

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



OPTIMIZING BEVERAGE MANUFACTURING: INTEGRATING LEAN MANUFACTURING AND MACHINE LEARNING TO ENHANCE EFFICIENCY AND REDUCE WASTE

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial
Artículo Científico

Raul Mendoza Sotomayor

Código 20184161

Jose Antonio Sabogal Arias

Código 20171391

Asesor

Juan Carlos Quiroz Flores

Lima – Perú

Junio de 2025

Título

OPTIMIZING BEVERAGE MANUFACTURING: INTEGRATING LEAN MANUFACTURING AND MACHINE LEARNING TO ENHANCE EFFICIENCY AND REDUCE WASTE

Autor(es)

Raul Mendoza Sotomayor
20184161@aloe.ulima.edu.pe
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú
José Antonio Sabogal Arias
20171391@aloe.ulima.edu.pe
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú
Juan Carlos Quiroz Flores
jcquiroz@ulima.edu.pe
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Resumen: El sector de fabricación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas enfrenta desafíos persistentes que impactan directamente en la eficiencia operativa y la rentabilidad empresarial. Los problemas recurrentes en los equipos y las prácticas subóptimas de los operadores generan un desperdicio significativo y retrasos en la producción. Estudios previos han explorado metodologías como Six Sigma, Lean Manufacturing y Kaizen para abordar estos desafíos, destacando herramientas como VSM, 5S y SMED. El sector necesita con urgencia mejorar la capacitación de los operadores e implementar tecnologías avanzadas de monitoreo y control para reducir las fallas en los equipos. Este estudio propone un modelo que integra Lean Manufacturing y Machine Learning para optimizar el proceso de producción, reducir los tiempos de cambio en las líneas y disminuir el porcentaje de desperdicio. Los resultados clave mostraron una mejora significativa en la eficiencia de producción, con una reducción del 42.4% en el tiempo de control de calidad gracias a la metodología 5S y una disminución en el desperdicio mediante controles preventivos. La implementación de SMED logró aumentar la eficiencia de producción en un 33.3%. El impacto académico y socioeconómico de esta investigación es considerable, ya que proporciona un marco práctico y aplicable para mejorar la productividad y la competitividad en la industria de bebidas. Además, promueve la sostenibilidad económica al optimizar el uso de recursos y reducir costos. Es imperativo que futuras investigaciones exploren nuevas direcciones para la integración de tecnologías emergentes en el ámbito de Lean Manufacturing, incentivando a académicos y profesionales a seguir innovando en la mejora de los procesos industriales.

Palabras Clave: Lean Manufacturing, Aprendizaje Automático, SMED, Industria de Bebidas, Eficiencia Operativa.

Abstract: The alcoholic and non-alcoholic beverage manufacturing sector faces persistent challenges that directly impact operational efficiency and business profitability. Recurrent problems in the equipment and sub-optimal practices of operators generate significant waste and production delays. Previous studies have explored methodologies such as Six Sigma, Lean Manufacturing and Kaizen to address these challenges, highlighting tools such as VSM, 5S and SMED. The sector urgently needs to improve operator training, implement advanced monitoring and control technologies to reduce equipment failures. This study proposes a model that integrates Lean Manufacturing and Machine Learning to optimize the production process, reduce line change times and reduce the percentage of waste. Key results showed a significant improvement in production efficiency, with a 42.4% reduction in quality control time thanks to the 5s methodology and a reduction in waste through preventive controls. The implementation of SMED managed to increase production efficiency 33.3%. The academic and socio-economic impact of this research is considerable, as it provides a practical and applicable framework for improving productivity and competitiveness in the beverage industry. It also promotes economic sustainability by optimizing resource use and reducing costs. It is imperative that future research explores new directions for the integration of emerging technologies in the field of Lean Manufacturing, encouraging academics and professionals to continue innovating in the improvement of industrial processes.

Keywords: Lean Manufacturing, Machine Learning, SMED, Beverage Industry, Operational Efficiency.

Línea de investigación IDIC – ULIMA: Diseño, simulación y optimización de procesos industriales

Área y Sub-áreas de Investigación: (1) – Work Design & Measurement

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS): (9) – Industria, innovación e Infraestructura

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de bebidas "Ready to Drink" (RTD) enfrenta desafíos crecientes para optimizar sus procesos productivos, reducir costos y mantenerse competitivo en un mercado en expansión proyectado a crecer un 50% en volumen y valor hacia 2027 en Perú. Agroindustrias Sabogal presenta problemas significativos, como tiempos de cambio de línea elevados (35-50 minutos), mermas que duplican el estándar sectorial (~5%) y reprocesos frecuentes en los procesos de llenado, etiquetado y tapado, lo que afecta su capacidad para satisfacer la demanda del mercado y cumplir con estándares de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Estudios previos han demostrado que metodologías como SMED, 5S y Kaizen mejoran la eficiencia operativa, mientras que el uso de Machine Learning permite monitorear y prevenir fallos en equipos. Sin embargo, existe un vacío en la integración de estas metodologías con tecnologías emergentes en la industria RTD, especialmente en contextos latinoamericanos. Por ello, surge la pregunta de cómo la integración de Lean Manufacturing y Machine Learning puede optimizar los procesos productivos de Agroindustrias Sabogal, reduciendo tiempos de cambio, mermas y reprocesos para alcanzar los estándares de eficiencia del sector.

OBJETIVOS

El objetivo general de esta investigación es optimizar los procesos productivos de Agroindustrias Sabogal mediante la integración de metodologías Lean Manufacturing y tecnologías emergentes como Machine Learning, con el propósito de reducir tiempos de cambio de línea, minimizar mermas y reprocesos, y mejorar la eficiencia operativa para cumplir con los estándares del sector. Para ello, se busca implementar la metodología SMED para disminuir los tiempos de cambio, aplicar 5S para mejorar la organización y limpieza en el área de trabajo, y utilizar controles preventivos basados en Machine Learning para reducir el porcentaje de mermas. Además, se evaluará el impacto de estas herramientas en los indicadores clave de desempeño (KPIs) y se propondrá un modelo replicable que permita a otras empresas del sector RTD adoptar estas estrategias para optimizar sus procesos.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la industria de bebidas "Ready to Drink" (RTD) ha experimentado un crecimiento significativo, representando un segmento clave para el desarrollo económico del sector alimenticio en Perú. Sin embargo, este mercado enfrenta desafíos críticos relacionados con la eficiencia operativa y la sostenibilidad. Agroindustrias Sabogal, como PYME dedicada a la producción de bebidas RTD, presenta problemas como tiempos elevados de cambio de línea, altas mermas y reprocesos que impactan negativamente en su competitividad y sostenibilidad económica. La propuesta de integrar metodologías Lean Manufacturing (SMED, 5S) con tecnologías emergentes como Machine Learning tiene el potencial de abordar estos desafíos de manera técnica, económica y socialmente viable. La implementación de estas herramientas permitirá optimizar procesos productivos, reducir desperdicios y garantizar estándares de calidad, beneficiando tanto a la empresa como a sus consumidores.

Desde un enfoque teórico, este proyecto contribuye al desarrollo de nuevos modelos integrados de mejora continua aplicables al sector RTD. Económicamente, permitirá a Agroindustrias Sabogal incrementar su productividad, reducir costos operativos y mejorar su rentabilidad. Socialmente, busca generar un entorno de trabajo más organizado y eficiente para los operarios, fomentando una cultura de mejora continua. Asimismo, desde una perspectiva ambiental, la reducción de mermas y reprocesos contribuye a un uso más eficiente de los recursos, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: "Producción y consumo responsables". Este proyecto no solo promueve la competitividad empresarial, sino que también impulsa prácticas sostenibles en la industria de bebidas.

HIPÓTESIS (Si aplica)

La aplicación de un modelo de operaciones basado en Lean Manufacturing, combinado con tecnologías emergentes como Machine Learning, reducirá los tiempos de cambio de línea y las mermas, incrementando la eficiencia operativa y asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad en Agroindustrias Sabogal, mejorando así su competitividad en el mercado de bebidas "Ready to Drink".

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo: Aplicada

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca optimizar los procesos productivos de Agroindustrias Sabogal mediante la implementación de un modelo de operaciones basado en metodologías Lean Manufacturing y Machine Learning, orientado a reducir tiempos de cambio, mermas y reprocesos.

Enfoque: Cuantitativo

El enfoque es cuantitativo, ya que se busca analizar, comparar e interpretar los datos obtenidos durante la etapa de diagnóstico inicial (pre-test) y tras la implementación de las mejoras propuestas (post-test), evaluando su impacto en indicadores clave como tiempos de cambio de línea, porcentaje de mermas y eficiencia operativa.

Alcance: Causal

El alcance es causal, ya que pretende determinar el efecto de la implementación de herramientas Lean Manufacturing y tecnologías emergentes en la mejora de los procesos productivos y la eficiencia operativa de la empresa.

Técnicas e instrumentos:

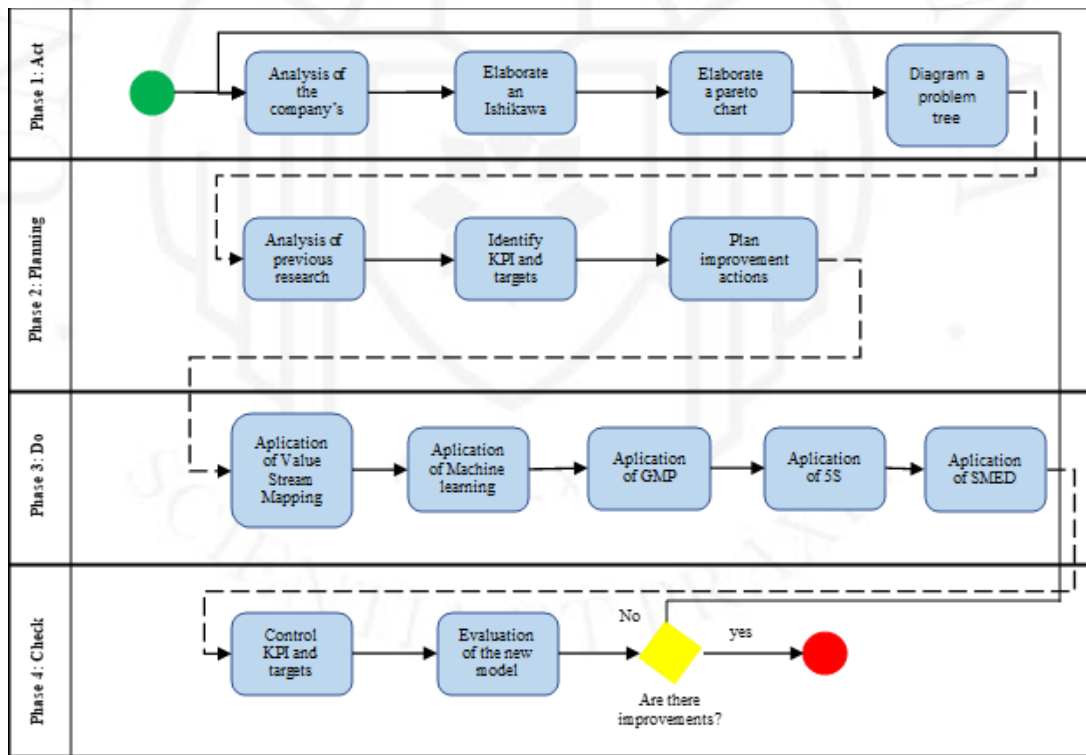
- 5S
- SMED
- Gestión Visual
- Machine Learning
- VSM (Value Stream Mapping)

Etapas del desarrollo de la investigación:

En la Figura 1.1 se detalla el proceso de investigación, que comenzó con la recopilación de información básica sobre la empresa mediante entrevistas con el gerente general y el jefe de producción. A partir de esta información y visitas a la planta, se realizó un diagnóstico inicial utilizando diagramas de Ishikawa, Pareto y un árbol de problemas para identificar las principales causas de los desperdicios y las desviaciones en los procesos. Posteriormente, se seleccionaron herramientas Lean Manufacturing como SMED, 5S, Gestión Visual y VSM, junto con técnicas de Machine Learning, para abordar las problemáticas identificadas. Se diseñó un plan de mejora basado en los datos recopilados y en estudios previos, y se realizó una auditoría inicial 5S para establecer un punto de referencia. Además, se implementaron algoritmos de Machine Learning para establecer controles predictivos que ayudaran a prevenir fallos en los equipos y optimizar el uso de recursos. Una vez implementados los pilotos, los datos de los escenarios pre y post-implementación fueron recopilados y analizados mediante hojas de cálculo y simulaciones. Los resultados demostraron la efectividad de las herramientas aplicadas, validando que el modelo propuesto es factible tanto a nivel técnico como económico. Finalmente, los indicadores obtenidos fueron presentados a la dirección de la empresa para la toma de decisiones estratégicas y la planificación de futuras implementaciones.

Figura 1.1

Flujograma del método



NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Con profunda gratitud, dedicamos este logro a nuestros padres, quienes, con su amor incondicional, sacrificios y confianza en nuestras capacidades, nos han enseñado que los sueños se alcanzan con esfuerzo y perseverancia. A nuestros hermanos, por ser nuestro apoyo constante, nuestra inspiración y nuestras compañeras incondicionales en cada paso del camino. A Dios, por regalarnos el privilegio de tenerlo como guía y fortaleza en nuestro camino. A nuestros profesores, quienes con su paciencia, dedicación y sabiduría nos motivaron a dar lo mejor de nosotros mismos. Este logro no es solo nuestro, sino también de todos ustedes, que siempre han creído en nosotros y nos han impulsado a superar cada desafío. Gracias por ser nuestra luz y nuestra guía.

REFERENCIAS

- Zhe, G., & Amrinola, W. (2022, febrero). Study on optimization of ready-to-drink (RTD) guava juice production process at PT. XYZ using lean six sigma application. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 998, No. 1, p. 012062). IOP Publishing. [\[published link\]](#)
- Álvarez, G. O. C., Zurita, I. N., & Álvarez, J. C. E. (2020). Sistema de control interno como herramienta de optimización de los procesos financieros de la empresa Austroseguridad Cía. Ltda. *Dominio de las Ciencias*, 6(1), 429-465. [\[published link\]](#)
- Euromonitor International. (2022). *RTDs en Perú*. Euromonitor International. [\[published link\]](#)
- Aucasime-Gonzales, P., Tremolada-Cruz, S., Chavez-Soriano, P., Dominguez, F., & Raymundo, C. (2020, noviembre). Waste elimination model based on lean manufacturing and lean maintenance to increase efficiency in the manufacturing industry. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 999, No. 1, p. 012013). IOP Publishing. [\[published link\]](#)
- de Oliveira, P. O., da Silveira, R., Alves, E. S., Saqueti, B. H. F., de Castro, M. C., de Souza, P. M., ... & Duailibi, S. R. (2021). Revisão: Implantação das boas práticas de fabricação na indústria Brasileira de alimentos. *Research, Society and Development*, 10(1), e35810111687. [\[published link\]](#)
- Runtuk, J. (2021). Set up time reduction using Single Minute Exchange of Dies (SMED) and 5S: A case study. *JIE Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, 6(2), 162. [\[published link\]](#)
- Sair Castañeda, S. R., Orkun Yildiz, O., Duilio Aranda, D., & Alvarez, J. C. (2024). Increase of the availability of machinery in a food company applying the TPM, SMED and RCM methodologies. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 72(8), 128-138. [\[published link\]](#)
- Bora, S., & Bhone, P. (2023). Warehouse product demand forecasting using time series methods. *NanoWorld Journal*, 9(S1), S6-S9.
- Utku, M. A., & Akcayol, M. A. (2020). Deep learning based prediction model for the next purchase. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 20(2), 35-44. <https://doi.org/10.4316/AECE.2020.02005>

- Calarge, F. A., Satolo, E. G., & Satolo, L. F. (2007). The usage of the GMP (good manufacturing practices) quality management system for veterinary pharmaceutical industries. *Gestão & Produção*, 14, 379-392. [\[published link\]](#)
- Ministerio de Salud del Perú. (2022). *Funciones de su competencia*. Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA). [\[published link\]](#)
- Djaafar, T. F., Utami, T., Marwati, T., Pramesi, P. C., Wikandari, R., & Rahayu, E. S. (2020, diciembre). The assessment of good manufacturing practices (GMP) implementation and critical control point (CCP) determination on the cocoa powder processing in Agricultural Techno Park Nglanggeran, Yogyakarta. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 980, No. 1, p. 012034). IOP Publishing. [\[published link\]](#)
- Valdivia Alfaro, A. D., Renteria Nuñez, G. S., & Flores Perez, A. E. (2024, abril). Implementation of 5S, SLP, Standard work, ABC and Minimum and Maximum System in a warehouse in Metropolitan Lima. En *Proceedings of the 2024 6th International Conference on Management Science and Industrial Engineering* (pp. 351-358). [\[Published link\]](#)
- Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A., & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100488. [\[published link\]](#)
- Espinoza-Camino, P., Macassi-Jaurequi, I., Raymundo-Ibañez, C., & Dominguez, F. (2020, marzo). Warehouse management model using FEFO, 5s, and chaotic storage to improve product loading times in small-and medium-sized non-metallic mining companies. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 796, No. 1, p. 012012). IOP Publishing. [\[published link\]](#)
- Nassibi, N., Fasihuddin, H., & Hsairi, L. (2023). Demand forecasting models for food industry by utilizing machine learning approaches. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(3). [\[published link\]](#)
- Panda, S. K., & Mohanty, S. N. (2023). Time series forecasting and modelling of food demand supply chain based on regressors analysis. *IEEE Access*. [\[published link\]](#)
- Niekurzak, M., Lewicki, W., Coban, H. H., & Bera, M. (2023). A model to reduce machine changeover time and improve production efficiency in an automotive manufacturing organisation. *Sustainability*, 15(13), 10558. [\[published link\]](#)
- Juárez-Vite, A., Corona-Armenta, J. R., Rivera-Gómez, H., Montaña-Arango, O., & Medina-Marín, J. (2023). Application of the SMED methodology through folding references for a bus manufacturing company. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), 232-243. [\[published link\]](#)
- Tang, L. C. (2023, agosto). Improvement model to increase the order fulfillment rate in a Peruvian SME food company using SMED, Kanban and Standard Work. En *Industrial Engineering and Applications: Proceedings of the 10th International Conference on Industrial Engineering and*

Applications (ICIEA 2023) (Vol. 35, p. 109). IOS Press. [\[published link\]](#)

Van Landeghem, H., & Cottyn, J. (2022). Extending value stream mapping for lean production planning and control. *Management and Production Engineering Review*, 13(3), 75-82. [\[published link\]](#)

Salwin, M., Jacyna-Gołda, I., Bańka, M., Varanchuk, D., & Gavina, A. (2021). Using value stream mapping to eliminate waste: A case study of a steel pipe manufacturer. *Energies*, 14(12), 3527. [\[published link\]](#)

Simamora, B. H., & Pramesti, C. (2021, abril). Minimizing soft tube defect level using six sigma method at PT Era Variasi Intertika. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 729, No. 1, p. 012110). IOP Publishing. [\[published link\]](#)

Coskun, Z., Aktepe, A., Ersöz, S., Mangan, A. G., & Kuruoğlu, U. (2023, mayo). Calculation of efficiency rate of lean manufacturing techniques in a casting factory with fuzzy logic approach. En *International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems* (pp. 247-258). Springer Nature Singapore. [\[published link\]](#)

Patty, S., & Malakar, T. (2024). Performance analysis of machine learning based prediction models in assessing optimal operation of microgrid under uncertainty. *Results in Control and Optimization*, 15, 100407. [\[published link\]](#)

Markovitch, N. A., & Profozich, D. M. (1996, noviembre). Arena software tutorial. En *Proceedings of the 28th Conference on Winter Simulation* (pp. 437-440). [\[published link\]](#)

Shen, T., Zhang, L., Geng, R., Li, S., & Sun, B. (2024). Traffic prediction for diverse edge IoT data using graph network. *Journal of Cloud Computing*, 13(1), 84. [\[published link\]](#)

Chen, X., Shao, H., Xiao, Y., Yan, S., Cai, B., & Liu, B. (2023). Collaborative fault diagnosis of rotating machinery via dual adversarial guided unsupervised multi-domain adaptation network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 198, 110427. [\[published link\]](#)

Bathla, G., Bhadane, K., Singh, R. K., Kumar, R., Aluvalu, R., Krishnamurthi, R., ... & Basheer, S. (2022). Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities. *Mobile Information Systems*, 2022(1), 7632892. [\[published link\]](#)

ANEXO.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Optimizing Beverage Manufacturing: Integrating Lean Manufacturing and Machine Learning to Enhance Efficiency and Reduce Waste
- **Autores:** Raul Mendoza-Sotomayor, Jose Antonio Sabogal-Arias,
- **Co autor(es):** Juan Carlos Quiroz-Flores

Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** International Journal of Engineering Trends and Technology
- **Volumen:** 72
- **Número:** 11
- **Año:** 2024
- **Pp:** 18
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I11P118>

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 30 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.