

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/minerva.v6i16.186>

Optimización de la calidad en la producción de calzado: un estudio de variabilidad mediante la metodología Six Sigma

Mauricio Xavier López Flores
<https://orcid.org/0000-0002-8973-2915>
mx.lopez@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

Bryan Santiago Montenegro Rogríquez
<https://orcid.org/0009-0002-4030-9996>
bmontenegro4529@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

*Paulo César Torres Abril
<https://orcid.org/0000-0002-4055-883X>
pc.torres@uta.edu.ec
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

Edwin Omar Portero Jijón
<https://orcid.org/0000-0002-7896-9271>
edwinportero@hotmail.com
Universidad Técnica de Ambato
Ambato, Ecuador

*Autor de correspondencia: pc.torres@uta.edu.ec

Recibido (21/10/2024), Aceptado (17/01/2025)

Resumen: Este estudio examina la aplicación de la metodología de Six Sigma en los procesos productivos de fabricación de calzados con el objetivo de optimizar los procesos, para ello se utilizó el ciclo DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) como herramienta para identificar defectos clave, como piezas descosidas y manchas de adhesivo, para validar el sistema de medición y recolección de datos, se realizó un estudio R&R, y mediante el análisis de datos históricos, estudios de capacidad y herramientas estadísticas como los diagramas de Pareto e Ishikawa, se observó la línea de producción. Los resultados mostraron que los procesos de aparado y plantado presentan niveles de defectos mejorables, con rendimientos de 83,1% y 88,5% respectivamente, esto mostró que la mano de obra, la calidad de las herramientas y la materia prima son factores cruciales en la variabilidad de la producción.

Palabras clave: Six Sigma, variabilidad, AMEF, DMAMC.

Quality optimization in footwear production: a variability study using Six Sigma methodology

Abstract.- This study examines the application of the Six Sigma methodology in the production processes of footwear manufacturing with the objective of optimizing the processes, for this purpose the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) was used as a tool to identify key defects, such as unstuck parts and adhesive stains, to validate the measurement and data collection system, an R&R study was conducted, and through the analysis of historical data, capacity studies and statistical tools such as Pareto and Ishikawa diagrams, the production line was observed. The results showed that the parting and planting processes present levels of improvable defects, with yields of 83.1% and 88.5% respectively, which showed that labor, tool quality and raw material are crucial factors in the variability of production.

Keywords: Six Sigma, variability, FMEA, DMAIC.

I. INTRODUCCIÓN

El sector del calzado, con su expansión global, se ha vuelto increíblemente competitivo, esto ha generado la necesidad imperante de elevar la calidad en la producción, las pequeñas y medianas empresas, en particular, enfrentan obstáculos por la falta de herramientas eficaces para controlar la calidad y disminuir los defectos en sus productos, lo que afecta su productividad y posición en el mercado [1]. En este contexto, la adopción de metodologías avanzadas como Six Sigma emerge como una solución clave para reducir la variabilidad en los procesos y mejorar la eficiencia operativa [2][3].

En Ecuador, la industria del calzado es un motor importante de la economía. El país cuenta con abundantes recursos, como cueros y pieles, lo que facilita la producción de calzado y genera empleo [4]. Según datos del Servicio de Rentas Internas, en 2023 había unas 3.190 empresas dedicadas a este sector, contribuyendo con el 11% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional [5]. La provincia de Tungurahua destaca como el principal centro de producción, concentrando el 60% de la actividad del país [3].

La variabilidad en la producción es una de las principales causas de los defectos en la fabricación de calzado, lo que impacta directamente en la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la empresa [6]. Esta investigación analiza cómo la implementación de Six Sigma puede optimizar los procesos de la empresa POOL SPORT, una fábrica dedicada a la producción de calzado deportivo en la ciudad de Ambato, Ecuador, con el fin de reducir los defectos y mejorar la calidad de sus productos. Este enfoque se basa en la metodología DMAIC, que permite identificar, medir y analizar las fuentes de variabilidad, y proponer soluciones efectivas para eliminar los defectos [7] [8].

La empresa POOL SPORT ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, destacándose en el mercado por la calidad y confort de sus productos. Sin embargo, a pesar de su éxito, enfrenta desafíos operativos relacionados con el control de calidad en sus procesos de producción, lo que ha dado lugar a un porcentaje significativo de productos defectuosos [9]. Esto afecta no solo la eficiencia operativa, sino también la satisfacción de los clientes, lo que subraya la importancia de implementar estrategias de mejora continua en la planta [10] .

II. DESARROLLO

La calidad total, según Fonseca [11], uno de los expertos más destacados en control de calidad, se refiere no solo a los aspectos físicos del producto, sino también a sus características cualitativas, las cuales deben cumplir con las expectativas y necesidades de los clientes, ajustándose a las especificaciones previstas [8]. En este sentido, para garantizar la calidad, las organizaciones implementan herramientas, métodos y técnicas estadísticas en sus procesos industriales o de servicios, con el fin de verificar que todas las actividades realizadas se alineen con los estándares de calidad requeridos [11].

El control de calidad se apoya en diversas metodologías, y una de las más relevantes es Six Sigma, la cual permite a las organizaciones analizar y controlar las principales fuentes de variación en los procesos productivos. Esta herramienta se utiliza para lograr, mantener y mejorar el éxito organizacional mediante la identificación de oportunidades de mejora y la implementación de soluciones efectivas [11]. En conjunto con otras herramientas como el control estadístico de calidad, el diagrama de Pareto, y los mapas de procesos, Six Sigma forma un marco analítico robusto que respalda la toma de decisiones y la mejora continua en las empresas.

Es importante destacar que, en el ámbito de la fabricación de calzado, los procesos involucrados requieren un análisis detallado. El proceso de fabricación de calzado, desde el diseño hasta la producción final, incluye diversas secciones como el corte, el ensamblaje, la costura y el acabado. Cada una de estas áreas tiene procesos internos específicos, que van desde la preparación de materiales hasta el control de calidad final. La implementación de herramientas como los diagramas de flujo de procesos y mapas de procesos facilita la comprensión de las actividades involucradas en cada etapa, permitiendo optimizar las operaciones y mejorar la eficiencia en la producción. Estos diagramas no solo ayudan a visualizar la estructura del proceso, sino que también permiten clasificar las actividades según su importancia: estratégicas, operativas y de apoyo [12].

La integración de herramientas y metodologías como Six Sigma, control estadístico de calidad, diagrama de Pareto, mapas de procesos y diagramas de flujo de procesos en la industria del calzado, permite a las empresas optimizar su producción, reducir variaciones y garantizar un alto estándar de calidad en el producto final.

III. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, combinando métodos bibliográficos y de campo para analizar la variabilidad en los procesos productivos de la empresa POOL SPORT. A través de la recopilación de información histórica de ventas y datos operativos, se buscan identificar los principales factores que generan defectos en la producción y establecer estrategias de mejora basadas en la metodología Six Sigma [13] [14].

El estudio sigue el enfoque DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), utilizado en Six Sigma para reducir la variabilidad en los procesos [15]. En la fase de definición, se identifican los defectos más recurrentes y sus posibles causas mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto. Posteriormente, en la fase de medición, se realizó una evaluación del sistema de medición a través de un estudio R&R para atributos, luego se recolectan datos clave sobre la calidad del producto y los niveles de defectos en cada etapa de producción para lo cual se emplean herramientas estadísticas como cartas de control y estudios de capacidad del proceso [12][16][17].

Para analizar los datos, se emplean herramientas de análisis y mejora de la calidad como el diagrama de Ishikawa, focalizando así las principales causas que dan lugar a los problemas críticos, en la fase de mejora, se diseñan estrategias de optimización enfocadas en la reducción de defectos y el incremento de la eficiencia operativa. Finalmente, la fase de control establece mecanismos para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas [11].

Además, la investigación incorpora el análisis de la matriz AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla) para evaluar el impacto de los defectos en la producción y establecer prioridades de mejora. Se realizan entrevistas y observaciones en la empresa para complementar el análisis cuantitativo con información cualitativa [18]. El estudio busca generar soluciones prácticas que optimicen los procesos productivos y mejoren la calidad del calzado de la empresa POOL SPORT [19]. El proceso realizado se puede observar en la Figura 1.

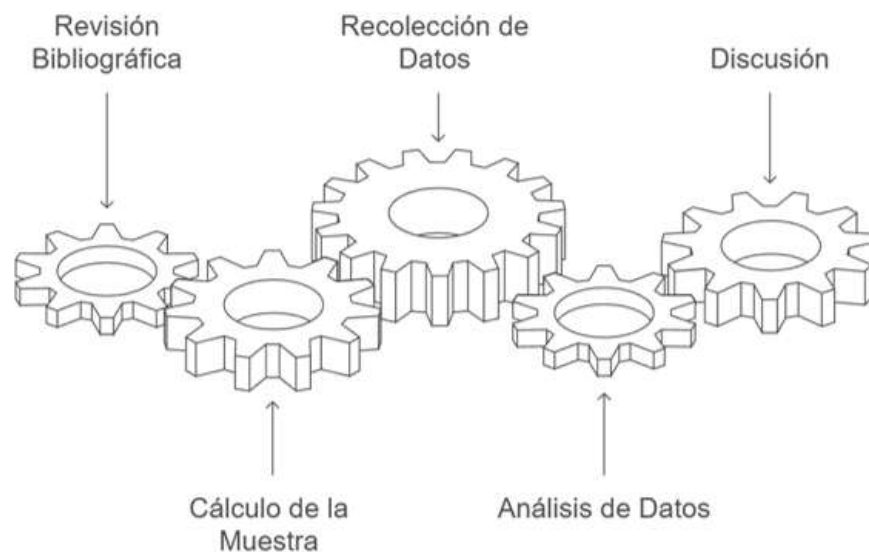


Fig. 1. Proceso de investigación metodológica.

A. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se llevó a cabo mediante un análisis exhaustivo de fuentes académicas y científicas sobre la metodología Six Sigma y su aplicación en la mejora de procesos productivos, así como las herramientas estadísticas para la reducción de defectos. El objetivo fue establecer una base teórica sólida que guiara el análisis de los procesos de producción en la empresa POOL SPORT.

Se examinaron un total de 10 artículos académicos, 5 libros especializados y 6 estudios previos. Estos fueron seleccionados con base en criterios como la relevancia, la fecha de publicación (no superior a 5 años), y la calidad de la fuente, priorizando aquellas que ofrecieran evidencia empírica sobre la aplicación de Six Sigma en la mejora de procesos industriales. Durante el proceso de análisis, se depuraron aquellos artículos que no cumplieran con los estándares de calidad o que carecían de información suficiente sobre los enfoques específicos de Six Sigma. Las preguntas de investigación para la evaluación de la calidad de los artículos fueron las siguientes:

- ¿Cómo se ha implementado la metodología Six Sigma en la mejora de procesos productivos en industrias similares?
- ¿Qué herramientas estadísticas han demostrado ser más eficaces en la reducción de defectos en procesos de fabricación?
- ¿Cuáles son los resultados medibles de la aplicación de Six Sigma en el control de calidad?

En esta revisión bibliográfica, se destacó la importancia de aplicar el enfoque DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de Six Sigma para comprender las mejores prácticas en su implementación industrial. Además, se enfatizó el uso de herramientas estadísticas como cartas de control y análisis de capacidad del proceso, esenciales para el análisis de datos y la toma de decisiones basadas en evidencia.

B. Cálculo de la muestra

Dado el enfoque de esta investigación, no se aplicó un muestreo poblacional humano convencional, sin embargo, se consideraron dos grupos de participantes fundamentales para obtener una visión integral de la situación: 9 clientes internos, cuya perspectiva es esencial para comprender la dinámica interna de la empresa, y 5 clientes externos, cuyas opiniones y experiencias fueron cruciales para evaluar el impacto de los productos y servicios en el mercado.

Además, se analizó una muestra diaria del producto de mayor rentabilidad para la empresa, esta muestra se determinó mediante muestreo aleatorio simple, este enfoque asegura que cada unidad del producto tenga la misma probabilidad de ser seleccionada, lo que minimiza el sesgo y proporciona una base sólida para el análisis de los datos recopilados.

C. Recolección de información

Para esta investigación, se usaron herramientas para alcanzar los objetivos propuestos en la Figura 2, para caracterizar el proceso productivo, se identificaron los productos y la mayor demanda mediante observación, entrevistas, análisis de datos históricos, diagramas ABC y de barras, como se observa en la Figura 3, y se recopilaron datos sobre la calidad del producto y los niveles de defectos en cada etapa de producción, incluyendo información histórica sobre ventas y datos operativos.

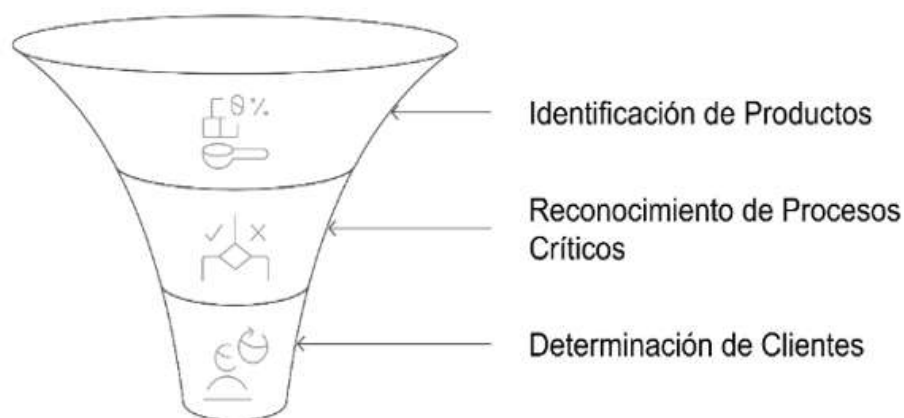


Fig. 2. Métodos de recolección de datos.

Estos datos reflejaron el desempeño de la empresa en términos de defectos y variabilidad en el proceso, proporcionando una base sólida para el análisis y la mejora continua. Se detectaron problemas y defectos recurrentes usando matrices, diagramas de Pareto e Ishikawa, y hojas de registro.



Fig. 3. Mapa de procesos de la empresa POOL SPORT.

Para la identificación de causas de variabilidad, se reconocieron procesos críticos y defectos recurrentes con diagramas de Pareto como se puede ver en la Figura 4, se identificaron orígenes de defectos mediante lluvia de ideas y diagramas causa-efecto. Se determinaron clientes internos y externos (VOC, Kano). Se analizó el nivel Six Sigma (cartas de control, índices, ppm) y las causas de defectos en procesos críticos (Ishikawa, FMEA).

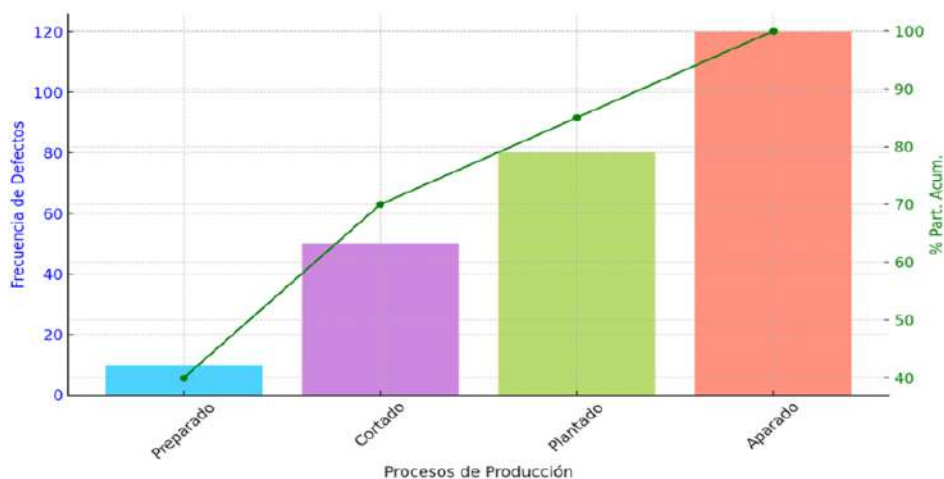


Fig. 4. Procesos críticos.

D. Procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de los datos, se utilizaron diversas herramientas estadísticas clave, se aplicaron cartas de control para monitorear la estabilidad y variabilidad de los procesos, permitiendo identificar cualquier cambio o fluctuación fuera de los límites de control establecidos. Estas cartas ayudaron a visualizar las áreas donde los procesos estaban fuera de control y donde existía una mayor concentración de defectos, como se puede observar en la Figura 5.

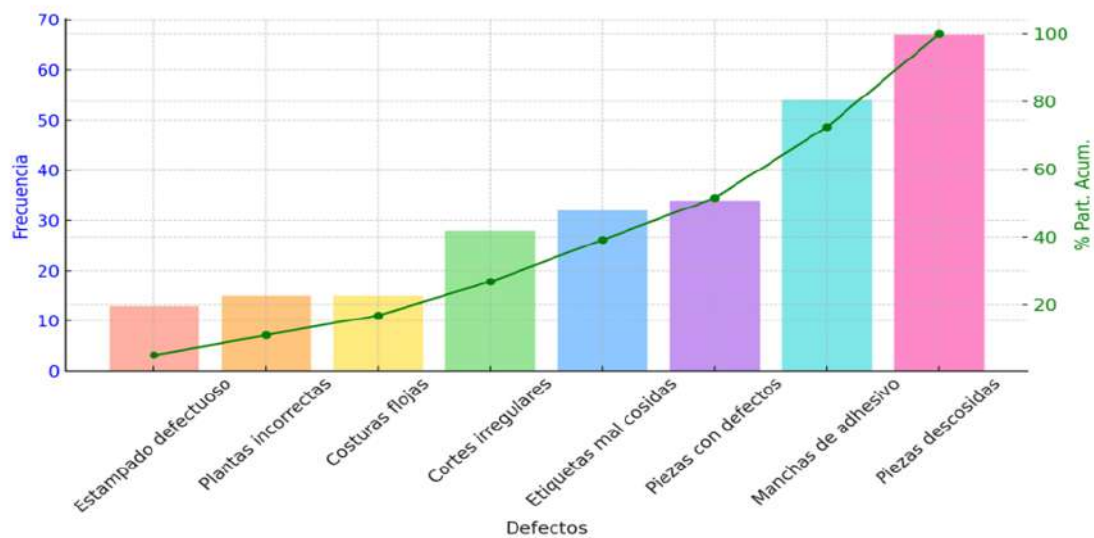


Fig. 5. Defectos de mayor frecuencia.

Se realizaron estudios de capacidad del proceso para evaluar la habilidad de estos para cumplir con las especificaciones de calidad. Esto permitió identificar las principales fuentes de variabilidad en la producción y determinar qué áreas del proceso requerían mejoras significativas, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Nivel de calidad.

Proceso	ppm	Nivel Sigma	Rendimiento
Aparado	25,909	2,46	83,10%
Plantado	15,682	2,7	88,50%
Promedio	21,795	2,58	85,80%

La información recolectada y los análisis realizados mediante estas herramientas proporcionaron una visión detallada de los factores causantes de defectos y las áreas con mayor potencial de mejora, como se puede observar en la Tabla 2. A partir de estos análisis, se definieron estrategias de mejora basadas en la reducción de la variabilidad y el aumento de la eficiencia operativa.

Tabla 2. Matriz de Análisis de Modos y Efectos de Falla – Aparado.

Proceso	Modo de falla	Causa de la falla	Acción	Responsable
Aparado	Costuras en lugares incorrectos	Falta de habilidad	Formación al personal	Técnico de calidad
	Costuras desalineadas	Manipulación inadecuada de materiales	Formación al personal	Técnico de calidad
	Productos defectuosos	Inadecuada capacitación	Formación al personal	Técnico de calidad
	Costuras mal ejecutadas	Falta de técnica	Formación al personal	Técnico de calidad
	Costuras desgarradas	Hilos de baja calidad	Contactar al proveedor	Supervisor de producción
	Poca o mucha penetración del hilo	Cuero de mala calidad	Contactar al proveedor	Supervisor de producción
	Costuras rotas	Desgaste de agujas	Chequear y cambiar periódicamente	Supervisor de producción
	Costuras sueltas	Tensión incorrecta de la máquina	Inspeccionar y ajustar máquinas	Supervisor de producción
	Costuras hechas con prisa	Desorganización en el área de trabajo	Auditorías regulares	Supervisor de producción

En la Tabla 3 se presenta la Matriz de Análisis de Modos y Efectos de Falla del proceso Planteado, donde se detallan los modos de falla, sus causas, las acciones correctivas a tomar y los responsables de implementarlas. Esta matriz ayuda a identificar y prevenir problemas en el proceso de producción.

Tabla 3. Matriz de Análisis de Modos y Efectos de Falla – Plantado

Proceso	Modo de falla	Causa de la falla	Acción	Responsable
Aparado	Costuras en lugares incorrectos	Falta de habilidad	Formación al personal	Técnico de calidad
	Costuras desalineadas	Manipulación inadecuada de materiales	Formación al personal	Técnico de calidad
	Productos defectuosos	Inadecuada capacitación	Formación al personal	Técnico de calidad
	Costuras mal ejecutadas	Falta de técnica	Formación al personal	Técnico de calidad
	Costuras desgarradas	Hilos de baja calidad	Contactar al proveedor	Supervisor de producción
	Poca o mucha penetración del hilo	Cuero de mala calidad	Contactar al proveedor	Supervisor de producción
	Costuras rotas	Desgaste de agujas	Chequear y cambiar periódicamente	Supervisor de producción
	Costuras sueltas	Tensión incorrecta de la máquina	Inspeccionar y ajustar máquinas	Supervisor de producción
	Costuras hechas con prisa	Desorganización en el área de trabajo	Auditorías regulares	Supervisor de producción

En conjunto, el procesamiento y análisis de los datos permitió conocer las debilidades en los procesos de producción de la empresa POOL SPORT y diseñar acciones correctivas que garantizaran una mejora continua y sostenible en la calidad del producto.

IV. RESULTADOS

El análisis de los procesos productivos de la fábrica POOL SPORT reveló que los defectos más frecuentes en la línea de producción son las piezas descosidas y las manchas de adhesivos, que representan el 26% y el 20.9% de los defectos, respectivamente, estos problemas, principalmente relacionados con el proceso de aparado y plantado, afectan significativamente la calidad del calzado producido.

En cuanto a la identificación de los procesos críticos, el aparado y el plantado fueron los que presentaron los mayores niveles de defectos, con un total del 44.2% y 26.7% de los problemas detectados, respectivamente, estos procesos fueron clave para el enfoque de la investigación, ya que los defectos en estas etapas generaron un gran impacto en la calidad final del producto.

El estudio de la variabilidad en los procesos de cortado, aparado y plantado mostró que la mayor parte de los defectos en estas etapas fueron causados por fallos en la materia prima, como cuero de baja calidad y piezas mal cortadas, también se identificaron problemas relacionados con la capacitación de los operarios de la fábrica lo que contribuyó a la aparición de defectos recurrentes, además se observó que los niveles de calidad sigma de los procesos críticos estaban por debajo de los estándares esperados, con un valor de 2.46 σ para el proceso de aparado y 2.70 σ para el plantado.

Estos resultados indican que, aunque los procesos se encuentran en un nivel aceptable, hay un significativo margen de mejora para reducir la variabilidad y mejorar la calidad, en la Figura 6 se puede observar el proceso realizado para analizar la calidad.

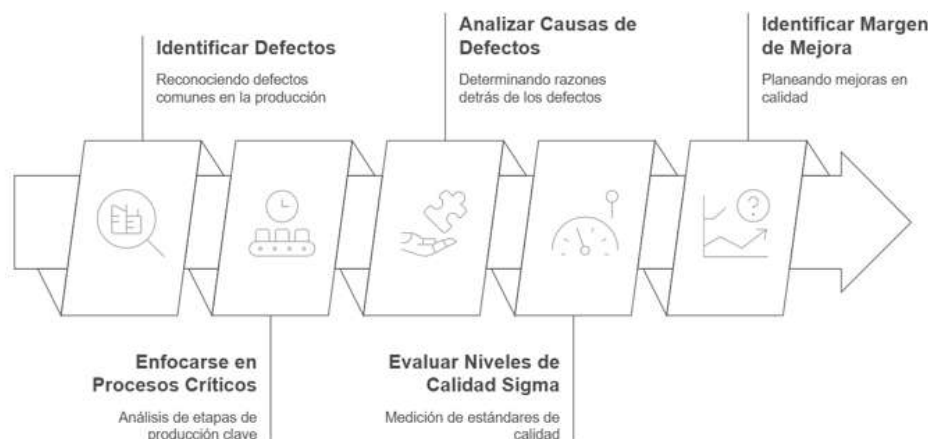


Fig. 6. Análisis de calidad de la producción en la empresa POOL SPORT

Estos resultados coinciden con estudios previos que indican que la calidad en la producción de calzado depende de la reducción de la variabilidad en etapas críticas, como puede observar en la Figura 7.

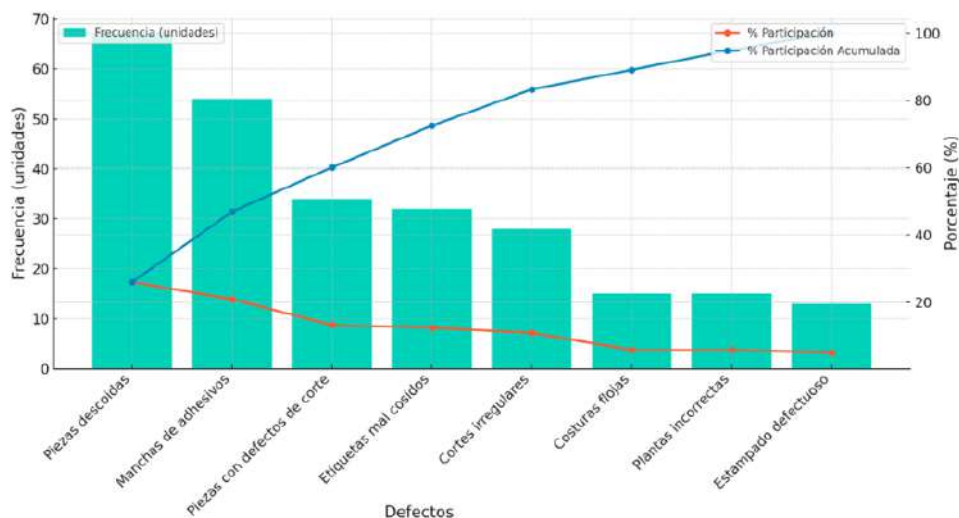


Fig. 7. Defectos en los procesos analizados.

La metodología Six Sigma mostró que los procesos, aunque con niveles de calidad aceptables, tienen un rendimiento por debajo de los estándares ideales (2.46 y 2.70 de nivel sigma en aparado y plantado), revelando un margen significativo para reducir defectos, esto indica que se requiere la necesidad de aplicar métodos sistemáticos para controlar la variabilidad y aumentar la eficiencia, con el fin de poder mejorar la calidad, reducir costos y aumentar la satisfacción del cliente en un mercado competitivo.

CONCLUSIONES

Los procesos de aparado y plantado en la fábrica POOL SPORT presentan los defectos más frecuentes, como piezas descosidas y manchas de adhesivos, que afectan significativamente la calidad de los productos, estos defectos representan casi el 47% de los productos defectuosos, lo que evidencia la necesidad de intervenir estos procesos críticos para mejorar la producción.

A pesar de que los niveles sigma en los procesos de aparado (2.46) y plantado (2.70) son adecuados, no alcanzan los estándares óptimos para garantizar una calidad perfecta, con esto se refleja también en un rendimiento de 83.1% y 88.5% en el índice Yield, lo que indica que aún hay espacio para mejorar la eficiencia de los procesos.

Las causas de los defectos mostraron que la mano de obra, la calidad de la materia prima y las herramientas son los principales factores responsables de la variabilidad en los procesos, por lo cual se sugiere que un enfoque integral en la capacitación y el control de los insumos puede ayudar a reducir los defectos y mejorar la eficiencia de la producción.

Para mejorar los niveles de calidad y rendimiento, se recomienda implementar un sistema de monitoreo continuo y en tiempo real que permita identificar y corregir las variabilidades durante el proceso de producción, también es fundamental ofrecer un programa de capacitación constante a los operarios para asegurar la calidad y consistencia en cada etapa de la fabricación.

RECONOCIMIENTO

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a la empresa POOL SPORT por su colaboración y el acceso a sus procesos productivos, lo cual ha sido fundamental para la realización de este estudio, también a todos los miembros del equipo de trabajo que participaron activamente en la recopilación de datos y el análisis de los procesos. Su dedicación y compromiso han sido cruciales para el éxito de esta investigación.

Asimismo, se presenta un agradecimiento especial a los investigadores y académicos cuyas obras y teorías han proporcionado una base sólida para el desarrollo de este trabajo, en especial a aquellos que han aplicado la metodología Six Sigma y sus herramientas en el ámbito de la producción industrial.

REFERENCIAS

- [1] K. A. Moreno Gavilanes, V. M. Barreto Ruiz y K. G. Zurita Escobar, «Efectos del gasto en marketing en las ventas del sector calzado de la provincia de Tungurahua,» REVISTA ERUDITUS, p. 27-42, 2022.
- [2] J. Tello Capa y M. Aguirre, «Six-Sigma una estrategia de negocios para mejorar la calidad de los productos,» Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación, vol. 3, n° 25, p. 12-17, 2019.
- [3] J. Miranda, «La USMC y su influencia sobre la industria del calzado de Estados Unidos, Latinoamérica y Europa en la primera mitad del siglo XX: ¿Un monopolio eficiente?,» América Latina en la historia económica, pp. 71-100, 2015.
- [4] M. Mancheno Saá y R. Villalba Miranda, «Habilidades directivas y el desarrollo empresarial en la industria de calzado a través de la modelización,» Revista publicando, pp. 620-637, 2016.
- [5] K. A. Moreno Gavilanes, V. M. Barreto Ruiz y K. G. Zurita Escobar, «Efectos del gasto en marketing en las ventas del sector calzado de la provincia de Tungurahua,» Revista Eruditus, pp. 27-42, 2022.
- [6] C. F. Veloz Pacheco, «Sistema de control de calidad a los procesos productivos de la empresa Neb Calza,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, 2019.
- [7] R. Garza, C. González, E. Rodríguez y C. Hernández, «Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio,» Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, vol. 22, pp. 19-35, 2026.
- [8] G. A. Diaz Muñoz y D. A. Salazar Duque, «La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial,» Podium, pp. 19-36, 2021.
- [9] A. F. Espinoza Espinoza, C. O. Venturo Orbegoso y O. J. Bravo Chavez, «Factores que inciden en el crecimiento de las mypes de calzado,» INNOVA Research Journal, 67-81, 2020.
- [10] D. Tlapa, L. Rosas, Y. Báez, J. Limón y A. Pérez, «Lean Healthcare y Six Sigma en el marco de la Industria 4.0,» Revista DYNA, pp. 344-344, 2021.
- [11] S. Eslava Fonseca, «Propuesta de mejora para el sistema productivo de la empresa,» Universidad Antonio Nariño, Duitama, 2021.
- [12] R. García, J. Paredes y E. Bayona, «DMAIC como herramienta para implementar un sistema de mejora para incrementar la productividad en la industria del sombrero,» Ingenio, vol. 20, n° 1, pp. 8-21, 2023.
- [13] M. Carrillo, C. Severiche y L. E. Vargas, «Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmecánico: Aplicación de la metodología DMAIC de Lean Seis Sigma,» Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 15, n° 30, pp. 41-48, 2021.
- [14] A. Marín Calderón, M. Valenzuela Galván, G. Cuamea Cruz y A. Brau Ávila, «Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno,» Ingeniería, investigación y tecnología, pp. 1-12, 2023.
- [15] J. Ramírez, V. López, S. Hernández y M. Morejón, «Lean six sigma e industria 4.0, una revisión desde la administración de operaciones para la mejora continua de las organizaciones: lean six sigma e industria 4.0 en la administración de operaciones,» UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, p. 151-168, 2021.

- [16] R. García, S. Juárez, I. Guevara y J. García, «DMAIC Six Sigma,» Relayn, vol. 5, nº 3, pp. 162-180, 2021.
- [17] H. Gutiérrez, Control Estadístico de la Calidad y seis Sigma, México, D.F: McGrawHill, 2013.
- [18] E. Montalbán, E. Arenas, M. Talavera y R. Magaña, «Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la F,» Aplicaciones de la Ingeniería, pp. 230-240, 2015.
- [19] M. Carrillo, L. Vargas, C. Severiche, J. Peralta y V. Ortega, «Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico,» Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, pp. 3148 -3163, 2022.
- [20] M. Rendón y M. Villasís, «El protocolo de investigación V: el cálculo del tamaño de muestra.,» Revista alergia México, pp. 220-227, 2017.

LOS AUTORES



Mauricio Xavier López Flores, Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización con una Maestría en Automatización y Sistemas de Control por la Universidad Técnica de Ambato. Mi enfoque se centra en la aplicación de tecnologías de vanguardia para optimizar procesos y lograr entornos industriales eficientes.



Santiago Montenegro, Ingeniero Industrial graduado en la Universidad Técnica de Ambato. Interesado en la optimización de procesos y análisis de variabilidad, con énfasis en metodologías de mejora continua.



Paulo C. Torres, Ingeniero en Sistemas Computacionales e Informáticos, graduado de la Universidad Técnica de Ambato, y cuento con una maestría en Gerencia de Sistemas de Información. Me interesa la gestión de proyectos informáticos, aplicando metodologías ágiles para impulsar la innovación tecnológica.



Edwin Portero Jijón, Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización, con una maestría en Gerencia de la Calidad e Innovación. Experiencia en la gestión de procesos y la industria, con énfasis en la Calidad y normas ISO y su certificación.