



El Concepto “Lean” en Laboratorios Industriales: Una Nueva Manera de Pensar

Autora: Nicole Ayala Monserratte

Mentor: Rafael Nieves , PharmD.

Maestría en Manufactura Competitiva

Graduate Project EXPO, Mayo 2026

Resumen

Esta investigación analiza la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing en laboratorios industriales, especialmente en áreas de control de calidad donde su implementación aún es limitada. Aunque las metodologías Lean y Six Sigma son ampliamente utilizadas en manufactura, su adopción en laboratorios ha sido poco estudiada. El objetivo principal fue identificar los tipos de desperdicio (waste) y las herramientas Lean más utilizadas mediante una revisión bibliográfica de estudios publicados entre 2015 y 2025. Con base en los hallazgos, se desarrolló una herramienta fundamentada en los principios de las 5S para identificar desperdicios en operaciones de laboratorio. La herramienta se aplicó en un área específica, permitiendo detectar los desperdicios más frecuentes. Los resultados mostraron que los defectos fueron los desperdicios de mayor incidencia, seguidos por el movimiento innecesario y los tiempos de espera. Además, se evidenció que la falta de organización y estandarización contribuye significativamente a las ineficiencias operacionales y limita la mejora continua.

Introducción

Actualmente, los laboratorios de control de calidad en la industria realizan múltiples análisis y pruebas para garantizar la calidad de los productos y el cumplimiento de estándares regulatorios. Sin embargo, aunque muchas industrias han implementado la filosofía Lean Manufacturing y Lean Six Sigma en áreas de producción para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia, su aplicación en laboratorios industriales continúa siendo limitada. Esta situación ha provocado que en los laboratorios aún existan desperdicios operacionales, tiempos de espera, movimientos innecesarios y problemas de organización que afectan la eficiencia de los procesos. Por esta razón, el presente estudio tiene como propósito analizar la implementación de herramientas Lean en laboratorios industriales y desarrollar una herramienta basada en 5S que ayude a identificar desperdicios y oportunidades de mejora.

Trasfondo

La revisión de literatura demuestra que Lean Six Sigma ha sido ampliamente implementado en manufactura y producción; sin embargo, existen pocas investigaciones enfocadas en laboratorios de control de calidad. Estudios recientes muestran que los laboratorios también presentan desperdicios operacionales como tiempos de espera, movimientos innecesarios, errores de documentación y retrabajos, los cuales afectan la eficiencia y confiabilidad de los procesos. Diversas investigaciones reportan que herramientas como 5S, DMAIC y Kanban han permitido mejorar la organización, reducir tiempos de ciclo y aumentar la eficiencia operacional en laboratorios. No obstante, aún existe un vacío en la literatura relacionado con la identificación sistemática de desperdicios en laboratorios industriales, evidenciando la necesidad de desarrollar estrategias y herramientas adaptadas a este entorno esto se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1: Estudios identificados sobre Lean Six Sigma (LSS)

Autor	Título	Área	Industria
R. Ajmera, P. Umarani y K. G. Valase	Textil: Lean Six Sigma (LSS)	Producc.	Textil
Y. Trakulsunti, J. Antony y J. A. Douglas	Roadmap LSS para reducir errores de medicación	Hosp.	Health
J. D. Hess y B. A. Benjamin	Universidad: procesos y cultura (LSS)	Adm.	Academic
N. Magwaza y A. Pradhan	Lab. de agua: eficiencia y satisfacción (LSS)	Lab. agua	Tratamiento
P. V. Sawalakhe, S. V. Deshmukh y R. R. Lakhe	Lab.: desempeño con Six Sigma	Lab. clín.	Health
Thang Tran	Lab. I=D (química) en empresa de diag. méd.	Química	Diag. méd.
V. Stojiljković, J. Trajković y B. Stojiljković	LSS: análisis de muestras en lab. de microbiología	Microbio.	Biotec.
Byrne, B., McDermott, O. y Noonan, J.	Planta farmacéutica: caso (LSS)	Empaque	Farmacéutica
V. Thakur et al.	LSS: sobrecosto de QC y costos DMAIC (LSS) para mejorar ensamblaje de bogies	Bioq.	Health
I. Daniyan et al.	LSS: sobrecosto de QC y costos DMAIC (LSS) para mejorar ensamblaje de bogies	Ensa. (prod.)	Automotriz
A. Shokri	Reducir scrap en pyrex (LSS)	Producc.	Automotriz.

Problema

Esta investigación surge debido a la limitada implementación de Lean y Six Sigma en laboratorios de control de calidad, a pesar de su amplio uso en manufactura. Los laboratorios presentan desperdicios operacionales y procesos ineficientes que afectan la productividad y la confiabilidad de los resultados. Por ello, este estudio analiza estrategias de implementación utilizadas en laboratorios industriales con el objetivo de desarrollar una herramienta que permita identificar desperdicios y apoyar iniciativas de mejora continua.

Metodología

El presente estudio es de tipo bibliográfico, con un enfoque cualitativo centrado en la revisión, análisis y síntesis de fuentes secundarias tales como artículos científicos, libros especializados y documentos disponibles en bases de datos académicas (Academia ProQuest and SCOPUS by Elsevier), incluyendo las de la Universidad Politécnica y la Universidad de Puerto Rico. La investigación tiene un carácter explicativo y descriptivo, ya que parte del objetivo general de identificar, clasificar y comprender las herramientas y enfoques Lean aplicados en laboratorios en el ámbito industrial, considerando que ambos comparten prácticas de ensayo y control.

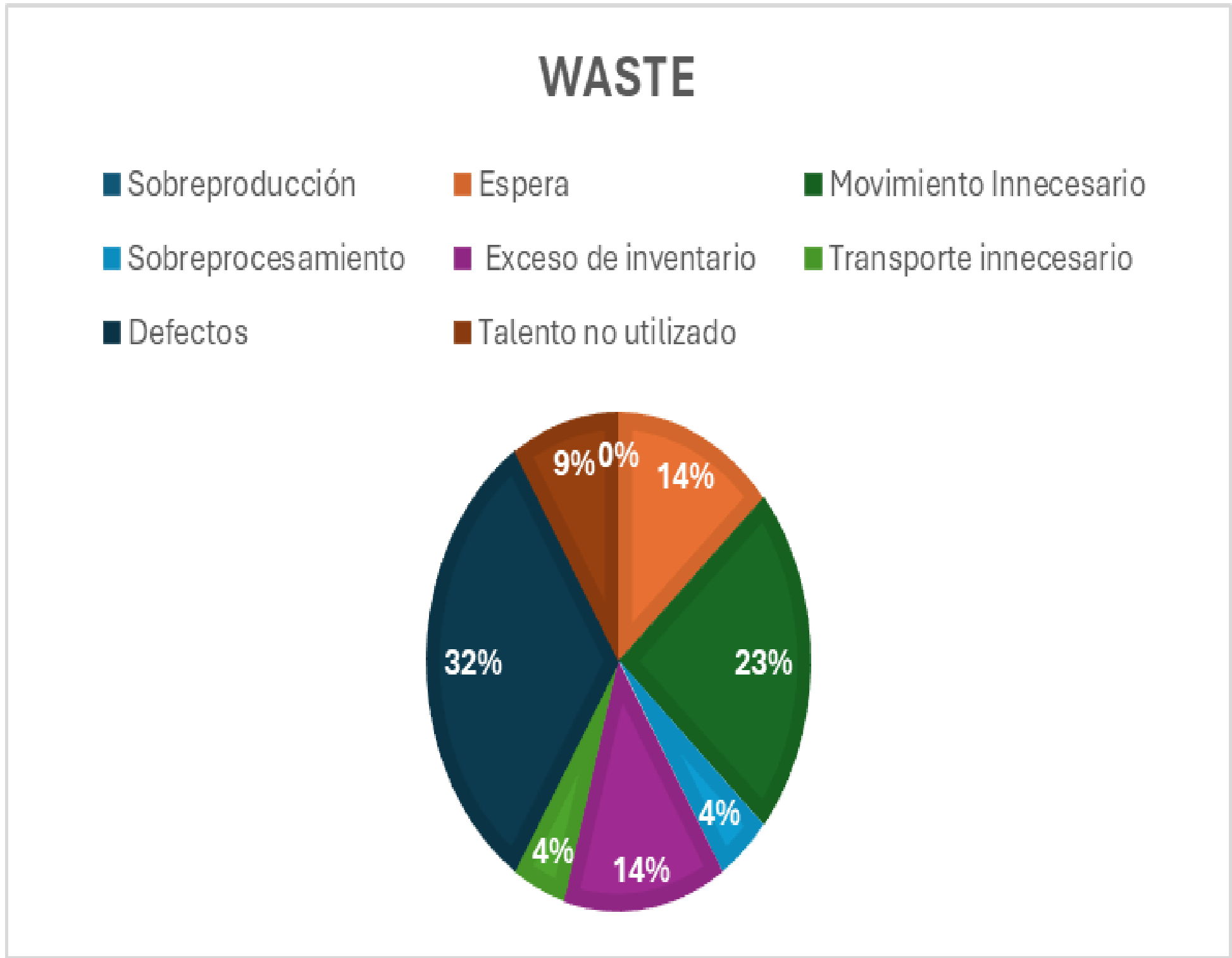
Con base en este objetivo, se establecen criterios de inclusión que contemplan estudios publicados en los últimos diez años, con sustento teórico y evidencia práctica comprobada, centrados específicamente en la aplicación de la filosofía Lean en entornos de laboratorio. Se priorizarán aquellas investigaciones que aborden buenas prácticas de manufactura, calidad farmacéutica y Lean Manufacturing. Las palabras clave para filtrar los artículos fueron *Laboratory*, *5S*, *Microbiology*, *Chemistry*, *QC (Quality Control)*, *Lean*, *kanban* y *Six Sigma*. Por el contrario, se excluirán artículos con más de dos décadas de antigüedad, sin respaldo académico o con un enfoque demasiado general del concepto Lean.

Los datos recopilados se analizarán mediante una matriz comparativa, considerando variables como herramientas utilizadas en el concepto lean (5S, Kaizen, SMED, entre otras), indicadores de mejora (reducción de tiempos, errores y desperdicios), barreras comunes y factores críticos de éxito. La información será organizada en categorías clave como organización del espacio, flujos de trabajo, cultura organizacional y cumplimiento regulatorio. Finalmente, los hallazgos permitirán proponer un modelo de buenas prácticas para la implementación de Lean en laboratorios de control de calidad.

Figura 1: Herramienta 5S y Waste

Room:	criterio	Pregunta	Cumple o no cumple	Clasificación del desperdicio (LSS)	Prácticas	Meas o recomendaciones	Total	Impacto
5S	CLASIFICAR	Equipos y materiales ordenados y en su lugar	No Cumple	Espera Inventario Defecto Sobreprocesamiento			9%	Bajo
		Equipos limpios y en su lugar	Cumple	NA				
		Sólo se encuentran en el área designada y en su lugar	Cumple	NA				
		Equipos con los materiales y equipos necesarios para el trabajo	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
5S	ORDENAR	Equipos y materiales en su lugar, etiquetados, ordenados y en su lugar	No Cumple	Espera Inventario Defecto		Los equipos limpios y en su lugar, etiquetados y en su lugar	67%	Moderado
		Equipos limpios y en su lugar	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
5S	LIMPIAR	Equipos y materiales en su lugar, etiquetados, ordenados y en su lugar	No Cumple	Espera Inventario Defecto		Los equipos limpios y en su lugar, etiquetados y en su lugar	6%	Bajo
		Equipos limpios y en su lugar	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
5S	ESTANDARIZAR	Equipos y materiales en su lugar, etiquetados, ordenados y en su lugar	No Cumple	Espera Inventario Defecto		Los equipos limpios y en su lugar, etiquetados y en su lugar	35%	Bajo
		Equipos limpios y en su lugar	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
5S	DISCIPLINA	Equipos y materiales en su lugar, etiquetados, ordenados y en su lugar	No Cumple	Espera Inventario Defecto		Los equipos limpios y en su lugar, etiquetados y en su lugar	38%	Moderado
		Equipos limpios y en su lugar	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
		Equipos, materiales y documentos en su lugar, etiquetados	Cumple	NA				
Area asignada a	Cuarto de LAL		No Cumple	No aplicación del método		No se cuenta con un plan para reducir el desperdicio		
Area asignada a	Laboratorio de Microbiología		No Cumple	No aplicación del método		No se cuenta con un plan para reducir el desperdicio		

Gráfico 1: Análisis de Waste



Al final los criterios más afectados de 5s es ordenar y disciplina y el “waste” que se identificó con mayor ocurrencia es defecto. Esto guarda una relación directa ya que un laboratorio desorganizado puede tener más impacto en general el defecto. Por ejemplo, una pregunta dice si las gavetas están identificadas y si guarda los objetos para lo cual están identificada, una presencia de gavetas mal identificadas o con materiales incorrectos puede inducir errores en la selección de insumos por parte del analista, lo que resulta en la generación de defectos y afecta la confiabilidad de los resultados. La pregunta donde si los “logbook” están vigente y revisado sino no se cumple la falta de revisión oportuna de los “logbooks” representa una debilidad en el control de los procesos, ya que permite que errores operacionales no sean detectados ni corregidos a tiempo. Esta situación contribuye directamente a la generación de defectos, así como a otros desperdicios como espera y sobre procesamiento, debido a la necesidad de retrabajo o validaciones adicionales.

Conclusión

Se concluye que la aplicación de la filosofía Lean, particularmente mediante la herramienta 5S, no es común en entornos de laboratorio, a pesar de su alto potencial para mejorar la eficiencia operativa. La herramienta desarrollada en este estudio permitió identificar los principales desperdicios presentes, así como las áreas de oportunidad dentro de los pilares de 5S.

Los resultados evidenciaron que los criterios de orden y disciplina son los más críticos, influyendo directamente en la generación de desperdicios como defectos, movimiento innecesario e inventario. Se recomienda fortalecer la cultura organizacional mediante capacitación continua y la participación del personal en iniciativas de mejora. La implementación de un sistema robusto de 5S contribuye significativamente a la reducción de desperdicios, al mejoramiento de la calidad y a la sostenibilidad de los procesos en el laboratorio.

Trabajos Futuros

Los próximos pasos de esta investigación incluyen validar la herramienta desarrollada en un laboratorio de control de calidad para identificar desperdicios operacionales y documentar los hallazgos obtenidos. Además, se evaluará el impacto de la implementación de Lean Six Sigma en la eficiencia y organización de los procesos del laboratorio, con el propósito de fortalecer futuras investigaciones y promover el uso de metodologías de mejora continua en entornos de laboratorio.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica. Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de este proceso. Su respaldo ha sido fundamental para alcanzar este logro. Agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, por su guía, orientación y conocimientos compartidos, los cuales fueron clave para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, extiendo mi agradecimiento a mis profesores y compañeros del programa de Maestría en Manufactura Competitiva de la Universidad Politécnica de Puerto Rico, quienes contribuyeron a mi crecimiento profesional y académico. Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una forma u otra, aportaron a la culminación de este proyecto.

Referencias

- Ajmera, R., Umarani, P., & Valase, K. G. (2017). Lean Six Sigma implementation in textile industry. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1670–1676.
- Trakulsunti, Y., Antony, J., & Douglas, J. A. (2020). Lean Six Sigma implementation and sustainability roadmap for reducing medication errors in hospitals. *The TQM Journal*, 33(1), 33–55. <https://doi.org/10.1108/TQM-03-2020-0063>.
- Hess, J. D., & Benjamin, B. A. (2015). Applying Lean Six Sigma within the university: Opportunities for process improvement and cultural change. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(1). <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2014-0036>.
- Magwaza, N., & Pradhan, A. (2022). Application of Lean Six Sigma in water testing laboratory to increase efficiency and enhance customer satisfaction. *Proceedings of the South American International Industrial Engineering and Operations Management Conference*, 19–21.
- Pažek, K. (2021). *Lean manufacturing*. IntechOpen.
- Sawalakhe, P., Deshmukh, S., & Lakhe, R. (2016). Evaluating performance of testing laboratory using Six Sigma. *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, 1(1), 13–20.
- Stojiljković, V., Trajković, J., & Stojiljković, B. (2011). Lean Six Sigma sample analysis process in a microbiology laboratory. *Journal of Medical Biochemistry*, 30. <https://doi.org/10.2478/v10011-011-0018-2>.
- Thakur, V., Akerele, O., Brake, N., Wiscombe, M., Broderick, S., Campbell, E., & Randell, E. (2022). Use of a Lean Six Sigma approach to investigate excessive quality control (QC) material use and resulting costs. *Clinical Biochemistry*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2022.12.001>.
- Byrne, B., McDermott, O., & Noonan, J. (2021). Applying Lean Six Sigma methodology to a pharmaceutical manufacturing facility: A case study. *Processes*, 9(3), 550. <https://doi.org/10.3390/pr9030550>.
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpoju, K., Maladzhii, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of Lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>.
- Shokri, A. (2019). Reducing the scrap rate in manufacturing SMEs through Lean Six Sigma methodology: An action research. *IEEE Engineering Management Review*, 47(3), 104–117. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2931184>.
- Mouliert, P., & Michael, A. (2024). Optimización de la eficiencia: un enfoque 5S/DMAIC para la gestión del inventario de reactivos en un laboratorio químico.
- Lestari, D., & Subroto, A. (2022). Performance efficiency of quality control laboratory through implementation of Lean operation. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, 24, 64–72. <https://doi.org/10.9744/jmk.24.1.64-72>.
- Muiambo, C. C. E., Joao, I. M., & Navas, H. V. G. (2021). Lean waste assessment in a laboratory for training chemical analysts for the pharmaceutical industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(1), 178–202. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2020-0184>.
- Elapanda, S., Rao, U. V. A., & Choudary, K. S. (2019). Integration of Lean Six Sigma framework in testing laboratories quality management system with specific reference to ISO 17025. *Journal of Management*, 10(3). <https://doi.org/10.34218/IJM.6.3.2019.001>.
- Núñez López, W. S. (2026). *Reducción de tiempos de reporte aplicando herramientas de manufactura esbelta en un laboratorio químico*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/33616>.