

Optimizing Production in the Packaging Process of a Dressing and Ground Company through the Lean Approach

Jems German Valencia-Vasquez¹, B.Eng. , Ching Ann Wu-Yu², B.Eng. , Marcos Fernando Ruiz-Ruiz³, Ph.D. 
^{1,2,3} Universidad de Lima, Peru, 20193576@aloe.ulima.edu.pe , 20193669@aloe.ulima.edu.pe , mruiz@ulima.edu.pe

Abstract: This proposal aims to improve the efficiency of the packaging process of a company specialized in seasonings and ground foods through the application of the Lean Manufacturing approach. To carry out this study, data was collected from a Peruvian company, which was evaluated using a simulated validation model in the Arena version 16.1 program. This process included the participation of experts in the relevant areas, ensuring significant results for potential implementation. The results obtained indicated a significant reduction from 7.5% to 0.08% in the generation of defective products per production. In addition, production times were reduced in tasks related to the packaging line of one of its products. These findings allowed us to conclude that the simulation model is highly replicable in various production lines of the company. In comparison with other related studies, it stands out that the implementation of Lean Manufacturing tools provides the possibility of adequate coverage in certain tasks in the food industry. Although there are not many studies with a reality similar to that of the context studied, this proposal offers valuable information to be replicated in other types of food industries.

Keywords: TPM, Poka Yoke, Lean Manufacturing, production, defectives.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Optimización de la Producción en el Proceso de Envasado de una Empresa de Aderezos y Molidos a partir del enfoque Lean

Jems German Valencia-Vasquez¹, B.Eng. , Ching Ann Wu-Yu², B.Eng. , Marcos Fernando Ruiz-Ruiz³, Ph.D. 
^{1,2,3} Universidad de Lima, Peru, 20193576@aloe.ulima.edu.pe, 20193669@aloe.ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe

Resumen: Esta propuesta tiene como objetivo mejorar la eficiencia del proceso de envasado de una empresa especializada en aderezos y molidos mediante la aplicación del enfoque Lean Manufacturing. Para llevar a cabo este estudio, se recopiló datos de una empresa peruana, los cuales fueron evaluados mediante un modelo de validación simulada en el programa Arena versión 16.1. Este proceso contó con la participación de expertos en las áreas pertinentes, asegurando resultados significativos para una potencial implementación. Los resultados obtenidos, indicaron una reducción significativa del 7.5% al 0.08% en la generación de productos defectuosos por producción. Además, se logró reducir los tiempos de producción en las tareas relacionadas con la línea de envasado de uno de sus productos. Estos hallazgos permitieron concluir que el modelo de simulación es altamente replicable en diversas líneas de producción de la empresa. En comparación con otros estudios relacionados, se destaca que la implementación de herramientas de Lean Manufacturing proporciona la posibilidad de una cobertura adecuada en ciertas tareas de la industria alimentaria. Aunque no existen muchos estudios con una realidad similar a la del contexto estudiado, esta propuesta ofrece información valiosa para ser replicado en otro tipo de industrias de alimentos.

Palabras clave: TPM, Poka Yoke, Manufactura Esbelta, producción, defectuosos.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo general de esta investigación es optimizar el proceso de envasado de una empresa de aderezos y molidos a partir de una propuesta bajo el enfoque de Lean Manufacturing.

A. Análisis del problema

El problema que se aborda es la falta de eficiencia en la producción y generación de productos defectuosos. El diagnóstico del problema parte de la identificación de los indicadores KPI generales del sector y de la empresa. En primer lugar, el estándar del índice de productos defectuosos en el sector alimenticio es de 5% según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura contrastando con el indicador producción de productos defectuosos de parte de la empresa con 5.83%.

[1] indica que el segundo indicador es el estándar de los retrasos en la entrega de pedidos del sector de alimentos con 19.3% contrastado con el de la empresa de 1.15%. Así mismo, el autor señala que el tercer indicador es el estándar de

desabastecimiento de materia prima e insumos en el rubro de alimentos de 1,09% contrastado con el de las empresas de 0,13%. A partir de la identificación de estos problemas principales de la empresa y sus indicadores estimados se realizó un análisis de Pareto que se muestra a continuación.

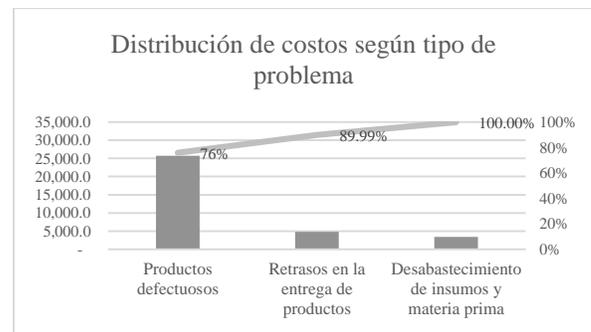


Fig. 1 Distribución de costos según el problema.

A partir de la figura 1 se puede determinar que el problema que más afecta a la empresa de manera económica es la generación de productos defectuosos ya que representa el 76% del total de los costos, siendo este de 25 719,7 PEN (6871.96 USD).

B. Análisis porcentuales

Después de puede identificar el problema que genera más pérdidas económicas dentro de la empresa se procede a un análisis porcentual para destacar los espacios y acciones en las cuales se generan los productos defectuosos.

TABLA 1
CANTIDAD DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS POR ACCIÓN

Acción	Cantidad de defectos	Porcentaje
Envasado y tapado	980	84.63%
Pruebas de calidad	128	11.05%
Despacho	50	4.32%
Total	1158	100%

De la tabla 1 se puede concluir que la acción que origina mayor cantidad de defectuosos es la de envasado ya que esta representa el 84,63% del total por esta razón se trabajara sobre dicho proceso a fin de encontrar las principales causas.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Motivo1 (Calibración y manipulación inadecuada de la máquina de envasado): Si los dispositivos de medición utilizados durante la calibración no son precisos, o si la máquina no se manipula correctamente, la cantidad de producto que se deposita en cada sachet puede variar. Esto puede dar lugar a envases con exceso o insuficiencia de producto, lo que puede generar insatisfacción en los clientes y pérdidas económicas para la empresa.

Motivo2 (Control inadecuado del tamaño de las partículas): Si el tamaño de las partículas no se ajusta a los estándares establecidos, el producto puede presentar una textura o sabor desigual. Esto puede dar lugar a la necesidad de abrir y descartar los envases, lo que también genera pérdidas económicas y un impacto negativo en el medio ambiente.

Motivo3 (Envases defectuosos o sellado y tapado inadecuado): Los envases defectuosos, las tapas de mala calidad o un sellado inadecuado pueden provocar fugas o contaminación del producto. Esto puede dar lugar a problemas de salud para los consumidores y pérdidas económicas para la empresa. A partir del detalle de ocurrencias de cada motivo se establece la cantidad de sucesos y el porcentaje equivalente en la siguiente tabla.

TABLA 2
CANTIDAD DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS POR ACCIÓN

Motivo	Cantidad	Porcentaje
M1	1307	42.35%
M2	1015	32.89%
M3	764	24.76%
TOTAL	3086	100%

C. Determinación de causas

A partir del análisis porcentual de cada motivo de producción de productos defectuosos se establece un árbol de problemas el cual detalla las causas principales y causas raíz establecidas por cada tipo de motivo como se muestra en la siguiente figura.

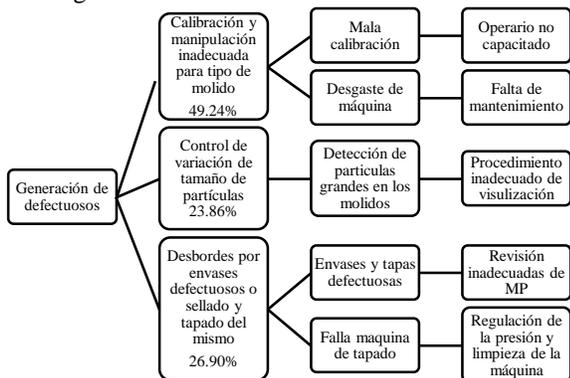


Fig. 2 Árbol de problemas.

D. Revisión de artículos

A partir de la detección de las causas raíz de cada problema se establece una revisión sistémica de la literatura con la metodología prisma para obtener información descriptiva sobre la utilidad y posible aplicación de herramientas Lean Manufacturing para cubrir de manera efectiva cada causa.

La base de datos empleada fue Scopus y Web of Science, utilizando como palabras clave: TITLE-ABS-KEY (lean AND food). La metodología plantea criterios de inclusión y exclusión de manera narrativa. Después se descartaron libros, revistas y otras fuentes no aprovechables.

Se examinaron artículos publicados entre 2017 y 2021, disponibles públicamente. Luego, se aplicó un filtro basado en las áreas y temas de interés presentes en cada base de datos, siguiendo un criterio establecido relacionado con nuestra área de investigación. Posteriormente, empleando la herramienta digital Excel, se eliminaron los artículos duplicados en función de su título.

Seguidamente, se evaluó la relevancia de cada artículo al revisar sus encabezados. Adicionalmente, se descartaron otros artículos mediante el uso de palabras clave específicas.

A partir de la selección de estos 40 artículos se encontraron los siguientes resultados

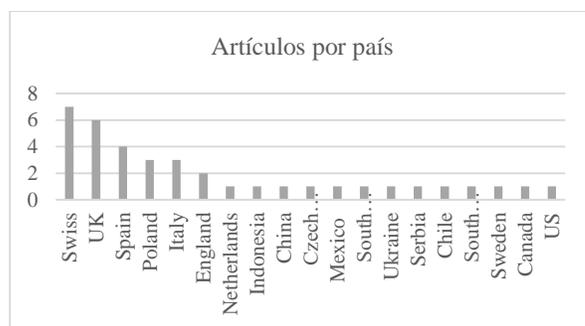


Fig. 3 artículos por país.

La Figura 3 muestra las tendencias encontradas por abordar temas relacionados a la implementación de Lean en la industria alimentaria. Suiza y el Reino Unido tienen el mayor número de estudios científicos publicados, seguidos por España, Italia, Polonia e Inglaterra.

Por otro lado, dentro del análisis descriptivo de la revisión sistemática de literatura se determinaron 4 tipologías las cuales sirven para determinar el contexto y aplicabilidad de herramientas en el proceso de mejora.

Estrategias lean: Los autores caracterizan las estrategias lean como instrumentos dirigidos a la eliminación de desperdicios y operaciones que no aportan valor [2] [3]. Además, describe su aplicación en la industria alimentaria, destacando la variedad de herramientas disponibles para cada fase del proceso, entre las que se incluyen JIT, Lean Green, 5s, Six sigma, VSM y Lean Manufacturing [4] [5] [6].

Lean and Food: La aplicación de estrategias Lean en la industria alimentaria es crucial para lograr eficiencia en todas las etapas del proceso productivo, implicando la eliminación de

residuos y emisiones [7] [8] [9]. Se destaca la importancia de reducir actividades no valiosas para aumentar ganancias y disminuir costos. Estudios indican que el Lean Manufacturing optimiza la etapa de abastecimiento, aprovechando el 50% de materiales defectuosos [10] [11].

Mejora del proceso de producción: Los autores sostienen que la aplicación de estrategias lean en la industria alimentaria puede potenciar la gestión de recursos y el proceso productivo [12] [13] [14]. Las técnicas y herramientas empleadas están diseñadas para optimizar la eficiencia y eficacia de la organización en aspectos como calidad, confiabilidad, flexibilidad, innovación y costo [15] [16]. Este enfoque resulta en una mayor competitividad y establece una orientación hacia el valor ofrecido a las partes interesadas [17] [18].

Aplicación Lean para reducción de desperdicios: El autor muestra una revisión sistemática de la literatura la cual se presentan estudios sobre Lean Manufacturing a nivel nacional e internacional a través de una revisión sistemática usando ecuaciones de búsqueda en varias plataformas [19]. De esta forma establecemos criterios de comparación y similitud para el análisis en el sector alimenticio con realidad similar a la nacional.

II. METODOLOGÍA

A. Herramientas seleccionadas

Esta sección se centra en proponer soluciones a partir del diagnóstico previo de la revisión de la literatura. Así mismo, esta investigación se define como un caso de estudio de mejora aplicada con un diseño experimental simulado en el cual se utilizan herramientas específicas para abordar las principales causas identificadas.

El enfoque se dirige hacia el uso de la TPM para el mantenimiento y mejora de equipos de producción, resolviendo problemas de fallas y calibración en máquinas, así como problemas de presión en una de ellas.

Por otro lado, se implementa la herramienta poka yoke para prevenir y detectar errores en procesos y dispositivos, atendiendo problemas de calibración y recepción de envases defectuosos. Esto se visualiza en la figura 4 con un árbol de solución asignando cada herramienta a la causa raíz correspondiente.

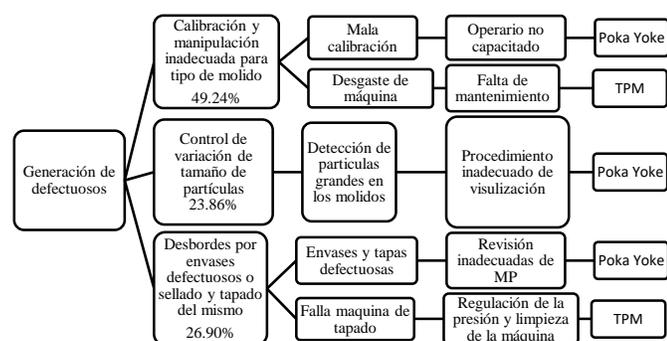


Fig. 4 Árbol de solución.

B. Diseño metodológico

A partir de la selección de herramientas de mejora continua se establece una metodología para su aplicación. La metodología utilizada es Kaizen cuya filosofía busca la mejora continua en todos los niveles de una organización, que abarca desde los operarios de producción hasta los directivos y la eliminación de desperdicios. El principio fundamental del Kaizen radica en reconocer que incluso los cambios y mejoras pequeñas e incrementales pueden tener un impacto significativo en términos de eficiencia, calidad y productividad a largo plazo.

En este capítulo se empleó el ciclo PDCA de Kaizen (mejora continua) el cual consta de las siguientes fases:

Planificar (plan):

- Estudiar el estado actual del proceso
- Identificar los factores que puedan contribuir a la mejora
- Determinar las herramientas para alcanzar la mejora
- Definir el nuevo estándar
- Elaborar un plan para llevar a cabo las acciones

Ejecutar el plan (do): en esta etapa se implementan las herramientas para la mejora.

Evaluar los resultados (check): se evalúan los resultados antes y después de la implementación.

Actuar en función a los resultados (act): se estandariza el nuevo método, si no se ha obtenido el resultado esperado se repetirá el ciclo de mejora.

La figura 5 representa de manera resumida el modelo PDCA de acuerdo con la metodología Kaizen.

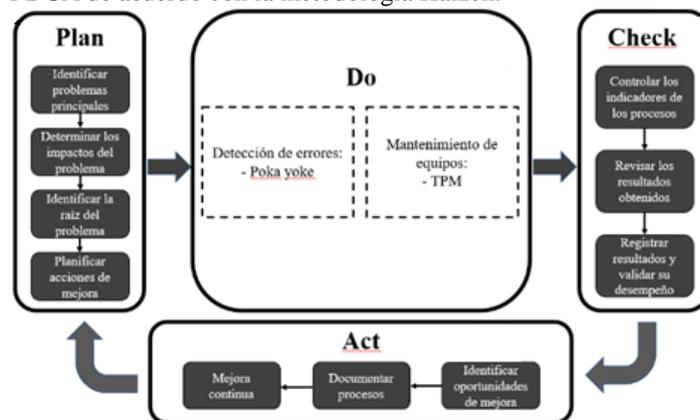


Fig. 5 Modelo de propuesta de mejora.

El gráfico 6 presenta el análisis detallado del proceso de construcción de la propuesta de investigación y su valor agregado. Este análisis se inicia al identificar los problemas existentes en la empresa, mediante la recopilación de información primaria directamente obtenida de la organización. Los datos recabados se recopilaron mediante un proceso sistemático que comprende cuatro etapas. En primer lugar, se necesitó la intervención de agente mediador entre la empresa y los autores para la recopilación exhaustiva de los registros de mantenimiento y los informes de incidentes de forma confidencial. Seguidamente, se procedió a normalizar los datos

para garantizar la coherencia y la compatibilidad entre diferentes sistemas de registro. Luego fueron sometidos a un análisis exhaustivo para determinar el impacto económico que cada problema tiene sobre la empresa. Finalmente se generaron informes detallados que proporcionaban información valiosa para el ingreso de los datos estandarizados en el modelo de validación.

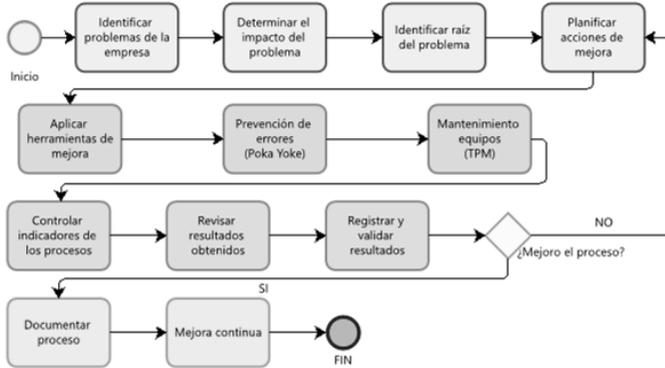


Fig. 6 Modelo de propuesta de investigación.

A continuación, se identifican tanto los problemas en sí como sus causas, adoptando un enfoque que va desde una perspectiva general hasta llegar a las causas raíz. Luego, se realiza una revisión sistemática de la literatura especializada con el objetivo de evaluar la viabilidad y aplicabilidad de diversas herramientas que se detallan en el árbol de soluciones.

Con el fin de abordar los problemas de manera práctica, se implementan las herramientas Poka Yoke y TPM. Estas herramientas permiten analizar y controlar los indicadores previamente establecidos además de mejorar la gestión de los procesos. Los resultados obtenidos a través de la implementación de estas herramientas son minuciosamente analizados y registrados, sometiéndolos a una validación crítica para garantizar su confiabilidad y precisión.

Posteriormente, se lleva a cabo un análisis exhaustivo con el objetivo de determinar si se han logrado mejoras significativas en el proceso. Este análisis se basa en indicadores clave y métricas previamente establecidos, y sirve como punto de referencia para evaluar el impacto de las intervenciones realizadas.

Finalmente, todo el proceso de desarrollo, incluyendo la identificación de problemas, la revisión de la literatura, la implementación de herramientas, el análisis de resultados y la validación crítica, se documentó y registró de manera científica. Esta documentación sirvió como un recurso valioso para futuros estudios y como base para la finalización del análisis del proceso en cuestión.

Por otro lado, dentro del desarrollo de la propuesta de mejora se plantea el modelo de simulación propuesto con lineamientos e instructivos para su implementación. En primer lugar, a la fase metodológica (Do) que corresponde a la posible implementación de las herramientas de mejora. Finalmente, a la fase de (check), que corresponde a la evaluación de resultados de la implementación y validación a través de la simulación.

C. Análisis situación actual

El desarrollo de la metodología de validación se realizó en cuatro etapas. En primer lugar, se corrió el modelo de simulación actual que se muestra en la figura 7.

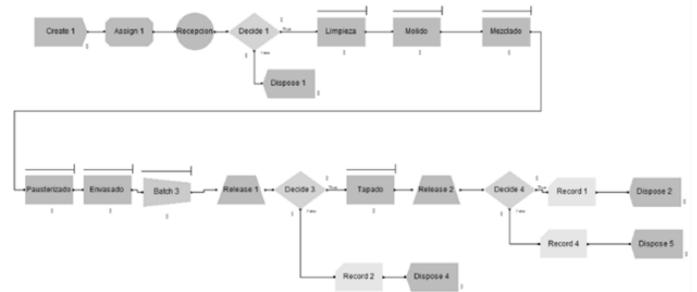


Fig. 7 Modelo actual.

En segundo lugar, se corrigieron parámetros del modelo para mejorar su funcionamiento. Esta corrección consiste en una reasignación e implementación de recursos tales como el sensor de visión artificial y las especificaciones en el área de molido con el fin de optimizar el proceso.

En tercer lugar, se llevó a cabo exhaustivas validaciones de los tiempos, asegurando que los intervalos y las duraciones coincidan de manera consistente con la realidad operativa basándose en las mediciones estándar que ofrece el sensor de visión artificial. Estas mediciones fueron relevantes tanto para la etapa de molido como para la de envasado y tapado.

D. Propuesta ejecutada

Por último, se validó la implementación de herramientas de mantenimiento preventivo específicamente diseñadas para reducir la tasa de productos defectuosos en el área de envasado y tapado. Esta validación resultó en la creación de un modelo de mejora potencial para su aplicación en la empresa tal como se muestra en la figura 8.

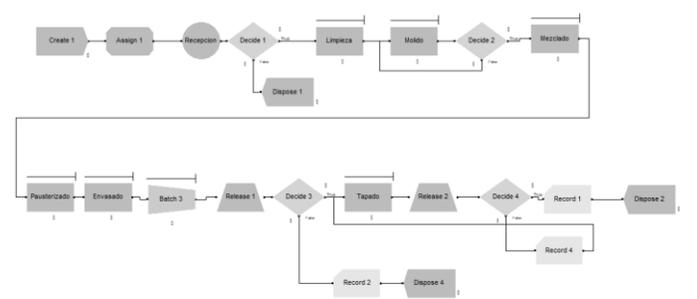


Fig. 8 Modelo validado.

III. RESULTADOS

Los resultados de una simulación comparativa de 20 escenarios simultáneos del modelo actual y el propuesto se clasifican en tres indicadores. En primer lugar, se evaluaron los

tiempos en las áreas con mejoras tales como el molido, envasado y tapado.

Los tiempos de procesamiento en el área de molido muestran un aumento significativo como resultado de la implementación de las nuevas métricas establecidas. Este incremento se atribuye a la necesidad de llevar a cabo un reproceso en caso de detectarse partículas de ajo que excedan el tamaño previamente establecido como estándar. Este fenómeno se interpreta como una mejora de gran relevancia, ya que, aunque los tiempos de procesamiento con la mejora experimentan un incremento mínimo con respecto al modelo actual, este ajuste anticipa posibles fallos en las etapas subsiguientes del proceso.

Por otro lado, para las áreas de envasado y tapado muestra una disminución de tiempos significativo, debido a la sustitución de visión de operarios por la implementación del sensor de visión artificial y a la implementación de herramientas de mantenimiento preventivo (TPM).

En segundo lugar, se evaluó la ocurrencia de defectuosos en las áreas de envasado y tapado que, de acuerdo con los resultados, se pudo determinar el porcentaje de defectuosos presentes de cada área para los escenarios de situación actual y propuesta tal como se muestra en la tabla 3.

TABLA 3
PORCENTAJE DE DEFECTUOSOS POR ÁREA

Evaluación de producción de defectuosos		
	Sin sensor	Con sensor
Envasado	25%	5%
Tapado	15%	0%

De acuerdo con la tabla 3, se puede determinar que el área de envasado es el área con más presencia de defectuosos. Sin embargo, la tasa de ocurrencia reduce significativamente en el escenario de mejora debido a la presencia del sensor de visión artificial, ya que, un proceso con sensores inteligentes proporciona menos errores que un proceso con corrección visual humana.

En tercer lugar, se evaluó en términos de productividad la cantidad de productos defectuosos generados en el área de envasado y tapado a partir del suministro de 150 kg de dientes de ajo para la línea de producción tal como se muestra en la tabla 4.

TABLA 4
REPORTE DE PRODUCTIVIDAD POR ÁREA

Rendimiento (Mezcla/ Defectuoso)		
Kg dientes de ajo		Kg de mezcla con otros insumos
150		187.5
Perdidas en Kg	Sin sensor	Con sensor
Envasado	46.88	9.38
Tapado	7.03	-
Total de Kg perdidos	53.91	9.38

Como se observa en la tabla 5, por cada 150 kg de dientes de ajo se obtienen una mezcla uniforme de 188 kg aproximadamente de ajo molido debido a los otros insumos agregados en diversas etapas del proceso.

Así mismo, se evidencia en términos de productividad que por cada 188 kg de mezcla se pueden perder en total 54 kg aproximadamente en un proceso con pocos controles estandarizados. Sin embargo, en el escenario propuesto se pierden menos de 10 kg, lo que se traduce en una mejora sustancial.

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con lo expuesto en el primer capítulo del estudio, en el cual la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala que el índice de productos defectuosos en el sector alimenticio es del 5% y el indicador reportado por la empresa es del 5.8%, se identificó una oportunidad de mejora para la cobertura de la brecha técnica del 0.8% en la industria de salsas y aderezos.

En respuesta a esta oportunidad, la implementación de mejoras validadas a través de simulación ha generado una cobertura total de la brecha técnica previamente definida. Esto se confirma a través la reducción de las 980 unidades de productos defectuosos (1 unidad equivalente a 1 kg de ajo molido) a un aproximado de 10 unidades. A continuación, se presenta la tabla 5 que indica el porcentaje de mejora a partir de un escenario previo y uno optimizado.

TABLA 5
CANTIDAD DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS DE AJO MOLIDO

Motivo	kg de Ajo defectuosos antes	kg de Ajo defectuosos después
Calibración y manipulación inadecuada para tipo de molido	409	0
Control de variación de tamaño de partículas	294	0
Desbordes por envases defectuosos o sellado y tapado	277	10
Total	980	10
Producción	13055	13055
% Defectuosos por producción	7.5%	0.08%

Como se puede apreciar en la Tabla 5, la cantidad de productos defectuosos generados en presentaciones de 1 kg de ajo molido, durante las etapas de calibración de máquinas, molido, sellado y tapado en el área de envasado, ascendía a 980 kg de productos defectuosos. Sin embargo, con la implementación del escenario propuesto, tan solo se observan 10 kg de productos defectuosos. Este cambio se traduce en una

reducción significativa del 7.5% al 0.08% en la generación de productos defectuosos por producción.

En contraste con los resultados de producción y la reducción de productos defectuosos alcanzados tras la implementación de esta propuesta, se observa semejanza con la experiencia de [1] quienes aplicaron una metodología con enfoque similar en un contexto diferente. No obstante, es crucial resaltar que los hallazgos de esta investigación difieren de los de los autores mencionados, ya que la investigación relacionada con la industria de molidos, salsas y aderezos no ha sido adaptada al contexto específico de Perú.

Por otro lado, los estudios de [9] y [20] afirman que una propuesta genérica de aplicación de herramientas lean en la industria de alimentos puede ser replicable e la producción de cualquier producto del sector. Sin embargo, esta afirmación difiere con lo que se establece en esta investigación, donde se evidenció que para resolver eficazmente los problemas de producción en la industria alimentaria no basta con conocer el concepto de herramientas de forma general, sino que deben adaptarse a ciertas condiciones para aumentar la productividad y reducir los errores de producción. Esta validación tiene similitud con la de los autores [21], quienes indican que es necesario una cuidadosa selección de herramientas no solo con el fin de mejorar la eficiencia del trabajo sino también para disminuir la dependencia del ser humano, además, la implementación de TPM ha demostrado ser una herramienta efectiva para reducir los tiempos de inactividad. Este último estudio sugiere que, al igual que en la industria alimentaria, la aplicación exitosa de estas herramientas en otros sectores requiere una comprensión profunda de las condiciones específicas y una adaptación cuidadosa a las necesidades particulares de cada entorno de trabajo.

Es fundamental tener en cuenta que, además de optimizar el flujo de trabajo, la capacitación y el desarrollo de un clima laboral favorable desempeñan un papel importante. No solo se trata de mejorar la eficiencia, sino también de cultivar el talento humano para impulsar el crecimiento de la empresa, como lo afirmó [18].

Por otra parte, existe coincidencia con la investigación realizada por [19], quienes sostienen que el uso de herramientas de Lean Manufacturing sirven para reducir el número de defectuosos y además resulta en mejoras tanto en la gestión operativa como administrativa. Además, [6] reafirman que la aplicación de estas herramientas es fundamental para el control y mejora de la calidad en la producción de productos alimenticios. Esta estrategia fomenta un uso más eficiente de los recursos, reduciendo costos y aumentando los beneficios tanto productivos como económicos, como lo demuestra el cierre de las brechas económicas presentadas en el estudio. Este enfoque se alinea con las afirmaciones de [15], quienes destacan que las técnicas y herramientas están diseñadas para mejorar la eficiencia y efectividad organizacional en términos de calidad con fiabilidad flexibilidad innovación y costos.

Asimismo, existe una coherencia con la perspectiva de [22], quienes señalan que las soluciones de la Industria 4.0,

como la digitalización y la aplicación de inteligencia artificial, junto con las herramientas de fabricación ajustada, pueden respaldar las operaciones de control de calidad.

Por último, se encuentra una concordancia con los fundamentos metodológicos expuestos por [10], quienes argumentan que la producción debe estar dispuesta a experimentar cambios en términos de innovación y adaptación. Estas innovaciones pueden comprender desde la implementación de maquinaria avanzada y tecnología de sensores hasta modificaciones de menor escala, como la aplicación de mantenimiento preventivo a través de las herramientas de Lean Manufacturing, en el contexto de una metodología de mejora continua, como Kaizen. Este enfoque resulta relevante sin importar el sector o el tamaño de la empresa, siempre y cuando la intención sea generar beneficios variados tanto para la empresa como para los stakeholders interesados.

De igual forma, [23] señalan que no es suficiente simplemente establecer una metodología de mejora continua sin antes identificar adecuadamente los puntos deficientes en un proceso, lo que puede lograrse mediante el uso de herramientas lean, como el Mapeo del Flujo de Valor (VSM). Por otro lado, [24] sostiene que un proceso de mejora puede volverse más eficiente mediante la simulación dinámica, ya que proporciona información sobre posibles escenarios futuros que respaldan la toma de decisiones basada en datos, como se verifico en nuestra investigación.

V. CONCLUSIONES

La evidencia demuestra la efectividad del enfoque de Lean Manufacturing para mejorar el proceso de envasado en una empresa de aderezos y molidos. La cuidadosa elección de herramientas, basada en un análisis detallado del árbol de problemas y revisión sistemática de literatura aplicable en el caso de estudio ha generado propuestas eficientes para disminuir productos defectuosos en el área de envasado. Este procedimiento proporciona una guía práctica para la aplicación de conceptos y herramientas en diversas etapas del proceso de producción, subrayando la relevancia de los principios lean para la mejora constante de la eficiencia operativa.

Por otro lado, se evidencia la transferibilidad de los hallazgos de este estudio, que se califica como media-alta. Esto se debe a la elaboración detallada de los instructivos necesarios para implementar herramientas como TPM y Poka Yoke, junto con los ahorros que genera su posible aplicación. Estos elementos facilitan la evaluación de su viabilidad en otras empresas, teniendo en cuenta su rentabilidad.

REFERENCIAS

- [1] M. Castañeda, D. Sangama, and et al, *Propuesta de mejora para reducir los productos defectuosos en una Pyme del sector alimentario en Lima, aplicando la estandarización del trabajo y herramientas del TPM*. 2022.
- [2] M. S. Abd Rahman, E. Mohamad, and A. A. Abdul Rahman, "Enhancement of overall equipment effectiveness (OEE) data by using simulation as decision making tools for line balancing," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 18, no. 2, pp. 1040–1047, 2020, doi: 10.11591/ijeecs.v18.i2.pp1040-1047.
- [3] M. S. Almasarweh, "The applicability of lean manufacturing methods and its impact on the performance of the Jordanian industrial companies listed in ASE," *Manag. Sci. Lett.*, vol. 10, no. 13, pp. 3023–3032, 2020, doi: 10.5267/j.msl.2020.5.022.
- [4] A. Al-Refai, M. Al-Tahat, and N. Lepkova, "Modelling relationships between agility, lean, resilient, green practices in cold supply chains using ism approach," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 26, no. 4, pp. 675–694, 2020, doi: 10.3846/tede.2020.12866.
- [5] F. Alvarado-chávez, "Mejora de Procesos ERP's (Enterprise Resource Planning) con Lean Six Sigma," *Concienc. tecnológica*, no. 55, pp. 39–44, 2018.
- [6] M. A. Rodríguez-Medina, E. R. Poblano-Ojinaga, M. I. Rodríguez-Borbón, and L. Alvarado-Tarango, "A high impact business strategy: The Six Sigma methodology," *Dyna*, vol. 96, no. 2, p. 128, 2021, doi: 10.6036/10010.
- [7] K. Das, "Integrating lean, green, and resilience criteria in designing a sustainable food supply chain," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 2018, no. SEP, pp. 462–473, 2018.
- [8] J. L. Cabrera, O. A. Corpus, F. Maradiegue, and J. C. Álvarez Merino, "Improving quality by implementing lean manufacturing, spc, and haccp in the food industry: A case study," *South African J. Ind. Eng.*, vol. 31, no. 4, pp. 194–207, 2020, doi: 10.7166/31-4-2363.
- [9] A. Farissi, M. El Oumami, and Z. Beidouri, "Assessing Lean Adoption in Food Companies: The Case of Morocco," *Int. J. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 5–14, 2021, doi: 10.14716/ijtech.v12i1.3837.
- [10] D. Vaněček, M. Pech, and M. Rost, "Innovation and lean production," *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.*, vol. 66, no. 2, pp. 595–603, 2018, doi: 10.11118/actaun201866020595.
- [11] I. González-Boubeta, I. Portela-Caramés, and J. Carlos Prado-Prado, "Improving through employee participation. The case of a spanish food manufacturer," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 14, no. 3, pp. 405–424, 2021, doi: 10.3926/jiem.3362.
- [12] M. Barabanova, L. Lebedeva, and S. Uvarov DSc, "Use of system dynamics tools in value-oriented approach in management ECONOMICS AND MANAGEMENT OF ENTERPRISES 33," *S. / Econ. Ann.*, vol. 173, no. 9, pp. 32–37, 2018, [Online]. Available: <http://orcid.org/0000-0002-3101-7388>.
- [13] Pinto G, Silva F, Fernandes N, Casais R, Baptista A, and Carvalho C, "Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology," *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 11, no. 3, pp. 192–204, 2020.
- [14] M. Suryaprakash, M. Gomathi Prabha, M. Yuvaraja, and R. V. Rishi Revanth, "Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 9348–9353, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.820.
- [15] E. G. Satolo, L. E. de S. Hiraga, G. A. Goes, and W. L. Lourenzani, "Lean production in agribusiness organizations: multiple case studies in a developing country," *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 8, no. 3, pp. 335–358, 2017, doi: 10.1108/IJLSS-03-2016-0012.
- [16] B. Talukder, G. P. Agnusdei, K. W. Hipel, and L. Dubé, "Multi-indicator supply chain management framework for food convergent innovation in the dairy business," *Sustain. Futur.*, vol. 3, no. March, p. 100045, 2021, doi: 10.1016/j.sft.2021.100045.
- [17] A. Sujová and L. Simanová, "Improvement of production process capability- A case study of two furniture companies," *Eng. Manag. Prod. Serv.*, vol. 13, no. 3, pp. 37–49, 2021, doi: 10.2478/emj-2021-0020.
- [18] D. T. Tran, H. T. Pham, and V. T. Bui, "The Effect of Contextual Factors on Resistance to Change in Lean Transformation," *J. Asian Financ. Econ. Bus.*, vol. 7, no. 11, pp. 479–489, 2020, doi: 10.13106/jafeb.2020.vol7.no11.479.
- [19] C. Cuggia-Jiménez, E. Orozco-Acosta, and D. Mendoza-Galvis, "Lean manufacturing: A systematic review in the food industry," *Inf. Technol.*, vol. 21, no. 5, pp. 163–172, 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000500163.
- [20] Y. Kazancoglu, E. Ekin, Y. D. O. Ozen, and M. O. Pala, "Reducing Food Waste Through Lean And Sustainable Operations: A Case Study From The Poultry Industry," *RAE Rev. Adm. Empres.*, vol. 61, no. 5, pp. 1–18, 2021, doi: 10.1590/S0034-759020210503.
- [21] A. L. Barriga, M. G. Gonzales, and M. F. Ruiz-Ruiz, "Lean Six Sigma and TPM for the Improvement of Equipment Maintenance Process in a Service Sector Company: A Case Study," *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 2070 CCIS, pp. 155–169, 2024, doi: 10.1007/978-3-031-56373-7_13.
- [22] G. Garcia-Garcia, G. Coulthard, S. Jagtap, M. Afy-Shararah, J. Patsavellas, and K. Saloniitis, "Business process re-engineering to digitalise quality control checks for reducing physical waste and resource use in a food company," *Sustain.*, vol. 13, no. 22, 2021, doi: 10.3390/su132212341.
- [23] S. Marttonen-Arola and D. Baglee, "Assessing the information waste in maintenance management processes," *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 26, no. 3, pp. 383–398, 2020, doi: 10.1108/JQME-11-2018-0100.
- [24] E. A. Lagarda-leyva, "System dynamics and lean approach: Development of a technological solution in a regional product packaging company," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 17, 2021, doi: 10.3390/app11177938.