

# Applying Lean Manufacturing Technologies for Productivity Improvement in an Industrial Glue SME

Elizabeth Lourdes Mendoza Quispe <sup>1</sup>, Margot Mamani Quiroz <sup>1</sup>, Juan Carlos Zuñiga Torres <sup>1</sup> ,  
Lizbeth Leonor Paredes Aguilar <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Centro de I+D+I en TICs, Universidad Tecnológica de Perú (UTP), Perú  
[1620420@utp.edu.pe](mailto:1620420@utp.edu.pe), [u17212103@utp.edu.pe](mailto:u17212103@utp.edu.pe), [jzuniga@utp.edu.pe](mailto:jzuniga@utp.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), Perú  
[lparedesa@unsa.edu.pe](mailto:lparedesa@unsa.edu.pe)

**Abstract**– *The research utilizes Lean Manufacturing tools to enhance productivity in a small company that specializes in the production of industrial glue. For this purpose, we conducted a methodological process to diagnose the industrial glue production activities through direct observation and interviews. We quantified this data in a time study and constructed a Process Operations Diagram (POD). Over-processing waste was identified in the cleaning and drying stages, resulting in waiting times in the shelling and milling sub-processes. Kanban cards and a visual control board (Andon) were implemented, in addition to standardizing activities in the cleaning and drying subprocesses at the simulation level using the FlexSim tool. As a result, the times of the cleaning and drying subprocesses were improved, in addition to a reduction in reprocessing during the production of industrial glue. Likewise, an increase in raw material, labor, and energy productivity of 29.8%, 17.1%, and 33.4%, respectively, is projected. This results in a 16.67% increase in total productivity, due to improved resource management and the minimization of waste in the production process. From the economic perspective, the use of Lean Manufacturing tools results in a positive NPV of S/94,829.56 and a Cost Benefit Index of 3.43, demonstrating the significant economic benefits of the proposal.*

**Keywords**-- *Lean Manufacturing, Industrial Glue, SME, Productivity Improvement, Technologies.*

# Aplicación de Tecnologías Lean Manufacturing para Mejorar la Productividad en una Pequeña Empresa de Cola Industrial

Elizabeth Lourdes Mendoza Quispe <sup>1</sup>, Margot Mamani Quiroz <sup>1</sup>, Juan Carlos Zuñiga Torres <sup>1</sup> ,  
Lizbeth Leonor Paredes Aguilar <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Centro de I+D+I en TICs, Universidad Tecnológica de Perú (UTP), Perú  
[1620420@utp.edu.pe](mailto:1620420@utp.edu.pe), [u17212103@utp.edu.pe](mailto:u17212103@utp.edu.pe), [jzuniga@utp.edu.pe](mailto:jzuniga@utp.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA), Perú  
[lparedesa@unsa.edu.pe](mailto:lparedesa@unsa.edu.pe)

**Resumen**– *La investigación aplica tecnologías vinculadas al Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una pequeña empresa dedicada a la elaboración de cola industrial. Para dicho fin el proceso metodológico realizó un diagnóstico de las actividades de producción de cola industrial por medio de la observación directa y entrevistas. Estos datos se cuantificaron en un estudio de tiempos y se construyó un Diagrama de Operaciones de Procesos (DOP). Se identificaron desperdicios de sobre procesamiento en las etapas de caleado y secado, generando tiempos de espera en los subprocesos de descaleado y molido. Ante ello, se implementaron tarjetas Kanban y un tablero de control visual (Andon), además de la estandarización de actividades en los subprocesos de caleado y secado a nivel de simulación utilizando la herramienta FlexSim. Como resultados se mejoró los tiempos de los subprocesos de caleado, descaleado y secado, además de la disminución de reprocesos en la producción de cola industrial. Asimismo, se proyecta un incremento en la productividad de materia prima, mano de obra y energía del 29.8 %, 17.1 % y 33.4 %, respectivamente. Lo cual repercute en un incremento de la productividad total del 16.67 % debido a la mejora en la gestión de los recursos y la minimización de los desperdicios del proceso productivo. Desde la perspectiva económica, al emplear herramientas de Lean Manufacturing se tiene un VAN positivo de S/ 94,829.56 y un índice Costo Beneficio de 3.43, demostrando la viabilidad no solo técnica, sino también económica de la propuesta.*

**Palabras clave**– *Lean Manufacturing, Cola Industrial, Pequeñas Empresas, Mejora de la productividad, Tecnologías.*

## I. INTRODUCCIÓN

La competitividad y productividad empresarial son cruciales en el desarrollo empresarial y económico de los países. El ranking global de productividad muestra que países como Dinamarca, Suiza y Singapur lideran a nivel global, mientras que Chile encabeza la lista en América Latina, seguido por México y Brasil. En contraste, Perú ha descendido al puesto 61, con 23 puntos en 2022, evidenciando la preocupante realidad de nuestra productividad empresarial [1].

La industria manufacturera, como gran parte de la industria peruana es compuesta por las micro y pequeñas empresas (MYPES). Según datos de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) del año 2022, las MYPES representaron el 96.4% de las empresas peruanas y registraron ventas anuales por S/ 158,017.00 millones, lo que significó un incremento del

46.4% frente a lo reportado en 2021. Sin embargo, a pesar de este crecimiento en las ventas, la informalidad de las MYPES ascendió al 86.7% [2].

Ya el mercado internacional de colas de origen animal está experimentando un crecimiento significativo [3], impulsado principalmente por la industria automotriz y de embalaje [4]. En 2022, las exportaciones de colas de origen animal peruano alcanzaron un valor de \$ 298 mil, representando un aumento del 75% respecto al año anterior. Chile lidera las importaciones con \$ 36 mil, seguido por Estados Unidos y Bélgica [5]. Estos datos reflejan un mercado con una demanda en constante expansión.

En particular, el estudio se centra en una MYPE del sector manufacturero que se dedica a la producción de cola industrial de origen animal. En el último año, se ha identificado que aproximadamente el 13 % de los pedidos no han podido ser atendidos, lo que refleja una demanda insatisfecha. Para capitalizar las oportunidades, es esencial mejorar tanto la eficiencia como la calidad durante el proceso de producción de cola industrial. Sin embargo, nuestra realidad presenta una baja productividad en las empresas manufactureras, donde el 81.3% de los trabajadores son familiares del propietario del negocio [2], además de una carencia en capacitación en gestión empresarial [6].

Además, la alta tasa de informalidad en las MYPES se expresa como una gestión inadecuada [2] impactando negativamente en la planificación estratégica, la producción, la calidad, las finanzas, la tecnología de la información, la innovación, los recursos humanos y la gestión ambiental. A pesar de algunos esfuerzos por una mejora progresiva en los procesos productivos, los problemas persisten reflejándose en un bajo cumplimiento de pedidos, tiempos de producción elevados, tiempos muertos, reprocesos y baja disponibilidad de máquinas y equipos [7]. Ante esto, se ve la necesidad de implementar estrategias que apunten al fortalecimiento de las capacidades productivas [8], con el objetivo de asegurar una ventaja competitiva de las MYPES a largo plazo.

Para abordar estas dificultades y mejorar la productividad, las empresas MYPES necesitan implementar estrategias eficaces como el *Lean Manufacturing* [8] y tecnologías vinculadas a la Industria 4.0 [9]. Según estudios, el 74% de las

MYPEs en Perú confían en que su negocio crecerá, y por ello reconocen la necesidad por herramientas accesibles a su económica y de baja complejidad para ser adoptadas [10]. La implementación efectiva de las metodologías como *Lean Manufacturing* está estrechamente relacionada con una adecuada identificación de la problemática empresarial y la adopción de las herramientas a un costo accesible y fácil entendimiento.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Una empresa manufacturera de cuero realizó un estudio de tiempos y métodos para identificar los principales desperdicios en los procesos del área de producción de calzado. El estudio identificó que los procesos críticos son: el serigrafiado, troquelado, liberación de aparato y corte. Asimismo, se determinó un exceso de transporte que afecta negativamente la capacidad de producción [11]. La solución propuesta implica la redistribución de áreas de trabajo mediante la metodología SLP para reducir el tiempo estándar y las distancias de transporte de las actividades. Respecto a la eliminación de tiempos de espera y transportes innecesarios, se ha logrado incrementar en un 19.3% la productividad y una disminución del 66.5% en los costos de transporte de materiales [11].

Por otro lado, la empresa de curtiembre Quisapincha identificó procesos no estandarizados con movimientos y transportes innecesarios que generaban baja productividad y retrasos en los plazos de entrega. Como solución aplicaron herramientas como VSM, 5'S y TPM para eliminar tiempos improductivos y productos no conformes [12]. Los métodos de mapeo del flujo de valor (VSM) y los principios de orden y limpieza (5S) se utilizaron para realizar el mapeo global de la cadena de valor, reducir los tiempos y movimientos innecesarios. Mientras, el TPM se empleó junto con un programa de mantenimiento para prevenir fallas en la maquinaria y reducir paradas de producción. También, se estableció un sistema Kanban con tarjetas de colores para las diferentes áreas de producción. La metodología *Lean Manufacturing* permitió identificar y cuantificar desperdicios, logrando reducir el lead time en 8 días y aumentar la productividad en un 44.3 % [12].

Ambas empresas enfrentaban problemas de eficiencia y desperdicios. En la fábrica de calzado, la falta de supervisión y el desorden afectaban la productividad mientras que, en la curtiembre, los movimientos innecesarios y la falta de estandarización generaban baja eficiencia de los procesos. Las soluciones propuestas involucran la aplicación de técnicas de Manufactura Esbelta o *Lean Manufacturing* con el objetivo de incrementar la eficiencia de los procesos críticos del área de producción. Además, se resalta que esta solución es aplicable tanto para grandes como para pequeñas empresas [11], [12].

En la empresa Fairis C.A. se parte del requerimiento de optimización de la eficiencia productiva mediante la aplicación de herramientas esbeltas para el proceso de ensamblaje de puertitas. Se realizó un diagnóstico inicial que

reveló un nivel productivo correspondiente a 6,2 unidades / hora-hombre, manejándose una fabricación de 5307 elementos, y el empleo de 852,65 horas por individuo entre enero y mayo. Además, se determinó la capacidad de la línea de producción a través del análisis de los periodos [13].

Posteriormente, se realizó la nivelación del proceso productivo en relación con el *Takt Time* de 5.33 minutos / puerta, el cual establece el ritmo necesario para cumplir con las necesidades del cliente, identificando que únicamente el 33% de las estaciones acatan el *Takt Time*. Luego se planteó un balanceo de línea para reducir los tiempos de los procesos que representan un cuello de botella. Asimismo, se propuso la estandarización para contar con operarios polivalentes cuya curva de aprendizaje se reduzca. Las mejoras fueron modeladas en FlexSim, simulando 10 sesiones de ensamble. La propuesta de mejora permitió optimizar en un 30.2 % el desempeño del proceso productivo, junto con un incremento del 43.5% en la productividad [13].

En el caso de Calzados Chang S.R.L. se determinó la situación inicial de procesos mediante el uso de herramientas de diagnóstico como el estudio de tiempos, el diagrama de Ishikawa y Pareto. Se identificó que el área de montaje y acabado tiene procesos no estandarizados, tiempos muertos y transportes innecesarios. A partir de ese análisis se propusieron las herramientas de VSM, 5'S y Poka Yoke con la finalidad de aumentar la eficiencia productiva [14].

En la investigación de Guzmán se propone la aplicación de técnicas Lean como 5'S y Kaizen en una empresa manufacturera de adhesivos acuosos, en el trabajo se evidencian mejoras en la organización, limpieza y estandarización del proceso productivo. Se destaca el éxito de la implementación de Kaizen, que resulta en una disminución significativa del tiempo de fabricación del producto más vendido, pasando de 20:15 horas a 17:09 horas. En la última etapa, se realiza una evaluación de la productividad al término de la implementación revelando un incremento del 27.7%. Adicionalmente, se realizó un estudio de costos para complementar la evaluación de la productividad, lo que permite medir los cambios y respaldar la eficacia de las herramientas *Lean Manufacturing* como una estrategia pertinente para mejorar el proceso productivo [15].

Por otro lado, en una empresa de calzado se propone mejorar el nivel de rendimiento productivo, donde las principales dificultades incluyen reprocesos, desperfectos mecánicos y limitado control de las actividades. La implementación de elementos como VSM, 5'S, *Takt Time* y Kaizen permitieron reducir en un 40% los tiempos de producción de calzado. Asimismo, el VSM facilita la identificación de los cuellos de botella, los procesos con mayor tiempo de espera y las actividades que no aportan valor al proceso productivo. Finalmente, se determinó la factibilidad de la propuesta mediante la evaluación de índices de rentabilidad como el VAN, TIR y B/C, los cuales emitieron resultados favorables para una futura implementación de la propuesta [16].

En el trabajo de Guevara, se busca establecer el impacto de la implementación de herramientas *Lean Manufacturing* en los costos operativos de la empresa curtidora de pieles. En el diagnóstico inicial se identificaron tiempos muertos durante el rebajado de cuero debido a la falta de tiempos estandarizados y el limitado control del material en proceso. Además, se evidencia un elevado índice de fallas en los botales, lo que provoca paradas de producción no planificadas. Frente a la problemática, se plantearon actividades de mantenimiento preventivo basándose en el análisis RCM y el método AMEF, de esta forma el plan de mantenimiento permitió aumentar en un 25.0 % el indicador de OEE, lo cual se traduce en la mejora del rendimiento y disponibilidad de los botales [17].

De igual manera, la aplicación de la metodología SMED y el balanceo de línea permitió una disminución del 36.8 % en los tiempos muertos del proceso de rebajado, además se logró una disminución del 57.4 % en las actividades que no añaden valor al proceso productivo. Las herramientas implementadas redujeron en un 81.9 % los costos asociados a la problemática identificada. Asimismo, se obtuvieron indicadores financieros favorables, evidenciando la viabilidad económica de la propuesta [17].

Según la propuesta de Diaz [18], la utilización de técnicas de *Lean Manufacturing* contribuye de manera positiva a la eficiencia del proceso productivo, ya que al aplicar estas técnicas permitió la reducción de los desperdicios y el incremento del 11% en la productividad de fabricación de calzado. La aplicación del VSM y la metodología 5S permitieron disminuir el tiempo de entrega en un 46% y reducir los desperdicios a un 72%. Los resultados obtenidos muestran el aumento de la eficiencia de los procesos, eliminación de desperdicios, minimización de tiempos y recursos en la fabricación del producto.

En la investigación de Ruiz [19], el objetivo fue mejorar la productividad de la empresa, centrándose en la optimización de los métodos de trabajo para la producción de espárragos verdes frescos. A través de un análisis, se identificaron problemas específicos, como la falta de estandarización y control de pesos en la recepción de materia prima. La metodología implementada incluyó un plan integral de capacitación del personal, mejoras en los métodos de trabajo y la introducción de nuevas herramientas basadas en ingeniería industrial, todo ello orientado a incrementar la productividad en el proceso productivo [19].

Se logró un incremento del 6.9% en la productividad de mano de obra, además, se registró un incremento en la productividad de la materia prima en el proceso de corte del 81 % al 85 %, lo que indica una utilización más eficiente de los recursos. Finalmente, se tiene la optimización del capital, se proyectó un flujo mensual de caja positivo después de la inversión inicial, con una TIR del 88% y un VAN de S/. 89,784.6. Estos hallazgos resaltan la importancia de la mejora continua en la productividad de la mano de obra, recursos y la optimización del capital para lograr una mayor productividad [19]. De la misma manera Medina y Montalvo [20] también evalúan la mejora de la productividad, considerando tanto el

escenario actual como el propuesto. Este indicador se aborda en su tesis, que se dirige hacia la evaluación de la productividad en el proceso de producción de pallets en una organización industrial maderera. El objetivo es identificar las problemáticas y causas que afectan la productividad, proponer e implementar un sistema de gestión fundamentado en *Lean Six Sigma*, y luego evaluar los resultados obtenidos.

Dentro del marco *Lean Six Sigma*, incluyen técnicas como 5S, SMED para reducir los tiempos muertos durante los cambios rápidos entre diferentes productos o lotes, y el control estadístico de procesos para monitorear y mantener bajo control las variaciones durante la producción. Esta implementación resultó en una optimización en el uso de la materia prima y una recuperación del 50% de la merma. El aumento en la producción refleja una mejora en la productividad, logrando una productividad promedio entre modelos de 2.10 para mano de obra, 2.09 para materia prima y 3.16 para maquinaria, lo que representa un aumento de la productividad global estimada de 1.01 a 1.36. Finalmente, el análisis de B/C de la propuesta revela un resultado de 2.78, obteniendo una ganancia de 1.78 [20].

### III. METODOLOGÍA

Este trabajo desarrolla una investigación aplicada, puesto que se analiza la problemática del proceso de producción de cola industrial de una pequeña empresa. Para ello, se emplean herramientas de la ingeniería industrial y técnicas de colecta de datos, como los diagramas de actividades y operaciones de procesos, estudio de tiempos, fichas de observación y entrevistas. Asimismo, para identificar oportunidades de mejora, se hace la evaluación del *Value Stream Mapping* (VSM) utilizando la información actual del proceso. El enfoque está centrado en la identificación de puntos críticos, cuellos de botella y desperdicios. Este análisis proporciona una visión integral del proceso, lo que permite proponer estrategias y herramientas Lean específicas para abordar las mejoras identificadas.

Este análisis utiliza el indicador de productividad en las siguientes dimensiones: productividad de mano de obra (MO), productividad de la materia prima (MP) y Productividad de la energía. En el diseño de la propuesta de mejora, se tiene en cuenta diversos factores, como las necesidades de la empresa, los recursos disponibles y las capacidades del equipo de trabajo. Luego, se realiza una evaluación entre la situación actual y propuesta utilizando herramientas como el DOP y VSM, junto con sus indicadores clave: tiempo de ciclo y *takt time*. Además, se analiza los indicadores de la productividad propuesta de mano de obra, materia prima, energía y la productividad total del proceso de cola industrial.

Finalmente, además de evaluar la variación porcentual de la productividad, se realiza una evaluación económica determina la viabilidad y beneficios asociados a la implementación de las herramientas Lean propuestas. La evaluación se centra en un costeo que abarca distintos aspectos clave del proceso productivo como: el costo de mano de obra,



por unidad de recurso, lo cual evidenció oportunidades sustanciales de mejora.

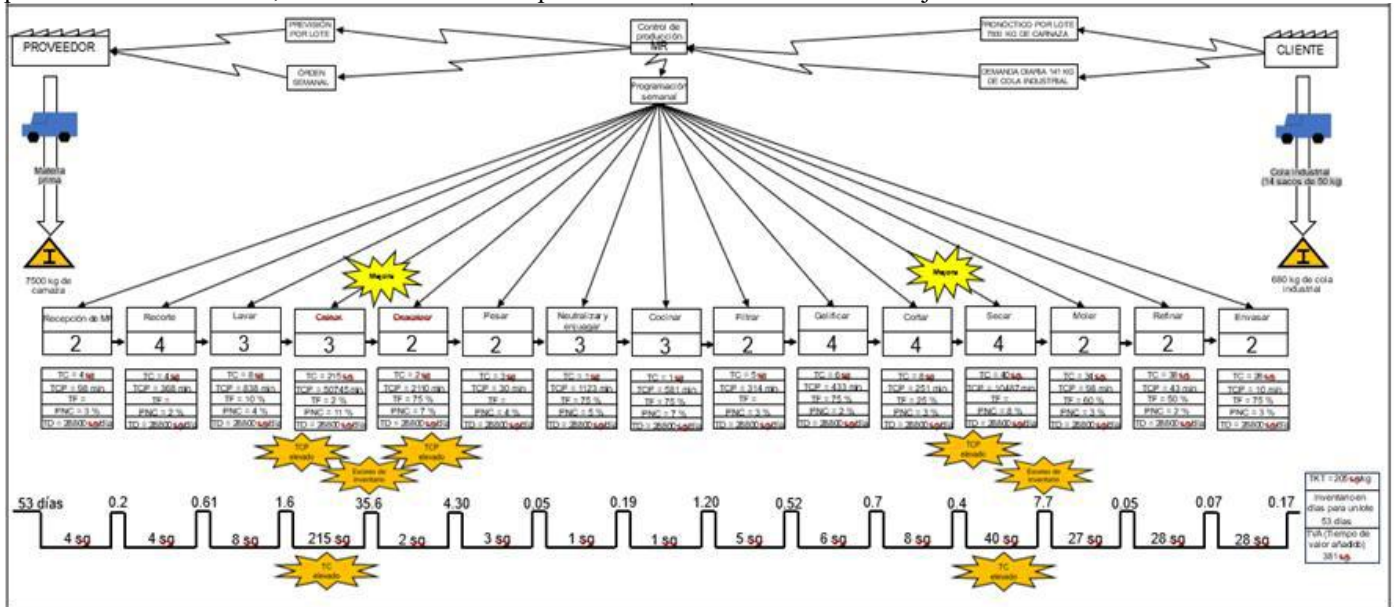


Fig. 2 Diagrama de Operaciones de Procesos de la Empresa Productora de Cola Industrial.

Además, la herramienta de simulación FlexSim desempeñó un papel clave en la comprensión profunda de la problemática operativa de la empresa, al permitir representar de forma dinámica y visual el comportamiento real del proceso productivo de cola industrial. Mediante la simulación de 15 procesos durante un periodo de 6 meses, y considerando distintos regímenes de operación (8 horas diarias y 24 horas para los subprocesos críticos), fue posible cuantificar de manera precisa el lead time promedio, el cual alcanzó los 76,792.5 minutos para una producción acumulada de 4,134 kg. Esta simulación que se representa en la Figura 3, no solo validó las deficiencias identificadas en el diagnóstico inicial, sino que también evidenció los cuellos de botella y la baja eficiencia en el uso del tiempo y los recursos. FlexSim se consolidó como una herramienta tecnológica de alto valor para la toma de decisiones estratégicas, facilitando el diseño de soluciones orientadas a la mejora continua, la digitalización de procesos y el fortalecimiento de la competitividad en entornos manufactureros de pequeña escala.

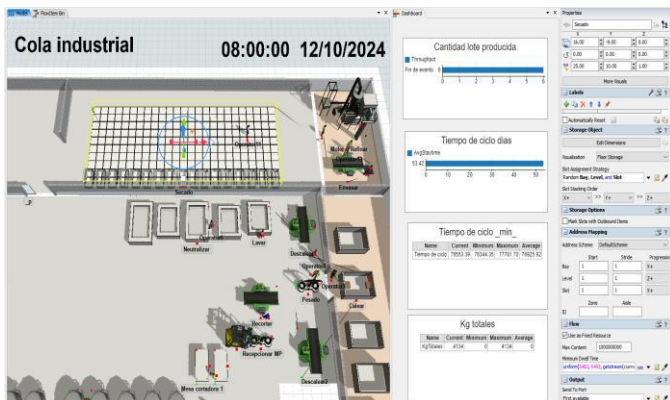
Fig. 3 Simulación FlexSim del proceso actual de Cola Industrial.

## B. Diseño e implementación de las Herramientas de Lean Manufacturing

1) **Implementación de tarjetas Kanban:** Para reducir los tiempos de espera y mejorar la coordinación entre los subprocesos caleado y descaleado, se implementaron tarjetas Kanban tanto en el área de caleado como en la de secado. Estas tarjetas permitieron visualizar el flujo de materiales, facilitando una producción ajustada a la demanda real del proceso. Las tarjetas fueron diseñadas con códigos de colores y campos específicos para registrar la información de cada lote, lo que ayudó a prevenir acumulaciones innecesarias de producto intermedio y a sincronizar mejor las operaciones entre estaciones. Además, se desarrollaron tableros Kanban visibles en las áreas de trabajo, reforzando la gestión visual del sistema.

Por ejemplo, la implementación de tarjetas Kanban en el proceso de caleado proporciona un mecanismo visual y sistemático para controlar el flujo y maduración de la carnaza, mejorando la trazabilidad y gestión del inventario en los 19 pozos disponibles. Estas tarjetas permiten registrar información clave como la fecha de entrada, fecha de salida y cantidad de carnaza, facilitando el seguimiento del tiempo de permanencia (31 días estándar), la planificación de traslados y la prevención de reprocesos. Además, al integrarse con un tablero físico de control ubicado estratégicamente, las tarjetas mejoran la coordinación operativa, optimizan el uso de la capacidad de los pozos y reducen desperdicios, como representado en la Figura 4.

2) **Uso de un tablero de control visual (Andon):** Con el fin de mejorar el monitoreo de las condiciones operativas, se introdujo un sistema Andon basado en tableros de control



visual. Este tablero fue configurado con alertas codificadas por

colores que permitían identificar en tiempo real el estado de



Fig. 4 Prototipo final del tablero Kanban en el proceso de caleado.

operación de cada subproceso (normal, advertencia o falla). El tablero registra información clave como el inicio y término de operaciones, interrupciones y causas reportadas por los operarios. La herramienta Andon fortaleció la capacidad de respuesta ante incidencias, reduciendo el tiempo inactivo de máquinas y mejorando la toma de decisiones operativas, especialmente en las etapas críticas de caleado y secado.

seguimiento preciso mediante la visualización de fechas de entrada, fechas proyectadas de salida, capacidades y existencias por pozo. Además, la integración de códigos de colores como lenguaje visual facilita una interpretación rápida del estado del proceso, permitiendo detectar desviaciones y actuar oportunamente. Al centralizar y estandarizar la información operativa junto con las tarjetas Kanban, el tablero Andon contribuye a evitar retrasos, mejorar la coordinación entre etapas y garantizar el cumplimiento de los tiempos establecidos, optimizando así la eficiencia del flujo de producción.

Por ejemplo, el uso del tablero visual Andon en el proceso de caleado aporta un beneficio significativo al mejorar el control y la gestión del tiempo de maduración de la carnaza, que tiene un estándar de 31 días. Este tablero permite un

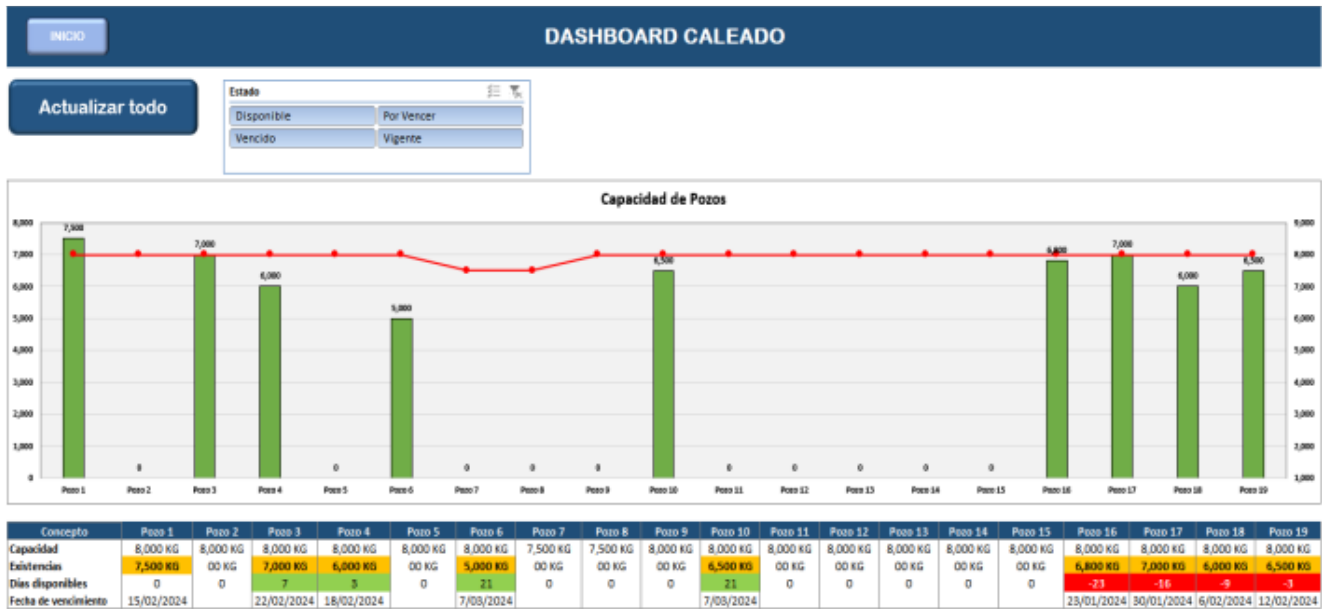


Fig. 5 Tablero de control Andon del proceso de caleado.

**3) Estandarización y reordenamiento de las tareas en los subprocesos críticos:** Se diseñaron hojas de trabajo estándar para los procesos de caleado y secado, incluyendo instrucciones secuenciales detalladas, tiempos objetivo, y

requisitos de seguridad. Esta estandarización se complementó con una reorganización del layout y la distribución de recursos para optimizar el flujo de trabajo. Las tareas fueron redefinidas con base en estudios de tiempos y movimientos, lo

que permitió minimizar la variabilidad entre operarios y eliminar actividades innecesarias. La documentación de procedimientos estandarizados también facilitó la capacitación del personal y el seguimiento del cumplimiento operativo.

Por ejemplo, para garantizar la implementación de las tarjetas Kanban y el tablero de control Andon, es necesario establecer una secuencia de actividades que describan el proceso propuesto de secado. A continuación, se presenta el diagrama de flujo actual del proceso de secado como punto de partida para identificar las actividades de mejora. La Figura 6 representa el nuevo flujo propuesto.



Fig. 6 Nuevo flujo de proceso para el proceso de secado.

**4) Simulación del nuevo flujo de trabajo:** para validar la viabilidad operativa y cuantificar los beneficios esperados. La propuesta fue validada mediante una simulación en el software FlexSim, lo cual permitió representar digitalmente el comportamiento del sistema propuesto. Se modelaron los nuevos flujos de trabajo, con los cambios introducidos en los subprocesos, y se analizaron indicadores clave como el tiempo de ciclo, nivel de inventarios en proceso, y utilización de recursos, como representado en la Figura 7, donde la simulación del proceso propuesto mediante FlexSim permitió evaluar cuantitativamente los beneficios de implementar herramientas Lean en los subprocesos críticos de caleado y secado.

Al eliminar los reprocesos en el descaleado y reducir los tiempos de ciclo, se obtuvo un lead time promedio de 65,060 minutos durante seis meses de operación, logrando una

producción total de 4,578 kg de cola industrial, superior a la obtenida en el escenario actual. Estos resultados reflejan una mejora en la eficiencia del proceso y un incremento en la productividad de la materia prima, validando el impacto positivo de los cambios propuestos. FlexSim, como herramienta de simulación, permitió visualizar, medir y comparar escenarios operativos, ofreciendo una base objetiva para la toma de decisiones orientadas a la mejora continua y a la transformación digital del proceso productivo.

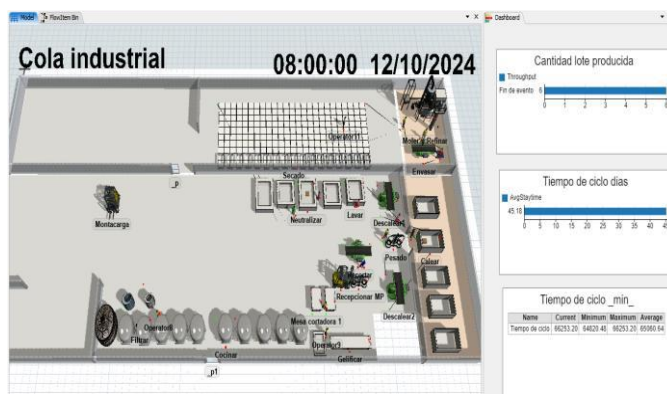


Fig. 7 Simulación FlexSim del proceso propuesto para la Empresa de Producción de Cola Industrial.

La simulación permitió comparar cuantitativamente el escenario actual frente al mejorado, mostrando reducciones significativas en los tiempos de espera y una mejora general del flujo productivo. Por ejemplo, La implementación de herramientas de Lean Manufacturing evidenció un impacto significativo en la productividad total del proceso de producción de cola industrial. La comparación entre el escenario actual y el propuesto revela una tasa de variación positiva del 16.7 %, lo que confirma el efecto favorable de las mejoras introducidas. Este avance se atribuye directamente a la aplicación de metodologías Lean, que permitieron reducir desperdicios y optimizar recursos en los subprocesos de caleado, descaleado y secado. Para ilustrar con mayor claridad este progreso, a continuación se presenta un gráfico comparativo de los indicadores de productividad

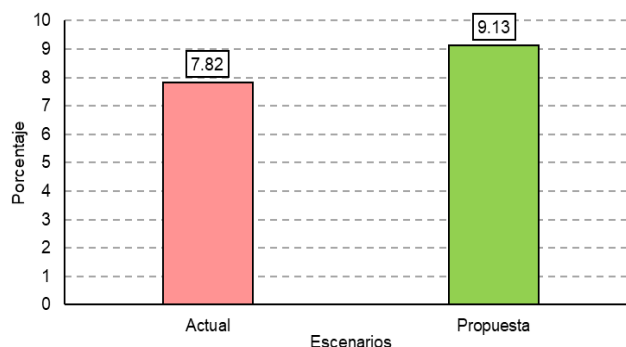


Fig. 8 Productividad total actual vs Productividad total propuesto.

Esta validación virtual proporcionó evidencia sólida sobre la viabilidad operativa de la propuesta antes de su implementación física.

## V. CONCLUSIONES

El estudio evidenció que la baja productividad en el proceso de producción de cola industrial se origina en desperdicios como sobre procesamiento, reprocesos y tiempos de espera, principalmente en los subprocesos de caleado, descaleado y secado. Estas ineficiencias derivan de la falta de estandarización y del escaso control operativo.

En respuesta, se propuso una mejora basada en herramientas Lean Manufacturing —tarjetas Kanban, sistema visual Andon y estandarización de actividades— integradas dentro de una estrategia de transformación digital del proceso productivo. La implementación fue validada mediante el uso combinado de Value Stream Mapping (VSM) para el diagnóstico y FlexSim como entorno de simulación dinámica, lo que permitió modelar y cuantificar el impacto de los cambios propuestos.

Los resultados muestran una reducción de los tiempos de proceso, una mejora del flujo de trabajo y un aumento del 16.67% en la productividad total, acompañados de indicadores económicos favorables: VAN positivo de S/ 94,829.56 e índice de costo-beneficio de 3.43.

Se concluye que la adopción de herramientas Lean apoyadas por tecnologías digitales de análisis y simulación constituye un enfoque eficaz para optimizar la producción, reducir desperdicios y fortalecer la capacidad operativa de las MYPEs industriales en su camino hacia la mejora continua y la digitalización.

## AGRADECIMIENTO

La presente investigación se da en el marco del proyecto de investigación interna de la Universidad Tecnológica del Perú (UTP) con contrato N° P-2024-SUR-014.

## REFERENCES

[1] P. Marquina, B. Avolio, L. Del Carpio y V. Fajardo, «Resultados del Ranking de Competitividad Digital Mundial 2022,» Centrum PUCP, 2021.

[2] COMEX PERÚ, «Las micro y pequeñas empresas en el Perú Resultados en 2020: Informe anual de diagnóstico y evaluación acerca de la actividad empresarial de las micro y pequeñas empresas en el Perú, y los determinantes de su capacidad formal,» Comex Perú, 2020.

[3] Exactitude Consultancy, «Mercado de adhesivos industriales por tipo (adhesivos a base de agua, adhesivos a base de solventes, adhesivos termofusibles, otros), por composición (poliuretano, epoxi, vinilo, acrílico, otros), por aplicación (industria del embalaje, industria de la co,» Exactitude Consultancy, 21 febrero 2024. [En línea]. Available: <https://exactitudeconsultancy.com/es/informes/15844/mercado-de-adhesivos-industriales/>. [Último acceso: 14 marzo 2024].

[4] MexicoIndustry, «Cómo los adhesivos están revolucionando a la industria,» MexicoIndustry, 2021. [En línea]. Available: <https://mexicoindustry.com/noticia/como-los-adhesivos-estan-revolucionando-a-la-industria->. [Último acceso: 25 febrero 2024].

[5] International Trade Centre, «Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Perú,» Trademap.org, 2022.

[6] J. Ostos, Interviewee, «¿Qué retos enfrentan las mypes peruanas hoy en día? [Entrevista]. 24 julio 2023.

[7] E. V. Zea Béjar y J. D. Melgar Zuzunaga, «Diagnóstico de las Mypes Manufactureras de la Región Arequipa-Perú,» Studies in Multidisciplinary Review, vol. 4, n° 1, pp. 14-24, 2023.

[8] Ministerio de Producción, «Produce cuenta con estrategia de cinco ejes para el fortalecimiento de las MYPE,» Www.gob.pe, 2022. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/631677-produce-cuenta-con-estrategia-de-cinco-ejes-para-el-fortalecimiento-de-las-mype>. [Último acceso: 18 marzo 2024].

[9] J. C. Zúñiga Torres, S. Valdivia Yajo, C. Vera Mayta, and L. L. Paredes Aguilar, «Improving the Material Loading Process in a Ready-Mix Concrete Production Plant through Industry 4.0 Principles,» Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Aug. 2025, doi: 10.18687/LACCEI2025.1.1.2272.

[10] Esan.edu.pe, «¿Cómo aplicar el Lean Manufacturing en las PYMES? | Conexión ESAN,» Esan.edu.pe, 2017. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-aplicar-el-lean-manufacturing-en-las-pymes>. [Último acceso: 18 marzo 2024].

[11] J. D. Chisaguano Rodríguez, Optimización de los procesos de producción de calzado en la industria manufactureras de cuero Calzafer Cia. Ltda, Universidad Técnica de Ambato, 2017.

[12] O. B. Lema Remache y T. F. Apupalo Yanchapanta, Implementación de un sistema de control y análisis de la producción en la empresa curtiembre quisapincha aplicando las herramientas del lean manufacturing para incrementar la productividad, Riobamba: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2019.

[13] S. R. Lluglla Tubón, Manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración, Universidad Técnica de Ambato, 2021.

[14] J. S. Chacón Ulloa, Aplicación de herramientas lean manufacturing para mejorar la productividad de la empresa de calzados CHANG S.R.L. 2019, Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2019.

[15] K. M. Guzmán Vara y A. H. Suarez Olin, Implementación del lean manufacturing para reducir los productos no conforme en las áreas de montaje y acabado en el rubro de calzado, Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019.

[16] M. M. Elias Quispe, Propuesta de diseño para optimizar la productividad a través de herramientas Lean Manufacturing en el proceso productivo de una fábrica de calzado, Arequipa: Universidad Continental, 2020.

[17] L. A. Guevara Cordova, Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para reducir costos en una curtiembre en la ciudad de Trujillo, Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021.

[18] J. L. Pérez Martínez, J. M. Díaz Cusi y J. F. García Cuba, Lean manufacturing para mejorar la productividad en la línea de producción de calzados de cuero, Universidad Peruana los Andes, 2018.

[19] G. F. Ruiz Quispe, Propuesta de mejora de métodos de trabajo en el proceso de producción de espárrago verde fresco para incrementar la productividad de la asociación agrícola Compositan Alto, Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018.

[20] G. A. Medina Hoyos y G. P. Montalvo Montalvo, Mejora de la productividad mediante un sistema de gestión basado en Lean Six Sigma en el proceso productivo de Pallets en la Empresa Maderera Nuevo Perú SAC, 2017, Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2018.