

Una vez que el departamento de calidad recibe el Aviso de recepción de materiales, el inspector de calidad procede a realizar las pruebas correspondientes, registrando los resultados de la inspección en el formato denominado Control de inspección de materia prima. A partir de los resultados obtenidos en las pruebas el inspector coloca una etiqueta verde o roja para señalar la disposición del material analizado. Finalmente el inspector devuelve el Aviso de recepción de materiales al jefe de almacén.

Las pruebas que se realizan son:

- **PEAD, master Batch y filtro UV**

A estas materias primas se les realizan pruebas de: densidad, pellets por gramo y color. Se analiza solamente un saco de 25 kg. de cada lote que se recibe, sin importar la cantidad de material suministrada por el proveedor, el cual va desde 1 saco hasta 800 sacos.

- **Antioxidante**

Sólo se verifica visualmente la claridad de la solución.

- **Compactado**

Se verifica visualmente y por medio del tacto que el material no esté húmedo.

3.4.3 Almacenamiento de materia prima

Si el resultado de la inspección de materia prima es aprobado, el jefe de almacén le da entrada al almacén de materia prima.

3.4.4 Generación de la orden de producción de monofilamento de polietileno

El siguiente paso del proceso es generar el formato llamado Orden de extrusión de hilo, este es realizado por el jefe de producción. La orden de producción señala las materias primas a emplear y sus cantidades, esto de acuerdo con las fórmulas maestras que maneja la empresa. La orden de extrusión de hilo es entregada al responsable en turno del área de extrusión.

3.4.5 Preparación de mezclas de materia prima

Aquí es donde comienza la fabricación del hilo como tal. Una vez que el responsable de área admite la orden de extrusión de hilo, procederá a ejecutar la preparación de las mezclas; respetando las materias primas que serán mezcladas y sus respectivas cantidades señaladas en la Orden de extrusión de hilo. Este proceso se realiza en una mezcladora de tambores.

3.4.6 Extrusión del monofilamento de polietileno

La mezcla de materia prima a granel se deposita en la tolva de la extrusora, esta mezcla pasa a la zona de alimentación del cañón, el cual tiene un husillo que va arrastrando el material a lo largo del cañón. En el cañón se tienen zonas de calentamiento que tienen una temperatura que oscila entre los 180°C y 270°C, donde la mezcla adquiere las propiedades necesarias para la extrusión. El material continúa hacia la zona de descarga, misma que en su parte final tiene un dado por donde pasa la masa y adquiere su forma final. A la salida del dado se tienen 120 puntas (hilos).

3.4.7 Enfriamiento del monofilamento de polietileno en agua

Inmediatamente al salir del dado el hilo se sumerge en una tina de agua fría, que se encuentra a una temperatura aproximada de 20°C, lugar donde el hilo es enfriado para que conserve la forma y adquiera la rigidez necesaria para que no sufra deformaciones permanentes.

3.4.8 Estiramiento del monofilamento de polietileno en agua caliente

Al salir de la tina de agua fría, el hilo continúa por unos rodillos (primer tren), que funcionan como primer punto de sujeción del hilo y que permitirán estirarlo.

Después del primer tren, el hilo pasa por una tina de agua caliente que se encuentra a 92°C aproximadamente. A la salida de la tina de agua caliente el hilo pasa por unos rodillos (segundo tren), que funcionan como segundo punto de sujeción del hilo y que permitirán estirarlo.

La diferencia de velocidad entre el primero y segundo tren se denomina relación de estirado, la cual cambia de acuerdo con el calibre que se pretenda producir.

3.4.9 Recocido del monofilamento de polietileno en horno

Posteriormente el hilo pasa por un horno que está a una temperatura de aproximadamente 115°C, donde se le da un recocido el cual sirve para realinear las moléculas y eliminar las tensiones generadas en el estiramiento. Además, en esta parte del proceso se puede regular el encogimiento.

3.4.10 Habilitación del monofilamento polietileno

A la salida del horno el hilo pasa por un tercer tren el cual lleva una velocidad ligeramente menor a la del segundo tren, de aquí, el hilo pasa finalmente a una

bobinadora, donde son atadas las puntas una por una, utilizando los rodillos auxiliares, cuando es necesario. Una vez transcurrido el tiempo señalado en la Orden de extrusión de hilo, se cortan las puntas y se retiran las bobinas una por una, cambiándolas por tubos vacíos para continuar con el proceso de embobinado, siendo este un proceso continuo.

3.4.11 Almacenamiento temporal de monofilamento de polietileno

Al salir el hilo de la bobinadora, las bobinas (120) deben ser depositadas en un contenedor en espera de ser inspeccionadas. Además, el encargado en turno del área de extrusión debe elaborar el formato denominado Hoja de ruta para identificar la parada.

3.4.12 Inspección de monofilamento de polietileno

Al estar las bobinas en el contenedor el inspector de calidad toma cinco bobinas para analizar las características siguientes:

- Calibre
- Encogimiento
- Dtex
- Tensión
- Elongación
- Color

Los resultados de la inspección se registran en el formato nombrado Control de inspección hilo, donde, el inspector de calidad obtiene el promedio de las lecturas de cada una de las características y lo compara con las especificaciones para decidir la disposición del hilo. De acuerdo con los resultados de la inspección, el inspector coloca una etiqueta ya sea verde, amarilla o roja, para indicar la disposición del hilo. Si el resultado de la inspección es detenido o rechazado se notifica al responsable del área de extrusión para que realice los ajustes en el proceso para mejorar las características del hilo que saldrá en la siguiente parada.

3.4.13 Almacén de monofilamento de polietileno

El hilo que fue aprobado se envía al almacén para disponer de él en cuanto se requiera. Aquí termina el proceso de extrusión de hilo.

3.4.14 Área de cuarentena

El producto terminado que no fue aprobado (detenido o rechazado) se almacena en un área especial, donde el jefe de calidad y el jefe de producción evalúan el impacto que puede originar en la malla, para decidir si es posible emplearlo en algún tipo de malla o se rebana para ser reprocesado.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL PLAN DE INSPECCIÓN

Objetivo específico.

Diseñar y evaluar el plan de inspección más conveniente a aplicar en el proceso de extrusión de monofilamento de la empresa DIASOR

En el presente capítulo se hacen las observaciones necesarias sobre el proceso de extrusión para determinar las etapas que conforman el mismo e identificar las características a controlar en cada una de ellas. De este modo podrá generarse un plan de inspección que permita tener control sobre el proceso, con el fin de obtener hilo con las características requeridas para ser empleado en el tejido de mallas.

Como primer punto se presenta el diagrama de etapas del proceso de extrusión, en segundo termino se tiene una tabla donde se describen las características a controlar y los motivos para hacerlo, como tercer punto se propone un plan de inspección preliminar, en cuarto termino se evalúa el plan de inspección preliminar exponiendo las ventajas y desventajas de implantarlo tal cual, y como punto final, se elaborará el plan de inspección propuesto.

4.1 Diagrama de etapas del proceso de producción del monofilamento de polietileno

Con base en observaciones hechas sobre el proceso, capítulo 3, se identificaron 8 operaciones o etapas clave para controlar la calidad del mismo. Para mostrar de manera clara dichas etapas, se elaboró un esquema que se denomina diagrama de etapas figura 4.1, mismo en el que se enumeran tales etapas y además se observan las características que pueden ser analizadas en cada una de ellas.

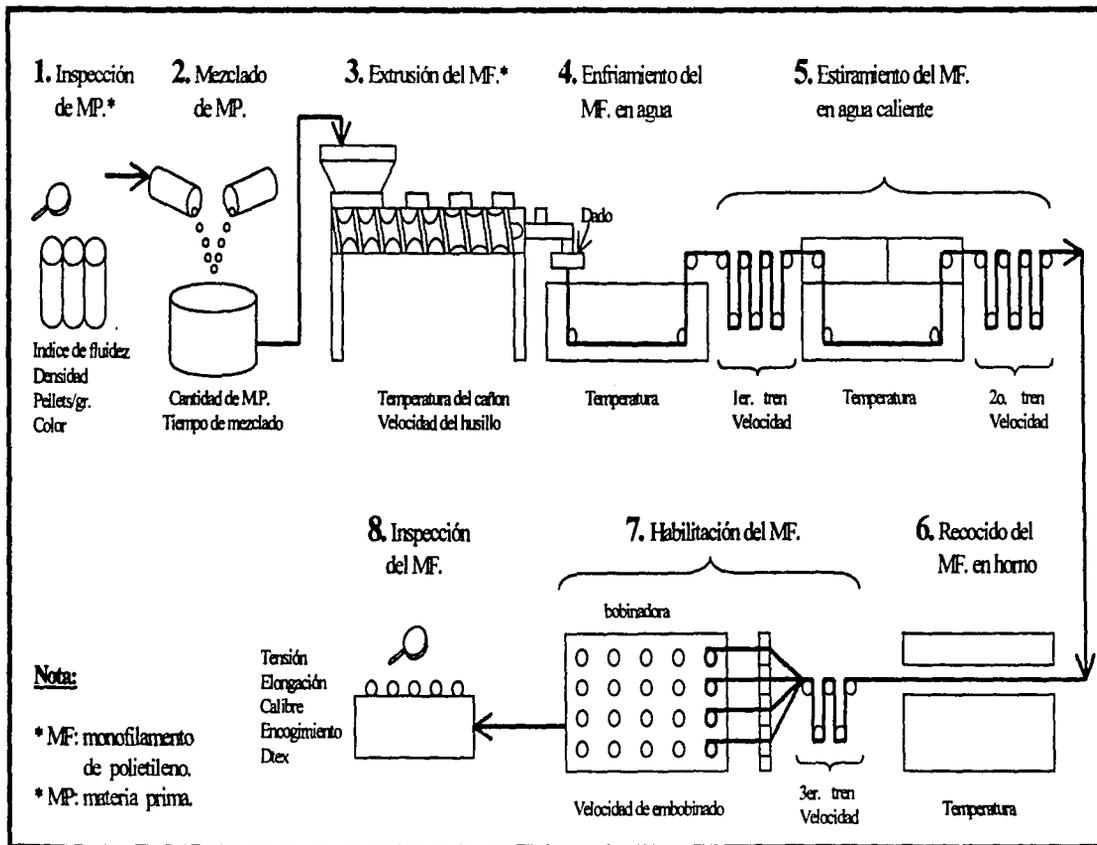


Figura 4.1 Diagrama de etapas de la producción de monofilamento de polietileno

4.2 Descripción de las etapas y características a controlar en el proceso de extrusión de monofilamento de polietileno

Para poder utilizar las técnicas básicas de la estadística aplicadas al control de la calidad, se debe primeramente definir las características de calidad que influyen o determinan el buen funcionamiento del producto.

Con base en entrevistas hechas a los inspectores de calidad y a los responsables del área de extrusión sobre las condiciones del proceso, se definieron los motivos por los cuales deben o no ser inspeccionadas las características antes mencionadas. Las etapas, características a controlar y los motivos por los cuales se considera que deben ser inspeccionadas se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Etapas y características a controlar

Etapas	Descripción	Características a controlar	Motivo por el que se debe inspeccionar
1	Inspección de materia prima	Índice de fluidez	Los plásticos tienen comportamientos distintos al fluir. Para el proceso en cuestión un índice de fluidez inadecuado ocasiona que el material tenga dificultades para desplazarse a lo largo del husillo, lo cual provoca que se tenga una masa no homogénea y sin el grado adecuado de plastificación
		Densidad	Una alta densidad puede provocar estancamientos de material en la tolva, ya que al compactarse fácilmente, éste puede formar puentes que impidan su caída a la garganta de alimentación, y por consecuencia, pueden producirse paros en la producción.
		Pellets por gramo	El número de pellets por gramo es importante cuando se procesan materiales pigmentados o con master batch de cargas o aditivos que requieren incorporarse perfectamente en el producto.
		Color	Variaciones en el color del master batch generan una mala apariencia en el monofilamento que se produce, y por consecuencia, en las mallas.

Etapas	Descripción	Características a controlar	Motivo por el que se debe inspeccionar
2	Mezclado de materia prima	Cantidad de materia prima	Al emplear cantidades de materia prima distintas a las señaladas en las fórmulas maestras, las características del monofilamento no serán las deseadas, provocando principalmente variaciones de color y secciones sin la adecuada protección a los rayos UV. Esta situación genera finalmente mala apariencia y degradación prematura en las mallas.
		Tiempo de Mezclado	Las mezclas deben tener el mismo tiempo de mezclado para garantizar la homogeneidad entre ellas, esto con el fin de tener colores uniformes y una adecuada incorporación del filtro UV.
3	Extrusión del hilo	Temperatura del cañón	Se deben tener temperaturas adecuadas en las distintas zonas del cañón del extrusor para obtener una masa homogénea y asegurar la correcta plastificación del polímero para dosificar el material perfectamente fundido y en condiciones de fluir por el dado.
		Velocidad del husillo	Es importante puesto que de esta velocidad dependerá la cantidad de material que se dosifica al dado.
		Limpieza del dado	El dado es donde se le da la forma al producto. No requiere de inspección, lo importante para esta etapa es proporcionar un adecuado mantenimiento al dado para evitar que se deforme.
4	Enfriamiento del monofilamento en agua	Temperatura del agua	Para proporcionar la temperatura adecuada al plástico evitando así que éste sufra deformaciones permanentes a la salida del dado.
5	Estiramiento del hilo en agua caliente	Velocidad del primer tren	Es el primer punto de sujeción del monofilamento. Entre este primer tren y el segundo tren se establece una relación de estirado de acuerdo con el calibre que se desea producir, de aquí que resulte necesario controlar la velocidad.
		Temperatura del agua	Porque la adecuada temperatura facilita la orientación de las moléculas en la dirección del estirado.
		Velocidad del segundo tren	Es el segundo punto de sujeción del monofilamento. Entre este segundo tren y el primer tren se establece una relación de estirado de acuerdo con el calibre que se desea producir, de aquí que resulte necesario controlar la velocidad.
6	Recocido del hilo en horno	Temperatura del horno	Debido a que le da un recocido al monofilamento, lo cual sirve para realinear las moléculas y eliminar las tensiones generadas en el estiramiento. Además, en esta parte del proceso se puede regular el encogimiento.

Tabla 4.1 Continuación

Estepa	Descripción	Características a controlar	Motivo por el que se debe inspeccionar
7	Habilitación del hilo	Velocidad del tercer tren	Porque es el tercer punto de sujeción, es aquí donde se regula la tensión final del hilo para un correcto embobinado y se determina la duración de la parada.
		Velocidad de embobinado	No se requiere de inspección ya que aquí se habilita el monofilamento sin sufrir cambio alguno en sus características, la velocidad de la bobinadora está ajustada a la velocidad del tercer tren.
8	Inspección del hilo	Dtex	Es importante controlarlo para evitar variaciones en el peso de las mallas. Con el Dtex se puede inferir sobre la diferencia de calibre entre bobinas.
		Tensión	Debido a que la baja resistencia a la tensión genera menor resistencia en la malla. Esto puede ocasionar que la malla se deforme o se rompa al ser tensada durante su colocación.
		Elongación	Porque cuando la elongación se encuentra fuera de los parámetros, la malla puede sufrir deformaciones al ser estirada.
		Encogimiento	Porque un elevado encogimiento provoca contracciones ocasionando variaciones en el ancho de la malla y con ello genera una mala apariencia.
		Calibre	<p>El no controlar esta característica origina los problemas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variaciones en el peso de las mallas. • Variaciones en la sombra de las mallas. • Variaciones en la construcción de la malla. • Variaciones en el ancho de las mallas.

Tabla 4.1 Continuación

4.3 Plan de inspección preliminar

Con base en los datos de la tabla 4.1, y los requerimientos de un plan de inspección establecidos en el marco teórico, se propone un plan de inspección preliminar, tabla 4.2, el cual contiene todas las características que se considera deben ser inspeccionadas para tener un adecuado control del proceso y así asegurar la calidad del producto.

Cabe señalar que este plan de inspección preliminar será evaluado posteriormente para finalmente establecer el plan de inspección propuesto.

Tabla 4.2 Plan de inspección preliminar

Etapas	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA DE CONTROL	TIPO	INSTRUMENTO	PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	REGISTRO	REACCIÓN A NO CONFORMIDAD
1	Inspección de materia prima (en pellets)	Índice de fluidez	IAC ⁹	Medidor de fluidez	METP ¹⁰ -01	Cada lote recibido	FMT ¹¹ -01	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Densidad	IAC	Báscula vaso de precipitados y probeta	METP-02	Cada lote recibido	FMT-01	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Pellets por gramo	IAC	Báscula	METP-03	Cada lote recibido	FMT-01	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Color	IAC	Colorímetro	METP-04	Cada lote recibido	FMT-01	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
2	Mezclado de materia prima	Cantidades de materia prima	IAC	Báscula	METP-05	Cada mezcla preparada	FMT-02	Segregar la mezcla y avisar al supervisor para depositar las cantidades correctas de MP
		Tiempo de mezclado	IAC	Timer y/o cronómetro	METP-06	Cada mezcla preparada	FMT-02	Segregar la mezcla y avisar al supervisor para corregir el tiempo de mezclado
3	Extrusión de hilo	Temperatura del cañón	SP ¹²	Pirómetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar temperaturas de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación

⁹ IAC: Inspector de aseguramiento de calidad

¹⁰ METP: Método de prueba

¹¹ FMT: Formato

¹² SP: Supervisor

Etapa	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA DE CONTROL	TIPO	INSTRUMENTO	PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	REGISTRO	REACCIÓN A NO CONFORMIDAD
3	Extrusión de hilo	Velocidad del husillo	SP	Contador de revoluciones	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar velocidad del husillo de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación.
4	Enfriamiento del hilo en agua	Temperatura del agua	SP	Pirómetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar temperatura de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación
5	Estiramiento del hilo en agua caliente	Velocidad del primer tren	SP	Velocímetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar la velocidad de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación
		Temperatura del agua	SP	Pirómetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar temperatura de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación
		Velocidad del segundo tren	SP	Velocímetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar la velocidad de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación
6	Recocido del hilo en horno	Temperatura del horno	SP	Pirómetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar temperatura de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación.

Tabla 4.2 Continuación

Etapa	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA DE CONTROL	TIPO	INSTRUMENTO	PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	REGISTRO	REACCIÓN A NO CONFORMIDAD
7	Habilitación del hilo	Velocidad del tercer tren	SP	Velocímetro	Manual de condiciones de operación	Inicio de cada parada y después cada hora	FMT-03	Avisar al responsable del área de extrusión para ajustar la velocidad de acuerdo con lo señalado en el manual de condiciones de operación
8	Inspección de hilo	Dtex	IAC	Aspe y báscula	METP-07	Cada parada	FMT-04	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Tensión	IAC	Tensómetro	METP-08	Cada parada	FMT-04	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Elongación	IAC	Flexómetro	METP-09	Cada parada	FMT-04	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Encogimiento	IAC	Flexómetro	METP-10	Cada parada	FMT-04	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05
		Calibre	IAC	Micrómetro	METP-11	Cada parada	FMT-04	Procedimiento de control de producto no conforme FMT-05

Tabla 4.2 Continuación

Nota: Abreviaturas empleadas en tabla 4.2.

- FMT Formato (hoja de verificación)
- IAC Inspector de aseguramiento de calidad
- METP Método de prueba
- MP Materia prima
- SP Supervisor de producción

4.4 Evaluación del plan de inspección preliminar

En esta sección se realizará la evaluación del plan de inspección preliminar para determinar las características que conformarán el plan de inspección definitivo, para ello se plantea el objetivo de analizar cada etapa señalando las ventajas y desventajas en las que se incurre al realizar la inspección en cada una de ellas, a partir de ello se tomará la decisión de inspeccionar o no la característica en cuestión.

Los rubros de análisis serán: costos, tiempo de implantación, tiempo de inspección, capacitación del personal, disponibilidad de espacios y beneficios al cliente, además, se tomaron en cuenta las opiniones del personal de calidad y los responsables del área de extrusión, que se obtuvieron mediante entrevistas.

4.4.1 Inspección de materia prima

Objetivo. Saber si la materia prima que suministra el proveedor cumple con las especificaciones para ser empleada en la producción de monofilamento de polietileno.

La materia prima se puede someter a la inspección de las siguientes características:

- Densidad
- Pellets por gramo
- Índice de fluidez
- Color

• VENTAJAS

- ✓ Para inspeccionar la densidad y los pellets por gramo el equipo requerido es: Una báscula, un vaso de precipitados y una probeta. Este equipo resulta fácil de operar y no requiere de un cuidado especial.

- ✓ Las pruebas de densidad y pellets por gramo resultan sencillas de implantar y rápidas de realizar.
- ✓ El personal no requiere de adiestramiento especial para realizar las pruebas de densidad y pellets por gramo.
- ✓ La realización de las pruebas no requiere disponer de espacios extra.
- ✓ Al controlar el número de pellets por gramo se tiene una mejor distribución del master batch en la mezcla, evitando así variaciones en el color del hilo.
- ✓ Al controlar la densidad se evitan paros de máquina por estancamiento de material y obstrucción de filtros.

• DESVENTAJAS

- x Para inspeccionar el índice de fluidez y el color se requiere de un medidor de fluidez y un colorímetro, el precio de adquisición de estos equipos es de alrededor de US \$ 5,000.00 cada uno; además se requiere de un plan de mantenimiento y calibración.
- x Para operar el medidor de índice de fluidez y el colorímetro se requiere de una persona capacitada.
- x No se dispone de espacio para la instalación del medidor de índice de fluidez y colorímetro.

• RESULTADO

- Se observa que para la densidad y los pellets por gramo todos los puntos de análisis representan ventajas, caso contrario sucede con el índice de fluidez y color, por lo tanto, las características que se recomienda inspeccionar en esta etapa son densidad y pellets por gramo.
- Al no controlar el índice de fluidez el material puede tener dificultades al fluir por el cañón, pero esto rara vez ocurre si el material cumple con la densidad.

- El no inspeccionar el color puede originar variaciones en el color del hilo, pero esto se puede controlar con un correcto tiempo de mezclado y con la cantidad correcta de ingredientes en las mezclas.

4.4.2 Mezclado de materia prima

Objetivo. Preparar mezclas homogéneas de acuerdo con lo indicado en las fórmulas maestras.

Por lo tanto, en esta etapa las características que pueden ser inspeccionadas son:

- Cantidad de cada uno de los ingredientes
- Tiempo de mezclado

- VENTAJAS
 - ✓ Para inspeccionar la cantidad de los ingredientes y el tiempo de mezclado el equipo requerido es: Una báscula y un cronómetro. Este equipo resulta fácil de operar y no requiere de un cuidado especial.
 - ✓ El tiempo de implantación es mínimo y las pruebas se pueden realizar rápidamente.
 - ✓ El personal no requiere de capacitación especial para realizar las pruebas.
 - ✓ La realización de las pruebas no requiere disponer de espacios extra.
 - ✓ Se evita desperdicio de materia prima.
 - ✓ Se obtienen productos con color uniforme lo cual genera una mejor apariencia en las mallas.

- DESVENTAJAS
 - x Ninguna

- **RESULTADO**

- Se observa que para ambas características los puntos de análisis representan ventajas para el cliente ya que recibe mallas con una mejor apariencia, por lo tanto, se recomienda inspeccionar las dos características que conforman esta etapa.

4.4.3 Extrusión del monofilamento

Objetivo. Suministrar una resina plastificada y homogénea al dado.

De aquí se tiene que en esta etapa se requieren controlar las siguientes características:

- Temperatura de extrusión
- Velocidad del husillo

- **VENTAJAS**

- ✓ Para inspeccionar las temperaturas del cañón y la velocidad del husillo el equipo requerido es: pirómetros y contador de revoluciones. Estos equipos resultan fáciles de operar y están integrados en la máquina.
- ✓ El control de las características no requiere disponer de espacios extra.
- ✓ Las pruebas resultan rápidas de realizar.
- ✓ Realizar las pruebas no requiere de adiestramiento especial.
- ✓ Al tener la adecuada velocidad del husillo se obtiene hilo del calibre deseado, dándose así uniformidad en el peso, la sobra y el ancho, características que resultan importantes para el cliente.
- ✓ El tener un control sobre la temperatura a lo largo del cañón el material fluye fácilmente evitando con ello paros de máquina.

- **DESVENTAJAS**

- x Para controlar esta característica se necesita generar un manual de condiciones de operación, mismo que requiere de diseño de experimentos.

El diseño de experimentos implica la manipulación de las condiciones de operación, lo cual origina disminución en la producción, incremento en el desperdicio y retraso en la entrega de pedidos, así como posibles fallas en la maquinaria. A pesar de las ventajas que se pueden obtener al desarrollar el manual de condiciones de operación, en estos momentos la empresa no autoriza su elaboración.

- **RESULTADO**

- El análisis de ventajas y desventajas arroja que el desarrollo de un manual de condiciones de operación es recomendable, pero debido a que la empresa no autoriza manipular las condiciones de operación, este manual no se realiza.

4.4.4 Enfriamiento del monofilamento en agua

Objetivo. Enfriar el monofilamento a la salida del dado para evitar que sufra deformaciones permanentes.

De aquí se tiene que la característica a controlar en esta etapa es:

- **Temperatura del agua**

- **VENTAJAS**

- ✓ Para inspeccionar las temperaturas del agua el equipo requerido es un pirómetro. Este equipo resulta fácil de operar y está integrado en la máquina.

- ✓ Las pruebas resultan rápidas de realizar.
- ✓ El personal no requiere de adiestramiento especial para realizar las pruebas.
- ✓ La realización de las pruebas no requiere disponer de espacios extra.
- ✓ Disminución de desperdicio.

- **DESVENTAJAS**

- x Para controlar esta característica se necesita generar un manual de condiciones de operación, mismo que requiere de diseño de experimentos.

El diseño de experimentos implica la manipulación de las condiciones de operación, lo cual origina disminución en la producción, incremento en el desperdicio y retraso en la entrega de pedidos, así como posibles fallas en la maquinaria. A pesar de las ventajas que se pueden obtener al desarrollar el manual de condiciones de operación, en estos momentos la empresa no autoriza su elaboración.

- **RESULTADO**

- El análisis de ventajas y desventajas arroja que el desarrollo de un manual de condiciones de operación es recomendable, pero debido a que la empresa no autoriza manipular las condiciones de operación, este manual no se realiza.

4.4.5 Estiramiento del monofilamento en agua caliente

Objetivo. Estirar el monofilamento bajo condiciones de temperatura y velocidad que faciliten dicha operación.

Cabe recordar que esta etapa consta de un primer punto de sujeción (primer tren), que requiere de control de velocidad; una tina de agua caliente, que requiere de

control de temperatura; y de un segundo punto de sujeción (segundo tren), que requiere de control de velocidad.

Por lo tanto, las características a controlar en esta etapa son:

- Velocidad del primer tren
- Temperatura del agua
- Velocidad del segundo tren

- **VENTAJAS**

- ✓ Para inspeccionar la velocidad de los trenes y la temperatura del agua el equipo requerido es: un pirómetro y dos velocímetros. Este equipo resulta fácil de operar y está integrado en la máquina.
- ✓ El tiempo para inspeccionar cualesquiera de las características es corto.
- ✓ El personal no requiere de adiestramiento especial para realizar cualesquiera de las pruebas.
- ✓ La realización de las pruebas no requiere de espacios extra.
- ✓ El controlar la relación de estirado proporciona monofilamento con el calibre deseado, lo cual proporcionará una uniformidad en el peso, la sombra y el ancho de las mallas.

- **DESVENTAJAS**

- x Para controlar esta característica se necesita generar un manual de condiciones de operación, mismo que requiere de diseño de experimentos.

El diseño de experimentos implica la manipulación de las condiciones de operación, lo cual origina disminución en la producción, incremento en el desperdicio y retraso en la entrega de pedidos, así como posibles fallas en la

maquinaria. A pesar de las ventajas que se pueden obtener al desarrollar el manual de condiciones de operación, en estos momentos la empresa no autoriza su elaboración.

- **RESULTADO**

- El análisis de ventajas y desventajas arroja que el desarrollo de un manual de condiciones de operación es recomendable, pero debido a que la empresa no autoriza manipular las condiciones de operación, este manual no se realiza.

4.4.6 Horno

Objetivo. Proporcionar las condiciones necesarias para realinear las moléculas y eliminar las tensiones generadas en el estiramiento, así como para controlar el encogimiento.

De aquí se tiene que la característica a controlar en esta etapa es:

- **Temperatura del horno**

- **VENTAJAS**

- ✓ Para inspeccionar la temperatura horno el equipo requerido es un pirómetro. Este equipo resulta fácil de operar y está integrado en la máquina.
- ✓ El tiempo para inspeccionar la característica es corto.
- ✓ El personal no requiere de adiestramiento especial para realizar las pruebas.
- ✓ La realización de las pruebas no requiere disponer de espacios extra.
- ✓ Al controlar esta característica se disminuye la variación en el encogimiento del hilo, lo cual dará uniformidad en el ancho de las mallas.

- **DESVENTAJAS**

- x Para controlar esta característica se necesita generar un manual de condiciones de operación, mismo que requiere de diseño de experimentos.

El diseño de experimentos implica la manipulación de las condiciones de operación, lo cual origina disminución en la producción, incremento en el desperdicio y retraso en la entrega de pedidos, así como posibles fallas en la maquinaria. A pesar de las ventajas que se pueden obtener al desarrollar el manual de condiciones de operación, en estos momentos la empresa no autoriza su elaboración.

- **RESULTADO**

- El análisis de ventajas y desventajas arroja que el desarrollo de un manual de condiciones de operación es recomendable, pero debido a que la empresa no autoriza manipular las condiciones de operación, este manual no se realiza.

4.4.7 Habilitación del monofilamento

Objetivo. Regular la tensión final del hilo para permitir un correcto embobinado.

Cabe mencionar que el habilitado consta de dos partes, el tercer tren y la bobinadora; y que la velocidad de la bobinadora se ajusta a la velocidad del tercer tren.

Por lo tanto, la característica a controlar en esta etapa es:

- **Velocidad del tercer tren**

- **VENTAJAS**

- ✓ Para inspeccionar la velocidad del tercer tren el equipo requerido es un velocímetro. Este equipo resulta fácil de operar y está integrado en la máquina.
- ✓ No se requiere mucho tiempo para inspeccionar la característica.
- ✓ La realización de las pruebas no requiere disponer de espacios extra.
- ✓ El personal no requiere de adiestramiento especial para realizar las pruebas.
- ✓ Se proporciona el metraje adecuado para el área de urdido.
- ✓ Se disminuye el desperdicio en el área de urdido.

- **DESVENTAJAS**

- x Para controlar esta característica se necesita generar un manual de condiciones de operación, mismo que requiere de diseño de experimentos.

El diseño de experimentos implica la manipulación de las condiciones de operación, lo cual origina disminución en la producción, incremento en el desperdicio y retraso en la entrega de pedidos, así como posibles fallas en la maquinaria. A pesar de las ventajas que se pueden obtener al desarrollar el manual de condiciones de operación, en estos momentos la empresa no autoriza su elaboración.

- **RESULTADO**

- El análisis de ventajas y desventajas arroja que el desarrollo de un manual de condiciones de operación es recomendable, pero debido a que la empresa no autoriza manipular las condiciones de operación, este manual no se realiza.

4.4.8 Inspección del monofilamento

Objetivo. Asegurar que el monofilamento de polietileno cumpla con las especificaciones para ser empleado en el proceso de las mallas.

De aquí que las características que se pueden analizar en esta etapa son:

- Dtex
- Encogimiento
- Tensión
- Calibre
- Elongación

• VENTAJAS

- ✓ Para inspeccionar el dtex, tensión, elongación, encogimiento y calibre el equipo requerido es: Un Aspe, una báscula, un tensómetro, un flexómetro y un micrómetro. Este equipo resulta fácil de operar, no requiere de cuidado especial.
- ✓ Se cuenta con el equipo requerido para la realización de todas las pruebas.
- ✓ El tiempo de implantación es bajo.
- ✓ Se cuenta con el espacio asignado para la medición de todas las características.
- ✓ Al mejorar estas características es posible tener uniformidad en el peso, sombra, construcción y ancho de las mallas, con ello es posible satisfacer las necesidades del cliente

• DESVENTAJAS

- x Tiempo de inspección alto.
- x Se requiere personal capacitado.

- **RESULTADO**
- **Todas las características son sumamente importantes para proporcionar monofilamento con la calidad requerida para el tejido de mallas, además, el tiempo de implantación es corto; por lo tanto, se recomienda la inspección de las cinco características.**

4.5 Plan de inspección propuesto

Con base en las conclusiones obtenidas en la sección anterior, se propone un plan de inspección para ser aplicado al proceso de fabricación de monofilamento de polietileno, tabla 4.3. Este plan de inspección resulta sencillo, cosa que es común al inicio de la aplicación de un sistema de calidad, mismo que conforme va madurando, exige controles y pruebas más elaboradas.

Tabla 4.3 Plan de inspección propuesto

Etapa	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA DE CONTROL	TIPO	INSTRUMENTO	PROCEDIMIENTO	FRECUENCIA	REGISTRO	REACCIÓN A NO CONFORMIDAD
1	Materia prima (en pellets)	Densidad	IAC ¹³	Báscula, vaso de precipitados y probeta	METP ¹⁴ -01	Cada lote recibido MLT-STD 105D	FMT ¹⁵ -01	Elaborar reporte de producto no conforme y disponer con base en respuesta FMT-04
		Pellets por gramo	IAC	Báscula	METP-02	Cada lote recibido MLT-STD 105D	FMT-01	Elaborar reporte de producto no conforme y disponer con base en respuesta FMT-04
2	Mezclado de materia prima	Cantidades de materia prima	IAC	Báscula	METP-03	Cada mezcla preparada	FMT-02	Segregar la mezcla y avisar al supervisor para depositar las cantidades correctas de materia prima
		Tiempo de mezclado	IAC	Timer y/o cronómetro	METP-04	Cada mezcla preparada	FMT-02	Segregar la mezcla y avisar al supervisor para corregir el tiempo de mezclado
3	Producto terminado (hilo)	Dtex	IAC	Aspe y báscula	METP-05	Cada parada Diagrama de precontrol	FMT-03	Elaborar reporte de producto no conforme y segregar en el área de cuarentena FMT-04
		Tensión	IAC	Tensómetro	METP-06	Cada parada Diagrama de precontrol	FMT-03	Elaborar reporte de producto no conforme y segregar en el área de cuarentena FMT-04
		Elongación	IAC	Flexómetro	METP-06	Cada parada Diagrama de precontrol	FMT-03	Elaborar reporte de producto no conforme y segregar en el área de cuarentena FMT-04
3	Producto terminado (hilo)	Encogimiento	IAC	Flexómetro	METP-07	Cada parada Diagrama de precontrol	FMT-03	Elaborar reporte de producto no conforme y segregar en el área de cuarentena FMT-04
		Calibre	IAC	Micrómetro	METP-08	Cada parada Diagrama de precontrol	FMT-03	Elaborar reporte de producto no conforme y segregar en el área de cuarentena FMT-04

¹³ IAC: Inspector de aseguramiento de calidad

¹⁴ METP: Método de prueba

¹⁵ FMT: Formato

4.6 Documentación

La documentación requerida para aplicar el plan de inspección es la siguiente:

Métodos de prueba

Etapa 1. Materia prima

Método de prueba para determinar Densidad. (MTP-01)

Método de prueba para determinar Pellets por gramo. (MTP-02)

Etapa 2. Mezclado

Método de prueba para verificar cantidad de materia prima. (MTP-03)

Método de prueba para verificar tiempo de mezclado. (MTP-04)

Etapa 3. Monofilamento

Método de prueba para determinar Dtex. (MTP-05)

Método de prueba para determinar tensión y elongación. (MTP-06)

Método de prueba para determinar encogimiento. (MTP-07)

Método de prueba para determinar calibre. (MTP-08)

Registros (hojas de verificación)

Control de inspección de materia prima. (FMT-01)

Control de inspección de mezclado. (FMT-02)

Control de inspección de monofilamento de polietileno. (FMT-03)

Reporte de producto no conforme. (FMT-04)

Etiquetas de identificación

Aprobado (color verde FMT-05)

Detenido (color amarillo FMT-06)

Rechazado (color rojo FMT-07)

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DEL PLAN DE INSPECCIÓN

Objetivo específico.

**Mostrar dos ejemplos de aplicación del plan de inspección
propuesto para la fabricación de monofilamento en DIASOR**

En este capítulo sólo se presentan a manera de ejemplo los documentos necesarios para la inspección de densidad de las resinas y los master batch, y la prueba de Dtex para el hilo.

5.1 Método de prueba para determinar densidad

5.1.1 Justificación de la aplicación del método de prueba para determinar densidad

- La prueba que se propone aplicar para determinar la densidad de los Master batch y los polímeros está basada en la norma ASTM-1248.
- Se emplea muestreo de aceptación considerando la característica de densidad como un atributo, por ello la tabla que se utilizará es la MIL-STD-105D.
- Las tablas MIL-STD 105D son una herramienta que se emplea ampliamente en la recepción de materias primas (desarrollo de proveedores), por lo cual se optó por emplear esta técnica para evaluar las resinas y los master batch que recibe DIASOR.
- La norma ANSI A1.9 (1980) indica que al iniciar la inspección para un proveedor siempre se inicia con un grado de inspección normal.
- El tamaño de lote máximo que recibe DIASOR es de 800 sacos, con este tamaño de lote en los distintos niveles de inspección, y considerando que se estima un tiempo de 6 minutos para inspeccionar cada saco, se tiene la tabla 5.1.

Tabla 5.1

Tamaño de lote: 800 sacos							
Nivel de inspección	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
Letra código clave	C	C	E	F	G	J	K
Tamaño de muestra	5	5	13	20	32	80	125
Tiempo de inspección 6min/saco	30 min.	30 min.	78 min.	120 min.	192 min.	480 min.	750 min.

El nivel de inspección, la letra clave del tamaño de la muestra y el tamaño de muestra se obtuvieron de la Tabla A¹⁶ (Letras clave del tamaño de la muestra MIL-STD-105D).

El nivel de inspección establece la relación entre el tamaño del lote y el tamaño de la muestra. En las tablas MIL-STD-105D aparecen tres niveles de inspección generales (I-II-III) y cuatro niveles de inspección especiales (S-1; S-2; S-3; S-4). La relación que brinda la protección normal está dada por el Nivel II, que debe usarse siempre que razones técnicas y económicas muy justificadas no indiquen lo contrario.

Los niveles de inspección especiales pueden utilizarse donde los tamaños de las muestras necesarias sean relativamente pequeños y los grandes riesgos de muestreo pueden o deben ser tolerados.

Para el caso en cuestión se optó por aplicar un nivel de inspección especial S-2 debido al tiempo-costado que implicaría aplicar otro nivel de inspección.

El tamaño de la muestra está designado por letras código. La Tabla A es la que se utilizó para encontrar las letras código, mostradas en tabla 5.1, ello tomando en cuenta un Tamaño de lote de 800 para los distintos niveles de inspección.

- Del inciso anterior se obtuvo un tamaño de muestra igual a 5 sacos; el nivel de calidad aceptable NCA a utilizar, de acuerdo a la Tabla B,¹⁷ puede ser alguno de los siguientes:

Tabla 5.2

NCA	0.01 - 4.0		6.5 - 10	
	Ac	Re	Ac	Re
Para n = 5	0	1	1	2

¹⁶ Ver anexo

¹⁷ Ver anexo

El NCA es el máximo porcentaje defectuoso o el número máximo de defectos en 100 unidades, que debe tener el producto para que el plan de muestreo dé por resultado la aceptación de la gran mayoría de los lotes sometidos a inspección.

La MIL-STD-105D se refiere a una serie de NCAs. Para los procesos de fracción defectuosa, el NCA varía desde 0.010 a 10 por ciento. Para procedimientos de defectos por unidad hay 10 NCAs adicionales que llegan hasta mil defectos por cada cien unidades.

Los valores de NCA de 10.0 o menos pueden expresarse ya sea en por ciento defectuosos, o en defectos por cada cien unidades; los que superan el 10.0 deberán ser expresados en defectos por cada cien unidades únicamente.

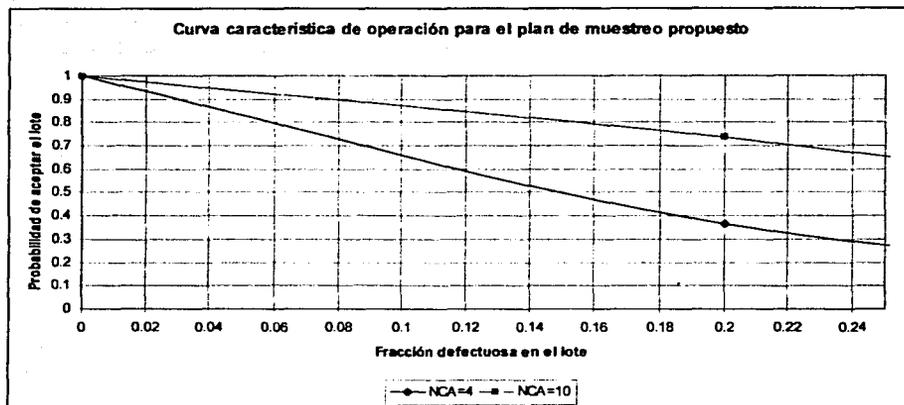
El NCA para la densidad se expresará en por ciento defectuoso, por ello los NCA mayores a 10 no fueron tomados en cuenta en la tabla 5.2.

Cada uno de los valores del NCA va asociado con el número de defectos que se pueden tolerar en la muestra (representado por A_c), y por el número de defectos para el rechazo (representado por R_e). Si el número de defectos es menor o igual que A_c , se acepta el lote, si el número de defectos es mayor o igual que R_e , se rechaza el lote.

A partir de lo anterior y de los datos mostrados en la tabla 5.3 se traza la curva característica de operación, la cual se muestra en la gráfica 1.

Tabla 5.3

	NCA=4	NCA=10
Tamaño de lote (N)	800	800
Tamaño de muestra (n)	5	5
Número de aceptación (A_c)	0	1



Gráfica 1

Al observar la curva se observa que el nivel de calidad aceptable que brinda una mayor protección a DIASOR es NCA = 4

El plan de muestreo queda definido de la siguiente manera:

Plan de inspección normal (muestreo simple)	
Tamaño de lote	800
Nivel de inspección	S-2
Letra clave del tamaño de muestra	C
Tamaño de la muestra	5
Nivel de calidad aceptable (NCA)	4
Número de aceptación (Ac)	0
Número de rechazo (Re)	1

5.1.2 Documentos para realizar la prueba de densidad

En las figuras 5.1 a 5.6 se muestran los documentos necesarios para realizar la prueba de densidad.

	Método de prueba para determinar Densidad	METP-01
	Fecha:	
Elaboró:	Revisó:	Autorizó:
Puesto y firma	Puesto y firma	Puesto y firma

1. Objetivo: Determinar la densidad de los Master batch y de los polímeros que se utilizan en DIASOR.

2. Referencias.

- Plan de inspección
- Tablas MIL-STD-105D
- Especificaciones de materia prima

3. Desarrollo.

3.1 Verificar que los datos asentados en el aviso de recepción de materiales correspondan con lo que se recibe físicamente, si los datos son correctos, se continúa con la inspección, en caso contrario se rechaza el material finalizando con ello la inspección.

3.2 Determinar el número de sacos a inspeccionar, usando las tablas MIL-STD-105D, tomando en cuenta:

- Tamaño de lote
- Aplicar un nivel de inspección especial S-2
- Aplicar inspección normal
- Aplicar muestreo simple
- Aplicar nivel de calidad aceptable NCA = 4

En el formato de control de inspección, llenar el cuadro correspondiente a cantidad (número total de sacos recibidos).

Figura. 5.1 Método de prueba para determinar densidad

	Método de prueba para determinar Densidad	METP-01
	Fecha:	
Elaboró:	Revisó:	Autorizó:
Puesto y firma	Puesto y firma	Puesto y firma

3.3 Con ayuda del vaso de precipitados obtener el número de muestras determinado en el inciso anterior, cada una de ellas de 1dm³.

3.4 Determinar la densidad para cada muestra aplicando el método basado en la norma ASTM-1248. La prueba consiste en lo siguiente:

- Verter agua en una probeta.
- Registrar la lectura de la probeta como V1, en el formato de control de inspección de materia prima.
- Pesar 5g de material en forma de pellets.
- Depositar los 5 gr. de material en la probeta con agua.
- Registrar la lectura de la probeta como V2 en el formato de control de inspección de materia prima.
- Aplicar la siguiente fórmula para determinar la densidad:

$$D = \frac{5}{V_2 - V_1} \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

- Registrar el resultado en el formato de control de inspección de materia prima.

4. Criterios.

El resultado del muestreo será evaluado de acuerdo con lo indicado en las especificaciones de materia prima y las tablas MIL-STD-105D.

5. Equipo a utilizar:

- Probeta
- Vaso de precipitados
- Balanza granataria

Figura 5.1 Continuación



Control de inspección densidad

Fecha:	Clave:
Cantidad:	No. de lote:
Descripción:	Proveedor:
	Especificación:

No. muestra	V1 [ml]	V2 [ml]	D [g/cm3]	Disposición	
				aceptado	rechazado
1					
2					
3					
4					
5					
			Total		

Disposición:

Elaboró:

Actividades del inspector de calidad:

1. Llenar el cuadro de identificación.
2. Inspeccionar la densidad para cada muestra de acuerdo con lo señalado en el método de prueba.
3. Comparar la densidad obtenida con la especificación:
 - Si la disposición es "aceptado"; colocar un uno (1) en "aceptado" y un cero (0) en "rechazado". Si la disposición es "rechazado"; colocar un uno (1) en "rechazado" y un cero (0) en "aceptado".
 - Si una muestra es rechazada; se acepta el lote.
 - Si dos o más muestras son rechazadas; se rechaza el lote y se notifica al jefe de aseguramiento de calidad por medio del reporte de producto no conforme.

Figura 5.2 Control de inspección de densidad

		ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
<h1>APROBADO</h1>			
Fecha	_____	Proveedor	_____
Producto	_____	Clave	_____
No. de lote	_____	Análisis	_____
Cantidad	_____	Observaciones	_____
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Materia prima	Proceso	Producto terminado	

Figura 5.3 Etiqueta de identificación de aprobado

		ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
<h1>RECHAZADO</h1>			
Fecha	_____	Proveedor	_____
Producto	_____	Clave	_____
No. de lote	_____	Análisis	_____
Cantidad	_____	Observaciones	_____
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Materia prima	Proceso	Producto terminado	

Figura 5.4 Etiqueta de identificación de rechazado

		ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	
<h1>DETENIDO</h1>			
Fecha	_____	Proveedor	_____
Producto	_____	Clave	_____
No. de lote	_____	Análisis	_____
Cantidad	_____	Observaciones	_____
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Materia prima	Proceso	Producto terminado	

Figura 5.5 Etiqueta de identificación de detenido



Reporte de no conformidad

FOLIO _____

FECHA _____

DISPOSICIÓN: DETENIDO RECHAZADO

Identificación			
Descripción	No. Lote	Cantidad	Area de segregado

Ubicación		
Proceso	Máquina	Turno

Evaluación		
Prueba realizada	Especificaciones	Resultado

Observaciones _____

Inspector de calidad _____
 Firma

Disposición final
 Jefe de producción _____

Jefe de calidad _____

 Firma

Figura 5.6 Reporte de no conformidad

5.1.3 Ejemplo de inspección de densidad

En la figura 5.7 se muestra el Aviso de recepción de materiales que recibe el inspector de calidad para comenzar con la inspección del PEAD.



Aviso de recepción de materiales

Fecha: 28 abril 2002		Proveedor: Plásticos XERSA		
Documentos anexos:		Inspector:		
Certificado de calidad				
Partida	Descripción	Cantidad	Aprobado	Rechazado
1	Poliétileno de alta densidad Clave 10550 Lote 1234	20,000 Kg. (800 sacos)		
/				
/				



Jefe de almacén

Figura 5.7 Aviso de recepción de materiales

Se compararon los datos asentados en el aviso de recepción de materiales con lo que se recibió físicamente. Como los datos son correctos, se determinó el número de sacos a inspeccionar y el criterio para aceptar o rechazar el lote, esto se realizó empleando las tablas MIL-STD-105D, tomando en cuenta los siguientes datos:

- Tamaño de lote 800
- Nivel de inspección especial S-2
- Inspección normal
- Muestreo simple
- NCA =4

En la tabla de letras clave del tamaño de la muestra se observa que para un lote de 800 sacos y un nivel de inspección especial S-2 corresponde una letra C, con este dato se pasa a la tabla maestra para inspección normal (muestreo simple) donde se ve que para una letra C el tamaño de la muestra es 5, en esta misma tabla para un $NCA=4$ se establece que si cero muestras son rechazadas el lote se acepta, pero si una o más muestras son rechazadas el lote completo se debe rechazar.

Una vez que se determinó el número de sacos que deben ser inspeccionados y el criterio de aceptación o rechazo, se procedió a tomar una muestra de 1dm^3 , de cada uno de los sacos a inspeccionar.

Ya que se obtuvieron las muestras se llenó el cuadro de identificación del formato de control de inspección de materia prima auxiliándose del aviso de recepción de materiales, exceptuando la especificación de la densidad, la cual se obtiene de las especificaciones de materia prima.

Después de llenar el cuadro de identificación, se determinó la densidad de cada una de las muestras de acuerdo con lo que indica el método de prueba para determinar densidad. La disposición de cada muestra se decide de acuerdo a la especificación de densidad, que utiliza la empresa, para este caso es de $0.9 \pm 0.1[\text{g} / \text{cm}^3]$

Los resultados del muestreo son: 5 muestras aceptadas y 0 rechazada, por lo tanto el lote se aceptó. Los resultados se muestran en la figura 5.8.

Para finalizar con la inspección se asienta la disposición de la materia prima en el Aviso de recepción de materiales, que se muestra en la figura 5.9, además de llenar la etiqueta de identificación de aprobado como se muestra en la figura 5.10.



Control de inspección densidad

Fecha:	28 / 04 / 02	Clave:	10550
Cantidad:	800 sacos	No. de lote:	6342
Descripción:	PEAD	Proveedor:	XERSA
		Especificación:	0.9 ± 0.1 [g/cm ³]

No. muestra	V1 [ml]	V2 [ml]	D [g/cm ³]	Disposición	
				aceptado	rechazado
1	10	16	0.83	1	0
2	10	16	0.83	1	0
3	10	15.5	0.90	1	0
4	10	16	0.83	1	0
5	10	16	0.83	1	0
Total				5	0

Disposición: APROBADO

Elaboró: Antonio Díaz
Díaz

Actividades del inspector de calidad:

1. Llenar el cuadro de identificación.
2. Inspeccionar la densidad para cada muestra de acuerdo con lo señalado en el método de prueba.
3. Comparar la densidad obtenida con la especificación:
 - Si la disposición es "aceptado"; colocar un uno (1) en "aceptado" y un cero (0) en "rechazado". Si la disposición es "rechazado"; colocar un uno (1) en "rechazado" y un cero (0) en "aceptado".
 - Si una muestra es rechazada; se acepta el lote.
 - Si dos o más muestras son rechazadas; se rechaza el lote y se notifica al jefe de aseguramiento de calidad.

Figura 5.8 Resultados de la inspección de la densidad del PEAD

5.2 Método de prueba para determinar Dtex

5.2.1 Justificación de la aplicación del método de prueba para determinar Dtex

- La prueba aplicada para determinar el Dtex del hilo está basada en la norma ASTM-861. Esta prueba ya estaba en uso en DIASOR al momento que se desarrolló el presente trabajo.
- Las técnicas estadísticas para el control de la calidad que se pueden emplear para inspeccionar el Dtex son: diagrama de control X-R y diagramas de precontrol.

Se decidió emplear un diagrama de precontrol, también denominado gráfico arcoiris, ya que es un tipo de gráfica de control usada para medir la aptitud de un proceso sin necesidad de calcular límites de control y permitiendo al mismo tiempo comparar contra las especificaciones, esto último no resulta posible al emplear un diagrama de control X-R. Su diseño y aplicación es mucho más sencillo que los diagramas de control convencionales y no se requiere interpretarlos debido a su sencillez y analogía con un semáforo.

- El método de Diagrama de precontrol señala que para arrancar el proceso, es necesario que cinco mediciones de la característica de interés, consecutivas, al ser marcadas en la gráfica deben caer en zona verde.

5.2.2 Documentos para realizar la prueba de Dtex

En las figuras 5.11 a 5.13 se muestran los documentos necesarios para realizar la prueba de Dtex. Cabe mencionar que las etiquetas de identificación y el reporte de no conformidad son los mismos que se emplean para la prueba de densidad, por tal motivo, no se muestran nuevamente.



Tabla de especificaciones del Dtex

Límites para el Dtex						
Calibre	LIE	LSE	Dt	Vn	LIA	LSA
8	285	315	30	300	292.5	307.5
10	456	504	48	480	468.0	492.0
12	665	735	70	700	682.5	717.5
13	779	861	82	820	799.5	840.5

LIE. Límite inferior de especificaciones.

LSE. Límite superior de especificaciones.

Dt. Dispersión total $Dt = LSE - LIE$

Vn. Valor medio nominal $Vn = LSE - (Dt / 2)$

LIA. Límite inferior de alerta $LIA = Vn - 0.25 Dt$

LSA. Límite superior de alerta $LSA = Vn + 0.25 Dt$

Figura 5.11 Especificaciones del Dtex

	Método de prueba para determinar Dtex	METP-05
	Fecha:	
Elaboró:	Revisó:	Autorizó:
Puesto y firma	Puesto y firma	Puesto y firma

1. Objetivo: Determinar el Dtex del hilo que produce DIASOR.

2. Referencias.

- Plan de inspección
- Especificaciones del hilo

3. Desarrollo.

3.1 Al inicio de cada lote o reinicio del proceso tomar una muestra de cinco bobinas en cuanto se concluya el atado de puntas en la bobinadora.

3.2 De cada bobina obtener una muestra de 100m (100 vueltas en el ASPE).

3.3 Pesar cada una de las muestras y determinar el Dtex para cada una de ellas utilizando la siguiente fórmula:

$$Dtex = 100 P [g / 10,000m]; \text{ donde P es el peso de la muestra}$$

3.4 Asentar los resultados en la carta de precontrol y seguir las instrucciones que ahí se indican.

4. Criterios.

Los criterios que se indican en el diagrama de precontrol.

5. Equipo a utilizar:

- Aspe
- Balanza

Figura 5.12 Método de prueba para determinar Dtex



Diagrama de precontrol

Fecha	No. de lote:
No. de paradas	Calibre:
Producto:	Tiempo de embobinado:
Color:	Frecuencia de inspección:

Actividades del inspector de calidad

1. Llenar el cuadro de identificación y anotar en la gráfica los límites de especificación, el valor medio nominal y los límites de alerta que se indican en la tabla de especificaciones del hilo.
2. Inspeccionar el Dtex hasta que cinco medidas consecutivas caigan dentro de la banda verde, con ello se libera el proceso.
3. Inspeccionar una muestra de dos bobinas cada dos horas.

- Si ambas mediciones caen dentro de la zona verde o si cae una en la verde y la otra en la amarilla, se debe continuar con la producción.
- Si ambas mediciones caen en la zona amarilla, se debe notificar al responsable del área de extrusión para que ajuste las condiciones de operación.
- Cuando una o ambas mediciones caen fuera de los límites de especificación (banda roja), se debe detener la parada y notificar al responsable de área de extrusión.

Nota: 1) En cada reinicio del proceso o al cambio de número de lote, se debe empezar a partir del paso 1.

2) Graficar las mediciones indicándolas con pequeñas cruces.

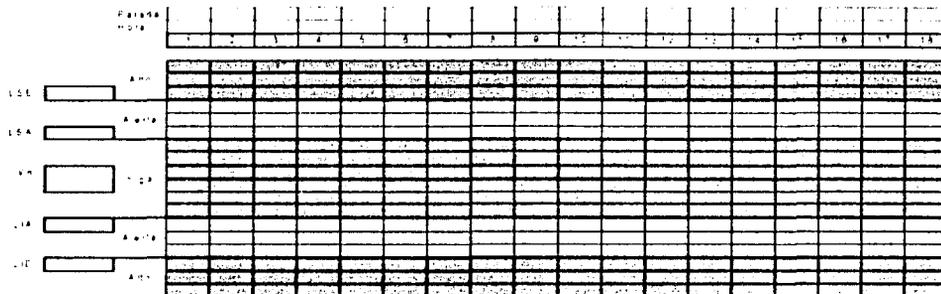


Figura 5.13 Diagrama de precontrol

En la tabla 5.1 se muestran las actividades que realiza el inspector de calidad al aplicar el plan de inspección para la prueba de Dtex.

Tabla 5.1 Actividades del inspector de calidad para la inspección del Dtex

Hora	Actividades del inspector de calidad
10:00	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez que el personal operativo finaliza el atado de puntas en la bobinadora, comienzan las labores del inspector de calidad que debe tomar cinco bobinas para inspeccionar el DTEX. • Se llena el cuadro de identificación de la carta de precontrol, auxiliándose de la orden de producción de hilo. • Se anotan los límites de especificación, el valor medio nominal y los límites de alerta que se indican en las especificaciones del hilo, en este caso para un calibre 13. • De cada bobina se toma una muestra de 100m (100 vueltas), utilizando el Aspe. • Se pesa cada una de las muestras obteniéndose los siguientes resultados: 809, 837, 840, 820 y 815, que se registran en la carta de precontrol; como las cinco mediciones caen en la zona verde el proceso es liberado. Si alguna de las muestras hubiera caído en zona amarilla o roja se deben inspeccionar otras cinco bobinas hasta que los tres resultados caigan en zona verde.
12:00	<ul style="list-style-type: none"> • Se toman dos bobinas para inspeccionar el Dtex obteniéndose los siguientes resultados: 810 y 833, que al graficarlos ambos caen en la banda verde. El proceso continúa.
13:20	<ul style="list-style-type: none"> • El personal operativo cambia la parada, termina la número 1 y comienza la número 2. • El inspector coloca una etiqueta verde a la parada número 1, puesto que el producto cumple con las especificaciones.
14:00	<ul style="list-style-type: none"> • Se toman dos bobinas para inspeccionar el Dtex obteniéndose los siguientes resultados: 856 y 827, al ser graficados una medición cae en la banda verde y la otra en zona amarilla, con ello el proceso puede continuar.

Hora	Actividades del inspector de calidad
16:00	<ul style="list-style-type: none"> Se toman dos bobinas para inspeccionar el Dtex obteniéndose los siguientes resultados: 780 y 845, que al graficarlos ambos caen en la banda amarilla. Se notifica al encargado del área de extrusión para que realice los ajustes necesarios en las condiciones de operación.
16:40	<ul style="list-style-type: none"> El personal operativo cambia la parada, termina la número 2 y comienza la número 3. El inspector coloca una etiqueta verde a la parada número 2, puesto que el producto cumple con especificaciones.
18:00	<ul style="list-style-type: none"> Se toman dos bobinas para inspeccionar el Dtex obteniéndose los siguientes resultados: 878 y 843, que al graficarlos una cae en la banda amarilla y la otra en zona roja. Se notifica al encargado del área de extrusión para que realice los ajustes necesarios en las condiciones de operación. Una vez que se hayan realizado los ajustes en el proceso se tomarán cinco bobinas para liberar el proceso.
20:00	<ul style="list-style-type: none"> El inspector coloca una etiqueta amarilla a la parada número 3, puesto que el producto no cumple con especificaciones. Elabora el reporte de producto no conforme para entregarlo al Jefe de calidad. El contenedor donde se depositó la parada número 3 se coloca en el área de cuarentena, donde deberá permanecer hasta que el jefe de calidad y el jefe de producción determinen si es posible utilizar o se rebana el hilo.

Tabla 5.1 Continuación

En las figuras 5.15 a 5.19 se muestran los documentos generados de estas actividades.



Diagrama de precontrol

Fecha	29 abril 2002	No de lote	566-1
No de paradas	8	Calibre	13
Producto	Hilo sombra	Tiempo de embobinado:	3:20 hrs
Color	Negro	Frecuencia de inspección:	Cda. 2 hrs

Actividades del inspector de calidad

- 1 Llenar el cuadro de identificación y anotar en la gráfica los límites de especificación, el valor medio nominal y los límites de alerta que se indican en la tabla de especificaciones del hilo
- 2 Inspeccionar el Dtex hasta que cinco medidas consecutivas caigan dentro de la banda verde, con ello se libera el proceso
- 3 Inspeccionar una muestra de dos bobinas cada dos horas

- Si ambas mediciones caen dentro de la zona verde o si cae una en la verde y la otra en la amarilla, se debe continuar con la producción.
 - Si ambas mediciones caen en la zona amarilla, se debe notificar al responsable del área de extrusión para que ajuste las condiciones de operación
 - Cuando una o ambas mediciones caen fuera de los límites de especificación (banda roja), se debe detener la parada y notificar al responsable de área de extrusión
- Nota 1) En cada reinicio del proceso o al cambio de número de lote, se debe empezar a partir del paso 1
- 2) Graficar las mediciones indicándolas con pequeñas cruces.

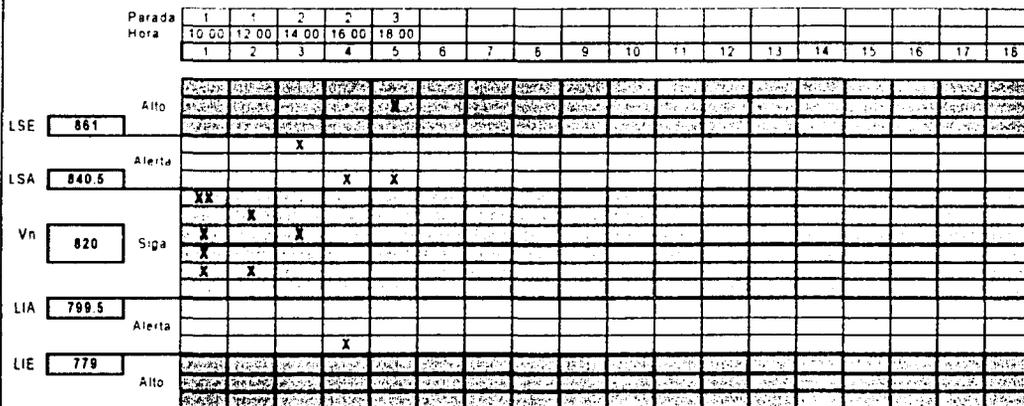


Figura 5.15 Resultados de la inspección del Dtex

			
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD			
APROBADO			
Fecha	<u>29 abril 2002</u>	Proveedor	<u>Extrusión</u>
Producto	<u>Hilo sombra</u>	Clave	<u>HSNE-13</u>
No. de lote	<u>566-1</u>	Análisis	<u>Antonio Diaz</u>
Cantidad	<u>una parada (# 1)</u>	Observaciones	<u>/</u>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Materia prima	Proceso	Producto terminado	

Figura 5.16 Etiqueta de disposición para la parada #1

			
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD			
APROBADO			
Fecha	<u>29 abril 2002</u>	Proveedor	<u>Extrusión</u>
Producto	<u>Hilo sombra</u>	Clave	<u>HSNE - 13</u>
No. de lote	<u>566-1</u>	Análisis	<u>Antonio Diaz</u>
Cantidad	<u>una parada (# 2)</u>	Observaciones	<u>/</u>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Materia prima	Proceso	Producto terminado	

Figura 5.17 Etiqueta de disposición para la parada #2

			
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD			
DETENIDO			
Fecha	<u>29 abril 2002</u>	Proveedor	<u>Extrusión</u>
Producto	<u>hilo sombra</u>	Clave	<u>HSNE-13</u>
No. de lote	<u>566-1</u>	Análisis	<u>Antonio Diaz</u>
Cantidad	<u>una parada (# 3)</u>	Observaciones	<u>Diaz fuera de especificaciones</u>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Materia prima	Proceso	Producto terminado	

Figura 5.18 Etiqueta de disposición para la parada #3



Reporte de no conformidad

FECHA 29 ABRIL 2002

FOLIO 001

DISPOSICIÓN:

DETENIDO

RECHAZADO

Identificación			
Descripción	No. Lote	Cantidad	Área de segregado
Hilo sombra	566 - 1	Una parada	Cuarentena

Ubicación		
Proceso	Máquina	Turno
Extrusión	01	02

Evaluación		
Prueba realizada	Especificaciones	Resultado
METP - 05 Dtex	779 a 840.5 g/10000 m	878 y 843 g/10000 m

Observaciones Parada (# 3)

Inspector de calidad *[Firma]*
Firma

Disposición final

Jefe de producción El hilo se utilizará para elaborar maila antigranzo.

Jefe de calidad Este hilo no debe ser utilizado para maila sombra
(Utilizar para hacer maila antigranzo).

[Firma]
Firma

Figura 5.19. Reporte de no conformidad para la parada

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Objetivo específico.

**Mostrar las conclusiones y recomendaciones de este
trabajo de tesis**

6.1 CONCLUSIONES

Se generó un plan de inspección para el control de calidad en la extrusión de monofilamento de polietileno, dicho plan está conformado por tres etapas que son: materia prima, mezclado de materia prima y producto terminado (hilo).

Al controlar las características contempladas en el plan de inspección propuesto, DIASOR puede obtener los siguientes beneficios:

- Empleo de resinas y master batch que cumplen con las especificaciones, utilizadas por la empresa, de densidad y pellets por gramo.
- Tener una mejor distribución del master batch en las mezclas.
- Evitar paros de máquina debido a estancamiento de material en la tolva y/o filtros.
- Evitar generación de desperdicio.
- Evita la producción de paradas incompletas.
- El evitar paros de máquina hace posible cumplir con los requerimientos del área de urdido.
- Generar un historial del proveedor, para saber si es capaz de suministrar materia prima con las características requeridas para el proceso de extrusión.
- El preparar mezclas de materia prima acatando lo señalado en las formulas maestras, en lo que respecta tanto a cantidades como tiempo de mezclado, se evita el desperdicio de materia prima.
- Se obtiene hilo con color uniforme.
- El depositar la correcta cantidad de filtro UV evitará problemas por degradación prematura de las mallas.
- Al controlar el Dtex se tendrá:
 - Uniformidad en el peso, ancho y sombra de la malla
 - Detectar la diferencia de calibre entre bobinas
 - Aprovechamiento de la materia prima.

- Al controlar el encogimiento se tendrá
 - Uniformidad en el ancho de las mallas
 - No se dificulta el trabajo del área de confección
- Al controlar el calibre se tendrá:
 - Uniformidad en el peso, ancho y sombra de la malla
 - Menor variación en el número de pasadas
 - Menor tiempo muerto debido a mantenimiento, al efectuar cambio de pasadas.
 - Menor tiempo muerto debido a inspección.

Además de lo antes mencionado, ahora se cuenta con documentos para controlar el proceso de extrusión, con ello se sabe: qué se debe inspeccionar, quién debe hacerlo, con qué debe hacerse, cómo debe hacerse, cuándo debe hacerse, con qué frecuencia debe hacerse, dónde debe registrarse y cómo reaccionar ante una no conformidad.

Asimismo, se proporciona el uso de las técnicas estadísticas para el control de la calidad, dando así un sustento estadístico a las inspecciones, situación que no ocurría con los métodos aplicados por DIASOR.

Lo mencionado hasta el momento se verá reflejado en el cliente de la manera siguiente:

- Recibirá mallas con un color uniforme.
- La malla no sufrirá deformaciones o roturas al ser tensada.
- Recibirá mallas con la correcta protección a los rayos UV, dando así un mayor tiempo de vida útil al producto.
- Recibirá mallas con el ancho, peso y sombra, que satisfagan sus necesidades.
- Recibirá el producto en menor tiempo.

El presente trabajo permitió aplicar y comprender principalmente lo siguiente:

- La importancia que tienen los aditivos en la transformación de los plásticos.
- Conocer los procesos de transformación de los plásticos, especialmente el proceso de extrusión.
- La utilidad que tiene la aplicación de la teoría de calidad y la estadística para la solución de problemas.
- La estructura documental que conforma un sistema de calidad.

6.2 Recomendaciones

Aplicar y dar seguimiento al plan de inspección propuesto y hacer los ajustes pertinentes en caso necesario, posteriormente con una actitud de mejora continua, aplicar y dar seguimiento al plan de inspección preliminar y hacer los ajustes pertinentes en caso necesario, ya que este contempla todos los puntos de control del proceso.

En los ejemplos de aplicación del plan de inspección se presentan documentos diseñados bajo una estructura uniforme, dichos documentos servirán como ejemplo para diseñar los documentos restantes que completarán la documentación requerida para el plan de inspección propuesto.

El plan propuesto contempla solo la entrada y la salida, quedando limitado en su parte intermedia, por ello se recomienda elaborar el manual de condiciones de operación, para de ese modo ampliar el plan de inspección propuesto.

Aplicar un sistema de calidad formal con base en la norma ISO-9000: 2000, éste sistema además de dar un esquema de organización en todos los niveles de la empresa y en todos sus ámbitos, dará la oportunidad de abrir nuevos mercados, ya que dicha norma es exigida por muchas organizaciones en México y el resto del mundo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez, Martín. Manual para Elaborar Manuales de Políticas y Procedimientos. Ed. Panorama, S.A. México. 1997.
2. Asaka, Tetsuichi. Manual de herramientas de calidad. Ed. Tecnologías de gerencia y producción, S.A. España. 1992.
3. Besterfield, H. Dale. Control de Calidad. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México. 1995.
4. Brown, P. Roger. Handbook of Plastics Test Methods. Ed. Longman Scientific and technical, EE.UU., 3a ed. 1988.
5. Chanda, Manas. Plastics Technology Handbook. Ed. Marcel Dekker, Inc. EE.UU., 3ª ed. 1998.
6. De Domingo Acinas, José. Calidad y mejora continua. Ed. Donostiarra, S.A. España. 1997.
7. Duncan, J. Acheson. Control de Calidad y Estadística Industrial. Ed. Alfaomega, S.A. México. 1989.
8. Elizondo Decanini, Alfredo. Manual ISO-9000. Ed. Ediciones Castillo, S.A. México, 3ª ed. 1997.
9. Estrada Castillo, Octavio. Diseño, implantación y evaluación de sistemas de calidad y sus aplicaciones. (Apuntes de la materia de calidad que imparte su autor en la Facultad de Ingeniería de la UNAM). 2000.

10. Estrada Castillo, Octavio. Modelo de sistema de calidad total y metodología para su implantación. Tesis de maestría. 1994. Facultad de Ingeniería de la UNAM.
11. Evans, R. James. Administración y Control de la Calidad. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. México. 1995.
12. Feigenbaum, A.V. Control Total de Calidad. Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. México, 2ª ed. 1986.
13. Folgar, F. Oscar. Aseguramiento de Calidad ISO-9000. Ed. Macchi, S.A. Argentina. 1996.
14. Hoyle, David. ISO-9000 Manual de Sistemas de Calidad. Ed. Paraninfo, S.A. España, 3ª ed. 1996.
15. Kume, Hitoshi. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. Ed. Norma, S.A. Colombia. 1992.
16. Montgomery, C. Douglas. Control Estadístico de la Calidad. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. México. 1991.
17. R. Kelly, Michael. Manual de solución de problemas. Ed. Panorama S.A. México. 1992.
18. Roth, William. Problem solving for results. Ed. St. Lucie Press, EE.UU. 1996.
19. Salvendy, Gabriel. Biblioteca del Ingeniero Industrial. Ed. Noriega, S.A. México. 1993.

20. Shah, Vishu. Handbook of Plastics Testing Technology. Ed. Wiley-interscience, Inc. EE.UU., 2a ed. 1998.
21. Shewhart, W. A., y W.E. Deming, Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control (Washington, D.C.: Graduate school, Dept. of Agriculture, 1939, Dover Press, 1986).
22. Shigeru Mizuno. Management for Quality Improvement. The 7 New QC Tools. Productivity Pres. 1988.
23. <http://www.sandretto.it/museo/SPAGNOLO/smstor9.htm>

GLOSARIO

Bobina. Hilo almacenado en un tubo de metal con un metraje y características determinadas.

Calibre. Diámetro del hilo.

Colorante. Es un polvo de origen orgánico, soluble totalmente en el medio de aplicación y que confiere color a la sustancia. En algunas ocasiones, también se le conoce como tinte.

Compactado. Es desperdicio de hilo, el cual es molido para poder ser reutilizado.

Corte. Espiga en la cual se enrolla un determinado metraje de malla.

Dtex. Prueba ASTM-861. Cálculo del peso de 10,000 m. de hilo.

Encogimiento. Porcentaje que se encoge el hilo después de sumergirlo en agua a 90°C.

Extrusión. Proceso continuo con el que se obtiene monofilamento (también llamado hilo), compactando y forzando un polietileno fundido a través de un dado y ejerciendo un estiramiento al producto.

Julio. Ver plegadores.

Master batch. Se define como un compuesto de plástico, el cual contiene una alta concentración de uno o más aditivos. Se utilizan en cantidades específicas con el plástico base, con el fin de obtener la concentración final requerida. En el caso de la

empresa DIASOR sólo se usa pigmento en forma de Master batch, (el Master batch tiene una presentación granular).

Parada. Grupo de bobinas que se llenan de hilo simultáneamente por un tiempo determinado.

Pasadas. Ver trama

PEAD. Acrónimo de polietileno de alta densidad.

PEBD. Acrónimo de polietileno de baja densidad.

PELBD. Acrónimo de polietileno lineal de baja densidad

Pellets. Material a granel en forma de cubos, lentejas o cilindros de 3mm aproximadamente.

Pie. Ver urdimbre.

Pigmento. Es un polvo de origen orgánico o inorgánico, con tamaño de partícula de 0.01 a 1 μm , insoluble en el medio de aplicación y que tiene como función la de conferir color al producto.

Plegadores. Son los accesorios del telar que contienen la urdimbre. También se les conoce como julios.

Punta. Extremo del hilo.

PVC. Siglas con que se designa el policloruro de vinilo, polímero sintético de adición que se obtiene por polimerización del cloruro de vinilo.

El PVC es un plástico duro, resistente al fuego, a la luz, a los productos químicos, a los insectos, a los hongos y a la humedad. No se rompe ni se astilla, ni se mella fácilmente. Todas estas propiedades, y el hecho de que no requiera ser pintado y que pueda reciclarse, implican un coste bajo de mantenimiento y un menor impacto ambiental.

Su rigidez permite utilizarlo en la fabricación de tuberías, láminas y recubrimientos de suelos. Se hace flexible al mezclarlo con un plastificador, siendo utilizado como aislante de tendidos eléctricos, como cuero sintético, para envases de alimentos y artículos impermeables.

Trama. Es el hilo que se inserta por medio de un proyectil en el telar y es perpendicular a la urdimbre.

Tren. Conjunto de rodillos que sujetan y estiran el hilo.

Urdimbre. Son los hilos contenidos en los plegadores, o julios, cuya cantidad y metraje depende del producto a elaborar. Estos hilos forman parte del tejido.

Tabla A Letras clave del tamaño de la muestra MIL-STD-105D

Tamaño de lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 - 8	A	A	A	A	A	A	B
9 - 15	A	A	A	A	A	B	C
16 - 25	A	A	B	B	B	C	D
26 - 50	A	B	B	C	C	D	E
51 - 90	B	B	C	C	C	E	F
91 - 150	B	B	C	D	D	F	G
151 - 280	B	C	D	E	E	G	H
281 - 500	B	C	D	E	F	H	J
501 - 1,200	C	C	E	F	G	J	K
1,201 - 3,200	C	D	E	G	H	K	L
3,201 - 10,000	C	D	F	G	J	L	M
10,001 - 35,000	C	D	F	H	K	M	N
35,001 - 150,000	D	E	G	J	L	N	P
150,001 - 500,000	D	E	G	J	M	P	Q
500,001 - y más	D	E	H	K	N	Q	R

