

# Desing and implementation of the Poka Yoke tool for cost optimization in the sports footwear sector

Adriana Rosario Quispe Gaspar, Bachelor of Engineering<sup>1</sup> , Alejandra Anampa Gomez, Bachelor of Engineering<sup>2</sup>  ;  
Kelly Milena Polo Herrera, Master of Science<sup>3</sup> , Marco Antonio Diaz Diaz, Master of Science<sup>4</sup>   
<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Privada del Norte, Peru, n00214926@upn.pe, n00267739@upn.pe, kelly.polo@upn.edu.pe  
marco.diaz@upn.edu.pe

*Abstract– This study addresses the high defect rate in the screen-printing process within the Peruvian sports footwear manufacturing sector, which generates significant rework, operational inefficiencies, and increased costs. The root cause was identified as the lack of standardized procedures, leading to frequent misalignments and improper ink dosage during manual operations. To mitigate these issues, a Lean Manufacturing Poka Yoke system with an integrated verification sensor was designed and implemented. The device validates alignment and ink parameters before printing, allowing the process to continue only if conditions are correct, with visual and auditory alerts for errors. The implementation followed five phases: planning, design, training, execution, and evaluation. Results showed a reduction in defect rates from 1.13% to 0.50%, decreasing rework costs by approximately USD 1,921 annually. Economic indicators confirmed feasibility, with a NPV of USD 1,069.98, an IRR of 30%, and B/C ratio of 2.48. Beyond economic gains, the intervention improved operator confidence, process reliability, and workplace organization through continuous training and engagement. This research demonstrates that applying Poka Yoke in manual, error-prone processes within the footwear sector not only enhances product quality but also strengthens competitiveness, making it a viable strategy for other manufacturing environments facing similar challenges.*

*Keywords– Poka Yoke, Screen Printing, Footwear manufacturing, Cost reduction, Continuous Improvement.*

# Diseño e implementación de la herramienta Poka Yoke para la optimización de costos en el sector de calzado deportivo

Adriana Rosario Quispe Gaspar, Bachelor of Engineering<sup>1</sup>, Alejandra Anampa Gomez, Bachelor of Engineering<sup>2</sup> ;  
Kelly Milena Polo Herrera, Master of Science<sup>3</sup>, Marco Antonio Díaz Díaz, Master of Science<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Privada del Norte, Perú, n00214926@upn.pe, n00267739@upn.pe, kelly.polo@upn.edu.pe  
marco.diaz@upn.edu.pe

*Abstract – Este estudio aborda la elevada tasa de defectos en el proceso de serigrafía del sector peruano de fabricación de calzado deportivo, la cual genera reprocesos, ineficiencias operativas y aumento de costos. La causa raíz identificada fue la ausencia de procedimientos estandarizados, lo que provoca desalineaciones y dosificación inadecuada de tinta en operaciones manuales. Para mitigar esta problemática, se diseñó e implementó un sistema Poka Yoke, perteneciente a la filosofía Lean Manufacturing, con un sensor de verificación integrado. Este dispositivo valida los parámetros de alineación y tinta antes de la impresión, permitiendo continuar el proceso solo si las condiciones son correctas, emitiendo alertas visuales y auditivas ante errores. La implementación se desarrolló en cinco fases: planificación, diseño, capacitación, ejecución y evaluación. Los resultados evidenciaron una reducción de la tasa de defectos del 1.13% al 0.50%, disminuyendo los costos por reproceso en aproximadamente USD 1,921 anuales. Los indicadores económicos confirmaron la viabilidad del proyecto, con un Valor Actual Neto (VAN) de USD 1,069.98, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 30% y un índice Beneficio-Costo (B/C) de 2.48. Además de los beneficios económicos, la intervención mejoró la confianza de los operarios, la confiabilidad del proceso y la organización del área de trabajo mediante capacitación continua y participación activa. La investigación demuestra que la aplicación de Poka Yoke en procesos manuales propensos a errores no solo optimiza la calidad del producto, sino que fortalece la competitividad, constituyéndose en una estrategia viable para otros entornos manufactureros con problemáticas similares.*

*Keywords—Poka Yoke, serigrafía, calzado deportivo, reducción de costos, mejora continua.*

## I. INTRODUCCIÓN

### A. Realidad problemática

En los últimos años, la técnica Poka Yoke ha demostrado ser una herramienta eficaz dentro de los sistemas de producción

modernos para prevenir errores humanos y mejorar la calidad de los procesos. Diversos estudios han abordado su aplicación en contextos industriales, destacando su integración con tecnologías emergentes como la visión artificial y el aprendizaje profundo para monitorear errores en líneas de ensamblaje [1], así como su implementación junto con sistemas Pick-to-Light para incrementar la eficiencia en sistemas de producción inteligentes [2]. La industria automotriz también ha evidenciado beneficios importantes mediante su uso, al reducir defectos en procesos críticos de ensamblaje [3], mientras que, en el ámbito de la mejora continua, se ha explorado su

implementación en sectores de alta precisión como la industria aeroespacial, donde ha contribuido a reducir errores humanos y aumentar la trazabilidad del proceso [4]. Finalmente, investigaciones en procesos electrónicos también respaldan su utilidad para prevenir errores en fases sensibles como el moldeo de circuitos integrados [5].

Estas experiencias respaldan la pertinencia de aplicar el sistema Poka Yoke en sectores manufactureros peruanos como el del calzado deportivo, donde aún persisten problemas de reproceso y defectos.

El sector de calzado deportivo en el Perú ha mostrado un crecimiento exponencial en los últimos años, posicionándose como uno de los países emergentes en esta industria. Sin embargo, como cualquier empresa, enfrenta diversos desafíos. Un caso representativo es el de una compañía dedicada a la fabricación y comercialización de calzado deportivo, la cual presenta dificultades internas que impactan en su eficiencia operativa y limitan su capacidad competitiva.

Uno de los problemas más críticos se encuentra en el área de producción, ya que se ha generado reproceso debido a productos defectuosos en el proceso de serigrafía. Esta problemática se atribuye a la ausencia de procedimientos de estandarización en el área de serigrafía por parte del personal operativo, generando errores recurrentes con un promedio de 113 unidades defectuosas por cada 10,000 producidas. Esto representa un costo promedio mensual de reproceso de S/. 7,770.00 soles, lo que impacta negativamente en la productividad y rentabilidad de la empresa.

Este estudio aborda la falta de estandarización en el área de serigrafía, donde los procedimientos se realizan de forma manual y dependen de la experiencia y criterio del operario. Esta variabilidad genera errores frecuentes, retrabajo y pérdida de tiempo, afectando de forma directa los costos operativos y la eficiencia del proceso. Ante ello, se propone implementar la herramienta Poka Yoke como solución innovadora para prevenir errores, y así estandarizar el procedimiento y fortalecer la competitividad mediante la mejora continua.

### *B. Estado del arte*

La herramienta Poka Yoke, parte fundamental de la filosofía Lean Manufacturing, ha sido aplicada exitosamente en distintos sectores industriales para prevenir errores humanos y mejorar la eficiencia de los procesos. Diversos estudios internacionales han demostrado su efectividad en líneas de ensamblaje.

Por ejemplo, Martinelli et al. [1] propusieron una integración entre Poka Yoke y redes neuronales para la identificación automática de errores en procesos de ensamblaje, demostrando su viabilidad técnica en entornos inteligentes.

Mientras que Trojanowska et al. [2] analizaron la aplicación de Poka Yoke con sistemas Pick-to-Light, obteniendo mejoras sustanciales en eficiencia y disminución de errores en producción. Paralelamente, Kumar et al. [3] aplicaron esta técnica en el sector automotriz donde contaban con líneas de producción automatizadas, evidenciando una mejora significativa en la reducción de defectos durante procesos de ensamblaje. Adicionalmente, se destacó la implementación de Poka Yoke en la industria aeroespacial como una estrategia clave para minimizar errores humanos en procesos complejos, garantizando la trazabilidad y calidad en líneas de producción de alta precisión [4]. Por otro lado, Hakim y Hellyward [5] propusieron una solución técnica con Poka Yoke para prevenir errores en el moldeo de circuitos integrados, logrando una reducción del desperdicio en procesos altamente sensibles. Del

mismo modo, Goel [6] presentó una exitosa implementación de Poka Yoke en la producción de rotores para vehículos Tesla, logrando una notable disminución de errores y mejoras en la eficiencia de manufactura. De forma complementaria, Wijaya et al. [7] desarrollaron un sistema Poka Yoke integrado a una plataforma de Internet of Things (IoT) en líneas de soldadura por puntos, logrando un control automatizado de errores y mayor eficiencia operativa.

A nivel nacional, también se han realizado contribuciones importantes. Olivares y Salas [8] implementaron la herramienta en la microempresa Bohemian Brew Perú, logrando mejorar los indicadores productivos en más del 30%. En el sector calzado, Lucero [9] demostró la viabilidad económica del uso de herramientas Lean, incluida Poka Yoke, al obtener una TIR del 40.77% y un VAN de S/. 28,896.87 tras su implementación en una empresa de suelas. Asimismo, Arroyo y Mancha [10] presentaron una propuesta de mejora en una fábrica de calzado en Huancayo, alcanzando un aumento del 26% en la producción anual mediante herramientas Lean.

Estas investigaciones evidencian la viabilidad del uso del Poka Yoke tanto en contextos manuales como automatizados, ya que permite reducir defectos, optimizar recursos y generar beneficios económicos, a través de un mecanismo simple. Sin embargo, pese a estos avances, aún existe una brecha de investigación en la implementación de esta herramienta en el proceso específico de serigrafía dentro del sector de calzado deportivo. Por ello, el siguiente estudio busca desarrollar e implementar un mecanismo Poka Yoke que contribuya a mejorar la calidad del producto final y a su vez sea económicamente viable.

## II. PROBLEMA

En el sector manufacturero del calzado deportivo en Lima, los errores recurrentes en el proceso de serigrafía representan una fuente crítica de reprocesos, pérdidas económicas y deterioro de la calidad del producto final. La causa raíz de esta problemática se encuentra en la falta de estandarización del proceso, lo que genera productos defectuosos que no cumplen con los estándares visuales y técnicos requeridos, afectando la imagen de la marca y generando costos innecesarios.

En la Tabla 1 se presenta un análisis cuantitativo de los errores y reprocesos registrados durante el primer semestre del año 2024. Los datos evidencian un promedio mensual de 113 unidades defectuosas, lo que representa un 1.13% del total de la producción, generando en promedio 90 productos reprocesados

por mes. Lo que en principio puede parecer un porcentaje bajo. Sin embargo, en industrias competitivas como la del calzado, donde el estándar de calidad aceptable suele estar por debajo del 0.5 % de defectos, este valor más que duplica el margen tolerado, evidenciando una brecha importante en el control de calidad. Además, el sistema actual reprocesa un promedio de 90 unidades al mes, lo que implica un tiempo total de 3 horas mensuales exclusivamente dedicadas a corregir errores. Si bien este tiempo puede parecer limitado frente al volumen total de producción, representa una ineficiencia continua que interfiere con la programación del proceso y puede generar cuellos de botella, especialmente en temporadas de alta demanda o cuando se superponen otras tareas operativas. Cabe considerar, además, que en algunos casos el tiempo de reproceso es absorbido con poca rigurosidad por parte del personal, debido a la normalización del error y la ausencia de mecanismos de prevención estructurada.

TABLA 1  
ERRORES Y REPROCESOS MENSUALES

Meses	Producción Planeada	Productos Defectuosos	% De Defectos sobre la Producción	Productos Reprocesados	Tiempo de Reproceso (Horas)
Enero	10,000	120	1.20%	95	3.16
Febrero	10,000	110	1.10%	88	2.93
Marzo	10,000	98	0.98%	80	2.67
Abril	10,000	115	1.15%	92	3.07
Mayo	10,000	105	1.05%	85	2.83
Junio	10,000	130	1.30%	100	3.33
Promedio	10,000	113	1.13%	90	3

De manera complementaria, el impacto económico de estos errores se puede observar en la Tabla 2, donde se calcula el costo mensual promedio por reproceso, considerando un valor de \$12.16 por hora de trabajo invertida en corregir los productos defectuosos. Los resultados muestran una pérdida mensual promedio de \$2,100.00, equivalente aproximadamente a S/. 7,700.00, monto que se pierde mensualmente debido a ineficiencias que podrían ser reducido mediante la prevención del error desde su origen. En términos anuales, esto proyectaría una pérdida superior a los \$25,000, monto que podría reinvertirse en mejoras operativas, innovación o capacitación.

TABLA 2  
ANÁLISIS DE COSTOS Y PÉRDIDAS POR ERRORES DE SERIGRAFÍA

Meses	Número de Defectos	% Defectos sobre Producción	Productos Reprocesados	Costo de Reproceso (\$ 12.16 x hora)
Enero	120	1,20%	95	\$ 2067.57
Febrero	110	1,10%	88	\$ 1962.16
Marzo	98	0,98%	80	\$ 1702.70
Abril	115	1,15%	92	\$ 2091.89
Mayo	105	1,05%	85	\$ 1925.68
Junio	130	1,30%	100	\$ 2310.81
Promedio	113	1,13%	90	\$ 2100.00

Estos datos confirman la existencia de un problema estructural en la calidad del proceso de serigrafía, cuya atención es prioritaria. Frente a este escenario, se hace evidente la necesidad de aplicar herramientas de mejora continua como el Poka Yoke, que permita prevenir los errores desde su origen y eliminar el reproceso, optimizando el uso de recursos y reduciendo costos innecesarios.

#### A. Objetivo

Determinar el impacto del diseño e implementación la herramienta Poka Yoke en la reducción de costos por reproceso en el proceso de serigrafía del sector de calzado deportivo en Lima, Perú.

### III. METODOLOGÍA Y PROPUESTA INNOVADORA

#### A. Diseño de la Investigación

La presente investigación es de carácter experimental de tipo pre-experimental, ya que no se trabajó con un grupo de control independiente. No obstante, el diseño presenta características de un cuasi-experimento, al realizar una comparación entre datos históricos y datos obtenidos post intervención. La unidad de estudio estuvo constituida por los errores en el área de serigrafía, los productos defectuosos generados y los productos defectuosos generados y los productos reprocesados, dentro del proceso de producción de calzado deportivo. Este enfoque metodológico permite analizar el impacto de una intervención específica sobre las variables clave como calidad y costo operativo. Diversos autores han validado la aplicabilidad de diseños similares en contextos industriales. Por ejemplo, se realizó una investigación en sistemas de manufactura donde evaluaron el impacto que

generaban las herramientas Lean, como el Poka Yoke, mediante un modelo de co-simulación, logrando reducir significativamente la tasa de defectos y mejorar la eficiencia del proceso productivo [11].

### B. Identificación y descripción de Restricciones Realistas

Para la elección metodológica, se analizaron diversas herramientas de solución que respondieran de manera directa al problema identificado en el área de serigrafía. Se seleccionaron las herramientas MAPRO y Poka Yoke por su aplicabilidad directa en este tipo de entorno operativo. La herramienta MAPRO permite documentar y estandarizar procedimientos, lo cual facilita su comprensión y ejecución uniforme, mientras que Poka Yoke se enfoca en la prevención de errores mediante mecanismos visuales o físicos, esto resulta útil en tareas repetitivas y manuales como la serigrafía.

No se consideraron herramientas como 5S, Jidoka o Andon debido que abordan otras dimensiones del sistema productivo. Por un lado, 5S está orientada a la organización del espacio físico, Andon al monitoreo visual de incidencias en tiempo real, y Jidoka a procesos automatizados con parada automática ante fallas, por todo ello, las herramientas mencionadas no se ajustan al contexto técnico del presente estudio. Por otro lado, MAPRO y Poka Yoke se ajustan a las necesidades reales del área intervenida, por lo que se compararon bajo criterios de economía, tiempo de implementación, accesibilidad, funcionalidad, usabilidad y sostenibilidad, con el fin de seleccionar la herramienta más eficaz.

TABLA 3  
COMPARACIÓN DE RESTRICCIONES REALISTAS PARA EL PROBLEMA DE LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS

Problema: Productos Defectuosos	MAPRO: Guía estructurada que documenta todas las tareas o actividades que se realizan dentro de la organización con el fin de asignar las funciones y mejorar la eficiencia operativa [12].	POKA-YOKE: Es una técnica de calidad enfocada en prevenir errores humanos durante los procesos de producción mediante la implementación de herramientas simples [13].
Económica:	\$ 327.93	\$ 722.70
Tiempo:	12 días	13 días
Accesibilidad:	70%	80%
Funcionalidad:	83%	85%
Usabilidad:	93%	88%
Sostenibilidad:	75%	78%

Como se observa, la herramienta Poka Yoke ofrece mayores beneficios en funcionalidad y sostenibilidad a pesar de una inversión ligeramente mayor. Cabe resaltar que el Poka Yoke es una de las estrategias más efectivas para prevenir errores humanos y mejorar la calidad de sus procesos, ya que el costo del dispositivo no supera el costo ocasionado por los problemas [14].

### C. Selección de la mejor alternativa

La herramienta elegida fue Poka Yoke, cuyo principio se basa en prevenir errores en lugar de detectarlos después de ocurridos. Su implementación permite aumentar la eficiencia, reducir costos operativos y mejorar la calidad desde el inicio del proceso. Investigaciones como la de Al Ayyubi et al. [15], quienes desarrollaron mecanismos simples para la prevención de errores en la línea de producción de materiales en una empresa manufacturera, demostraron que una pequeña inversión puede generar resultados positivos y mejorar la continuidad del proceso.

Yashini [16] muestra que la implementación del Poka Yoke junto con la herramienta TPM y el indicador OEE en las áreas de inspección y mantenimiento permite una detección oportuna de errores. A su vez, asegura la disponibilidad de los equipos, logrando así una optimización integral en las líneas de producción.

## II. DISEÑO

### A. Implementación de POKA YOKE

La causa raíz identificada fue la alta incidencia de errores manuales en el proceso de serigrafía sobre cuero sintético, lo que inducía a defectos geométricos y errores en la dosificación de insumos. Para ello, se diseñó un sistema Poka Yoke con sensor cuyo cronograma para la implementación del sistema incluyó cinco etapas: planificación, diseño, capacitación, ejecución y evaluación. Asimismo, generaron un diseño de un dispositivo a prueba de errores en el proceso de moldeo de copas en una empresa del sector textil en Honduras. Ambos casos resaltan como el uso de herramientas sencillas pueden traer grandes beneficios como prevenir fallos y mejorar la calidad [17].

### B. Diseño del sensor Poka yoke

La solución desarrollada se basa en un sensor de verificación que permite validar automáticamente parámetros

de alineación y tinta antes de la impresión. Solo si las condiciones son correctas, el proceso continúa; además, este sistema cuenta con alertas visuales y auditivas en caso de error.

*C. Descripción del posible error al detalle*

Se identificó como causa raíz de los productos defectuosos en el proceso de serigrafía utilizado para personalizar las zapatillas. Estos errores son frecuentes al aplicar manualmente los diseños sobre el cuero sintético previo a la unión de piezas.

*D. Determinación de las causas*

Al tratarse de un proceso manual, se ha observado que los trabajadores no miden la cantidad exacta de tinta lo que provoca aplicaciones con exceso o escasez de tinta; además, no alinean correctamente el cuero en el tablero, lo que resulta en impresiones desalineadas. Ambos problemas afectan la uniformidad y calidad de las zapatillas, y se han convertido en problemas recurrentes en el área de producción. Como primer paso se elaboró un cronograma de las actividades a realizar en el Poka Yoke.

TABLA 4  
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL POKA YOKE

Etapa	Nº	Descripción de Actividades	Semana	Horas
<b>Etapa 1: Planificación, análisis del proceso actual, recolección de datos</b>	1	Reunión inicial con el equipo para definir objetivos, alcance y roles.	Semana 1	
	2	Revisión del proceso actual de serigrafía. Identificación de puntos críticos.	Semana 1	15
	3	Recolección de datos sobre errores actuales en serigrafía.	Semana 1	
<b>Etapa 2: Diseño del sistema Poka Yoke, revisión y aprobación,</b>	4	Diseño de soluciones Poka Yoke para errores identificados. Preparación de bocetos.	Semana 2	16

<b>preparación de materiales</b>	5	Revisión y aprobación del diseño. Ajustes según retroalimentación.	Semana 2	
	6	Adquisición o fabricación de dispositivos. Preparación de herramientas.	Semana 2	
<b>Etapa 3: Capacitación del personal, instalación y prueba del sistema</b>	7	Capacitación del personal. Instrucciones y demostraciones prácticas.	Semana 3	
	8	Instalación de dispositivos en estaciones de serigrafía.	Semana 3	16
	9	Pruebas del sistema en condiciones normales. Corrección de errores.	Semana 3	
<b>Etapa 4: Ajustes y optimización, monitoreo y evaluación</b>	10	Ajustes al sistema según pruebas. Optimización.	Semana 4	
	11	Monitoreo del sistema en operación. Evaluación y feedback del personal.	Semana 4	10
<b>Etapa 5: Documentación y reporte, reunión de cierre</b>	12	Documentación del proceso y elaboración del reporte final.	Semana 5	9

13 Reunión final para revisión del proyecto, lecciones aprendidas y seguimiento. Semana 5

E. Identificar qué solución se puede brindar

Se desarrolla una solución basada en la integración de un sensor que detecta ajustes incorrectos en las herramientas de serigrafía. A continuación, el flujograma del funcionamiento del sensor para serigrafía.

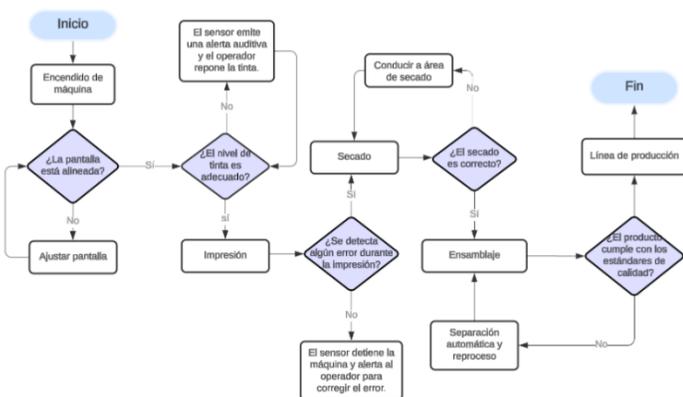


Figura 1. Flujograma de sistema Poka Yoke con sensor para serigrafía

En la figura 2, el boceto demostrará en detalle la implementación del sensor, asegurando que sea una solución práctica, fácil de instalar y que no interfiera con el flujo de trabajo actual. Además, se buscará que el sistema sea intuitivo para los operadores y minimice el margen de error sin ralentizar la producción.

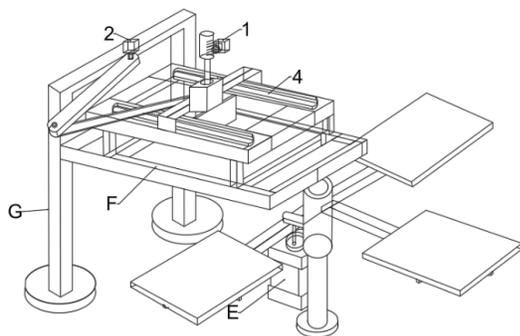


Figura 2. Prototipo de sensor para la implementación de Poka Yoke en el área de serigrafía

- A: Motor para transmisión vertical
  - B: Motor para transmisión horizontal
  - C: Posicionador de paleta
  - D: Guías de desplazamiento
  - E: Cilindro para alinear la paleta
  - F: Matriz de serigrafía
  - G: Estructura de soporte
- F. Control del Proceso

El sensor del sistema Poka-Yoke verifica automáticamente que los parámetros de ajuste de la serigrafía estén correctos antes de iniciar el proceso. Solo permite continuar si todo está en orden, emitiendo una alerta visual o auditiva en caso de error, evitando fallos desde el inicio.

G. Capacitación al personal:

Como parte crítica de la implementación, se desarrollaron talleres prácticos y sesiones de inducción para el personal, garantizando el correcto uso del sistema. Esto coincide con experiencias en la aplicación real del método Poka Yoke donde la capacitación ha sido clave para lograr una adopción efectiva [8].

H. Monitoreo y evaluación

Durante la etapa de monitoreo, se compararon los niveles de defectos y reprocesos del año anterior con los datos posteriores a la implementación. Como resultado, se evidenció una reducción progresiva en los errores. Tal impacto positivo ha sido documentado en tesis como la de Lucero [9], donde se alcanzó una TIR de 40.77% y un VAN de S/. 28,896.87 tras la implementación de Lean Tools en el sector calzado.

A continuación, la Tablas 5 y 6 se presentan los datos históricos % de defectos sobre producción y el número de los productos reprocesados.

TABLA 5  
% DEFECTOS SOBRE PRODUCCIÓN

Año 2023	% Defectos sobre producción
Enero	1.18%
Febrero	1.10%
Marzo	0.97%
Abril	1.13%
Mayo	1.04%

Junio	1.28%
Julio	1.45%
Agosto	1.48%
Septiembre	1.52%
Octubre	1.53%
Noviembre	1.55%
Diciembre	1.50%

TABLA 6  
PRODUCTOS REPROCESADOS

Año 2023	Productos Reprocesados
Enero	97
Febrero	90
Marzo	83
Abril	94
Mayo	87
Junio	102
Julio	91
Agosto	92
Septiembre	94
Octubre	93
Noviembre	95
Diciembre	94

Los datos presentados en las Tablas 5 y 6. Si bien se observan meses con una ligera reducción en la tasa de defectos sobre producción, los valores permanecen elevados, alcanzando hasta un 1.55% en junio. Asimismo, los productos reprocesados muestran fluctuaciones, con un máximo de 100 unidades en junio, lo que indica una falta de control sobre la eficiencia del proceso.

Estos resultados resaltan la necesidad de implementar un sistema de control más efectivo, como el sensor Poka-Yoke, que permita reducir la variabilidad en los defectos y minimizar los tiempos de reproceso, optimizando así la calidad y eficiencia en la serigrafía del calzado deportivo.

### III. RESULTADOS

#### 1) Evaluación Económica:

La Tabla 7 muestra los egresos comprometidos para la implementación de la herramienta Poka Yoke, expresados en dólares estadounidenses (USD). Se consideran los costos asociados al diseño del sistema, la capacitación del personal, y

los gastos relacionados en la implementación, dando un total de \$722.70 USD. Como se observa en la tabla los gastos se corresponden a una inversión única realizada en el mes de Julios, siendo necesaria solo para la puesta en marcha el sistema.

TABLA 7  
EGRESOS EXPRESADOS EN SOLES

Egresos	Mes: Julio
Diseño	\$ 97.30
Mano de Obra	0.00
Implementación	\$ 328.11
Capacitación	\$ 297.30
Total de Egresos	\$ 722.70

Nota. Todos los valores en las Tablas 7 están expresados en dólares estadounidenses (USD).

A continuación, se presentan los beneficios obtenidos luego de la implementación del sistema en un periodo de 12 meses.

TABLA 8  
BENEFICIOS EXPRESADOS EN SOLES

Meses	Beneficios del Poka Yoke
Julio	\$ 0.00
Agosto	\$ 243.97
Septiembre	\$ 340.29
Octubre	\$ 279.04
Noviembre	\$ 228.81
Diciembre	\$ 187.62
Enero	\$ 153.85
Febrero	\$ 126.16
Marzo	\$ 103.45
Abril	\$ 84.83
Mayo	\$ 69.56
Junio	\$ 57.04
Julio	\$ 46.77
Total de Beneficios	\$ 1921.39

Nota. Todos los valores en las Tablas 8 están expresados en dólares estadounidenses (USD).

En la tabla 8 se presentan el total de beneficios sociales generados tras la implementación del sistema durante 12 meses. Se observa que el sistema genera ahorros mensuales en costos de reproceso, acumulando un total de \$1,921.39 USD. La curva de beneficios muestra una tendencia decreciente en los beneficios, la cual puede explicarse por dos factores: la estabilización del volumen de producción y los márgenes de error, lo cual indica que el sistema alcanzó su máximo potencial de corrección en los primeros meses.

De igual manera, en la Tabla 9 se detalla el flujo de caja final post implementación, la inversión inicial se recupera gradualmente a lo largo del año, generando el cierre un beneficio neto de \$1,198.68 USD. Este resultado demuestra la viabilidad económica de implementar la herramienta Poka Yoke en procesos manuales como el de serigrafía.

TABLA 9  
FLUJO DE CAJA

Meses	Egresos	Beneficios	Flujo de Caja
Julio	\$ 722.70	0.00	\$ -722.70
Agosto	0.00	\$ 243.97	\$ 243.97
Septiembre	0.00	\$ 340.29	\$ 340.29
Octubre	0.00	\$ 279.04	\$ 279.04
Noviembre	0.00	\$ 228.81	\$ 228.81
Diciembre	0.00	\$ 187.62	\$ 187.62
Enero	0.00	\$ 153.85	\$ 161.15
Febrero	0.00	\$ 126.16	\$ 126.16
Marzo	0.00	\$ 103.45	\$ 103.45
Abril	0.00	\$ 84.83	\$ 84.83
Mayo	0.00	\$ 69.56	\$ 69.56
Junio	0.00	\$ 57.04	\$ 57.04
Julio	0.00	\$ 46.77	\$ 46.77
Total	\$ 722.70	\$ 1921.39	\$ 1198.68

Nota. Todos los valores en las Tablas 9 están expresados en dólares estadounidenses (USD).

A través de la aplicación de la metodología de Poka Yoke para la mitigación de la problemática se determina que esta es viable, por los siguientes resultados:

La Tabla 10, presentan los indicadores clave. El VAN del proyecto alcanza los \$1,069.98 USD, con una TIR del 30%, superando ampliamente TMAR definida en 1,5%. Además, el índice Beneficio / Costo (B/C) 2,48 indica que por cada dólar

invertido se generan \$2.48 USD de retorno, lo que confirma que el proyecto no solo es viable, sino altamente rentable.

TABLA 10  
INDICADORES ECONÓMICOS

INDICADORES ECONÓMICOS	
TMAR	1.50%
VAN	\$ 1069.98
TIR	30%
B/C	2.48
VAN Beneficios	\$ 1792.68
VAN Egresos	\$ 722.70

Nota. Todos los valores en las Tablas 10 están expresados en dólares estadounidenses (USD).

#### IV. DISCUSIÓN

En base a la simulación de la herramienta Poka Yoke, que está orientada a reducir los errores del proceso de serigrafía en el calzado deportivo.

La figura 3, muestra la relación entre la cantidad de productos reprocesados y el número de defectos en un período de seis meses. Se observa que ambas variables siguen una tendencia similar, lo que indica que un aumento en los defectos impacta directamente en el número de productos que requieren reprocesos. Este comportamiento sugiere que el proceso de serigrafía presenta inconsistencias que no se detectan a tiempo, lo que obliga a corregir errores en etapas posteriores de la producción. Esto representa un problema significativo, ya que los reprocesos generan mayores costos operativos, retrasos en la producción y un uso ineficiente de recursos.

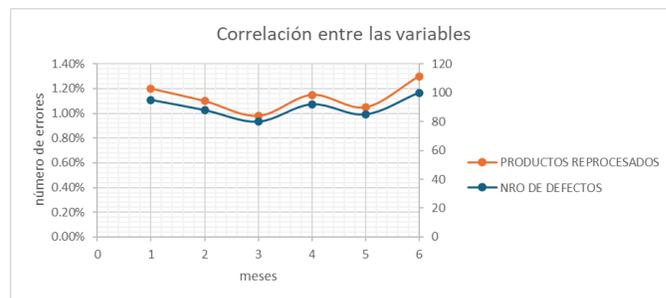


Figura 3. Correlación entre % de defectos sobre producción y productos reprocesados.

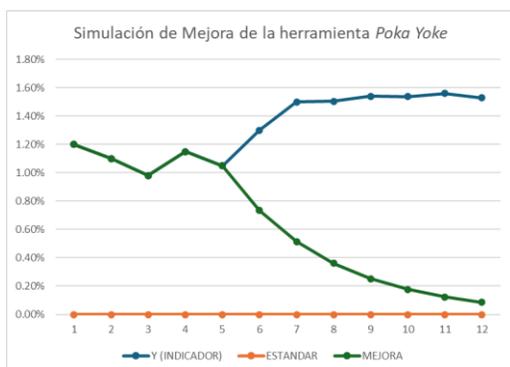


Figura 4. Simulación de la herramienta Poka Yoke.

En la Figura 4, la simulación muestra una tendencia decreciente sostenida en la tasa de defectos, lo cual evidencia la eficacia del sistema Poka Yoke como estrategia de prevención de errores en procesos manuales. A lo largo de 12 meses evaluados, se refleja un impacto positivo tras la aplicación de la herramienta: inicialmente, el porcentaje de defectos se mantiene estable, pero posteriormente se observa una disminución progresiva, alcanzando niveles cercanos al 0% al finalizar el periodo. Este comportamiento confirma que el sistema Poka Yoke es una solución efectiva para reducir errores en el área de serigrafía de calzado, disminuyendo significativamente los desperdicios. Asimismo, la línea de referencia estándar en el gráfico refuerza el objetivo de minimizar defectos, en coherencia con los principios de mejora continua en procesos de manufactura.

## V. CONCLUSIONES

Se identificaron problemas en el área de producción y logística en el sector de calzado deportivo, en específico errores en el área de serigrafía y tiempo de reproceso generando mayores costos y reducción en la eficiencia operativa. Registrándose un promedio de defectos del 1.13%, cifra que supera los estándares de calidad de otras empresas que suelen ubicarse alrededor del 0.5% [3].

Para abordar los problemas identificados, se evaluaron las soluciones más adecuadas para cada uno, considerando diversas herramientas y metodologías como Poka-Yoke y el Manual de Procedimientos. Estas alternativas fueron analizadas bajo criterios de costo de implementación, tiempo de ejecución, accesibilidad, funcionalidad, usabilidad, sostenibilidad y adaptabilidad al cambio. Después de una evaluación detallada, se seleccionó la solución más apropiada para el contexto de la empresa, optando por Poka-Yoke como herramienta viable para el sector refuerza la viabilidad y eficacia para optimizar procesos operativos y mejorar la competitividad de la empresa.

La problemática que la empresa enfrentaba era una tasa de defectos promedio de 1.13% en el proceso de serigrafía, lo que generaba un costo mensual aproximado de S/. 7,770.00 por reprocesos. Esta situación impactó directamente en las utilidades y en la satisfacción del cliente. En términos económicos, la implementación, que tuvo una inversión inicial de USD 722.70, demostró ser altamente rentable al generar un ahorro anual de aproximadamente USD 1,921.39, alcanzando un VAN positivo de USD 1,069.98, una TIR del 30% y una relación B/C de 2.48. Esta herramienta incluyó la instalación de mecanismos de control visual y la aplicación de estándares operativos específicos para cada etapa del proceso. Como resultado, la tasa de defectos se redujo a 0.50%, a nivel operativo, la implementación de Poka Yoke no solo mejoró la calidad del producto final, sino que también incrementó la confianza del personal en los procesos, al proporcionar herramientas que simplifican las tareas y reducen los errores.

La implementación de esta metodología no solo mejoró los indicadores financieros, sino que también impactó positivamente en la moral y la motivación del personal. La capacitación continua y la participación activa de los colaboradores en el proceso de mejora fomentaron un ambiente laboral más organizado y productivo. Se redujeron los tiempos improductivos, se mejoró la organización del espacio de trabajo y se fortalecieron las competencias del equipo.

## AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Agradecimiento a nuestros mentores, familia y amigos que nos brindaron su apoyo durante el proceso de la investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Martinelli, M., Lippi, M., & Gamberini, R. (2022). Poka Yoke meets deep learning: A proof of concept for an assembly line application. *Applied Sciences*, 12(21), 11071. <https://doi.org/10.3390/app122111071>
- [2] Trojanowska, J., Husár, J., Hrehova, S., & Knapčíková, L. (2023). Poka Yoke in smart production systems with Pick to Light implementation to increase efficiency: A study [Preprint]. *Preprints.org*. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.1829.v1>
- [3] Kumar, R., Dwivedi, R. K., Dubey, S. K., & Singh, A. P. (2021). Influence and application of Poka-Yoke technique in automobile manufacturing system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1136(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1136/1/012028>
- [4] Abd Rahman, S. R. S., Yahaya, S. H., & Ilyas, M. I. (2023). Application of Poka Yoke in reducing defects in manufacturing processes: A case study in aerospace component production. *Drones*, 7(4), 150. <https://doi.org/10.14445/23499362/IJIE-V6I1P103>
- [5] Hakim, A. R., & Hellyward, J. (2021). Poka Yoke to prevent human error at moulding process of integrated circuit assembly. *Sigma Teknika*, 4(1), 55-61. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v4i1.3226>

- [6] Goel, G. (2023). *Implementing Poka-Yoke in manufacturing: A case study of Tesla rotor production*. International Journal of Mechanical Engineering, 5(3), 05-25. <http://dx.doi.org/10.55640/ijme-05-01-03>
- [7] Wijaya, S., Hariyadi, S., Debora, F., & Supriadi, G. (2020). Design and implementation of Poka-Yoke system in stationary spot-welding production line utilizing Internet-of-Things platform. *Journal of ICT Research and Applications*, 14(1) <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.res.appl.2020.14.1.3>
- [8] Olivares Apaza, A. B., & Salas Cam, F. A. (2023). *Caso de aplicación: herramienta Poka Yoke en la micro y pequeña empresa Bohemian Brew Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/19257>
- [9] Lucero Rivera, G. (2021). *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de suelas para calzado aplicando herramientas de Lean Manufacturing* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/dce53667-ebc8-45b9-b03c-780c121fcb56>
- [10] Arroyo Espinoza, S. S., & Mancha Ancasí, A. I. (2024). *Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando herramientas de lean manufacturing en una fábrica de calzados en la ciudad de Huancayo* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/14717>
- [11] Possik, J., Possik, J., Possik, J., Zouggar-Amrani, A., Vallespir, B., & Zacharewicz, G. (2021). Lean techniques impact evaluation methodology based on a co-simulation framework for manufacturing systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2021.1972468>
- [12] Sánchez Torres, J. L., & López Hernández, D. I. (2023). Metodología para la implementación de un manual de procedimientos. *Tlatemoani: Revista Académica de Investigación*, (33), diciembre. <https://doi.org/10.51896/tlatemoani/DDUV1133>
- [13] Ili, M., Lippi, M., & Gamberini, R. (2022). Poka Yoke meets deep learning: A proof of concept for an assembly line application. *Applied Sciences*, 12(21), 11071. <https://doi.org/10.3390/app122111071>
- [14] Djunaidi, M., & Pahlevi, N. O. (2021). Application of the Poka Yoke method in the mix packing part process to control the amount of flow out. *OPSI*, 14(1). <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i1.4476>
- [15] Al Ayyubi, MC, Mahmudah, H., Saleh, A. y Rachmadi, RR (2020). Implementación del sistema Poka-Yoke para prevenir errores humanos en la preparación de materiales para la industria. *Seminario Internacional sobre Tecnología Inteligente y sus Aplicaciones*, 273–278. <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163707>
- [16] Yashini, J. (2020). An Analysis on Minimization of Product Error (Poka-Yoke) and Excess Work in Progress (TPM & OEE) in Textile Industry. 3(9), 17–22. <https://doi.org/10.47607/IJRESM.2020.278>
- [17] Padilla Villanueva, R. E., & Reyes Duke, A. M. (2022). Design of an error-proof device (Poka Yoke) in the cup molding process in a clothing manufacturing company, Honduras. *Proceedings of the Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI)*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.597>