

Aplicación de la Metodología Seis Sigma para controlar los parámetros significativos en la producción de un guante de Nylon con recubrimiento de Látex

Manuel Rodríguez Coy¹, Javier Molina Salazar¹,
Luis Felipe Fernández Martínez¹, Noe Alba Baena¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

El presente trabajo de investigación trata sobre la implementación de la metodología Seis Sigma usando la línea de trabajo de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar), para reducir la variación que está generando el producto terminado, ya que este no está pasando las pruebas de calidad a las que se somete. El producto que se estudia es un guante de nylon con recubrimiento de nitrato de la línea HyFlex 11-800, los requerimientos mínimos que pide el laboratorio de calidad en Coshocton, los cuales no está pasando son: prueba de abrasión con una media de mínima de 8000 RPM, el espesor medio del guante sea mayor a 44 mm, el peso promedio del guante en el recubrimiento debe ser de 13.5 mg.

Palabras clave: Seis Sigma, Dmaic, pruebas de hipótesis, valores de p, gráficos estadísticos.

Introducción

Antecedentes

En la actualidad una empresa espera que su producto funcione de acuerdo a sus estándares de calidad, el aumento de la oferta y los avances tecnológicos hacen que el nivel de la calidad de los productos sea cada vez mayor. Así mismo la globalización de los mercados provoca que las condiciones de uso de dichos productos sean aún más diverso.

Es por esto que uno de los factores críticos para el éxito de una organización es la capacidad de aprender a escuchar

sus procesos, una de las maneras más comunes de escuchar a dichos procesos es el de disponer de historia estadística y sus respectivos análisis. Aunque es bueno tener y analizar datos del pasado estos no siempre nos ayudarán a tener los resultados esperados, inconsistencia de datos, la existencia de factores o variables altamente significativas son algunos de los riesgos (Raínusso, 2008). Hunter explica que el utilizar datos históricos es como escuchar pasivamente al proceso, mientras que la experimentación significa

establecer una conversación activa con el proceso (Bisgaard, 1989).

La apertura de mercados mundiales y tratados de libre comercio obligan a las empresas de cada país a mejorar sus procesos de producción, fabricación y servicios, esto con el fin de entregar mejores productos con calidad (M., 2010), uno de los factores clave en la búsqueda de altos niveles de competitividad es la calidad, para que una empresa logre este viaje es necesario que realicen actividades interrelacionadas y es así como se genera el concepto de mejora continua, el cual realiza diferentes cambios o modificaciones en los procesos productivos mejorando así su rendimiento (Chaparro, 2013).

La empresa Ansell implemento una mejora a el proceso de fabricación del

guante HyFlex 11-800, esta mejora trajo reducciones en cuestiones técnicas para el proceso pero en si ha traído varios problemas con el producto terminado en este caso el guante ya mencionado. Uno de los problemas más importantes que se están teniendo es que no está cumpliendo con una prueba de calidad que se realiza al guante, dicha prueba es una prueba de abrasión. Aunado a esto no se tiene control de las variables de entrada, los ingenieros mencionan que dependiendo de la persona que esté en el proceso maneja sus propios parámetros.

Las variables de salida que estudia el centro de calidad de Coshocton son las que aparecen en la tabla 1, a la centro de calidad no le importan los parámetros siempre y cuando se cumplan los objetivos que ellos solicitan.

Tabla 1 Variables de Salida

Variable de Salida	Especificación mínima	Objetivo
Prueba de abrasión (EN)	>8,000 RPM	>10,000 RPM
Espesor	>40 mm	>43 mm
Peso	>12.0 mg	13.5-14.0 mg

En la figura 1 se muestran los resúmenes gráficos de los datos obtenidos de una prueba de calidad realizada por el departamento de R&D de una prueba de abrasión, espesor y peso. Como se puede apreciar en el resumen gráfico los datos la media de la prueba de abrasión es de 4425, la cual es menor que la media

establecida por Coshocton, la media del espesor es de 43.928 milímetros el cual está por encima de la media establecida por la oficina, mientras que la variable de salida de peso está por debajo de la especificación que pide Coshocton con un valor de 12.82 comparado con el valor mínimo de 13.00

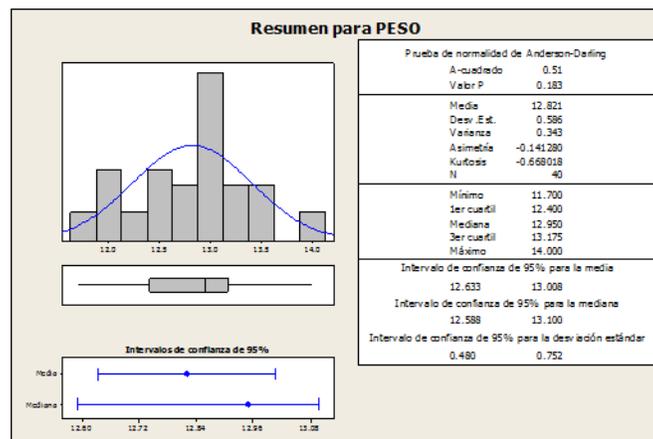
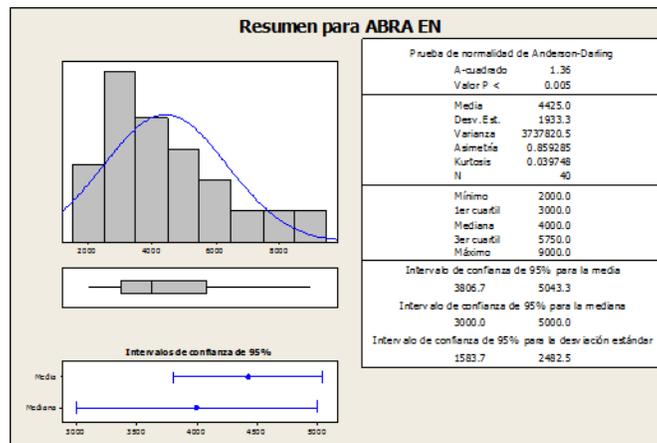
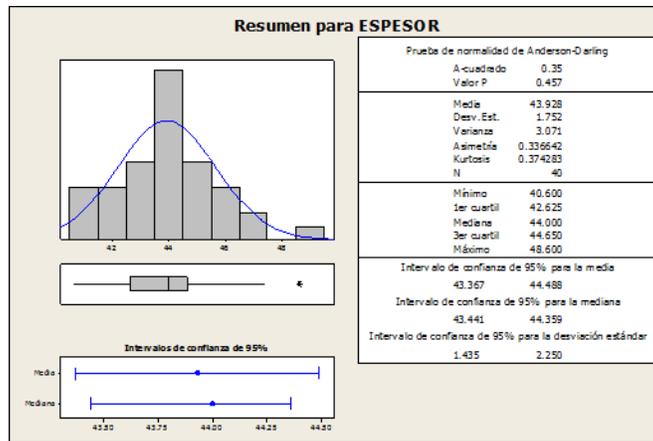


Figura 1 Resumen gráfico de datos del estado actual

Metodología

El desarrollo de esta investigación está enmarcado en la metodología DMAIC (Caicedo, 2013), la cual como ya se cometnó anteriormente es una de las línea de trabajo de la metodología Seis Sigma, las actividades que se usan en esta metodología son definir, medir, analizar, imlementar y controlar.

Primeramnte se empieza por definir el problema que se tiene en la compañía, posteriormente una vez definido el problema se pasa a la descripción y entednimiento del proceso de producción del producto que se analizará, también se investigan las variables de entrada y de salida que se tiene que utilizar para llevar a puerto esta investigación, todo esto enmarcando la fase de definir de la metodología ya seleccionada.

Posteriormente se hacen mediciones para saber como es el estado actual del proceso antes de empezar a trabajar. Una vez

tomado los datos de las mediciones realizadas se analiza la información recolectada para ver como está trabajando el proceso y ver si está siendo capaz de cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por el cliente.

Al tener los resultados del análisis se observan que variables podrían estar ocasionado variación en el producto para que esté no esté cumpliendo con las especificaciones de calidad, se trabaja con el producto para encontrar mejoras que puedan llevar a que se cumpla con las especificaciones mínimas requeridas por la oficina de Coshocton.

Una vez identifacdas las variables se trabaja con ellas para obtener los valores óptimos que permitan cumplir con las especificaciones de calidad, se realiza una prueba piloto en el laboratorio de R & D para ver si las mejoras funcionaron como se esperaba de ellas.

Se mandan los resultados a la oficina de Coshocton para que validen los resultados

y tomen una decisión sobre la mejora implementada en la investigación.

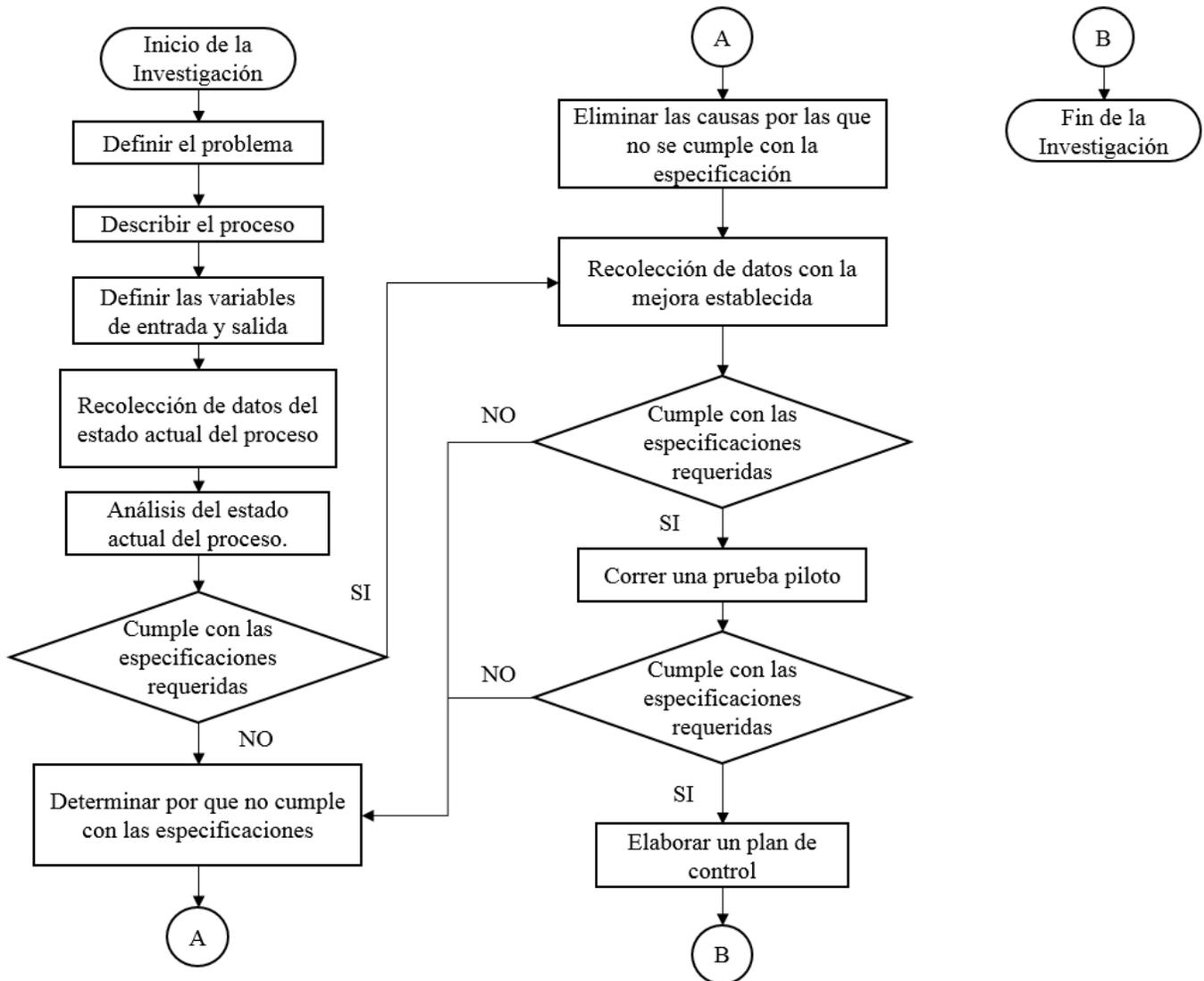


Figura 2 Diagrama de flujo de la metodología

Resultados

Ya una vez definido y limitado el problema se dio a la tarea de llevar a cabo las mediciones, primeramente se empezó por realizar las mediciones a las variables de entrada, primeramente se empezó con

la variable de temperatura, se tomó la temperatura en el horno de laboratorio de R & D para ver si este podría ser capaz mantener una temperatura estable ya que

se requiere una temperatura en la zona de curado de 225 +/- 5 °F.

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron dos sensores que se colocaron dentro del horno para monitorear la temperatura, uno de estos fue colocado en la forma (estructura metálica en forma de mano) y el otro colocado en el centro del horno para ver el comportamiento del horno, durante cuatro días se realizaron las lecturas, se hicieron 20 tomas con cada sensor, la hipótesis a plantear en esta medición es la siguiente:

H0: La temperatura en el horno del laboratorio es capaz de mantenerse estable.

H1: La temperatura en el horno del laboratorio no es capaz de mantenerse estable.

Primeramente realizaremos un estudio de normalidad a los datos tomados en horno del laboratorio para ver si los datos tiene un comportamiento de una distribución normal.

H0: Datos con comportamiento normal.

H1: Datos con comportamiento no normal.

En la figura 3 se puede ver el valor de P es de 0.785 para sensor 1 y 0.857 para sensor 2, son mayores al valor de significancia de 0.05 con esto podemos concluir que no hay la suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula por lo tanto nuestros datos siguen un comportamiento normal.

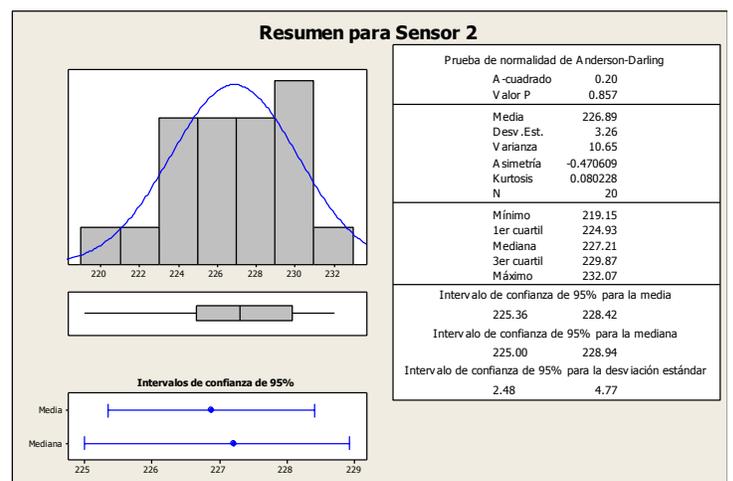
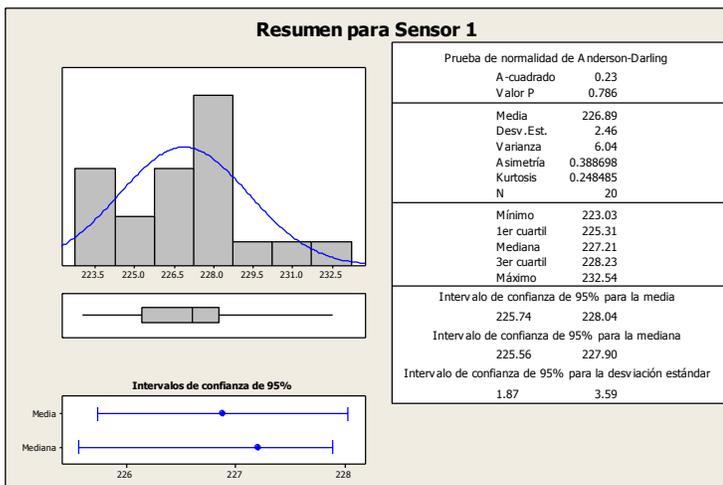


Figura 3 Resumen gráfico de sensores 1 y 2

Como ya se comprobó la normalidad de los datos, plantaremos la siguiente hipótesis para ver si ambas lecturas son iguales o hay diferencia entre ellas.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Usando una prueba de 2T para dos muestras se obtuvieron los siguientes resultados.

Prueba T e IC de dos muestras: Sensor 1, Sensor 2

T de dos muestras para Sensor 1 vs. Sensor 2

Diferencia = μ (Sensor 1) - μ (Sensor 2)

Estimado de la diferencia: -0.004

IC de 95% para la diferencia: (-1.858, 1.851)

Prueba T de diferencia =0(vs. no =):
Valor T=-0.00 Valor P=0.997 GL=35

El valor de P es mayor al valor de significancia de 0.05, por lo tanto no hay la evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula. En la figura 4 se muestran dos diagramas donde se podrá observar con más claridad donde las temperaturas marcadas por el señor 1 y sensor 2 son iguales, además se agregan dos gráficas Xbarra para ver si las temperaturas están bajo control estadístico.

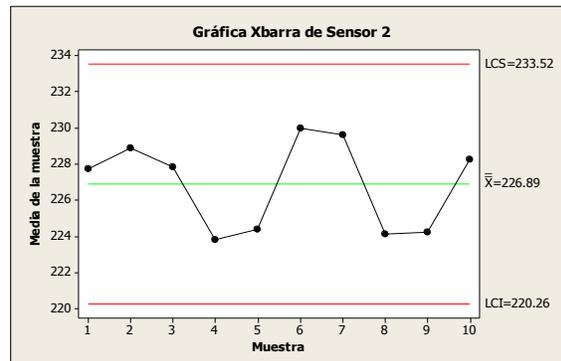
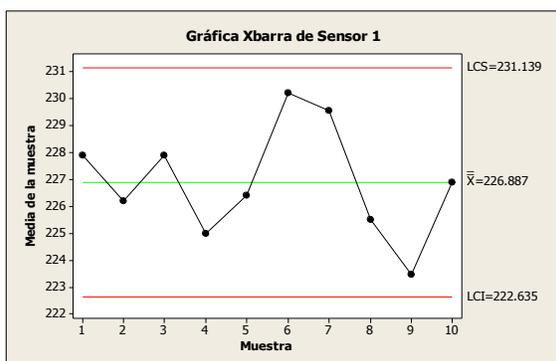
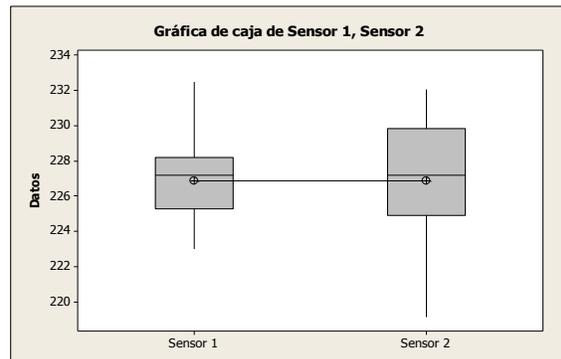
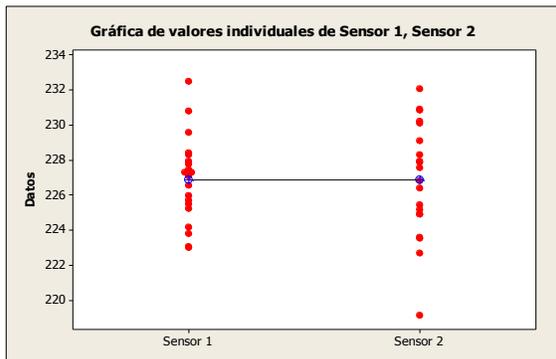


Figura 4 Resultados gráficos de sensores 1 y 2

Después de que se analizó al horno del laboratorio, es momento de analizar los equipos con los que mediremos el espesor del guante. Para este estudio se analizaron

dos tipos de micrómetros, figura 5, para medir el espesor de guante, se trabajó con la herramienta de un Gage R&R.



Figura 5 Micrómetros

El estudio de medición salió normal ya que el porcentaje de contribución de la variación de la parte es el 95.95% lo cual es bueno ya que se presentaron partes con diferentes espesores. El porcentaje de variación en el estudio es de 20.13 lo que es menor al 30% para ser aceptable, además el número de categorías es de 6 lo cual es normal ya que se necesitan más de 5 categorías distintas. En la figura 6 se puede apreciar el resumen gráfico del

estudio de la medición, como se puede observar la variación la está generando la parte que se les dio a los operadores a medir, se puede apreciar en los diagramas de caja que las medias parecen ser iguales para las mediciones que realizó cada operador. Además podemos observar que la interacción entre las parte y el operador es prácticamente tienen el mismos comportamiento.

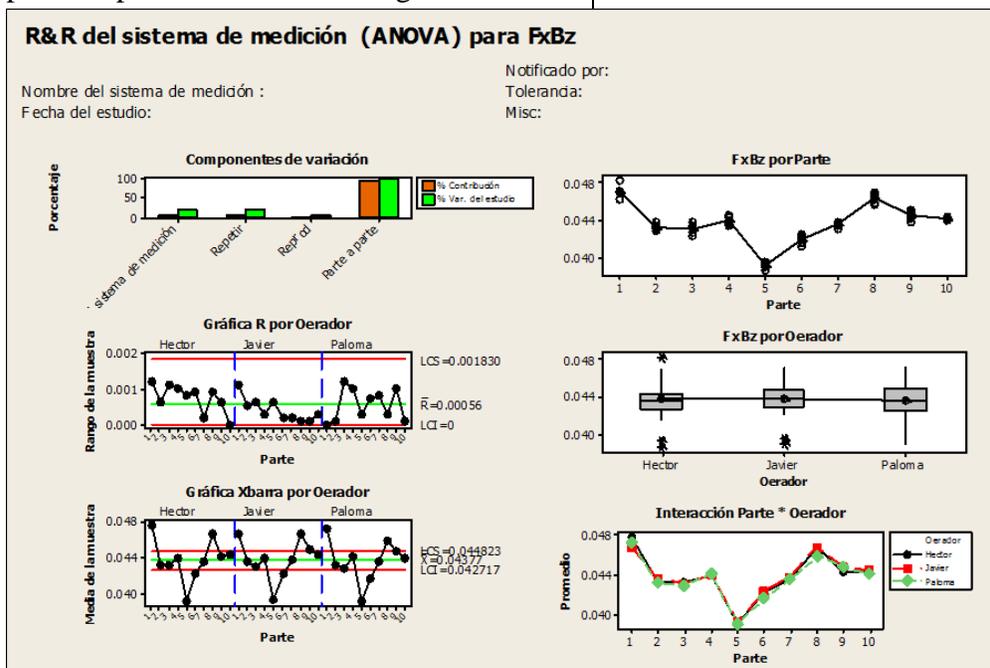


Figura 6 Análisis de medician para micrómetro FxBz

Como podemos observar el estudio de medición realizado con el micrómetro manual no sería buena opción de uso ya que el porcentaje de variación es mayor a lo aceptable, además el número de categorías distintas es igual a dos que está por debajo de lo permitido que son cinco

categorías. En la figura 7 se muestra el estudio de medición para el micrómetro HbBZ, como se puede ver en el resumen gráfico se puede apreciar variación entre los operadores, el diagrama de caja se puede ver una pequeña variación.

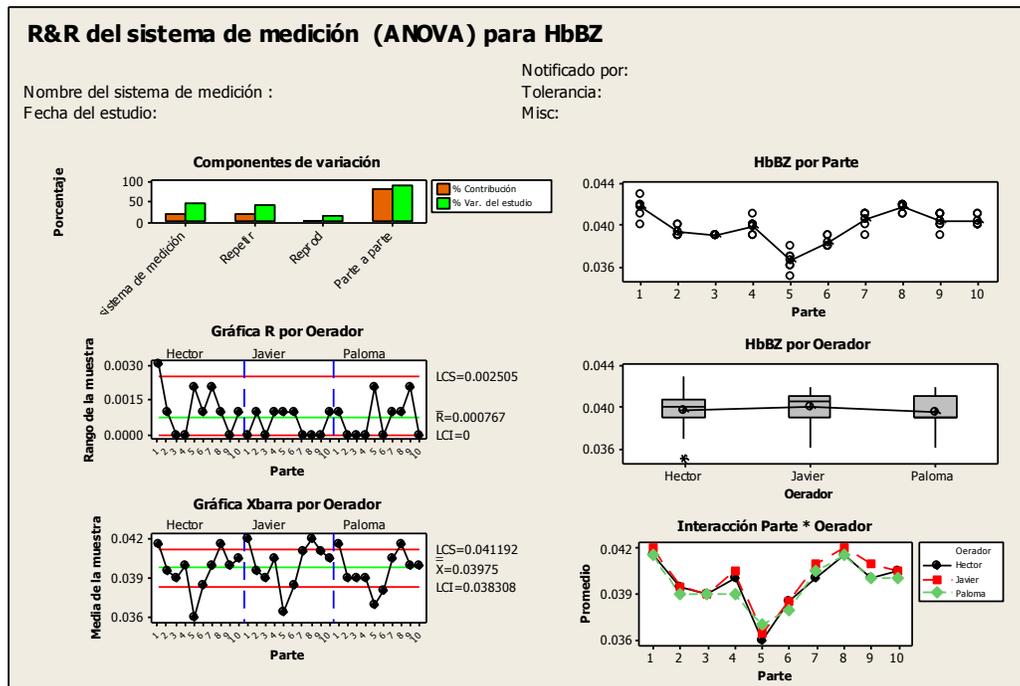


Figura 7 Resumen gráfico estudio de medición para HbBZ

Se realizó una prueba t de dos muestras para ver si las mediciones son las mismas medidas con el micrómetro HbBz y FxBz, la hipótesis que se planteo fue la siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Prueba T e IC de dos muestras: FxBz, HbBZ

T de dos muestras para FxBz vs. HbBZ

N Media Desv.Est. la media

FxBz 60 0.04377 0.00217 0.00028

HbBZ 90 0.03974 0.00166 0.00017

Diferencia = μ (FxBz) - μ (HbBZ)

Estimado de la diferencia: 0.004026

IC de 95% para la diferencia: (0.003371, 0.004681)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =):
Valor T = 12.19 Valor P = 0.000 GL = 103

A la conclusión que se puede llegar es que las lecturas tomadas por los

operadores son diferentes ya que el valor de P.V. =0.000 lo que quiere decir es que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa la cual dice que las medias de las mediciones son diferentes.

Tras haber analizado y estudiado que se puede controlar la temperatura en horno del laboratorio y sabiendo que vamos a utilizar el micrómetro FxBz para medir el grosor del guante. Se continuo con un estudio en el cual se realizo fue un análisis de varianza de 1 factor para ver si el tiempo de curado afectaría el espesor del guante. Los tiempos que se usaron fueron los que calidad usa para producción más sin embargo no son los establecidos ya que no existe tal parámetro. Para la temperatura que se sus fue la de la zona de curado con una especificación de 225 +/- 5 °F, la variable de salida usada para probar este factor fue el espesor de la palma del guante y este se mido con el micrómetro FxBz, ya que fue el que presento menos variación en las lecturas.

Para el análisis del factor de tiempo en el horno se formuló la siguiente prueba de hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3; H_a: \mu_i \neq \mu_j \text{ al menos un par diferente}$$

ANOVA unidireccional: Espesor vs. Tiempo

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tiempo	2	29.898	14.949	32.89	0.000
Error	15	6.818	0.455		
Total	17	36.716			

S = 0.6742 R-cuad. = 81.43% R-cuad.(ajustado) = 78.95%

Como se puede apreciar en este análisis de ANOVA se observa que el P.V.=0.000 con lo que hay la evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa donde al menos un par de medias es diferente entre sí. Esto quiere decir que si causa variación el tiempo que permanezcan dentro del horno.

En la figura 8 se puede apreciar la gráfica de efectos principales donde vemos que con un tiempo en el horno de 10 minutos se obtiene el mayor espesor comparado con los otros dos tiempos. Se puede apreciar que la media de este nivel está por encima de la especificación mínima requerida por la oficina de Coshocton.

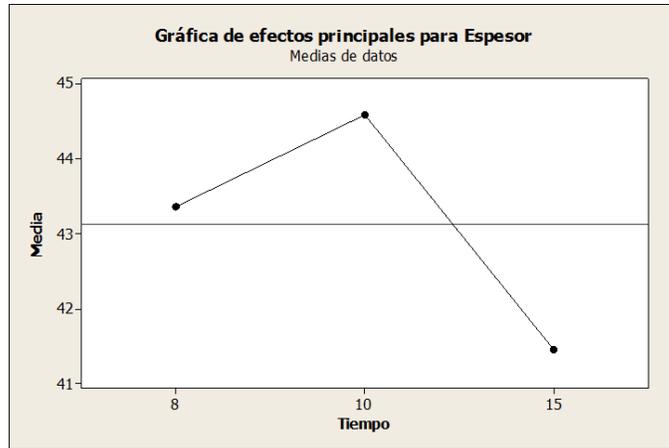


Figura 8 Efectos principales para Espesor

Después de observar que el tiempo en el horno si afecta en la variación del espesor se realizó otra prueba en la cual se dejó la temperatura que se tiene en el horno de curado y se usó un tiempo de 10 minutos para ver si esta combinación generaría variación en las variables de salida de espesor, abrasión, el factor del compuesto no se pudo usar ya que no se nos permitió experimentar con los elementos y cantidades de los compuestos.

Con el siguiente estudio queremos ver que la causa de la variación en las pruebas de laboratorio está siendo originada por el mal uso del compuesto de látex y también demostrar que con los parámetros controlados se puede tener un proceso más estable y no tan variante, ya que los ingenieros aseguran que ese no es el problema y que el problema está en otras áreas del proceso pero no en el compuesto.

Para ver si los resultados son favorables realizaremos una prueba de comparación para varianzas iguales están nos dirán si

existe la misma variación entre una prueba corrida con factores controlados contra una que no están controlados.

$$H_0: \sigma_1 = \sigma_2; H_0: \sigma_1 \neq \sigma_2$$

Prueba e IC para dos varianzas: ABRASION, ABRA 1

Método

$$\text{Hipótesis nula} \quad \text{Sigma}(\text{ABRASION}) / \text{Sigma}(\text{ABRA 1}) = 1$$

$$\text{Hipótesis alterna} \quad \text{Sigma}(\text{ABRASION}) / \text{Sigma}(\text{ABRA 1}) \text{ not} = 1$$

Método

GL1 GL2 de prueba Valor P

Prueba	F	(normal)
26 39	0.26	0.001

Prueba de Levene (cualquiera continua)
1 65 6.13 0.016

Para la varianza entre las muestras de abrasión vemos que si hay diferencias ya que el valor de P es menor al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto las

varianzas son diferentes. También podemos ver que la varianza en el estudio con la temperatura controlada es menor

que sin controlar, esto quiere decir que si se puede reducir la variación si se tiene controlado los factores significativos.

Conclusiones

Este proyecto tubo muchas dificultades para poder desarrollarse a plenitud, la misma gente de la empresa no dejaba que le proyecto se moviera y poniendo escalones para que este no llegara a su objetivo primario que era el de controlar las variables de entrada que son

significativas, aunque por otro lado se demostró que si se controlan las variables de entrada la variación se puede reducir y se puede cumplir con los objetivos establecidos por el cliente como lo fue el cumplir con la especificación mínima de la prueba de abrasión y espesor.

Referencia

Baez, Y. A. (2012). Aplicacion de Seis Sigma y los Metodos Taguchi para el incremento de la resitecia a la prueba de Jalon de un Diodo Emisor de Luz. *Informacion Tecnologica*, 21(1), 63-76.

Barbara, E. B. (2000). Seis Sigma una iniciativa de calidad total. *Gestion 2000*.

Bisgaard, S. (1989). The quality detective: A case study. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 489-511.

Breyfogle, W. . (2003). *Implementing Six Sigma : Smarter Solutions using Statistical Methods*. Austin, Texas: John Wiley and Sons.

Caicedo, N. E. (2013). IMplemntación del programa Seis Sigma para desarrollo sostenible en consumo de químicos en procesos litograficos. *Producción + Limpia*, 8(2), 21-31.

Chaparro, J. E. (2013). *Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plasticos flexibles de la empresa MARPLAST utilizando Six Sigma basado en la metodología DMAIC*. Perú : UNiversidad de San Martin de Porres.

Chiza, J. (2013). *Reduccion del producto no conforme (tablero tipo industrial) de la empresa Plywood Ecuatoriana, utilizando seis sigma*. . Escuela Politecnica Nacional.

Gutiérrez P., H., & Róman, d. I. (2004). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. Mexico: McGraw Hill.

M., F. N. (2010). Estado actual de la filosofía "Seis Sigma" como herramientas de disminución de defectos en los procesos de producción de las empresas en Bucaramanga . *ITCKNE*, 7(2), 136-143.

Martínez, D. M. (Julio de 2012). Plan de implementación de Six Sigma en el proceso de admisiones de una institución de educación superior. *Prospect*, 10(2), 13-21.

Polesky, G. (2006). Curso de preparación para Green Belt en la metodología Seis Sigma. *Curso impartido en la Universidad de las Américas*. Puebla .

Raínusso, P. M. (2008). *Metodología para la aplicación del diseño de experimentos (DOE) en la industria*. . San Sebastián : Universidad de Navarra.