

Lean Six Sigma y Automatización del Empacado con Multihead Weigher como Estrategia de Mejora Productiva en una PyME Alimentaria
Lean Six Sigma and Multihead Weigher Packaging Automation as a Productivity Improvement Strategy in a Food SME

MSc. Mishel Estefania Pazmiño Salazar, MSc. Alex Adrián Salazar Bermeo, MSc. Mauricio Hernan Rojas Dávalos, MSc. Clelio Daniel Endara Sumba..

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
SOCIEDAD**

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

Recibido: 18-07-2026

Aceptado: 28-07-2026

Publicado: 31-12-2026

PAIS

- Quito - Ecuador
- Quito - Ecuador
- Quito - Ecuador
- Quito - Ecuador

INSTITUCION

- Escuela Politécnica Nacional
- Escuela Politécnica Nacional
- Escuela Politécnica Nacional
- Escuela Politécnica Nacional

CORREO:

- ✉ mishel.pazmino@epn.edu.ec
- ✉ alex.salazar01@epn.edu.ec
- ✉ mauricio.rojas@epn.edu.ec
- ✉ clelio.endara@epn.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0008-2031-3772>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-7012-8103>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0009-1511-9163>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-7451-3965>

FORMATO DE CITA APA

Pazmiño, M., Salazar, A., Rojas, M. & Endara, C. (2026). *Lean Six Sigma y Automatización del Empacado con Multihead Weigher como Estrategia de Mejora Productiva en una PyME Alimentaria*. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°2), P. 2135 – 2155..

Resumen

La competitividad de las pequeñas y medianas empresas del sector alimentario se basa cada vez más en su habilidad para disminuir el desperdicio, optimizar los procedimientos y reaccionar de manera eficaz a las demandas del mercado. La investigación actual, en este contexto, buscó optimizar la productividad del procesamiento de hojas de laurel en la línea de aliños de una compañía alimentaria ecuatoriana. Para ello, se implementó la metodología Lean Six Sigma desde el enfoque DMAIC y se automatizó el proceso de empaque con tecnología Multihead Weigher. Se realizó una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, la cual consistió en comparar el rendimiento operacional anterior y posterior a la puesta en marcha de las mejoras. Se examinaron las variables de estabilidad del proceso, ciclo de tiempo, productividad y desperdicio. Los resultados mostraron un cambio importante en el sistema productivo. El número de fundas producidas por día subió de 2.800 a 40.000, mientras que el tiempo del ciclo disminuyó de 15,64 segundos a 1,30 segundos por unidad. Además, el despilfarro se redujo del 10,7 % al 0,12 %, lo cual fue acompañado de una disminución de la variabilidad y un incremento en los indicadores de capacidad del proceso. Los hallazgos evidencian que la fusión de Lean Six Sigma con la automatización industrial es un enfoque eficaz para aumentar la eficacia operacional, reforzar el control de calidad y optimizar la competitividad en las pequeñas y medianas empresas de la industria alimentaria. Se concluye que el modelo aplicado tiene potencial para ser reproducido en procesos parecidos de empaquetado de especias y otros productos con baja densidad.

Palabras clave: Lean Six Sigma; DMAIC; productividad; automatización industrial; industria alimentaria.

Abstract

The ability of small and medium-sized food businesses to streamline operations, cut waste, and effectively meet consumer needs is becoming increasingly important to their competitiveness. The goal of this study was to increase the productivity of bay leaf packaging operations in the seasoning line of an Ecuadorian food firm by automating packaging utilizing Multihead Weigher technology and integrating Lean Six Sigma under the DMAIC framework. Based on a comparison of operational performance prior to and following the execution of improvement activities, an applied quantitative analysis was carried out. Productivity, cycle time, waste production, and process stability were among the characteristics examined. The outcomes demonstrated a significant change in the production system. Cycle time dropped from 15.64 seconds to 1.30 seconds per unit, and daily manufacturing capacity rose from 2,800 to 40,000 packages. Along with decreased process variability and enhanced process capability indicators, waste was decreased from 10.7% to 0.12%. The results show that combining industrial automation with Lean Six Sigma is a successful tactic for boosting operational effectiveness, enhancing quality control, and boosting competitiveness in SMEs in the food industry. It is considered that there is a good chance that the implemented model will be replicated in other low-density food processing applications as well as comparable spice-packaging processes.

Keywords: Lean Six Sigma; DMAIC; productivity; industrial automation; food industry.

Introducción

El sector alimentario es uno de los más importantes para la economía y la seguridad alimentaria a escala global. No obstante, las entidades que forman parte de esta industria afrontan desafíos en aumento vinculados con la competencia elevada, los requerimientos de calidad de los clientes, las normativas sanitarias y la necesidad de mejorar constantemente sus procesos productivos. En este escenario, la productividad se ha establecido como uno de los indicadores más importantes para analizar el rendimiento de las organizaciones, ya que muestra la habilidad de las compañías para convertir efectivamente los recursos existentes en productos que aportan valor al mercado. Conforme a la Asian Productivity Organization (2024), las organizaciones que consiguen aumentar su productividad mejoran su capacidad para adaptarse a contextos económicos cambiantes, se vuelven más competitivas y desarrollan una resiliencia empresarial más alta.

Las pequeñas y medianas empresas (PyMES) del sector alimentario tienen rasgos específicos que afectan su rendimiento productivo. La dependencia de procesos manuales, la escasa adopción de tecnologías avanzadas, los problemas con la implementación de sistemas formales para mejorar continuamente y las limitaciones en el presupuesto son algunas de las barreras más importantes. Estas circunstancias comúnmente resultan en una mayor duración del procesamiento, un despilfarro de materia prima, fluctuaciones en la calidad de los productos y restricciones para reaccionar de manera eficaz al aumento de la demanda. En consecuencia, para asegurar la sostenibilidad y la competitividad de este tipo de entidades, el uso de enfoques metodológicos enfocados en optimizar procesos se ha vuelto una necesidad estratégica (Asian Productivity Organization, 2024).

Lean Six Sigma (LSS) es una metodología de mejora continua muy empleada en el sector industrial. Se trata de una filosofía gerencial que fusiona los conceptos de Lean Manufacturing con las herramientas estadísticas de Six Sigma. Six Sigma se centra en disminuir la variabilidad y supervisar los defectos a través de un análisis estadístico de los procesos, mientras que Lean Manufacturing busca suprimir de manera sistemática las actividades que no añaden valor en la cadena productiva (Rodríguez et al., 2024). La combinación de estas dos perspectivas posibilita el uso óptimo de los recursos, la mejora en la calidad de los productos y un aumento en la eficacia operativa, lo que contribuye de manera significativa a la competitividad de las empresas.

Lean Six Sigma ha presentado resultados positivos en diversos entornos industriales a lo largo de los últimos años. Rodríguez et al. (2024), en su revisión sistemática de estudios publicados entre 2021 y 2024, hallaron que la implementación de Lean Six Sigma en el sector alimentario produce avances notables en la eficiencia de los procedimientos, la disminución de

desechos, el uso más eficiente de los recursos y el reforzamiento de las prácticas sostenibles. Los autores concluyen que este método es un instrumento eficiente para abordar los problemas de competitividad y productividad en las compañías dedicadas al procesamiento de alimentos.

Investigaciones actuales realizadas en empresas alimentarias de América Latina demuestran que la implementación de Lean Six Sigma logra disminuir considerablemente los desperdicios y aumentar significativamente la productividad. Por ejemplo, Ortiz-Porras et al. (2023) informaron que, en una compañía productora de néctares, la puesta en marcha de un modelo Green Lean Six Sigma permitió que el derroche de materia prima descendiera un 2,23 %, que la productividad total aumentara un 2,4 % y que a la vez se aminorara el impacto ambiental de las operaciones. Estos resultados validan la habilidad de la metodología para producir, al mismo tiempo, beneficios en términos operativos, económicos y ambientales.

Pese a estos progresos, muchos escritores coinciden en que la optimización de procesos, si se basa solo en instrumentos organizacionales, puede ser insuficiente cuando las limitaciones tecnológicas restringen el rendimiento de los sistemas de producción. La automatización industrial se ha afirmado, en este sentido, como un componente esencial para lograr niveles más altos de eficiencia operacional, calidad y productividad. La automatización, de acuerdo con ABB (2022), posibilita que aumente la rapidez de producción, se mejore la calidad de los productos y se garantice que en el sector alimentario se acaten exigentes estándares de seguridad e higiene.

Las balanzas multicabezales o Multihead Weigher son una de las tecnologías más empleadas en las operaciones de pesaje y empaque. Estas máquinas emplean algoritmos de computación para elegir las combinaciones más adecuadas de peso, lo que posibilita que el proceso de dosificación logre una elevada velocidad y precisión. Beretta, Semeraro y Del Castillo (2016) indican que las balanzas multicabezales son una de las soluciones más empleadas en la industria alimentaria por su alta capacidad productiva, fiabilidad y exactitud al controlar el peso de los productos envasados. De igual manera, SF Engineering (2024) señala que esta tecnología posibilita una reducción considerable de las pérdidas de producto, un incremento del rendimiento operativo y una disminución en los costos vinculados a tareas manuales como el empaque y el pesaje.

Disminuir la variabilidad es esencial para asegurar que los procesos productivos sean estables, y la inclusión de sistemas automatizados también ayuda a esto. En este marco, el control estadístico de procesos (SPC) es un instrumento muy usado para supervisar y optimizar la actuación operacional en el sector alimentario. Según el estudio elaborado por Antony, Abdul Halim Lim y Albliwi (2014), el uso de instrumentos estadísticos ayuda considerablemente a

disminuir la variabilidad, a optimizar la calidad de los productos procesados y a robustecer la seguridad en términos alimentarios.

A pesar de la gran cantidad de pruebas que demuestran las ventajas particulares del Lean Six Sigma y la automatización industrial, aún hay pocos estudios que examinan cómo se combinan estas dos estrategias en pequeñas y medianas empresas de producción alimentaria de América Latina. La brecha es aún más clara en Ecuador, donde hay pocos estudios sobre la implementación simultánea de tecnologías modernas de empaque y métodos de mejora continua. Además, la literatura especializada exhibe escasa documentación acerca de cómo se pasan los sistemas Multihead Weigher, que se han diseñado tradicionalmente para productos con flujo uniforme o granulados, a procedimientos de empaquetado de especias de baja densidad y hojas secas, como el laurel.

La investigación actual se llevó a cabo en la compañía ecuatoriana Condimensa, que se ocupa de procesar y vender especias y condimentos, ante este panorama. El análisis se centró en la línea de empaquetado de hojas de laurel de 15 gramos, que mostraba limitaciones relacionadas con largos tiempos de ciclo, residuos de materia prima, fluctuaciones en el peso final y restricciones en la capacidad productiva. Para tratar esta problemática, se aplicó la metodología Lean Six Sigma a través del método DMAIC y se integró tecnología Multihead Weigher con el objetivo de automatizar las funciones clave del proceso.

El propósito de esta investigación fue examinar cómo la combinación de Lean Six Sigma y la automatización a través de tecnología Multihead Weigher afecta la productividad del procesamiento de hojas de laurel en una PyME alimentaria en Ecuador. Se estudiaron sus efectos sobre los indicadores de capacidad productiva, tiempo del ciclo, residuos y estabilidad del proceso, con el objetivo de crear evidencia empírica que ayude a elaborar estrategias para un constante mejoramiento que puedan ser implementadas en empresas parecidas dentro del sector alimentario.

La importancia de Lean Six Sigma en el campo industrial se basa en su habilidad para combinar los principios de eliminación de desperdicios que caracterizan a Lean Manufacturing con la rigurosidad estadística de Six Sigma, lo que permite disminuir la variabilidad y aumentar la estabilidad de los procesos (Meza Navarro & García-Zahoul, 2023). Lean Manufacturing se enfoca en detectar y suprimir actividades que no añaden valor, mientras que Six Sigma tiene como objetivo reducir los defectos y garantizar estándares de calidad altos a través del control sistemático de la variación (Girmanová et al., 2017; Guamán et al., 2023). La incorporación de las dos metodologías ha evidenciado efectos positivos en varios sectores productivos, como la

disminución de los gastos operativos, el aumento de la productividad y el fortalecimiento del agrado del cliente (Carrillo et al., 2022).

En Ecuador, varios estudios han informado que se han obtenido resultados beneficiosos como consecuencia de la aplicación de Lean Six Sigma. En la industria cementera, Méndez (2024) informó una disminución del 45,3 % en la variabilidad de los procedimientos de recepción de materias primas; por su parte, Churuchumbi y Graña (2024) documentaron que en la industria del policarbonato se redujeron los productos no conformes en un 54,98 %. Paredes y Toapanta (2024) también demostraron avances importantes en la productividad y el mantenimiento productivo total en la industria alimentaria. Estos antecedentes indican que Lean Six Sigma es una opción factible para incrementar la competitividad de las organizaciones de Ecuador a través de la mejora constante y la optimización de procesos.

Métodos y Materiales

El enfoque cuantitativo aplicado fue el que se utilizó en la investigación presente, cuyo objetivo era analizar cómo afectaba a la productividad de la elaboración de hojas de laurel en una compañía del sector alimentario la implementación de Lean Six Sigma. El análisis de indicadores operativos, que se registraron durante la ejecución del proceso manual y después de la implementación de mejoras tecnológicas y organizacionales, permitió al estudio adoptar un diseño preexperimental de comparación antes-después.

La compañía Condimensa Cía. fue el lugar en donde se realizó la investigación. Ltda., que se especializa en la venta, distribución y procesamiento de especias y condimentos. La línea de aliños fue el objeto de estudio, en concreto el procedimiento de empaquetado de hojas de laurel en fundas de 15 g, ya que este tenía dificultades relacionadas con la desigualdad de peso, el derroche del material inicial, los tiempos largos de procesamiento y las restricciones en la capacidad productiva.

La metodología Lean Six Sigma fue empleada para llevar a cabo el proyecto, utilizando el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Este método combina herramientas de mejora continua con análisis estadístico con el objetivo de reducir desperdicios, optimizar procesos productivos y disminuir la variabilidad (Rodríguez et al., 2024). El uso de esta metodología facilitó la organización sistemática de las acciones de diagnóstico, análisis, control e intervención del proceso de empaque.

En la etapa de Definición, se realizó un análisis de las quejas históricas relacionadas con el producto; como principal inconveniente se detectaron las discrepancias de peso en los estuches de laurel. Luego se realizó un análisis de Pareto para establecer las causas de no conformidad más importantes y se creó un árbol CTQ (Critical to Quality) con el objetivo de

determinar los requisitos críticos de calidad vinculados al peso neto, la calidad del sellado, el aspecto del producto y la gestión del desperdicio.

Durante la etapa de medición, se recogió información operativa a través de observación directa, análisis de registros históricos y estudios sobre tiempos y movimientos. Se establecieron indicadores vinculados a la capacidad del proceso, el tiempo estándar, el ciclo de tiempo, la productividad y los desechos. Conforme a las pautas de ingeniería de métodos para el cálculo de tiempos estándar (Niebel & Freivalds, 2009), se realizó la medición de tiempos por medio del cronometraje directo de los trabajos implicados en el sellado, pesado y dosificación de las fundas.

Se utilizaron instrumentos Lean Six Sigma en la etapa de análisis para determinar las causas fundamentales de los problemas identificados. Los diagramas de causa y efecto (Ishikawa), los histogramas de distribución de pesos, el análisis del proceso en términos de capacidad y el análisis de actividades con y sin valor añadido son algunas de las herramientas más importantes que se emplearon. Esta fase hizo posible establecer que los tiempos improductivos, la variabilidad del pesado manual y las restricciones tecnológicas eran los principales factores de ineficiencia del sistema.

La etapa de Mejorar se centró en llevar a cabo acciones con el propósito de suprimir las causas detectadas. La introducción de una balanza multicabezal (Multihead Weigher) fue la intervención más importante, con el objetivo de automatizar las tareas de dosificación y pesaje de hojas de laurel. El proceso se volvió más preciso y rápido, y la intervención manual se disminuyó gracias a esta tecnología. Además, se realizaron modificaciones para calibrar y estandarizar la operación con el fin de asegurar la estabilidad del sistema automatizado.

En la etapa de control se implementaron métodos de seguimiento a través de indicadores como capacidad del proceso, tiempo de ciclo, productividad y desperdicio. Con el objetivo de evaluar la sostenibilidad de las mejoras implementadas, se verificó también la distribución del comportamiento de los pesos a través de histogramas y análisis estadísticos.

Las variables que se examinaron fueron la capacidad del proceso, el tiempo de ciclo, la productividad y el desperdicio. Se midió la productividad a través de indicadores laborales, horarios y económicos; el tiempo de ciclo se definió como el tiempo que se necesita para procesar una unidad de producto; el desperdicio fue calculado como la proporción de materia prima que se perdió durante las operaciones de procesamiento y empaque; por último, la capacidad del proceso fue evaluada con índices Cp y Cpk, los cuales sirven para establecer el nivel de cumplimiento con las especificaciones fijadas para el peso neto del producto (Gutiérrez & De la Vara, 2023).

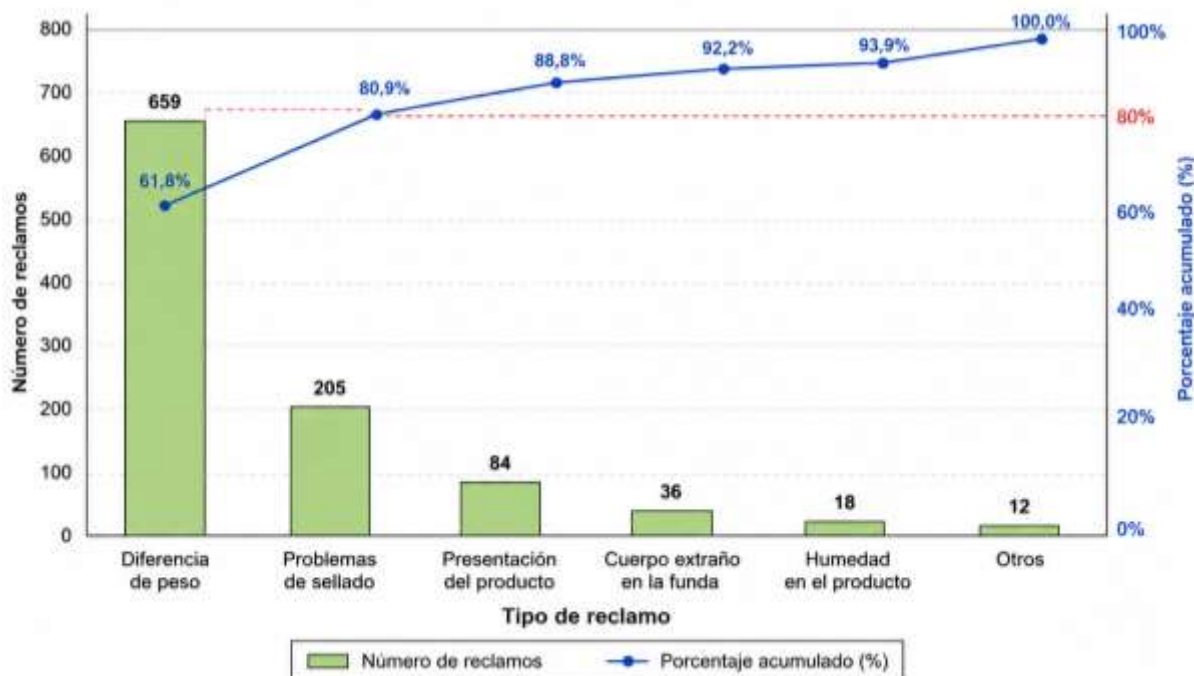
Los datos recolectados fueron examinados y organizados a través de la estadística descriptiva, contrastando el rendimiento del sistema automatizado con el del sistema manual. El impacto de la combinación del Lean Six Sigma y la tecnología Multihead Weigher en la capacidad de producción, la disminución de desperdicios, la estabilidad del proceso y el rendimiento fue el foco de la evaluación en cuanto a la línea de empaquetado de hojas de laurel.

Análisis de Resultados

La fase de definición tuvo como propósito identificar los procesos que generaban el mayor impacto sobre la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Para ello se analizaron los reclamos históricos asociados a las fundas de laurel registradas entre los años 2022 y 2024, identificando las principales causas de no conformidad dentro de la línea de aliños. El análisis de Pareto permitió determinar que las diferencias de peso constituían la principal fuente de reclamos, seguidas por problemas de sellado y aspectos relacionados con la presentación del producto. Esta evidencia justificó la selección del proceso de empackado de hojas de laurel como objeto de estudio e intervención.

Figura 1.

Análisis de Pareto de reclamos en fundas de laurel (2022–2024)



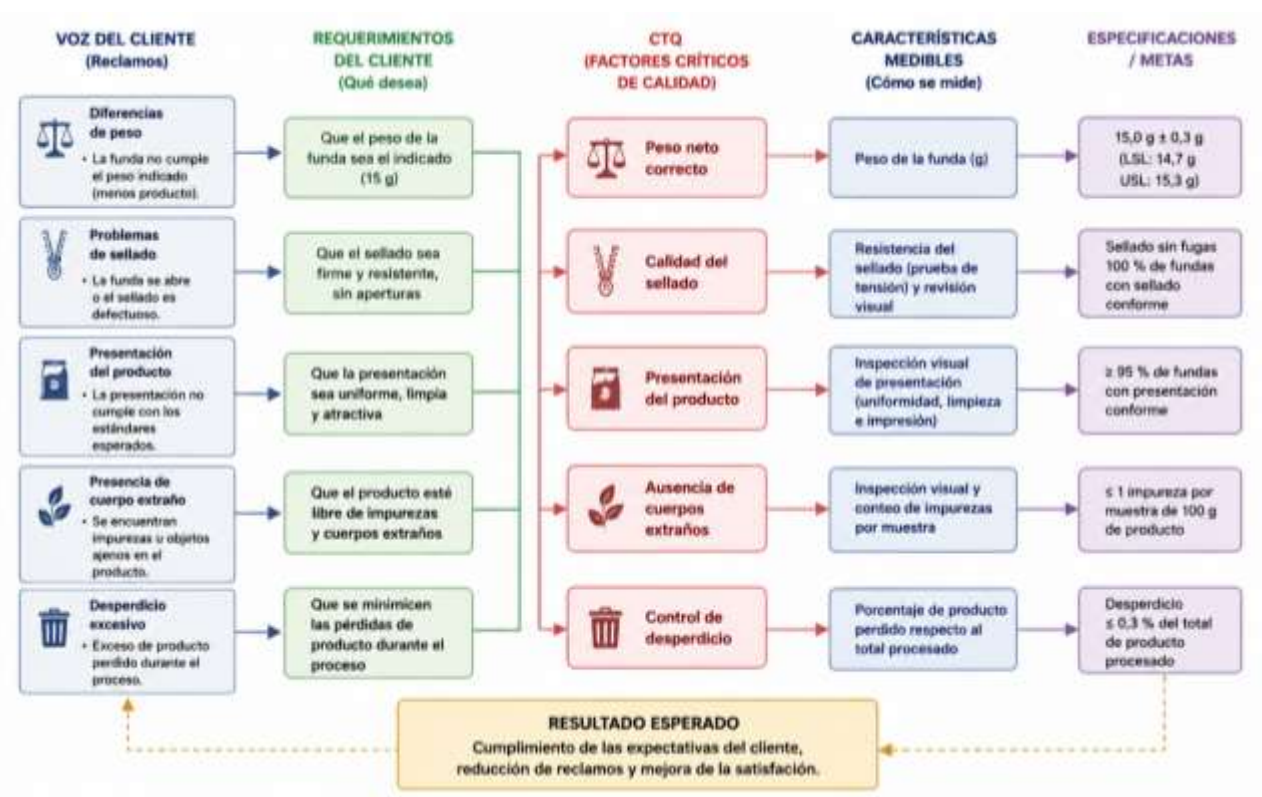
Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

La identificación de las causas críticas permitió orientar el proyecto hacia aquellas variables que generaban el mayor impacto sobre la calidad percibida por el cliente. Este enfoque se encuentra alineado con los principios de Lean Six Sigma, que establecen la priorización de problemas a partir de evidencia cuantitativa y criterios de impacto operacional.

Se desarrolló un análisis CTQ (Critical to Quality), con el propósito de traducir la voz del cliente en requerimientos técnicos medibles. Los resultados permitieron identificar como variables críticas el peso neto del producto, la calidad del sellado, la uniformidad de presentación y el control del desperdicio, elementos que posteriormente fueron utilizados como referencia para el diseño de las acciones de mejora.

Figura 2

Diagrama CTQ basado en reclamos de clientes



Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

La definición de estos requerimientos críticos permitió establecer indicadores objetivos para evaluar el desempeño del proceso y determinar el impacto real de las mejoras implementadas.

Una vez identificado el proceso crítico, se procedió a analizar las causas que originaban los problemas detectados. Para ello se empleó un diagrama causa-efecto basado en las categorías clásicas de Lean Six Sigma: método, mano de obra, maquinaria y materiales.

El análisis evidenció que la mayor parte de las ineficiencias estaba asociada a la naturaleza manual del proceso. Entre las principales causas identificadas se encontraron la variabilidad en el pesado realizado por los operarios, los desplazamientos innecesarios durante las actividades de dosificación, los tiempos muertos generados por la manipulación del producto y la limitada capacidad de control sobre el peso neto de las fundas.

Figura 3

Diagrama causa-efecto del procesamiento manual de hojas de laurel



Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

Como parte del diagnóstico se realizó un estudio de tiempos que permitió cuantificar el desempeño del sistema manual y establecer una línea base para la evaluación posterior de las mejoras.

Tabla 1.

Comparación de tiempos del proceso manual y automatizado

Variable	Manual	Automático
Tiempo de ciclo (s)	15,64	4,744
Tiempo básico (s)	11,73	3,558
Tolerancia (%)	27	30

Tiempo estándar (s)	14,89	4,625
---------------------	-------	-------

Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

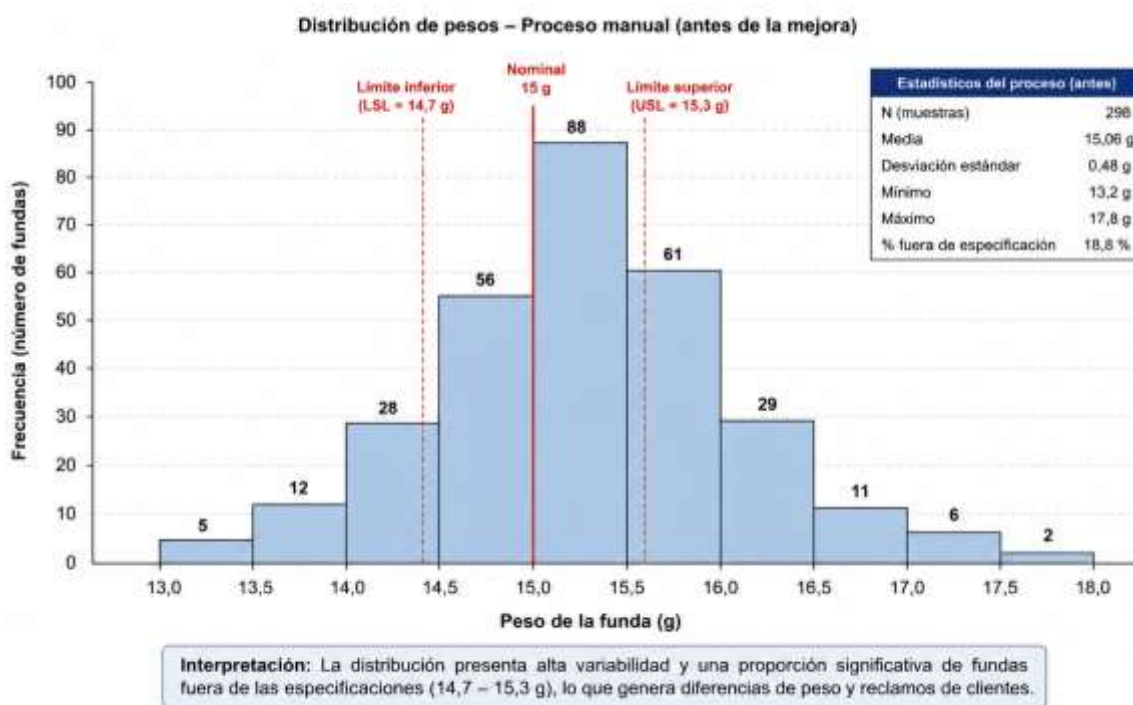
Los resultados muestran que el proceso manual operaba con un tiempo de ciclo de 15,64 segundos por funda, valor que limitaba significativamente la capacidad productiva de la línea. Asimismo, el tiempo estándar alcanzó 14,89 segundos por unidad, reflejando la presencia de actividades que no agregaban valor y reducían la eficiencia global del sistema.

Durante la fase de medición y análisis se identificó una elevada dispersión en los pesos obtenidos mediante el sistema manual. Esta situación generaba diferencias respecto a las especificaciones establecidas para el producto terminado y contribuía a la aparición de reclamos relacionados con el peso neto de las fundas.

La Figura 4 presenta la distribución de pesos observada antes de la implementación de las mejoras.

Figura 4.

Histograma de pesos de fundas de laurel antes de la mejora



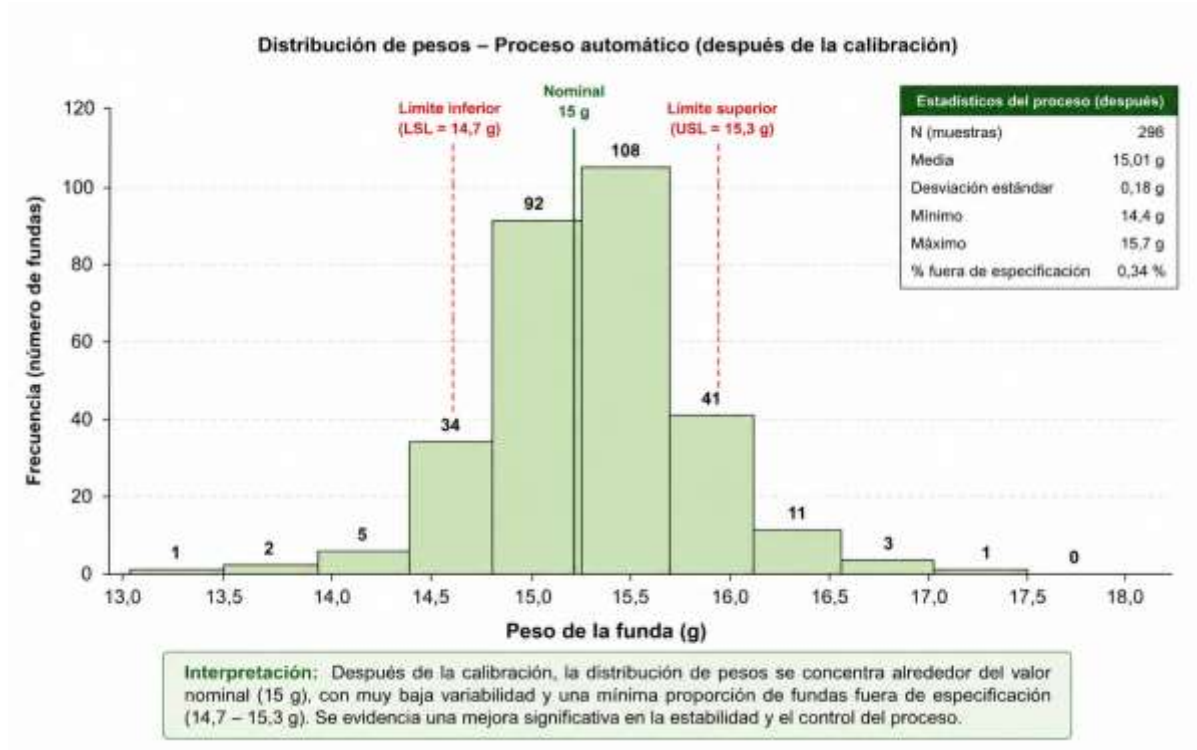
Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

El histograma evidencia una dispersión considerable de los datos alrededor del valor nominal, indicando la existencia de variabilidad significativa dentro del proceso de pesado.

Posteriormente, tras la incorporación de la balanza multicabezal y la calibración del sistema automatizado, se observó una distribución mucho más concentrada alrededor del peso objetivo.

Figura 5.

Histograma de pesos de fundas de laurel después de la calibración



Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

La reducción de la dispersión observada refleja una mejora sustancial en la estabilidad del proceso y en la capacidad de cumplir consistentemente con las especificaciones establecidas.

La evaluación de la capacidad del proceso permitió complementar este análisis mediante indicadores estadísticos de desempeño.

Tabla 2.

Indicadores de capacidad del proceso

Indicador	Resultado
Cpl	0,23
Cpk	0,23
K	0,20

DPMO	0,94
------	------

Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

Los resultados muestran una mejora en el comportamiento del proceso respecto a la condición inicial, evidenciando una reducción de la variabilidad y un mayor control sobre las características críticas de calidad. Aunque los índices obtenidos indican que aún existen oportunidades de optimización, la automatización permitió disminuir significativamente la probabilidad de generar productos fuera de especificación.

La implementación de la tecnología Multihead Weigher permitió integrar las actividades críticas de pesado y dosificación dentro de un flujo continuo de producción, eliminando interrupciones y reduciendo la dependencia de la intervención manual.

Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en los tiempos de procesamiento. Mientras que el sistema manual producía aproximadamente 2.800 fundas por jornada laboral, el sistema automatizado alcanzó una capacidad cercana a 40.000 fundas en el mismo período de operación, multiplicando por más de catorce veces la capacidad productiva del proceso.

Además de la mejora en velocidad de producción, la automatización permitió incrementar notablemente la proporción de actividades que generan valor agregado dentro del proceso.

Tabla 3.

Índices de valor agregado y actividades sin valor agregado

Indicador	Resultado
Actividades con valor agregado (VA)	99,6 %
Actividades sin valor agregado (NVA)	0,38 %

Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

Estos resultados evidencian un elevado aprovechamiento del tiempo de trabajo y una reducción significativa de actividades improductivas, uno de los principales objetivos de Lean Manufacturing.

De forma complementaria, la productividad fue evaluada mediante indicadores laborales, horarios, económicos y de desperdicio.

Tabla 4.

Indicadores de productividad del proceso manual y automatizado

Indicador	Manual	Automático
-----------	--------	------------

Productividad laboral (fundas/operario)	1.400	20.000
Productividad horaria (fundas/hora)	350	5.000
Productividad económica (fundas/\$)	49,05	20,63
Desperdicio (%)	1,00	0,27

Fuente: Adaptado de Pazmiño Salazar (2025).

Los resultados muestran que la productividad laboral y horaria experimentaron incrementos superiores al 1.300 %, reflejando una utilización mucho más eficiente de los recursos disponibles. De igual manera, el desperdicio relativo se redujo de 1,0 % a 0,27 %, demostrando una mejora significativa en el aprovechamiento de la materia prima y en el control operativo del proceso.

Tabla 5.

Comparación de producción por jornada laboral

Sistema	Producción
Manual	2.800 fundas
Automatizado	40.000 fundas

Fuente: Elaboración propia a partir de Pazmiño Salazar (2025).

Los resultados evidencian que la integración de Lean Six Sigma y tecnología Multihead Weigher produjo mejoras significativas en la línea de empackado de hojas de laurel. La automatización permitió reducir los tiempos de procesamiento, incrementar sustancialmente la capacidad productiva, disminuir el desperdicio de materia prima y fortalecer la estabilidad del proceso. Asimismo, la reducción de actividades sin valor agregado y la mejora de los indicadores de productividad demuestran que la intervención contribuyó al fortalecimiento de la eficiencia operacional y de la competitividad de la empresa. En conjunto, estos hallazgos confirman que la combinación de metodologías de mejora continua y automatización industrial constituye una estrategia efectiva para optimizar procesos productivos en pequeñas y medianas empresas del sector alimentario.

Discusión

La investigación actual reveló que, a través de la metodología DMAIC y de la automatización del procedimiento de empaquetado por medio de tecnología Multihead Weigher, se lograron avances significativos en el rendimiento operacional de una pequeña y mediana empresa alimentaria en Ecuador. Los hallazgos demostraron que se redujeron de forma significativa los tiempos de procesamiento, se disminuyó la cantidad de desperdicios, hubo un aumento en la productividad y el proceso se volvió más estable, lo cual corroboró que es eficaz combinar tecnologías de automatización industrial con herramientas para mejorar continuamente.

Uno de los descubrimientos más significativos fue el aumento en la capacidad de producción de la línea dedicada al empaquetado de hojas de laurel. Después de que se implementó la optimización, la producción aumentó a unos 40.000 fundas, lo cual representa más de un incremento de catorce veces en comparación con el sistema manual, cuando se producían cerca de 2.800 fundas por día laboral. Este resultado es concordante con lo que Rodríguez y otros (2024) reportan; ellos determinan que Lean Six Sigma es una herramienta efectiva para elevar la eficiencia operacional y mejorar el rendimiento de los procesos en el sector alimentario. Los escritores resaltan que la detección sistemática de desperdicios y la disminución de tareas que no aportan valor posibilitan el surgimiento de avances importantes en productividad, particularmente cuando la metodología se utiliza de manera organizada a través del ciclo DMAIC.

Los hallazgos respaldan las teorías formuladas por García et al. (2023) y Moreira (2024), quienes afirman que la mejora continua es una reacción estratégica a los retos que surgen de la globalización, el aumento de la competitividad y la necesidad de hacer un uso más eficaz de los recursos en los sistemas productivos contemporáneos. En el caso de Condimensa, la aplicación de Lean Six Sigma posibilitó que un proceso con alta dependencia de la intervención humana y con tiempos de ciclo prolongados se convirtiera en un sistema más eficaz, equilibrado y enfocado en satisfacer las demandas del cliente.

Desde el punto de vista de Lean Manufacturing, la eliminación sistemática de actividades que no aportaban valor al proceso podría ser la razón por la que se vio una mejora. Ibarra y Ballesteros (2017) sostienen que la manufactura esbelta tiene como objetivo perfeccionar los procesos a través de la detección y eliminación de desperdicios, mientras que Villarreal et al. (2023) apuntan que las acciones sin valor añadido son una de las principales causas de disminución de productividad. La automatización, en el presente estudio, posibilitó disminuir las actividades manuales repetitivas, los tiempos de espera y los desplazamientos no necesarios, logrando así aumentar la proporción de tareas que añaden valor hasta el 99,6 %.

Los resultados pueden ser analizados a partir de las tres M de Lean Manufacturing: Muda, Mura y Muri. Una disminución de la Muda, que está relacionada con reprocesos y pérdidas de materia prima, es lo que muestra la reducción de desperdicios observada. La mejora en la estabilidad de los pesos demuestra una disminución de la Mura o variabilidad del proceso. Por su parte, al automatizarse los procesos, se redujo el exceso físico y operativo sobre los empleados, lo cual disminuyó la influencia del Muri en el rendimiento productivo. Estos descubrimientos corresponden con lo que sugieren López y Quiroz (2024), Reyes et al. (2025) y Romero et al. (2019): estas tres dimensiones son elementos cruciales para incrementar la productividad de la industria.

Otro aspecto relevante corresponde al cumplimiento del Takt Time requerido por la operación. La tesis identificó que el proceso manual operaba con un tiempo de ciclo promedio de 15,64 segundos por funda, valor superior al Takt Time establecido para satisfacer la demanda de producción. Esta situación evidenciaba la existencia de un cuello de botella estructural que limitaba la capacidad operativa del sistema. Tras la automatización mediante la balanza multicabezal, el tiempo de ciclo se redujo significativamente, permitiendo sincronizar la capacidad de producción con los requerimientos operativos de la empresa. Estos resultados respaldan los planteamientos de Baca et al. (2014) y Niebel y Freivalds (2009), quienes señalan que el Takt Time constituye un indicador fundamental para identificar restricciones productivas y orientar estrategias de mejora dentro de los sistemas de manufactura.

La disminución de los tiempos que se observó en esta investigación también está vinculada con estudios anteriores realizados en entornos de alimentación. El tiempo estándar se redujo de 14,89 segundos a 4,625 segundos y el tiempo de ciclo bajó de 15,64 segundos a 4,744 segundos por unidad. Estos resultados muestran la optimización del flujo operacional y la erradicación de tareas improductivas, que son principios esenciales del enfoque Lean Manufacturing. Rodríguez et al. (2024) afirman que las organizaciones que implementan Lean Six Sigma consiguen disminuciones relevantes en los tiempos de ciclo, ya que identifican y eliminan de manera sistemática los desperdicios relacionados con movimientos innecesarios, esperas, retrabajos y tareas sin valor añadido.

El perfeccionamiento de los índices de desperdicio es otro elemento importante. La investigación mostró una disminución del desperdicio relativo, de 1,0 % a 0,27 %, así como una reducción significativa en la variabilidad del peso neto de las fundas. Los resultados son coherentes con los hallazgos de Ortiz-Porras et al. (2023), quienes aplicaron un modelo Green Lean Six Sigma en una compañía que producía néctares y consiguieron disminuir notablemente las pérdidas de materia prima y aumentar la productividad. A pesar de que los dos estudios se

realizaron en contextos productivos distintos, sus resultados coinciden en que emplear instrumentos de mejora continua favorece la optimización del uso de recursos y el fortalecimiento de la sostenibilidad operacional.

Bajo la óptica de Six Sigma, uno de los indicadores más relevantes para medir el éxito de una mejora es la disminución de la variabilidad. Los histogramas de distribución de pesos que se realizaron antes y después de la automatización mostraron una concentración notablemente más alta de los datos cerca del valor nominal de 15 gramos. Esta circunstancia favoreció que se disminuyera la probabilidad de generar fundas fuera de especificación y que la homogeneidad del producto final mejorara. Según Gutiérrez y De la Vara (2023), no solo se mejora el nivel de calidad del producto con la reducción de la variabilidad, sino que además aumenta la aptitud de los procesos para cumplir de manera consistente con lo que han establecido los clientes y las entidades reguladoras.

Incluir la tecnología Multihead Weigher como apoyo a la metodología Lean Six Sigma es una característica distintiva de esta investigación en comparación con otras indagaciones llevadas a cabo en el sector de alimentos. La literatura especializada reconoce que las balanzas multicabezales posibilitan aumentar la rapidez en el procesamiento, optimizar la exactitud del pesado y disminuir de manera significativa las pérdidas ligadas a errores de los humanos durante los procesos de empaque (Beretta et al., 2016). Esta evidencia está respaldada por los resultados obtenidos en Condimensa, debido a que la automatización posibilitó deshacerse de la mayor parte de las fuentes de variabilidad detectadas en el diagnóstico inicial y producir un flujo ininterrumpido con elevados grados de estabilidad operativa.

Los resultados obtenidos coinciden con las observaciones de SF Engineering (2024), que afirman que el uso de sistemas Multihead Weigher ayuda a disminuir el giveaway, optimiza la exactitud de los pesos finales y favorece el uso eficaz de la materia prima. En esta investigación, estas ventajas se manifestaron en la reducción de quejas relacionadas con discrepancias de peso y en el descenso de desperdicios. Durante el diagnóstico, se había detectado que las diferencias de peso eran la causa principal del descontento del cliente.

Un hallazgo significativo adicional fue la mejora de los índices de valor agregado. El estudio del proceso automatizado reveló que alrededor del 99,6 % de las actividades llevadas a cabo eran de valor agregado, en tanto que aquellas sin valor agregado apenas representaban el 0,38 %. Estos resultados demuestran que se han aplicado de manera efectiva los principios Lean y que se han eliminado actividades improductivas que antes perjudicaban el rendimiento general del sistema. De acuerdo con Womack y Jones (2003), eliminar los residuos es uno de los

fundamentos esenciales para aumentar la productividad y mejorar la competitividad de las empresas manufactureras.

Desde el punto de vista empresarial, los resultados son especialmente significativos porque se han obtenido en una pequeña y mediana empresa alimentaria situada en Ecuador. El grueso de la literatura científica acerca de Lean Six Sigma y la automatización industrial se enfoca en corporaciones manufactureras grandes o en ámbitos productivos de economías avanzadas. En cambio, la investigación actual ofrece pruebas empíricas acerca de la posibilidad de aplicar estas tácticas en las PyMES de América Latina, que se caracterizan por tener restricciones presupuestarias y tecnológicas. Este punto de vista concuerda con las sugerencias de la Asian Productivity Organization (2024), que subraya que es necesario impulsar procesos de innovación tecnológica y transformación productiva para robustecer la competitividad de las pequeñas y medianas empresas.

El estudio proporciona pruebas acerca de la adaptación de la tecnología Multihead Weigher para procesos de empaquetado de hojas secas y productos con baja densidad, un campo poco documentado en la literatura científica. Aunque la mayor parte de las aplicaciones reportadas se enfocan en alimentos granulados, snacks o alimentos con flujo uniforme, esta investigación muestra que es posible usar esta tecnología con éxito para procesar especias, lo que incrementa las opciones de uso industrial de estos sistemas automatizados.

Un aporte particularmente relevante de esta investigación radica en la adaptación de tecnología Multihead Weigher para el procesamiento de hojas de laurel, un producto caracterizado por baja densidad aparente, elevada heterogeneidad geométrica y comportamiento irregular durante las operaciones de alimentación y dosificación. De acuerdo con la revisión bibliográfica desarrollada en la investigación original, la literatura disponible se concentra principalmente en aplicaciones relacionadas con granos, snacks y productos de flujo uniforme, existiendo escasa evidencia sobre la implementación de este tipo de sistemas en especias deshidratadas. En consecuencia, el presente estudio aporta evidencia empírica novedosa sobre la viabilidad técnica y operativa de esta tecnología en el procesamiento de especias, ampliando las posibilidades de aplicación industrial de los sistemas automatizados de pesado y empaque.

Los resultados logrados posibilitan concluir que la combinación de Lean Six Sigma y automatización industrial es una estrategia eficaz para aumentar la productividad, disminuir el desperdicio y reforzar la estabilidad operacional en compañías del sector alimentario. Los resultados también indican que el uso de herramientas para la mejora continua junto con tecnología avanzada de pesaje y empaque puede ser una opción factible para aumentar la

competitividad de las pequeñas y medianas empresas (PyMES) en América Latina y dar respuestas más eficaces a los requerimientos de mercados cada vez más dinámicos y competitivos.

Conclusiones

Esta investigación ha mostrado que, para elevar el rendimiento operativo de las empresas pequeñas y medianas en la industria alimentaria, la incorporación de Lean Six Sigma a través del método DMAIC y la automatización del proceso de empaque con tecnología Multihead Weigher son una estrategia eficaz. La implementación simultánea de tecnologías de automatización y métodos de mejora continua permitió que un proceso con altos niveles de variabilidad, restricciones a nivel productivo y desechos operativos se convirtiera en uno más eficaz, estable y enfocado en satisfacer las necesidades del cliente.

Los datos mostraron avances notables en los indicadores clave de rendimiento del proceso. La automatización permitió disminuir los tiempos estándar de operación y los tiempos de ciclo, al mismo tiempo que aumentó la capacidad productiva de la línea encargada del empaquetado de hojas de laurel. Además, se notó una disminución significativa de la variabilidad vinculada al peso neto de las fundas, así como una reducción del desperdicio de materia prima, lo cual ayudó a mejorar la calidad del producto final y a disminuir las quejas por discrepancias en el peso.

La investigación respalda el uso del ciclo DMAIC como una herramienta estructurada para identificar problemas, analizar las causas raíz, implementar soluciones y controlar los resultados desde un punto de vista metodológico. La secuencia lógica sugerida por Lean Six Sigma permitió que las decisiones de mejora estuvieran basadas en pruebas objetivas y simplificó la integración de soluciones tecnológicas que se ajustaban a los requisitos críticos de calidad especificados en el transcurso del proyecto.

La evidencia empírica producida acerca de la implementación de Lean Six Sigma en una PyME alimentaria de Ecuador es el aporte más significativo del estudio, ya que se encuentra poco documentada en los textos científicos especializados. En esta línea, los descubrimientos aumentan el conocimiento existente acerca de la aplicación de metodologías de mejora continua en entidades con recursos escasos y brindan pruebas sobre la factibilidad de fusionar procesos industriales automatizados con instrumentos de gestión para elevar la competitividad a nivel empresarial.

La investigación también proporciona pruebas de la adecuación de la tecnología Multihead Weigher a los procedimientos de empaquetado de especias y hojas secas, un terreno

que es escasamente tratado en el ámbito académico. Los resultados que se han obtenido muestran que esta tecnología tiene el potencial de ser utilizada con éxito en productos de densidad baja, lo que ayuda a optimizar la precisión del pesado, disminuir las pérdidas de materia prima y expandir considerablemente la capacidad productiva.

En la práctica, el modelo de intervención que se ha creado puede ser utilizado como punto de referencia para otras empresas del sector alimentario que desean perfeccionar sus procesos de producción a través de técnicas de automatización y mejora constante. La experiencia documentada revela que la fusión de Lean Six Sigma y tecnologías de pesaje automatizado es capaz de producir beneficios operativos concretos, incluso en empresas medianas, lo cual contribuye a la expansión del negocio y a la sostenibilidad de las operaciones.

La investigación presenta la limitante principal de analizar solo un caso de empresa, lo que impide que los resultados puedan ser generalizados a todo el sector alimentario. De igual modo, el estudio se enfocó en una línea de producción particular; por lo tanto, investigaciones futuras podrían analizar la implementación de esta perspectiva en otros productos, procesos y entornos industriales con el objetivo de confirmar que los resultados alcanzados son reproducibles.

Para concluir, se aconseja que futuras investigaciones incluyan análisis económicos más exhaustivos acerca del retorno de la inversión, comparaciones entre tecnologías distintas de automatización y evaluaciones longitudinales que faciliten el análisis a largo plazo sobre la sostenibilidad de las mejoras. Así, se podrá reforzar la evidencia científica existente acerca de cómo Lean Six Sigma y la automatización industrial contribuyen al desarrollo competitivo de las compañías del sector alimentario.

Referencias Bibliográficas

- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: Yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(7), 1073–1093.
- Baca Urbina, G. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. McGraw-Hill.
- Beretta, A., Semeraro, Q., & Del Castillo, E. (2016). On the multihead weigher machine setup problem. *Packaging Technology and Science*, 29(3), 175–188.
- Calla, J., Maldonado, R., Rodríguez, C., Fafán, J., & Quishpe, N. (2023). Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimentos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6678
- Carrillo, M., Peralta, J., Serviche, O., Ortega, V., & Vargas, L. (2022). Reducción de ruido industrial en un proceso productivo metalmecánico. *Ingeniería*, 15(30), 41–48. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081
- Cervera, J. (2013). Aplicación del Seis Sigma en los modelos de gestión de la calidad. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 1(2). <https://doi.org/10.17081/invinno.1.2.2061>
- Churuchumbi, D., & Graña, P. (2024). Implementación de Lean Six Sigma para la reducción de variabilidad de grandes y productos no conformes en la producción de láminas de policarbonato [Tesis de maestría, Universidad de las Américas].
- Flores, D., Doukhi, N., Yépez, I., & Gallardo, J. (2021). Aplicación de índices de capacidad potencial de procesos para medir la calidad del producto terminado. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 293–304. <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.161>
- Girmanová, L., Šolc, M., Kliment, J., Divoková, A., & Mikloš, V. (2017). Application of Six Sigma using DMAIC methodology in the process of product quality control in metallurgical operation. *Acta Technologica Agriculturae*, 20(4), 104–109. <https://doi.org/10.1515/ata-2017-0020>
- Guamán, Á., Mayano, J., Cayá, J., & García, E. (2023). Six Sigma: pasos para la mejora continua de procesos. Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador. <https://doi.org/10.33996/cide.ecuador.SG2616883>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2023). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma* (6.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Ibarra, M., & Ballesteros, H. (2017). *Manufactura esbelta*. Editorial Universidad del Rosario.
- ISO. (2015). ISO 9001:2015. *Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2008). ISO/TS 16949:2008. *Sistemas de gestión de la calidad para la industria automotriz*. International Organization for Standardization.
- Meza Navarro, R., & García-Zahoul, M. (2023). Aplicación de la metodología Six Sigma en la industria de alimentos. *UCV Scientia*, 15(2), 52–61.
-

- Méndez, D. (2024). Optimización de procesos aplicando la metodología Lean Six Sigma en la empresa FAMOSAL S.A., cantón Salinas, provincia de Santa Elena–Ecuador [Tesis de maestría].
- Múñoz, A. (2021). Estudio de tiempos y su relación con la productividad. Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES, 5(40), 54–64. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v5i17.104>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12.^a ed.). McGraw-Hill.
- Ortiz-Porras, J., Quispe, C., Ramos, D., & Sánchez, M. (2023). Green Lean Six Sigma model for waste reduction of raw material in a nectar manufacturing company of Lima, Peru. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 21(1).
- Paredes, H., & Toapanta, M. (2024). Propuesta de implementación de la metodología Lean Six Sigma en la recepción de materias primas en Holcim Ecuador S.A. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Pazmiño Salazar, M. E. (2025). Mejora de la productividad del procesamiento de hojas de laurel en la línea de alifios mediante la implementación de Lean Six Sigma en la empresa Condimensa [Trabajo de titulación de maestría, Escuela Politécnica Nacional].
- Radin Umar, R. Z., Tiong, J. Y., Ahmad, N., & Dahalan, J. (2024). Development of framework integrating ergonomics in Lean's Muda, Muri, and Mura concepts. Production Planning & Control, 35(12), 1466–1474.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2023). Administración de operaciones (11.^a ed.). Pearson.
- Vallejo, M., & Sarmiento, J. (2023). Estimación de las brechas de productividad en el Ecuador del sector de producción de madera y fabricación de productos de madera. Polo del Conocimiento, 8(12). <https://doi.org/10.23857/pc.v8i12.23218>
- Vásquez, N., & Castañeda, C. (2023). Metodología Value Stream Mapping (VSM) aplicada a procesos de perforación de pozos petroleros en México. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(5), 8741–8753. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8453
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (2nd ed.). Free Press.
-