

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS EN UNA EMPRESA ZAPATERA, UN CASO DE ESTUDIO

Miguel Ángel Melchor Navarro

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya
miguel.melchor@itcelaya.edu.mx

Juan Antonio Sillero Pérez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya
antonio.sillero@itcelaya.edu.mx

María Teresa Villalón Guzmán

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya
teresa.villalon@itcelaya.edu.mx

Nancy Cano Gómez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya
nancy.cano@itcelaya.edu.mx

Resumen

La industria zapatera es una de las más importantes en la región Laja-Bajío, teniendo como principal nodo a la ciudad de León, Gto., este sector se caracteriza por tener procesos en su mayoría artesanales, por lo que, es indispensable poder identificar factores de impacto que permitan optimizar estos procesos bajo la asignación más adecuada de los recursos disponibles a las diferentes actividades que integran las etapas de estos procesos, que van desde la clasificación de la materia prima hasta los últimos detalles del zapato terminado. Mediante la aplicación de herramientas estadísticas y de un proceso sistemático y estandarizado se analizan e identifican los factores que intervienen en el área de corte del sistema de producción del zapato que permitan la optimización de tiempos, presentando una propuesta de mejora para atacar el problema enunciado basada en los resultados obtenidos en el análisis estadístico.

Palabras clave: Diagrama de Ishikawa, Diseño de Experimentos, Hoja de Verificación, Regresión Lineal.

Abstract

The shoe industry is one of the most important in the Laja-Bajío region, having as main node the city of León, Gto., This sector is characterized by having mostly artisan processes, therefore, it is essential to be able to identify factors Of impact that allow optimizing these processes under the most appropriate allocation of resources available to the different activities that integrate the stages of these processes, ranging from the classification of the raw material to the last details of the finished shoe. Through the application of statistical tools and a systematic and standardized process, the factors that intervene in the cutting area of the shoe production system that allow the optimization of times are analyzed and identified, presenting a proposal of improvement to attack the problem based sentence In the results obtained in the statistical analysis.

Keywords: *Ishikawa Diagram, Experimental Design, Check Sheet, Linear Regression.*

1. Introducción

La globalización ha impactado en México a todos los sectores industriales provocando que las empresas mexicanas busquen implementar estrategias que les permitan competir dentro de un mercado cada vez más exigente. La industria zapatera es una de las más importantes en la región Laja-Bajío siendo ésta el sustento para muchas familias mexicanas, por esto cobra relevancia que estas empresas busquen disminuir costos innecesarios provocados por, malas asignaciones de recursos a las diferentes operaciones de los procesos, fallos o defectos en el producto, etc., la optimización de sus procesos es indispensable para competir en el mercado en cuanto a diseño, calidad y precio.

Se darán a conocer los resultados de la aplicación de las herramientas estadísticas (Análisis de Regresión y Diseño de Experimentos), así como algunas herramientas básicas de calidad (Hoja de Verificación y Diagrama de Ishikawa) en

el proceso de fabricación de zapato específicamente en el área de corte desde la entrada de la materia prima hasta el producto terminado de esta área. Se plantea una propuesta de mejora que considera los resultados obtenidos en una primera etapa experimental que habría que validar con su respectiva implementación y lo cual busca disminuir el número de defectos en sus productos terminados, disminuir sus costos por la mala utilización de su materia prima y sus procesos y disminuir el trabajo extra de los trabajadores.

La investigación se desarrolló básicamente a través de las siguientes etapas:

- Observar, analizar y aprender el proceso correspondiente al área de oportunidad.
- Identificación de variables que puedan estar afectando el área de oportunidad (Diagrama de Ishikawa).
- Recolección de datos en campo (Hoja de Verificación).
- Aplicación de la herramienta de análisis de regresión lineal.
- Recolección de datos en campo para el Diseño Experimental.
- Aplicación de la herramienta de diseño de experimentos.
- Desarrollo de propuesta de mejora para la empresa.

Los resultados obtenidos de esta investigación se plasmaron en una propuesta de mejora que quedo pendiente de implementar por parte de la empresa.

La articulación de este trabajo se concibe con la siguiente estructura: resumen, introducción, método, resultados y discusión. La metodología descrita en este artículo pretende brindar un apoyo a las empresas zapateras de la región Laja-Bajío.

Hoja de Verificación (Gutiérrez, 2009, 148)

La hoja de verificación es un formato constituido para recolectar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. Una buena hoja de verificación debe reunir las características de que, visualmente, permite hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la

información buscada. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener dato a través de las hojas de verificación son las siguientes:

- Describir el desempeño o los resultados de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etcétera.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.

La finalidad de la hoja de verificación es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permite orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente.

Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto) (Gutiérrez, 2009, 152)

El diagrama de causa efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores y causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan al problema bajo el análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. El uso del diagrama de Ishikawa (DI), ayudará a no dar por obvias las causas, sino que traté de ver el problema desde diferentes perspectivas.

Análisis de Regresión. (Montgomery, 2006, 1,9)

El Análisis de Regresión es una técnica estadística para investigar y modelar la relación entre variables. Son numerosas las aplicaciones de la regresión, y las hay en casi cualquier campo, incluyendo la ingeniería, ciencias físicas y químicas, economía, administración, ciencias biológicas y de la vida y en las ciencias sociales. De hecho, puede ser que el análisis de regresión sea la técnica estadística más usada. Los modelos de regresión se usan con varios fines, que incluyen los siguientes:

- Descripción de datos.
- Estimación de parámetros.

- Predicción y estimación.
- Control.

El análisis de regresión se clasifica en dos: Regresión Lineal Simple y Múltiple, los modelos respectivos están dadas por ecuaciones 1 y 2.

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 \quad (1)$$

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \hat{\beta}_3 X_3 + \dots + \hat{\beta}_k X_k \quad (2)$$

Diseño de Experimentos (Montgomery, 2004, 1)

Un Experimento puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida. En ingeniería, la experimentación desempeña un papel importante en el diseño de productos nuevos, el desarrollo de procesos de manufactura y el mejoramiento de procesos. El objetivo en muchos casos sería desarrollar un proceso robusto, es decir, un proceso que sea afectado en forma mínima por fuentes de variabilidad externas.

Proceso (Montgomery, 2004, 2)

Un proceso puede visualizarse como una combinación de máquinas, métodos, personas u otros recursos que transforman cierta entrada (con frecuencia un material) en una salida que tiene una o más respuestas observables. Algunas variables del proceso son controlables (x_1, x_2, \dots, x_p), mientras que otras z_1, z_2, \dots, z_q son no controlables (aunque pueden serlo para los fines de una prueba). El proceso o sistema puede representarse con el modelo ilustrado en la figura 1.

Algunos de los objetivos del análisis y diseño de experimentos son:

- Determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia sobre la respuesta “y”.
- Determinar cuál es el ajuste de las “x” que tiene mayor influencia para que “y” esté casi siempre cerca del valor nominal deseado.

- Determinar cuál es el ajuste de las “x” que tiene mayor influencia para que la variabilidad de “y” sea reducida.
- Determinar cuál es el ajuste de las “x” que tiene mayor influencia para que los efectos de las variables no controlables z_1, z_2, \dots, z_q sean mínimos.

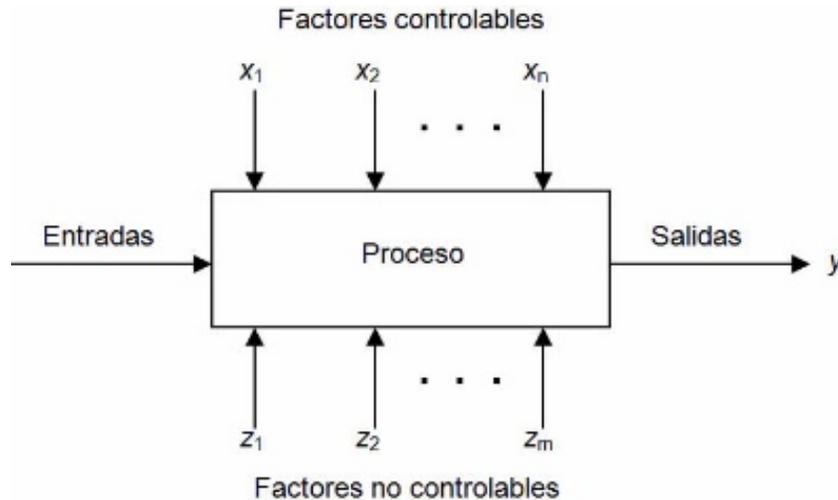


Figura 1 Modelo general de un proceso o sistema (Fuente: Montgomery, 2004, 2).

2. Método y Resultados

Como primera etapa se procedió a observar todas las etapas que integran el proceso de elaboración del zapato, obteniendo los datos de tres semanas consecutivas, en las que mediante un análisis de Pareto se observó la presencia de varios fallos representativos, deduciendo que los fallos más comunes son montado, así como las alturas del zapato, se procedió a conocer la causa raíz, por tanto, se planteó la información con el gerente de la empresa, el cual explico que se deben principalmente al mal estado de la piel, y al método de corte. Se detectó que el área de donde provienen los defectos mencionados anteriormente, es el área de corte siendo esta la primera etapa del zapato y al no existir una inspección adecuada los fallos logran filtrarse a las etapas posteriores siendo identificadas hasta la inspección final.

La segunda etapa consistió en analizar el área de oportunidad seleccionada mediante un diagrama de Ishikawa, el cual se desarrolló con una dinámica de

lluvia de ideas, en la cual participaron los desarrolladores del proyecto y los operadores mencionando las posibles variables que pudieran afectar el número de fallos al final del área de corte argumentando su respuesta a través de la aplicación de los cinco porqués, teniendo como resultado el diagrama de Ishikawa que se ilustra en la figura 2. El diagrama arrojó que los principales factores fueron método de trabajo, materia prima y mano de obra.

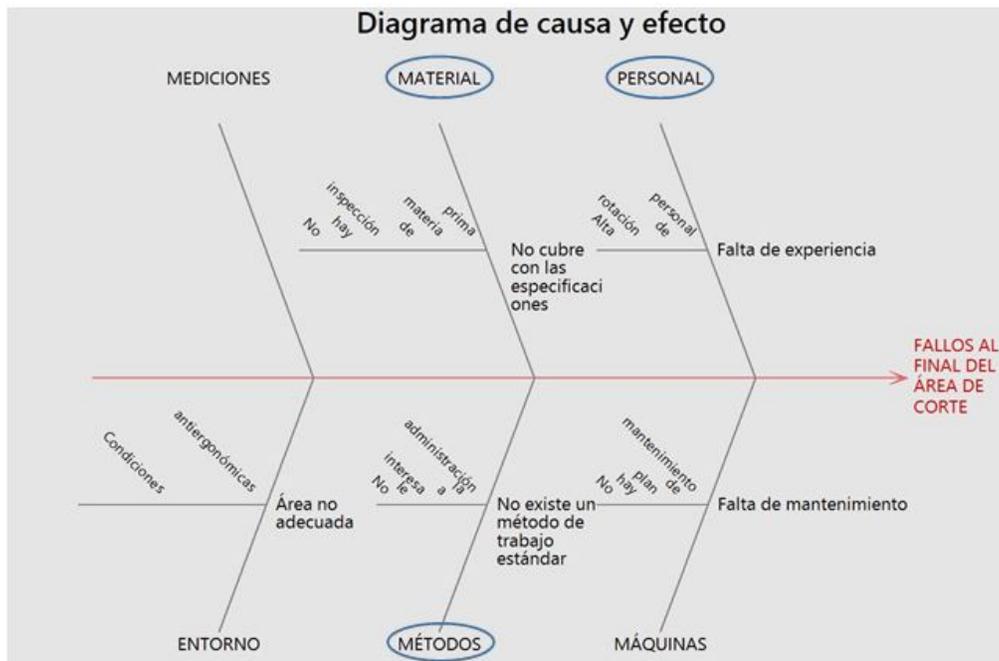


Figura 2 Diagrama de Ishikawa (Fuente: Propia).

Por tanto, se determinaron cuales variables afectan directamente al corte del zapato, considerando las siguientes para desarrollar un análisis de Regresión Lineal Múltiple:

- Línea.
- Operario.
- Meses de experiencia.
- Tipo de piel.
- Calidad de la piel.
- Tamaño de la piel.

- Tiempo de corte.
- Fallos al inicio.
- Desperdicio.

La tercera etapa fue; la recolección de datos de campo, para esta actividad fue necesario diseñar una hoja de verificación tomando en consideración los factores anteriores, posteriormente se procedió a la recolección de datos de campo, la cual se desarrolló de forma aleatoria sin alteración de los factores, solamente se procedió a recolectar los datos durante los cinco días de una semana, en diferentes horarios para cubrir la mayor parte posible de los diferentes escenarios que rodean el proceso.

La cuarta etapa fue desarrollar el Análisis de Regresión Lineal, el cual se desarrolló en el software estadístico del Minitab V17, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se presentan en la figura 3.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	9	888.99	98.777	5.44	0.018
LINEA	1	36.92	36.923	2.03	0.197
OPERARIO	1	107.06	107.059	5.90	0.046
EXPERIENCIA (meses)	1	106.10	106.097	5.84	0.046
TIPO DE PIEL	1	52.32	52.321	2.88	0.133
CALIDAD	1	15.27	15.267	0.84	0.390
MEDIDA (dm)	1	3.88	3.879	0.21	0.658
TIEMPO (min)	1	17.74	17.738	0.98	0.356
FALLOS AL INICIO	1	458.79	458.790	25.26	0.002
DESPERDICIO%	1	37.63	37.628	2.07	0.193
Error	7	127.13	18.161		
Total	16	1016.12			

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.26156	87.49%	71.40%	17.97%

Ecuación de regresión

$$\text{FALLOS AL FINAL (Y)} = 45.9 - 1.71 \text{ LINEA} - 0.608 \text{ OPERARIO} - 0.1002 \text{ EXPERIENCIA (meses)} + 1.686 \text{ TIPO DE PIEL} - 1.73 \text{ CALIDAD} - 0.0240 \text{ MEDIDA (dm)} + 0.119 \text{ TIEMPO (min)} + 0.508 \text{ FALLOS AL INICIO} + 2.55 \text{ DESPERDICIO\%}$$

Figura 3 Resultados del Análisis de Regresión Múltiple (Fuente: Propia).

Como se ilustra en la figura 3, los valores “P” encerrados en un rectángulo rojo indican que las variables que presenta relación con la cantidad de fallos al final

del área de corte son; operario, experiencia y fallos (defectos en la materia prima) al inicio del área de corte. Así también se observa en la figura 3, que el modelo explica un 87.49% de la variación total presentada en la cantidad de fallos al final del área de corte como se aprecia en el valor de R^2 encerrado en un rectángulo azul, por otra parte, la ecuación encerrada en un rectángulo verde muestra la contribución de cada una de las variables. Después de un análisis de resultados y discusión con los desarrolladores del proyecto y los supervisores del área, se tomó la decisión de incluir en el análisis experimental las variables: Operario (tomando en cuenta los meses de experiencia), la calidad de la piel (primera, tercera y cuarta) y la línea de producción (26, 27 y 29).

La quinta etapa fue el desarrollo del diseño y análisis experimental con las variables indicadas anteriormente, el cual consistió en la recolección y análisis de datos en campo para el Diseño Experimental General, obteniendo los resultados que se ilustran en la figura 4.

Factor	Niveles	Valores
CALIDAD	3	1, 3, 4
LINEA	3	26, 27, 29
OPERARIO	3	1, 2, 3

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	26	964.81	37.108	3.94	0.000	
Lineal	6	247.44	41.241	4.38	0.003	
CALIDAD	2	230.26	115.130	12.24	0.000	
LINEA	2	10.70	5.352	0.57	0.573	
OPERARIO	2	6.48	3.241	0.34	0.712	
Interacciones de 2 términos	12	517.56	43.130	4.58	0.000	
CALIDAD*LINEA	4	132.52	33.130	3.52	0.019	
CALIDAD*OPERARIO	4	62.07	15.519	1.65	0.191	
LINEA*OPERARIO	4	322.96	80.741	8.58	0.000	
Interacciones de 3 términos	8	199.81	24.977	2.66	0.027	
CALIDAD*LINEA*OPERARIO	8	199.81	24.977	2.66	0.027	
Error	27	254.00	9.407			
Total	53	1218.81				

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
3.06715	79.16%	59.09%	16.64%	

Figura 4 Resultados del Análisis Experimental (Fuente: Propia).

3. Discusión

Partiendo de la información analizada, las observaciones y después de realizar un análisis de regresión múltiple y diseño de experimentos se concluye que las tres variables analizadas afectan al número de fallos (defectos) presentados al final del área de corte. Derivado de esto, se plantearon propuestas que pudieran aplicarse a la empresa zapatera con el objetivo de reducir los fallos (defectos) presentados al final del área de corte, estas propuestas se mencionan a continuación en las recomendaciones, la decisión de implementarlas en esta empresa quedo totalmente en manos de los directivos para el mejoramiento de su producción. Las recomendaciones estuvieron basadas en los resultados mostrados en la figura 5.

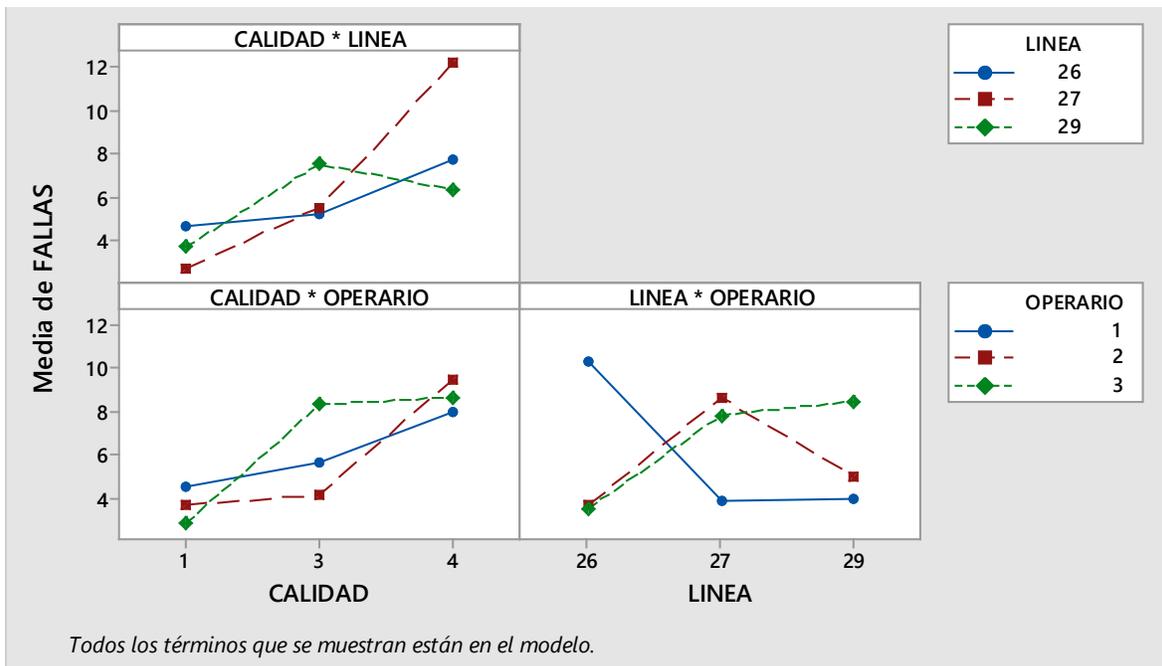


Figura 5 Interacciones del Análisis Experimental (Fuente: Propia).

Recomendaciones

- Con respecto a la calidad y el operario:
 - ✓ Trabajar con calidad de primera con el tercer operario
 - ✓ Trabajar con calidad de tercera y con el segundo operario

- ✓ Trabajar con calidad de cuarta con el primer operario
- Con respecto a la línea y el operario:
 - ✓ Trabajar en la línea 26 con el operario 3
 - ✓ Trabajar en la línea 27 con el operario 1
 - ✓ Trabajar en la línea 29 con el operario 1
- Con respecto a la calidad y la línea:
 - ✓ Trabajar con piel de primera calidad en la línea 27
 - ✓ Trabajar con tercera calidad en la línea 26
 - ✓ Trabajar con cuarta calidad en la línea 29

De esta manera se busca reducir el número de fallos al final de la etapa de corte y aprovechar al máximo la hoja de piel. Es importante mencionar que esto tendría que validarse con su implementación y la recolección y análisis de datos correspondiente. De igual forma al ser un caso de estudio, éste se adaptó a un escenario específico, si se quisiera generalizarlo a la industria zapatera habría que contemplar otros escenarios y factores.

4. Bibliografía

- [1] Gutiérrez, Humberto. "Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma". México, 2009.
- [2] Montgomery, Douglas C. "Diseño y Análisis de Experimentos". México, 2004.
- [3] Montgomery, Douglas C. "Introducción al Análisis de Regresión Lineal". México, 2006.