Lean Six Sigma in Industry: Key Insights and Emerging Trends from a 2024 Literature Review

Eylin Castro-Fuentes[1]; Nicole Huaman-Quiroz[1]; Kenji Chung-Sanchez[1]
[1] Universidad Cesar Vallejo, Perú, *ecastrofue@ucvvirtual.edu.pe, nhuamanqu29@ucvvirtual.edu.pe, kchungc@ucvvirtual.edu.pe*

Abstract*– The article examined the implementation of Lean Six Sigma (LSS) as a methodology for process improvement in the industrial sector, identifying critical aspects of its application, as well as the most commonly used methodologies and tools. A literature review was conducted based on scientific articles published between 2020 and 2024, sourced from SCOPUS and SCIELO, selecting 20 studies after applying inclusion and exclusion criteria. The results showed that the DMAIC approach (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) was the most widely used, complemented by tools such as the Ishikawa diagram and value stream mapping, demonstrating its effectiveness in optimizing productivity, reducing waste, and improving customer satisfaction in sectors such as manufacturing and healthcare. The research concluded that LSS is a robust and versatile methodology, adaptable to various industrial contexts, which fosters continuous improvement, increases operational efficiency, and strengthens organizational competitiveness. Its application not only optimizes internal processes but also contributes to management excellence, establishing itself as a fundamental strategy for achieving high standards of quality and performance. Additionally, the importance of staff training and management commitment to ensure successful implementation was highlighted. Despite its benefits, challenges were identified, such as resistance to change and the need for specialized resources, suggesting the importance of a structured and well-planned approach to overcome these barriers and maximize results.

Keywords – Lean Six Sigma, DMAIC, Productivity, Continuous improvement, Operational efficiency.

Lean Six Sigma en la industria: principales hallazgos y tendencias emergentes a partir de una revisión de literatura de 2024

Eylin Castro-Fuentes[1]; Nicole Huaman-Quiroz[1]; Kenji Chung-Sanchez[1]
[1] Universidad Cesar Vallejo, Perú, *ecastrofue@ucvvirtual.edu.pe, nhuamanqu29@ucvvirtual.edu.pe, kchungc@ucvvirtual.edu.pe*

Resumen*– El artículo examinó la implementación de Lean Six Sigma (LSS) como metodología para la mejora de procesos en el sector industrial, identificando aspectos críticos de su aplicación, metodologías y herramientas más utilizadas. Se realizó una revisión literaria basada en artículos científicos publicados entre 2020 y 2024, extraídos de SCOPUS y SCIELO, seleccionando 20 estudios tras aplicar criterios de inclusión y exclusión. Los resultados mostraron que el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) fue el más empleado, complementado con herramientas como el diagrama de Ishikawa y el mapeo de flujo de valor, demostrando su eficacia para optimizar la productividad, reducir desperdicios y mejorar la satisfacción del cliente en sectores como manufactura y salud. La investigación concluyó que LSS es una metodología robusta y versátil, adaptable a diversos contextos industriales, que fomenta la mejora continua, incrementa la eficiencia operativa y fortalece la competitividad organizacional. Su aplicación no solo optimiza procesos internos, sino que también contribuye a la excelencia en la gestión, consolidándose como estrategia fundamental para alcanzar altos estándares de calidad y rendimiento. Además, se destacó la importancia de la capacitación del personal y el compromiso de la dirección para garantizar el éxito de su implementación. A pesar de sus beneficios, se identificaron desafíos, como la resistencia al cambio y la necesidad de recursos especializados, lo que sugiere la importancia de un enfoque estructurado y bien planificado para superar estas barreras y maximizar los resultados.

Palabras clave*-- Lean Six Sigma, DMAIC, Productividad, Mejora continua, Eficiencia operativa.

I. Introducción

El Lean Six Sigma (LSS) es una metodología esencial para mejorar la eficiencia y la calidad en el sector industrial, ya que permite eliminar ineficiencias, reducir costos y aumentar la competitividad de las organizaciones [1]. Esta revisión literaria tiene como objetivo analizar la aplicación del LSS en el ámbito industrial y su relación con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 (ODS 9), el cual se centra en industria, innovación e infraestructura. En este sentido, se destaca el potencial del LSS para impulsar un crecimiento sostenible y alineado con las demandas actuales del mercado [2].

A nivel internacional, diversos estudios han demostrado la eficacia del LSS. Por ejemplo, [3] señalan que esta metodología puede incrementar la productividad en un 60.62% en el sector manufacturero. Casos emblemáticos como los de Boeing, General Electric y Nike respaldan esta afirmación, ya que estas empresas han logrado mejoras significativas en su productividad y eficiencia operativa gracias a la implementación del LSS, consolidando su reputación como una herramienta de gestión efectiva a nivel global [4]. En el contexto peruano, la aplicación del LSS también ha mostrado resultados alentadores. Según [5], una empresa ladrillera reportó un aumento del 19.31% en su productividad tras la implementación de esta metodología, lo que evidencia su adaptabilidad y efectividad en diferentes entornos industriales.

El éxito del LSS radica en su enfoque estructurado y sistemático para la optimización de procesos, el cual se desarrolla a través de las fases DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar y controlar [6]. Estas etapas permiten identificar problemas, medir su impacto, analizar sus causas, implementar mejoras y establecer controles para garantizar la sostenibilidad de los resultados [7]. Entre las herramientas más utilizadas dentro de esta metodología destacan los diagramas de Ishikawa, que ayudan a identificar las causas raíz de los problemas; los diagramas de Pareto, que priorizan las áreas de mejora; los gráficos de control, que monitorean el desempeño de los procesos; y los mapas de flujo de valor, que visualizan y optimizan las cadenas de producción [8].

La presente investigación se enfoca en responder dos preguntas clave: como problema general, ¿cuáles son los aspectos críticos en la aplicación del Lean Six Sigma en el sector industrial?; y como problema específico, ¿cuáles son las metodologías y herramientas asociadas con el Lean Six Sigma? Los objetivos de este estudio buscan determinar estos aspectos críticos y metodologías clave, con el fin de proporcionar una comprensión más profunda de cómo el LSS puede ser implementado de manera efectiva en diferentes contextos industriales [9]. Además, esta investigación se justifica teóricamente al resaltar la importancia de utilizar fuentes recientes y confiables que contribuyan al conocimiento existente sobre el tema [10]. Además, aborda vacíos de investigación al analizar la aplicación del LSS en sectores específicos y proponer recomendaciones basadas en evidencia, lo que permite enriquecer el debate académico y práctico en torno a esta metodología [11]. En este sentido, el estudio no solo aporta valor teórico, sino que también ofrece insights

prácticos para empresas que buscan mejorar su eficiencia y competitividad a través del Lean Six Sigma.

II. METÓDOLOGIA

Según [12], la metodología Lean Six Sigma (LSS) combina los principios de Lean Manufacturing y Six Sigma con el objetivo de mejorar tanto la eficiencia operativa como la calidad en los procesos industriales. En esa línea, la presente revisión de literatura, de carácter narrativo-analítico [13][14], se orienta a analizar de manera crítica los estudios más recientes sobre la implementación de LSS en el ámbito industrial. Para ello, se consultaron las bases de datos SCOPUS y SCIELO, cuya combinación permitió acceder a una perspectiva tanto global como regional, garantizando un análisis equilibrado y riguroso.

La estrategia de búsqueda incluyó palabras clave en inglés como: "Lean Six Sigma" and "Industries", "Lean Six Sigma" and "Continuous improvement", y "Lean Six Sigma" and "Productivity", con énfasis en el término "Lean Six Sigma" como eje principal, dada su influencia comprobada en la mejora continua y la productividad en diversas industrias. Esta búsqueda inicial arrojó un total de 401 artículos científicos publicados entre 2020 y 2024. Posteriormente, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión establecidos bajo los lineamientos de la metodología PRISMA [15], con el fin de filtrar los estudios más pertinentes.

El primer filtro se enfocó en el tipo de artículo, priorizando aquellos de enfoque cuantitativo, lo que redujo la muestra a 211 publicaciones. Luego, se revisaron los resúmenes, evaluando los problemas abordados y los objetivos de cada estudio, lo que condujo a la exclusión de 100 artículos por falta de relevancia temática. Tras esta etapa, se mantuvieron 111 estudios, de los cuales se descartaron 40 adicionales al no presentar aplicaciones prácticas claras en el contexto industrial. Finalmente, se llevó a cabo una evaluación detallada del contenido completo de los artículos restantes, considerando su calidad metodológica, enfoque y resultados, lo que resultó en la exclusión de 51 publicaciones más.

Como resultado, se seleccionaron 20 artículos que cumplen con los criterios de pertinencia, actualidad y rigor científico, los cuales constituyen la base del presente análisis. Este proceso sistemático de búsqueda y selección permitió construir una revisión sólida y fundamentada sobre los aportes y tendencias emergentes de la metodología Lean Six Sigma en la industria contemporánea.

III. RESULTADOS

El análisis de 20 artículos científicos seleccionados de las bases de datos SCOPUS y SCIELO permitió identificar logros y áreas de mejora en la aplicación de Lean Six Sigma (LSS) en diversos sectores industriales. LSS demostró ser clave para optimizar procesos, reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa en áreas como manufactura, servicios, salud y logística. La revisión evidenció mejoras significativas en la reducción de costos, el incremento de la eficiencia y la calidad de productos y servicios, destacando su potencial como metodología robusta para la gestión de procesos y la mejora continua. Sin embargo, se identificaron desafíos recurrentes que limitaron su efectividad, como la resistencia al cambio, la falta de formación en herramientas LSS y la dificultad para sostener resultados a largo plazo. Estos obstáculos subrayaron la necesidad de no solo aplicar herramientas técnicas, sino también de fomentar una cultura organizacional que promoviera la adopción de LSS, con énfasis en la capacitación continua y el compromiso de todos los niveles de la organización.

A. Reducción de Desperdicios y Mejora de la Eficiencia

Uno de los hallazgos más destacados en la revisión es la significativa reducción de desperdicios y la mejora en la eficiencia de los procesos industriales mediante la aplicación de Lean Six Sigma (LSS). Un claro ejemplo de esto es el estudio realizado por [16], que muestra cómo la implementación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), junto con herramientas como el diagrama de Ishikawa, contribuyó a reducir el desperdicio en la producción de briquetas de una empresa en un 34%, pasando del 50% al 32.78%. Este tipo de reducción no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también optimiza el uso de recursos, lo que impacta directamente en los costos de producción y la sostenibilidad de la empresa.

De manera similar, [17] lograron reducir el desperdicio en la producción de alimentos en un 48%, pasando del 68% al 35.65%. Esta mejora en la eficiencia no solo se tradujo en una reducción de costos, sino que también estuvo acompañada de un aumento en la calidad del producto final. Como resultado, se observó una mayor satisfacción del cliente y un fortalecimiento de la competitividad en el mercado. La aplicación de herramientas como el análisis de causa raíz y la optimización de procesos fue fundamental para lograr estos resultados, demostrando la versatilidad de LSS en diferentes sectores.

Además, [18] reportaron una reducción del 51% en los desperdicios durante la fabricación de paneles modulares, disminuyendo del 26.09% al 12.72%. En otro caso, [19] lograron reducir el desperdicio de materia prima en una fábrica de néctar del 7.05% al 4.81%, lo que representa una mejora del 32%. Asimismo, [20] alcanzaron una reducción del 97% en la tasa de desperdicio en el proceso de doblado de puertas metálicas, pasando del 90.00% al 2.96%. Finalmente, [21] implementaron LSS en el sector farmacéutico, logrando reducir los errores de inventario de 0.135 a 0.033, una

disminución del 76%, gracias al uso de herramientas como gráficos de evolución y control estadístico de procesos.

Estos resultados demuestran la efectividad de Lean Six Sigma en la optimización de procesos y la reducción de desperdicios en diversos sectores industriales. La metodología no solo permite mejorar la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al minimizar el uso de recursos y reducir los desechos. Además, el impacto positivo en la calidad del producto y la satisfacción del cliente refuerza la importancia de LSS como una estrategia clave para mantener la competitividad en el mercado global.

B. Mejora de la Confiabilidad Operativa

Otro resultado clave de la implementación de Lean Six Sigma es la mejora significativa en la confiabilidad operativa, lo que se traduce en una mayor eficiencia y optimización de los procesos. Varios estudios respaldan este hallazgo, como el de [22], quienes demostraron cómo la aplicación de la metodología DMADV en una empresa pesquera permitió incrementar la eficiencia operativa en un 51%, pasando del 25% al 37.8%. Este avance no solo impactó positivamente en los niveles de producción, sino que también facilitó una gestión más eficaz de los recursos disponibles. Un factor determinante para lograr estos resultados fue la integración de sistemas de monitoreo en tiempo real, los cuales permitieron identificar áreas críticas en el proceso de adquisición de materiales y productos. Gracias a esta capacidad de detección temprana, fue posible realizar intervenciones rápidas y ajustes operativos que optimizaron el desempeño general.

En la misma línea, [23] evidenciaron los beneficios de Lean Six Sigma en una empresa fabricante de ladrillos, donde su implementación logró una reducción del 49% en los tiempos de inactividad, mejorando significativamente la confiabilidad en la producción. Asimismo, [24] aplicaron esta metodología en el sector salud, específicamente para reducir el tiempo de espera ambulatorio, alcanzando una disminución del 95% (del 97.00% al 5.2%). Este caso destaca cómo Lean Six Sigma no solo es efectivo en el ámbito industrial, sino también en la optimización de servicios, mejorando la eficiencia y la satisfacción del usuario. Estos estudios resaltan el impacto positivo de Lean Six Sigma en la mejora de la confiabilidad operativa en diversos sectores, desde la industria pesquera y manufacturera hasta el sector salud.

C. Impacto en la Reducción de Tiempos y Costos

La reducción de tiempos y costos fue otro de los logros significativos reportados en los estudios revisados. En el ámbito hospitalario, por ejemplo, [25] implementaron la metodología Lean Six Sigma (LSS) para reducir la duración de la estancia postoperatoria en un 33%, pasando de 6.67 días a 4.44 días. Este avance no solo refleja una mejora en la eficiencia operativa, sino que también tiene un impacto directo en la reducción de costos asociados al cuidado de los pacientes. La optimización de los tiempos de atención no solo beneficia a los pacientes, quienes experimentan una recuperación más rápida, sino también a las instituciones de salud, que pueden aprovechar mejor sus recursos y aumentar la disponibilidad de camas para nuevos pacientes.

De manera similar, Alucano et al. [26] lograron reducir los tiempos de intervención médica de 10.5 a 5.5 horas, lo que representa una mejora del 48%. Este resultado destaca cómo la aplicación de metodologías como LSS puede agilizar procesos críticos en el sector salud. Por otro lado, en el sector industrial, [27] implementaron LSS en una fábrica de alimentos, logrando reducir los costos operativos del 65.00% al 38.89%, lo que equivale a una disminución del 40.00%. Este caso demuestra cómo la optimización de procesos puede generar ahorros significativos en la producción.

En el ámbito de la atención al paciente, [28] redujeron los tiempos de espera de 17.6 días a 11.6 días, una mejora del 34%, lo que no solo incrementa la satisfacción del paciente, sino que también permite a las instituciones atender a un mayor número de personas en menos tiempo. Finalmente, en el sector de la construcción, [29] abordó retrasos en proyectos, logrando reducirlos del 12.51% al 2.91%, una disminución del 77.00%. Este resultado subraya la versatilidad de LSS para aplicarse en diferentes industrias y resolver problemas complejos relacionados con la gestión del tiempo.

Estos ejemplos evidencian la capacidad de Lean Six Sigma para optimizar tiempos y reducir costos en diversos sectores, desde la salud hasta la manufactura y la construcción. Las reducciones en los tiempos de servicio no solo se traducen en menores costos operativos, sino que también aumentan la capacidad de las instituciones para atender una mayor demanda, generando un impacto positivo tanto en la calidad del servicio como en la rentabilidad. Además, estos avances refuerzan la importancia de implementar metodologías de mejora continua para mantener la competitividad y eficiencia en un entorno cada vez más exigente.

D. Sostenibilidad y Rentabilidad

La sostenibilidad y la rentabilidad también se vieron significativamente beneficiadas con la implementación de la metodología Lean Six Sigma (LSS), según diversos estudios que destacan avances notables en estos aspectos. Por ejemplo, [30] desarrollaron un marco innovador para mejorar la sostenibilidad en los procesos de fabricación mediante la aplicación de LSS, logrando un incremento del 36% en la sostenibilidad del proceso. Este avance no solo refleja una mayor eficiencia en el uso de recursos y energía, sino que también contribuye a la reducción del impacto ambiental, un objetivo prioritario en las industrias modernas que buscan alinear sus operaciones con prácticas más ecológicas y responsables.

De manera similar, [31] documentaron un aumento significativo en la rentabilidad de la cadena de suministro en la industria farmacéutica, pasando de un 75% a un 95%, lo que representa una mejora del 27%. Este incremento se atribuyó principalmente a la optimización de los procesos de distribución y a una gestión más eficiente de los inventarios. Estas mejoras permitieron una mayor disponibilidad de productos y una reducción sustancial de los costos operativos, lo que se tradujo en un margen de beneficio más amplio para la empresa. Este caso demuestra cómo LSS no solo optimiza procesos internos, sino que también impacta positivamente en la rentabilidad global de las organizaciones. Además, [32] lograron incrementar la eficiencia en el proceso de ensamblaje de boguies, elevándola del 19.9% al 66.7%, lo que representa una mejora del 70%. Este resultado resalta la capacidad de LSS para transformar procesos críticos, aumentando su eficiencia y reduciendo desperdicios, lo que a su vez contribuye a una mayor sostenibilidad y rentabilidad.

estos estudios subrayan el potencial de Lean Six Sigma como una herramienta poderosa para impulsar la sostenibilidad y mejorar la rentabilidad en las operaciones industriales. La metodología no solo optimiza procesos y reduce costos, sino que también fomenta prácticas más responsables con el medio ambiente, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y las demandas del mercado actual.

E. Desafíos y Aspectos Críticos

A pesar de los resultados positivos obtenidos en diversas implementaciones de Lean Six Sigma (LSS), se identificaron desafíos y aspectos críticos que dificultaron su aplicación efectiva. [16][25] señalaron que la resistencia al cambio por parte de los empleados y los equipos de trabajo constituye uno de los obstáculos más significativos. Esta resistencia, según [22][24], se vio agravada por la falta de comunicación efectiva dentro de las organizaciones, lo que generó desconfianza y rechazo hacia las nuevas metodologías. Además, [19][33] destacaron que la falta de compromiso y apoyo por parte de la alta dirección fue un factor crítico que limitó el éxito de las iniciativas LSS, ya que, sin un liderazgo comprometido, los proyectos carecieron de la prioridad y los recursos necesarios.

Por otro lado, [17][18] enfatizaron la necesidad de una capacitación adecuada del personal, señalando que la falta de conocimiento y habilidades en herramientas estadísticas y metodologías LSS dificultó su implementación. Asimismo, [21] identificaron que la resistencia al cambio fue particularmente notable entre el personal encargado de la gestión de inventarios, lo que obstaculizó la adopción de prácticas más eficientes. [34] añadieron que un enfoque limitado en el control de calidad durante las primeras etapas de implementación representó un desafío inicial que debió ser superado para lograr resultados óptimos. [35] coincidieron en que la falta de capacitación adecuada del personal en el uso de herramientas estadísticas fue un obstáculo clave, ya que limitó la capacidad de los equipos para analizar datos y proponer soluciones efectivas.

Estos desafíos resaltan la importancia de una implementación estratégica y bien planificada de LSS, que no solo considere los aspectos técnicos, sino también los factores humanos y organizacionales. Para maximizar los beneficios de LSS, es fundamental superar barreras como la resistencia al cambio, la falta de comunicación, el escaso compromiso de la alta dirección y la insuficiente capacitación del personal. Solo abordando estos aspectos de manera integral, las organizaciones podrán garantizar una adopción exitosa y sostenible de las metodologías LSS, logrando así mejoras significativas en la eficiencia, la calidad y la productividad.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó que los aspectos críticos más relevantes en la implementación de Lean Six Sigma (LSS) en el sector industrial incluyen la resistencia al cambio, la falta de capacitación adecuada, el escaso apoyo de la alta dirección, un enfoque limitado en el control de calidad y la dificultad para modificar procedimientos establecidos. Para superar estos obstáculos, es fundamental que las empresas inviertan en formación continua y fomenten una cultura organizacional flexible y adaptable. Asimismo, el compromiso debe promoverse en todos los niveles jerárquicos, desde la alta dirección hasta los empleados operativos. Este enfoque integral no solo facilita una mayor aceptación de las metodologías LSS, sino que también asegura que todos los involucrados comprendan la importancia de la mejora continua y estén dispuestos a adoptar nuevas prácticas para optimizar los procesos.

En cuanto a las metodologías y herramientas más asociadas a LSS en el sector industrial, se identificaron dos metodologías clave: DMAIC y Kaizen, junto con herramientas esenciales como el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto. El análisis reveló que DMAIC, con una participación del 68%, es la metodología más utilizada debido a su enfoque estructurado, que permite definir, medir, analizar, mejorar y controlar los procesos de manera sistemática. Esta estructura proporciona una visión clara para identificar problemas, analizar sus causas y aplicar soluciones efectivas. Por su parte, la metodología Kaizen, con una participación del 9%, se destaca por facilitar la mejora continua a través de pequeños cambios incrementales, generando un impacto significativo en áreas como la eficiencia, la calidad, los costos y la satisfacción del cliente.

En relación con las herramientas, el diagrama de Ishikawa sobresalió con un 26%, siendo fundamental para la gestión de calidad y la mejora continua, ya que permite analizar de manera detallada las causas fundamentales de los problemas.

El diagrama de Pareto, con un 15%, también demostró ser relevante al ayudar a identificar y priorizar las causas más significativas de un problema, permitiendo a las empresas enfocar sus esfuerzos de manera más eficiente.

Estos resultados resaltan la importancia de LSS en el sector industrial, no solo como un medio para optimizar procesos, sino también como un impulsor de una cultura organizacional orientada a la mejora continua. La implementación exitosa de estas metodologías y herramientas tiene el potencial de transformar la eficiencia operativa, elevar la calidad de los productos y servicios, y aumentar la satisfacción del cliente. Este estudio refuerza la relevancia de abordar estos temas, ya que proporciona una base sólida para que las empresas comprendan los beneficios tangibles de LSS y cómo superar los desafíos comunes en su aplicación. En última instancia, se concluye que un compromiso organizacional integral y una inversión en formación continua son claves para lograr mejoras sostenidas y un impacto positivo a largo plazo.

REFERENCES

[1] A. Martinez and J. Morales, *Lean Six Sigma para la mejora de procesos*, 1st ed. España: Universidad Miguel Hernandez de Elche, 2022.

[2] Naciones Unidas, "Infraestructura," Naciones Unidas Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/

[3] M. Adnan et al., "Improving quality and efficiency: A Lean six sigma approach to problem solving in the sewing unit of a garments manufacturer based in Pakistan," *International Journal of Professional Business Review*, vol. 19, no. 2, Jan. 2024.

[4] FasterCapital, "Agilidad en la fabricación: optimización de las operaciones con principios Lean," FasterCapital. https://fastercapital.com/es/contenido/Agilidad-en-la-fabricacion--optimizacion-de-las-operaciones-con-principios-Lean.html.

[5] J. Fernandez and S. Sandoval, Aplicación de herramientas de Lean Six Sigma para mejorar la productividad de una empresa ladrillera en Lima – Perú, Tesis (Titulo profesional). Lima: Universidad de ciencia aplicadas, 2023.

[6] J. Niemann, B. Reich, and C. Stohr, *Lean Six Sigma Methods for production optimización*, 1st ed. Alemania: Springer Berlin Heidelberg, Imprint: Springer, 2024.

[7] L. Socconini, *Lean Six Sigma Green Belt Manual de certificación*, 1st ed. Valencia: Adria Gibernau, 2020.

[8] L. Socconini, *Lean Six Sigma Yellow Belt Manual de certificación*, 2nd ed. España: ICG, Marge, 2021.

[9] M. Paredes, *Relación entre objetivos e instrumentos*, 1st ed. Alemania: GRIN Verlag, 2022.

[10][M. Mendoza and J. Niño, *La investigación en el contexto académico*, 1st ed. Perú: Infinite Study, 2021.

[11]M. Cisneros, I. Rojas, and G. Olave, *Como escribir la investigación académica desde el proyecto hasta la defensa*, 1st ed. Colombia: Ediciones de la U, 2021.

[12]E. Escobedo and L. Socconini, *Lean Six Sigma Green Belt, paso a paso*, 1st ed. España: ICG Marge, SL, 2020.

[13]AHFE, Human Interaction & Emerging Technologies (IHIET-AI 2024), 1st ed. España: AHFE Conference, 2024.

[14]R. Cázares and F. Serrano, *Filosofía del duelo*, 1st ed. México: Gedisa, 2024.

[15]J. Dulac, Pluma y Arroba: Innovación Educativa 2023. STEAM, Aulas del Futuro, Sostenibilidad, Metaverso, IA, 1st ed. España: Aula Magna Proyecto clave McGraw Hill, 2023.

[16]A. Abdul et al., "The use of Lean Six Sigma to improve the quality of coconut shell briquette products," *Multidisciplinary Science Journal*, vol. 6, no. 2, Apr. 2024.

[17]I. Bella, S. Danusaputro, and F. Nurprihatin, "The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry," *Journal of Engineering Research*, vol. 1, no. 1, Feb. 2024.

[18]A. Brau et al., "Application of lean Six Sigma methodology to reduce waste in a polystyrene modular panel manufacturing unit," *Ingenierìa Investigaciòn y Tecnologìa*, vol. 24, no. 1, Mar. 2023.

[19]A. Bankovich et al., "Green Lean Six Sigma Model for Waste Reduction of Raw Material in a Nectar Manufacturing Company of Lima, Peru," *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 16, no. 2, Feb. 2023.

[20]O. Chivu et al., "Reducing the Scrap Rate on a Production Process Using Lean Six Sigma Methodology," *Processes*, vol. 11, no. 4, Apr. 2023.

[21]C. Bustos, J. Teilery, and M. Traverso, "Optimization of related processes with inventory management hospital pharmacy through the use of the Lean Six Sigma methodology," *Instituto modelo de cardiología privado*, vol. 31, no. 1, Mar. 2021.

[22]K. Amar, S. Asmal, and A. Yusuf, "A Design of Procurement Managing Tool Based on the Lean Six Sigma-DMADV: A Case Study of an Indonesian Fishery Company," *General Management*, vol. 25, no. 1, Jan. 2024.

[23]A. Ali, J. Quiroz, and I. Varaz, "Lean Six Sigma Methodology To Reduce Excess Wastage In A Brickyard: A Case Study," *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 34, no. 2, Aug. 2023.

[24]A. Achadi, R. Agustina, and E. Waiman, "Reducing hospital outpatient waiting time using lean six sigma: a systematic review," *Journal Administration Kesehatan Indonesia*, vol. 11, no. 1, Jun. 2023.

[25]G. Importa and A. Scala, "Lean Six Sigma Approach to Improve the Management of Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy," *Healthcare*, vol. 12, no. 3, Feb. 2024.

[26]F. Alucano et al., "Lean, Six Sigma, and Simulation: Evidence from Healthcare Interventions," *Sustainability Articles*, vol. 14, no. 24, Dec. 2022.

[27]P. Brophy, O. McDermott, and A. Trubetskaya, "Implementing a customised Lean Six Sigma methodology at a compound animal feed manufacturer in Ireland," *Discover Journals, Books & Case Studies*, vol. 14, no. 5, Aug. 2023.

[28]A. Daly et al., "Using Lean Six Sigma in a Private Hospital Setting to Reduce Trauma Orthopedic Patient Waiting Times and Associated Administrative and Consultant Caseload," *Healthcare*, vol. 11, no. 19, Oct. 2023.

[29]A. Syafrimaini, "Implementation of lean six sigma method in high-rise residential building projects," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 9, no. 4, Jun. 2021.

[30]A. Abirfatin and D. Marsetiya, "Sustainable Lean Six-sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance," *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 17, no. 1, Dec. 2023.

[31]G. Elias, C. Peso, and A. Ruiz, "Methodology to improve profitability by improving the supply chain based on Lean Six Sigma and Digital Transformation in a company in the pharmaceutical sector in the Post Covid-19 era," *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 3, no. 1, Dec. 2023.

[32]A. Adeodu et al., "Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry," *Heliyon*, vol. 8, no. 3, Mar. 2022.

[33]F. Candra et al., "Readiness assessment of lean six sigma implementation in the manufacturing industry as a way to ensure sustainability," *ES3 Web of Conferences*, vol. 475, no. 5, Jan. 2023.

[34]P. Chakraborty, S. Nallusamy, and G. Ponna, "Reduction Analysis of Welding Defects using Lean Six Sigma and DMAIC Application – A Case Study," *Seventh Sense Research Group*, vol. 10, no. 4, Apr. 2023.

[35]M. Collao et al., "Improving service level performance by implementing Lean Six Sigma in SMEs of the gaming peripherals industry in Peru: a case study," *About the Journal*, vol. 33, no. 2, Jul. 2022.