

USO DE CARTAS DE CONTROL PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD EN MANUFACTURA DE SACOS DE POLIPROPILENO

USE OF CONTROL CHARTS FOR THE QUALITY ANALYSIS IN MANUFACTURE OF POLYPROPYLENE BAGS

SILVIO ANDRÉS MOSQUERA , JHON JAIRO NARVAEZ², JENNY FLOR CABRERA³

PALABRAS CLAVE:

Cartas de control, variable tex, sacos de polipropileno, extruder.

KEYWORDS:

Control charts, tex variable, polypropylene bags, extruder.

RESUMEN

En la empresa en mención no se había realizado un análisis estadístico de las variables de control de calidad del proceso productivo involucradas en la etapa de extrusión, que permitiera establecer y corregir fallas generadoras de la disminución de la calidad del producto, por lo que se propuso realizar un diagnóstico de las causas que afectaban la calidad en el área de producción de sacos de polipropileno partiendo de la información registrada en la empresa en de diferentes periodos. El objetivo fue determinar las desviaciones más comunes que afectaban la calidad del producto y sugerir posibles soluciones a los errores para tomar medidas oportunas y tratar de evitar la aparición de defectos, para ello se utilizó el método de análisis y representación de datos conocido como el método de la gráfica de control donde se analizó el comportamiento de la variable Tex. Como resultado del análisis de las gráficas se realizaron recomendaciones para obtener resultados más exactos de las pruebas de control de calidad y un mejor desempeño de la operación de extrusión y se concluyó que la falta de análisis de los datos, manipulación permanente del equipo, métodos inadecuados para la toma de datos, falta de mantenimiento preventivo, entre otras, fueron las causas que originaron inestabilidad en la uniformidad de los datos registrados. Los resultados obtenidos en este estudio, servirán de base para análisis estadísticos posteriores a las variables de control más determinantes de cada etapa del proceso.

Recibido para evaluación: Noviembre 16 de 2005. Aprobado para publicación: Febrero 27 de 2006

1 Ingeniero industrial de Alimentos. Especialista en gerencia de Producción. Magister en Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán.

2 Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca.

3 Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca.

ABSTRACT

In the company in mention there had not been realized a statistical analysis of the variables of quality control of the productive process involved in the stage of extrusion, which was allowing to establish and to correct generating faults of the decrease of the quality of the product, for what one proposed to realize a diagnosis of the reasons that were affecting the quality in the area of production of sacks of polypropylene departing from the information registered in the company in from different periods. The aim was to determine the most common diversions that were affecting the quality of the product and to suggest possible solutions to the mistakes to take opportune measurements and to try to avoid the appearance of faults, for it there was in use the method of analysis and representation of information known as the method of the graph of control where there was analyzed the behaviour of the variable Tex. As result of the analysis of the graphs recommendations were realized to obtain more exact results of the tests of quality control and a better performance of the operation of extrusion and one concluded that the lack of analysis of the information, permanent manipulation of the equipment, inadequate methods for the capture of information, lack in preventive maintenance, between others, were the reasons that originated instability in the uniformity of the registered information. The results obtained in this study, will use as base for statistical analyses later to the variables of control more determinants of every stage of the process.

INTRODUCCIÓN

La organización, es una empresa dedicada a la elaboración de telas y sacos tejidos de polipropileno destinados al mercado industrial. Para cumplir con los requerimientos de calidad, en el área de producción se realiza un control que consiste en la toma de datos de las variables involucradas en el proceso de extrusión, que se registran en un formato del sistema de gestión de calidad de la empresa llamado Control de Calidad del Proceso Productivo. A la información proporcionada por el formato de control de calidad no se le había realizado un análisis estadístico que permitiera establecer y corregir las fallas que disminuían la calidad del producto y, en consecuencia, la aparición de productos defectuosos se incrementaba.

De esta manera, se propuso realizar un diagnóstico de las causas que afectaban la calidad en el área de producción de sacos de polipropileno, partiendo de la información con que se contaba entre octubre de 2003 y mayo de 2004, Igualmente, se obtuvo información de los meses junio y julio de 2004, con el fin de determinar las desviaciones más comunes y sugerir los medidas correctivas a los errores y mejorar la calidad del producto final.

El diagnóstico y análisis estadístico de calidad es de gran importancia para determinar las fallas del proceso y definir los principales problemas que afectan la calidad del producto, permitiendo un mejoramiento del

comportamiento productivo y facilitando la toma de decisiones que permitan un mayor control de las variables que determinan la calidad del producto final y que conlleven a disminuir el número de productos defectuosos.

MÉTODO

La primera actividad realizada fue el conocimiento del proceso de producción de sacos de polipropileno y las variables manejadas en cada una de las etapas, posteriormente se hizo la recolección de la información correspondiente al periodo octubre de 2003 a mayo de 2004, para hacer un análisis estadístico con gráficas de control y así determinar las variaciones en el proceso y tener una base para realizar una comparación con un muestreo adecuado y un control de calidad permanente correspondiente a los meses junio y julio de 2004.

El método de análisis y de presentación de datos que se eligió es el método de la gráfica de control y se utiliza para indicar cuándo las variaciones que se registran en la calidad no rebasan el límite aceptable para el azar, teniendo en cuenta la confiabilidad de los datos y la importancia de la variable. Este método consiste en un registro gráfico de la calidad de una característica en particular que muestra si un proceso es o no estable, la información utilizada se tabuló para treinta días y seis subgrupos de cuatro elementos para todos los datos del periodo octubre de 2003 a mayo de 2004

Para configurar el par de gráficas de control correspondientes a la media (\bar{X}) y (R) es recomendable utilizar un procedimiento bien estructurado. El primer paso es definir la característica de la calidad. La variable que se elija para figurar en las gráficas \bar{X} y R deberá ser una característica de la calidad cuantificable, luego se elige el subgrupo racional en el que la variación que se produce dentro del grupo mismo se debe a causas fortuitas, esta variación, en el interior del subgrupo, sirve para calcular los límites de control. El siguiente paso consiste en reunir los datos que se registran verticalmente para facilitar la operación de la suma de cada subgrupo, posteriormente se calculan los límites de control de ensayo, los límites de control de intento de las gráficas se definen a ± 3 desviaciones estándar del valor central. Para determinar los límites de control superior e inferior, el cálculo se simplifica usando el producto del rango promedio (R) y un factor (A_2) en vez de las tres desviaciones estándar ($A_2 R = 3\sigma_x$)³ en las fórmulas de la gráfica X. Para la gráfica R el rango, R, se utiliza para calcular la desviación estándar (σ_R)⁴. Así, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$UCL_X = \bar{X} + A_2 R \quad \text{Ec. (1)}$$

$$UCL_R = D_4 R \quad \text{Ec. (2)}$$

$$LCL_X = \bar{X} - A_2 R \quad \text{Ec. (3)}$$

$$LCL_R = D_3 R \quad \text{Ec. (4)}$$

En donde A_2 , D_3 y D_4 son factores constantes cuyo valor depende del tamaño de subgrupo.

Posteriormente se definen los límites de control revisados que consiste en marcar los datos preliminares en la gráfica junto con los límites de control y líneas centrales. El siguiente paso es realizar el cálculo mas aproximado de los valores estándar tomando como base los valores de que se dispone.(1)

Siguiendo esta metodología, la variable a la cual se dio prioridad fue la variable Tex, que proviene de la prueba Tex considerada la prueba más importante, porque determina si la cantidad de material utilizado en la formación de la cinta es el adecuado para obtener un producto terminado que cumpla con las especificaciones requeridas, sin que haya desperdicios de material, porque las alteraciones en la misma repercuten en el costo de producción. La medición de esta variable consiste en pesar 100 m de la cinta producida por el extruder

proveniente de la zona de bobinadoras, en donde se escogen aleatoriamente 24 bobinas en cada turno; la muestra se lleva al laboratorio de calidad y se trata hasta quedar en forma reducida y compacta para ser pesada, este peso se registra junto con el número de la bobinadora en el formato correspondiente.

La última actividad de esta fase fue la construcción y análisis del diagnóstico para conocer las causas que generaron fallas en el área de producción durante este periodo y poder tener una base de comparación con la información actual. La información se organizó y analizó mediante gráficos de control \bar{X} y R, debido a que la característica de estudio es variable y no representa atributo. Posteriormente se realizó una gráfica mensual con la información recolectada, a manera de resumen, para poder determinar con mayor facilidad las tendencias en el comportamiento de los datos. Después de haber analizado cada gráfico de control, se determinaron algunas fallas a corregirse para mejorar la calidad de la cinta y para realizar un correcto análisis del periodo actual.(2)

La información analizada para el periodo de octubre de 2003 a mayo de 2004, se organizó en tablas, de acuerdo con el número de unidades producidas en el periodo de tiempo estudiado y, así cumplir con la condición de un mínimo de 100 muestras necesarias para la elaboración de una grafica de control tipo \bar{X} y R. Para realizar la prueba Tex se escogieron veinticuatro bobinas en cada turno, dado que es una muestra representativa del total de bobinas producidas. Estos datos se organizaron en treinta y seis subgrupos, con el objetivo de obtener una gráfica en dos días, ya que el proceso es continuo.

Teniendo en cuenta los datos registrados en el formato donde se colectan los resultados de la prueba Tex, durante este periodo, se realizó un análisis mensual con el objetivo de resumir la información tomada de los promedios de la variable Tex para cada semana y utilizando los límites establecidos por la empresa para esta variable (89 ± 3) se compararon con los límites de control del proceso para obtener una idea del comportamiento de la variable Tex en cada mes. Después de realizar el diagnóstico y, considerando las recomendaciones propuestas en el periodo pasado, se recolectó la información para el periodo correspondiente a los meses de junio - julio de 2004. Para realizar un adecuado muestreo y posterior análisis de calidad, durante las primeras semanas del mes de junio de 2004 se hizo un monitoreo

constante a la toma y manejo de los datos y, la elaboración de los gráficos de control.

Los datos analizados en el periodo junio a julio de 2004 se tomaron del formato de control de calidad para la variable Tex y se analizaron semanalmente para facilitar la evaluación y la toma de decisiones.

RESULTADOS

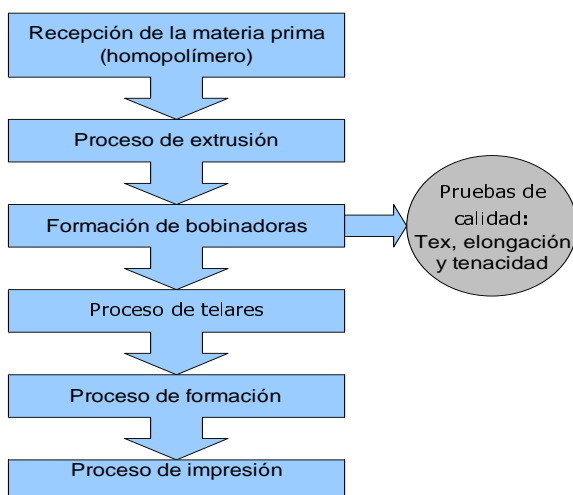
Descripción del proceso productivo de elaboración de sacos de polipropileno

Para la obtención de sacos de polipropileno se sigue el siguiente proceso: (figura 1).

Análisis mensual del diagnóstico realizado en el periodo octubre 2003 a mayo 2004

La información presentada a continuación se analizó gráficamente sin determinar las causas de las variaciones, por tratarse de un periodo pasado en el que no se le podía efectuar correcciones, este análisis se realizó mensualmente comparando los límites establecidos por la empresa para la variable Tex con los límites de control, arrojados por cada gráfica, con el fin de determinar si se encuentran dentro de los límites de especificación, que es lo ideal para un proceso.

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de sacos de polipropileno



A continuación se presenta el cuadro de control de calidad de la variable Tex para el mes de Octubre de 2003, y su respectiva gráfica de control, este procedimiento se efectuó para todos los meses desde octubre de 2003 hasta mayo de 2004 y se realizó el respectivo análisis de los cuadros y figuras.

De los datos obtenidos de la medición de la variable Tex en las cintas en el mes de Octubre de 2003 se obtiene la siguiente grafica de control.

En el cuadro 1 se observa que el promedio de los datos obtenido es casi igual al límite superior de tolerancia lo que indica que el proceso está fuera de control, también se presenta una desviación muy amplia de 3.2, causado por datos muy alejados como en el día 30 y en el día 7, generando un rango de 9.6.

Los límites de control (ver figura 2) se presentan en un rango más amplio que los límites de especificación o tolerancia, debido a la gran dispersión de los datos; lo cual se registra durante todo el mes, también se observa que la mayoría de los datos se encuentran por encima del límite superior de tolerancia y, tan solo los días 27 y 30, están dentro de los límites de tolerancia establecidos por la empresa. Esto significa que el proceso en este mes estuvo fuera de control. La gráfica, en el día 7 se presenta un cambio o salto de nivel repentino, a partir del día 17 y hasta el día 30 presenta una tendencia descendente en los datos, provocada posiblemente por manipulación inadecuada del equipo por parte del operario.

Realizando el mismo procedimiento para los meses siguientes se obtuvieron los siguientes resultados del análisis de las gráficas de control de la variable Tex de las cintas para los meses de noviembre y diciembre de 2003 y enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2004.

Para el mes de noviembre los datos mostraron una desviación no muy grande de 1.6 (ver cuadro 3) y se encontraron datos muy elevados y el promedio de estos era casi igual al límite superior de tolerancia, mostrando un estado de descontrol en el proceso (ver figura 9); el patrón de la gráfica para este mes es de tendencia o cambio permanente de nivel y demostró que, aparentemente, el proceso se encuentra bajo control estadístico, pero está fuera de control con respecto a los límites de tolerancia establecidos por la empresa.

En la grafica de control de la variable Tex del mes de

Cuadro 1. Control de calidad a la variable Tex, para las cintas en el mes de octubre de 2003

Día	Promedio	LSC	LCC	LIC	LCT	LST	LIT
1	93,2	103,2	93,6	84	89	92	86
7	99,4	103,2	93,6	84	89	92	86
16	96	103,2	93,6	84	89	92	86
20	94,6	103,2	93,6	84	89	92	86
22	93,1	103,2	93,6	84	89	92	86
23	93,4	103,2	93,6	84	89	92	86
27	90,1	103,2	93,6	84	89	92	86
30	89,1	103,2	93,6	84	89	92	86
Promedio	93,6						
Desviación	3,2						

Donde:

LSC = Límite superior de control de proceso.

LCC = Línea central de control de proceso.

LIC = Límite inferior de control de proceso

LCT = Línea central de tolerancia.

LST = Límite superior de tolerancia.

LIT = Límite inferior de tolerancia.

diciembre se observó una desviación de los datos muy pequeña de 0.9, y un promedio muy cercano al límite central de tolerancia de 90.2 (ver cuadro 3), haciendo que el proceso esté bajo control y con un patrón deseable, en este mes los límites de control se aproximaron a los límites de tolerancia lo cual es un patrón deseable para el proceso como se muestra en la figura 9.

En el siguiente mes, enero, los datos presentaron una desviación no muy grande de 1.9, el promedio de estos se encontraba por encima del límite superior de tolerancia 93.3 (ver cuadro 3), provocando que el proceso se saliera de control, y una tendencia ascendente indicó que el proceso no está bajo control; como se muestra en la siguiente figura 3.

En el mes de febrero se presentó la desviación más pequeña en todo el diagnóstico tan solo de 0.7 (ver cuadro 3), pero casi todos los datos se encontraban por encima de límite superior de tolerancia, haciendo salir de control al proceso y siendo una tendencia indeseable, aunque los datos están bajo control estadístico con respecto a los límites de control, el proceso estaba fuera de control para los requerimientos de la empresa.

Para marzo, el promedio de los datos se encontraba por encima del límite superior de tolerancia con un valor de 93.3 (ver cuadro 3), lo cual indicó que el proceso continuaba fuera de control. Estadísticamente, el proceso se mostró bajo control con respecto a los límites de control de la gráfica, pero no con respecto a los límites de especificación que maneja la empresa.

En el mes de abril, aunque la desviación era pequeña de 1.1, debido a que todos los datos estaban por encima del límite superior, el promedio de estos fue de 93.6 (ver cuadro 3), haciendo que el proceso estuviera fuera de control para la empresa, presentando una tendencia uniforme en el comportamiento de los datos, ubicados todos por encima del límite superior de

Figura 2. Gráfica de control de calidad a la variable Tex, para las cintas en el mes de octubre de 2003

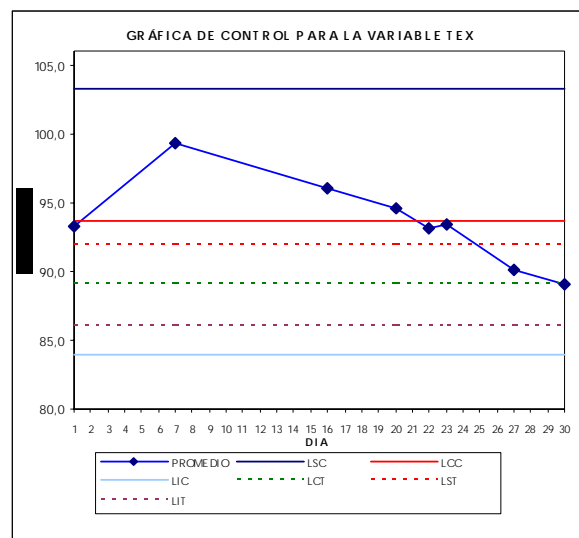
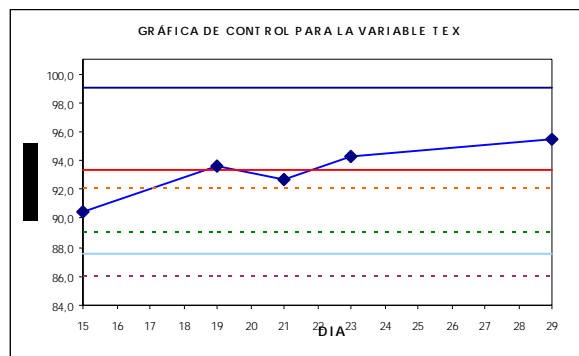


Figura 3. Gráfica de control de calidad a la variable Tex, en el mes de enero de 2004



tolerancia. Este patrón de comportamiento indicó que, muy posiblemente, el proceso no se configuró correctamente o que no se hizo nada para modificar la tendencia de los datos y controlar el proceso, como se observa en la Figura 4.

En mayo, la tendencia de los datos fue elevada, haciendo salir de control el proceso. El rango de los datos fue muy amplio y generó que los límites de control se extendieran, abarcando los límites de especificación y, aparentando un control del proceso, en este mes se presentó un patrón de cambio o salto nivel, ya que se presentaron puntos por encima del límite superior al iniciar el mes y se repitieron a la mitad del mismo, haciendo que el proceso se encontrara fuera de control. El cambio repentino del proceso posiblemente correspondió a la manipulación del extruder por parte del operario, como se puede observar en la siguiente grafica de control. Figura 5.

Análisis general al diagnóstico realizado en el periodo octubre 2003 a mayo 2004

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico realizado en el periodo comprendido entre octubre 2003 y mayo 2004, para la variable Tex, mediante gráficos de control X y R; se hicieron unas recomendaciones en cuanto a la toma, ordenamiento y análisis de datos, para buscar un mejoramiento en la simetría del espesor de la cinta y obtener un mayor control del proceso, reflejado en un tejido mas uniforme y con una densidad adecuada con los requerimientos del cliente, debido a que el comportamiento de la variable de calidad de la cinta, Tex, durante este periodo no fue uniforme. (2)

El comportamiento de las gráficas indicó que el proceso no estaba bajo control estadístico, porque varios valores de los subgrupos no se encontraban por fuera de los límites inferior y superior de control y, además, la variación de los datos mostró que el proceso no era regular y también estaba fuera de control con respecto a los límites de especificación, lo ideal sería que los datos estuvieran dentro del rango $\pm 1 \sigma$. Cuando un punto (valor del subgrupo) cae fuera de sus límites de control el proceso se encuentra fuera de control. Significa que existe una causa de variación atribuible. (1)

En la prueba Tex la mayoría de los datos se encuentran fuera del límite superior o entre el límite central y supe-

Figura 4. Gráfica de control de calidad a la variable Tex, en el mes de abril de 2004

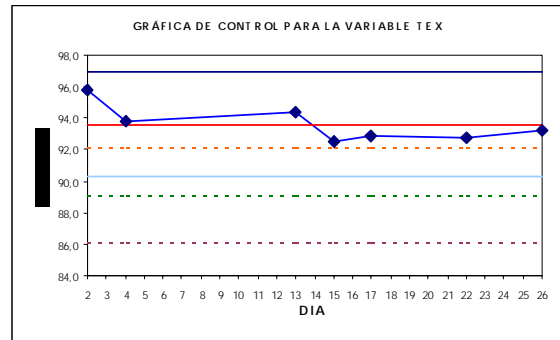
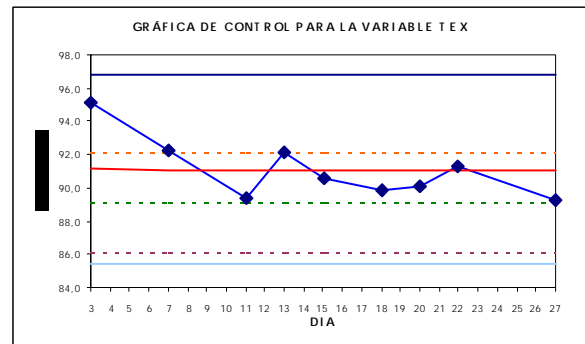


Figura 5. Gráfica de control de calidad a la variable Tex, en el mes de mayo de 2004



rior, esto indica que el peso de la cinta era muy alto y, por lo tanto, se estaba desperdiciando material, lo que representa un sobrecosto para la empresa. Al comparar la información de las gráficas de la prueba Tex, con los límites de tolerancia, inicialmente se recomendó que la realización de las pruebas de calidad se hicieran a lo largo de cada turno, en el momento de bajar cada tanda de bobinas y, de esta forma, tener el comportamiento del Tex en la cinta durante todo el turno, para así poder tomar acciones correctivas orientadas a ajustar las pruebas con los límites establecidos.

Como resultado de esta primera etapa se diseñó un nuevo formato para el control de la variable Tex, en el que los datos se ordenaron para facilitar su análisis. Para tener un mejor control del proceso, se sugirió realizar un análisis inmediato de los datos obtenidos en las pruebas en cada turno mediante la ubicación de la gráfica en el área de producción, con el fin de que los operarios pudieran darse cuenta del comportamiento de la cinta en el transcurso del turno y, de ser necesario, tomar una decisión inmediata; también se recomendó realizar reunio-

nes periódicas para poder analizar los resultados obtenidos en los gráficos de control para la variable y así poder tomar acciones correctivas.

Diagrama causa - efecto para determinar las causas que afectan la uniformidad de los datos de la variable Tex

Con el fin de determinar las causas de la variación de los datos observada en el periodo de diagnóstico, se realizó un diagrama de causa efecto con el cual se buscó determinar, mediante una lluvia de ideas, las causas que afectaban el comportamiento de los resultados de la prueba de control de calidad de las cintas, Tex. Para su elección, se tuvo en cuenta el método de las 6M. (5)

Las causas que se consideraron más importantes fueron materia prima y mano de obra, debido a que los operarios encargados de realizar las pruebas de calidad no las hacían correctamente, muchas veces las delegaban y otras veces corregían los datos que estaban muy desfasados, todo esto por falta de capacitación e interés; otra causa identificada fue el método, es decir, la manera como se realizaban las pruebas de control de calidad para las cintas, porque a estos resultados no se les hacía ningún análisis inmediato que permitiera determinar fallas en el proceso; el medio ambiente también pudo influir en el proceso, porque el viento podía llegar a deformar la película en el momento de caer a la piscina, igualmente las fluctuaciones en el servicio de

energía eléctrica pudieron llegar a generar alteraciones en el desempeño del extruder.

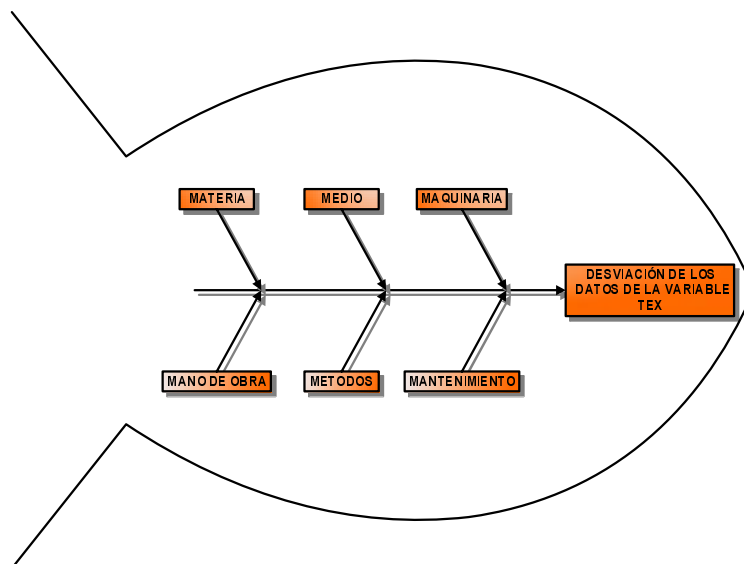
Se identificó que la maquinaria es la causa principal de todas las variaciones en el comportamiento de la cinta en esta etapa, ya que el extruder no puede producir todas las cintas uniformes y, en el cabezal o dado de este, se pueden presentar muchas variaciones si no está correctamente calibrado, finalmente se analizó que el mantenimiento pudo ser causa de variación al no hacerlo correctamente, de manera estricta, periódica y general. Figura 6.

Como resultado del análisis realizado al diagrama causa - efecto se determinó realizar diferentes cambios, entre ellos, cerrar la puerta principal para evitar que la acción del viento deforme la película de polipropileno que sale del extruder, no tocar el cabezal para evitar descalibrarlo, realizar un mantenimiento preventivo periódico mensual, que los operarios encargados debían realizar correctamente las pruebas de control de calidad y no delegarlas y analizar la información registrada en los formatos de control.

Análisis para la variable Tex en el periodo junio a julio, límites de especificación vs límites de control.

Este análisis se realizó con el fin de comparar el comportamiento de los datos dentro de los límites de especificación y de control y la variación entre los dos.

Figura 6. Diagrama causa y efecto para determinar las causas que afectan la uniformidad de los datos de la variable Tex



En el siguiente cuadro correspondiente al mes de junio se observa que no hay ningún dato fuera de los límites de tolerancia establecidos, esto permite confirmar que el proceso se encontraba bajo control. Cuadro 2.

En la Figura 7, se observa que el proceso se encontraba bajo control estadístico y bajo control con respecto a los límites de especificación. El rango de los datos disminuyó y los límites se estaban ajustando a los límites de especificación. La gráfica muestra una variación natural inherente al proceso.

En el mes de julio el promedio de los datos, 89,6 (ver cuadro 3), estuvo muy cercano al límite central de tolerancia y la desviación, 1.1, fue muy pequeña, lo que indica que el proceso continuó estable y bajo control estadístico, los límites de control estaban muy cerca de los límites de especificación lo cual es el resultado de la poca variación en los datos y se atribuyó a causas de variación fortuitas, donde el proceso es predecible permanentemente, como se muestra en la siguiente gráfica de control. Figura 8.

Al analizar las gráficas se propusieron acciones correctivas a lo largo de este periodo con el fin de ajustar el promedio del Tex al límite central de tolerancia; entre estas acciones se encontraban cambiar el filtro del cabezal del extruder, hacer una revisión general de las

Cuadro 2. Control de calidad a la variable Tex, para las cintas en el mes de junio de 2004

Día	Promedio	LSC	LCC	LIC	LCT	LST	LIT
1	88,8	92,1	87,9	83,7	89	92	86
2	87,1	92,1	87,9	83,7	89	92	86
4	86,6	92,1	87,9	83,7	89	92	86
7	86,6	92,1	87,9	83,7	89	92	86
9	86,2	92,1	87,9	83,7	89	92	86
11	86,2	92,1	87,9	83,7	89	92	86
16	88	92,1	87,9	83,7	89	92	86
18	87,8	92,1	87,9	83,7	89	92	86
23	90,3	92,1	87,9	83,7	89	92	86
25	89,9	92,1	87,9	83,7	89	92	86
28	89,4	92,1	87,9	83,7	89	92	86
30	88	92,1	87,9	83,7	89	92	86
Promedio	87,9						
Desviación	1,4						

termocuplas y realizar una calibración del dado o cabezal, montar un variador de velocidad en el godet número dos, incrementando la velocidad de salida de la cinta, para obtener un mayor rendimiento de la película en la formación de las cintas, revisar el filtro del cabezal y aumentar las revoluciones por minuto del extruder, con el fin de incrementar la velocidad de salida de la cinta y evitar que se presente preestiraje.

Análisis general para el periodo junio a julio de 2004

Como resultado inmediato de la aplicación de las recomendaciones, se observó una disminución en el rango de los datos y así mismo una mayor estabilidad en el promedio, ya que los datos mostraron una mayor tendencia al límite central, en comparación con el análisis realizado al periodo comprendido entre octubre de 2003 y mayo de 2004.

Posteriormente, se realizaron reuniones para analizar los resultados de estos gráficos de control y tomar decisiones con respecto al proceso, como resultado se dispuso de una zona en el área de producción, junto al laboratorio de control de calidad, para graficar el resultado de la prueba de Tex, con el fin de llevar un proceso más estricto, llevar un registro de las gráficas en hojas milimetradas, realizar las pruebas en el transcurso de cada turno y que el aseo y mantenimiento de la máquina de extruder debía realizarse mensualmente.

Otras de las decisiones fueron hacer revisión y mantenimiento de los equipos de medición utilizados en el laboratorio de control de calidad, con el fin de obtener resultados más exactos en las pruebas de control; cambiar el filtro del cabezal del extruder; revisar temperatura y estado de termocuplas; continuar con el análisis realizado a la variable Tex de la cinta mediante gráficos de control con igual interés y responsabilidad, graficar cada punto con la mayor precisión posible y, de esta manera, obtener resultados más confiables; no realizar ajustes al proceso inmediatamente se note una variación en el comportamiento de las gráficas, sino esperar a realizar el análisis respectivo y tomar las correcciones pertinentes; la unificación de la densidad de las mallas en el tornillo para disminuir la presión de filtro; revisar la presencia de posibles fugas por los tornillos del cabezal, y calibrar el dado del cabezal, teniendo en cuenta que esta actividad se debe realizar como mínimo cada seis meses, debido a las especificaciones del equipo, fueron otras de las medidas que se tomaron para controlar el proceso.

Compendio del comportamiento de la variable Tex a lo largo del estudio.

De los valores obtenidos de la variable Tex a lo largo de los dos periodos de estudio, que comprenden los meses de octubre de 2003 hasta Mayo de 2004 y junio y julio del mismo año, se obtuvo los siguientes resultados: Cuadro 3.

De los datos obtenidos durante los dos últimos meses donde se realizaron las acciones propuestas para mejorar el comportamiento de la variable Tex, se puede observar que el promedio demostró una mayor tendencia

al limite central comparativamente al anterior periodo de estudio y la desviación de los datos se disminuyó, lo que indica que el proceso se encontraba bajo un mejor control estadístico, este comportamiento también se puede observar en la siguiente figura donde durante los primeros ocho meses a los que se les realizó el análisis estadístico de los valores de la variable Tex esta se encontró muy pocas veces dentro de los limites de control por la diferentes fallas se producían en el proceso de extrusión o en la toma de muestras para medir la variable, y en los últimos dos meses de estudio y aplicando las acciones correctivas propuestas se mejoró el comportamiento de la variable y el proceso se encontró bajo control que es el estado ideal del proceso. **Figura 9.**

Figura 7. Gráfica de control a la variable Tex, para las cintas en el mes de junio de 2004, límites de control vs límites de especificación.

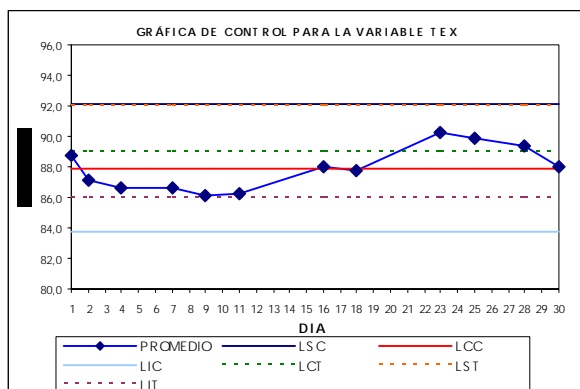
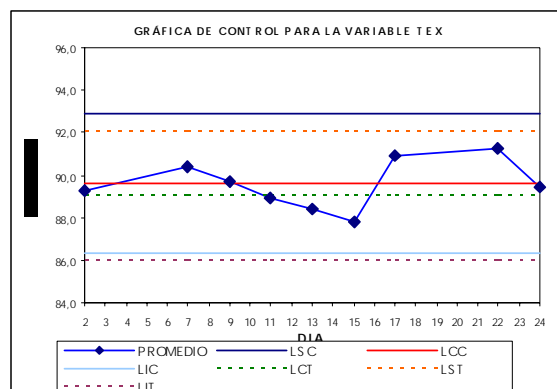


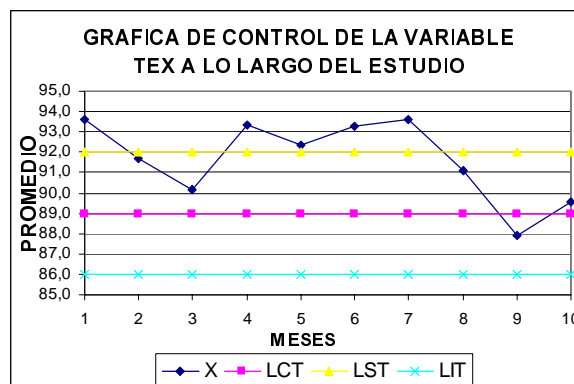
Figura 8. Gráfica de control a la variable Tex, para las cintas en el mes de julio de 2004, límites de control vs límites de especificación.



Cuadro 3. Control de calidad a la variable Tex, para los meses del estudio.

MES	X	σ_x	LSC	LCC	LIC	LCT	LST	LIT
Octubre	93,6	3,2	103,2	93,6	84,0	89,0	92,0	86,0
Noviembre	91,7	1,6	96,5	91,7	86,9	89,0	92,0	86,0
Diciembre	90,2	0,9	92,9	90,2	87,5	89,0	92,0	86,0
Enero	93,3	1,9	99,0	93,3	87,6	89,0	92,0	86,0
Febrero	92,3	0,7	94,4	92,3	90,2	89,0	92,0	86,0
Marzo	93,3	1,1	96,6	93,3	90,0	89,0	92,0	86,0
Abril	93,6	1,1	96,9	93,6	90,3	89,0	92,0	86,0
Mayo	91,1	1,9	96,8	91,1	85,4	89,0	92,0	86,0
Junio	87,9	1,4	92,1	87,9	83,7	89,0	92,0	86,0
Julio	89,6	1,1	92,9	89,6	86,3	89,0	92,0	86,0

Figura 9. Gráfica de control a la variable Tex, para las cintas en durante los diez meses de estudio



Donde:
X = Promedio.
 σ_x = Desviación estándar

CONCLUSIONES

La falta de métodos para toma y análisis de los datos, manipulación permanente del equipo, falta de mantenimiento preventivo, entre otras, fueron las causas que originaron inestabilidad en la uniformidad de los datos registrados, en una de las pruebas más importantes para el control de calidad de las cintas en el proceso de producción de sacos plásticos en la empresa, como lo es la prueba Tex.

Con la aplicación de este análisis de calidad a la variable de control Tex, se obtuvo un control estadístico de ésta, que permite mantenerla bajo el rango de especificación 89 ± 3 , cumpliendo con los estándares internacionales para la producción de sacos de polipropileno.

El análisis estadístico permitió el diseño de un nuevo formato para la toma y el ordenamiento de los datos de la variable Tex, con el fin de analizar todas las variables de control de calidad y así asegurar la estabilidad en todas las etapas del proceso.

El análisis de calidad realizado a la variable Tex, permitió mejorar el proceso de extrusión y la obtención de cintas más uniformes y con un Tex dentro de los límites de especificación ideal para la formación de un tejido con un gramaje adecuado y que garantice calidad y satisfacción, cumpliendo con los requerimientos del cliente.

Cuando el proceso se encuentra bajo control se presentan algunas ventajas como mayor uniformidad en cada una de las unidades del producto terminado, también permite decidir cuáles deberán ser las especificaciones del producto y el consumidor puede verificar los valores informados para el producto. Las gráficas X y R sirven de evidencia estadística en el control del proceso.

REFERENCIAS

- (1) BESTERFIELD, H. Dale. Control de calidad. México: Mc Graw Hill, 1994. 326 p.
- (2) CABRERA CABRERA, Jenny Flor y NARVÁEZ RIVAS, John Jairo. Análisis de la calidad en el área de producción de sacos de polipropileno de la empresa Empaques del Cauca Plásticos S. A. mediante el uso de métodos estadísticos. Cauca, 2005. 56p. Trabajo de grado (Ingeniero agroindustrial). Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agropecuarias.
- (3) CHARBONNEAU, Harvey C. y WEBSTER, Gordon L. Control de calidad. México: Mc Graw Hill, 1994. 291 p.
- (4) EMPAQUES DEL CAUCA, PLÁSTICOS S. A. Manual del Sistema de Gestión de Calidad. Popayán, 2003.
- (5) JARAMILLO MACÍAS, Luis Nevio. Control de Calidad Aplicado. Universidad del Quindío. Armenia: 1996.