

Continuous Improvement Methodologies for Quality Control in the Manufacturing Industry: A Systematic Literature Review

Kevin Josemaria Navarro-Guerrero¹, Diana Giraldo-Agüero², Rebeca Salvador-Reyes³, Carlos David Neyra-Rivera⁴

^{1,2,3,4}Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, U22101952@utp.edu.pe, U20305342@utp.edu.pe, rsalvador@utp.edu.pe, c29136@utp.edu.pe

Abstract– Various continuous improvement methodologies have been identified to optimize quality control in the manufacturing industry, each with advantages and limitations in their application. This study aimed to assess the extent to which these methodologies contribute to quality control by analyzing key tools, the main causes of quality issues, and their effectiveness after implementation. The research was conducted through a systematic literature review based on the PRISMA protocol, reviewing 379 studies from the Scopus database, of which 17 met the inclusion criteria. The results indicate that the implementation of methodologies such as Six Sigma and DMAIC has been effective in defect reduction, achieving Sigma levels of up to 4.375, while the DPMO decreased to values of 1,452. These tools have helped address issues such as lack of standardization and human errors, optimizing processes and improving efficiency in sectors such as textiles, electronics, and metalworking. In conclusion, continuous improvement methodologies are essential for ensuring quality in the manufacturing industry, although challenges related to process standardization and technical staff training must still be overcome.

Keywords– Continuous Improvement Methodologies, Six Sigma, DMAIC, TQM, Manufacturing Industry.

Metodologías de Mejora Continua para el Control de la Calidad en la Industria Manufacturera: Una Revisión Sistemática de la Literatura

Kevin Josemaria Navarro-Guerrero¹, Diana Giraldo-Agüero², Rebeca Salvador-Reyes³, Carlos David Neyra-Rivera⁴

^{1,2,3,4}Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, U22101952@utp.edu.pe, U20305342@utp.edu.pe, rsalvador@utp.edu.pe, c29136@utp.edu.pe

Resumen— Se han identificado diversas metodologías de mejora continua orientadas a optimizar el control de la calidad en la industria manufacturera, cada una con ventajas y limitaciones en su aplicación. Este estudio tuvo como objetivo evaluar en qué medida estas metodologías contribuyen al control de la calidad, analizando herramientas clave, las principales causas de problemas y su efectividad tras su implementación. La investigación se llevó a cabo mediante una revisión sistemática de literatura basada en el protocolo PRISMA, revisando 379 estudios de la base de datos Scopus, de los cuales 17 cumplieron con los criterios de inclusión. Los resultados muestran que la implementación de metodologías como Six Sigma y DMAIC han sido eficaces en la reducción de defectos, alcanzando niveles Sigma de hasta 4.375, mientras que el DPMO disminuyó a valores de 1,452. Estas herramientas han permitido abordar problemas como la falta de estandarización y los errores humanos, optimizando procesos y mejorando la eficiencia en sectores como el textil, el electrónico y el metalmeccánico. En conclusión, las metodologías de mejora continua son fundamentales para garantizar la calidad en la industria manufacturera, aunque es necesario superar desafíos relacionados con la estandarización de procesos y la formación técnica del personal.

Palabras clave— Metodologías de mejora continua, Six Sigma, DMAIC, TQM, Manufacturing Industry.

I. INTRODUCCIÓN

El control de calidad en la industria manufacturera es un conjunto de procesos y técnicas implementados para asegurar que los productos cumplan con estándares predefinidos [1]. Este enfoque no solo garantiza la satisfacción del cliente, sino que también optimiza los recursos, reduce los costos asociados a defectos y fortalece la competitividad empresarial. Para ello, las empresas implementan inspecciones y pruebas en diferentes etapas del proceso productivo, utilizan herramientas como el control estadístico de procesos (CEP) para monitorear la estabilidad de las operaciones, y adoptan tecnologías avanzadas que permiten detectar y prevenir fallos con mayor precisión [2]. Con el avance de la globalización y el acceso a mercados más amplios, las empresas manufactureras enfrentan el desafío de mantener la consistencia en la calidad mientras adoptan prácticas sostenibles y tecnológicamente avanzadas [3]. En este contexto, la mejora continua surge como un enfoque estratégico que permite no solo resolver problemas de calidad, sino también prevenirlos, mediante la optimización constante de los procesos productivos [4]. Este enfoque

combina herramientas estadísticas, filosóficas y prácticas colaborativas para lograr procesos más eficientes y sostenibles. A partir de ello, surgen las metodologías de mejora continua (MMC) que representan la aplicación práctica del enfoque en mención [4].

En los últimos años, las MMC se han convertido en un pilar fundamental para optimizar el control de calidad en las industrias manufactureras. Desde su aparición, enfoques como Six Sigma (SS), Lean Manufacturing (LM) y Total Quality Management (TQM) han sido ampliamente implementados para reducir defectos y mejorar la eficiencia operativa [5], [4]. Por ejemplo, estudios recientes han demostrado que la aplicación de SS en la industria textil y en la producción de obleas de silicio ha logrado reducir significativamente los defectos en aproximadamente un 20% y 50% respectivamente, incrementando la calidad del producto final [6], [7]. De manera similar, el enfoque LM, con su énfasis en la eliminación de desperdicios, ha permitido optimizar los procesos en sectores como la producción de papel, logrando reducción de residuos del 32.64% y en la industria de empaques logrando una reducción de desperdicios en un 15% [4], [8].

Por otra parte, ha habido un creciente interés en metodologías combinadas como Lean Six Sigma (LSS), las cuales han mostrado ser efectivas en industrias altamente competitivas, como la fabricación de componentes electrónicos y la fundición de piezas para aerogeneradores, donde se han reducido los tiempos de ciclo y los defectos en más del 20% [9], [10]. Estas herramientas, respaldadas por técnicas de análisis de fallos como Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) y la implementación del ciclo de mejora continua Plan-Do-Check-Act (PDCA), han sido clave para mantener altos estándares de calidad y mejorar la rentabilidad [1], [11].

Luego de los avances en la implementación de MMC aún hay muchas industrias manufactureras que enfrentan desafíos significativos en la optimización del control de la calidad [12], [13]. Actualmente, sectores como la producción de papel, la industria textil, y la fundición han logrado avances importantes en la reducción de defectos y la mejora de la eficiencia utilizando herramientas como SS y LM [4], [6], [10]. Sin embargo, la adopción generalizada de estas metodologías no siempre ha sido consistente o efectiva en todas las áreas industriales. Por ejemplo, aunque la industria de empaques ha

reducido sus desperdicios en un 15%, muchas empresas aún no alcanzan los niveles deseados de calidad total y sostenibilidad operativa [12], [8].

Este panorama muestra que aunque las MMC han sido clave para la optimización del control de la calidad, persiste una brecha en su implementación efectiva y sostenida en diversas industrias manufactureras, lo que resalta la necesidad de investigar las causas de esta inconsistencia y adaptar mejores prácticas a distintos entornos productivos.

Se han realizado revisiones previas que, aunque abordan enfoques similares al presente estudio, se han centrado en contextos muy específicos. Por ejemplo, investigaciones previas han explorado el impacto de metodologías como LSS en la producción de papel y en la producción de baterías de iones de litio [4], [9], mientras que otras han analizado la implementación de SS en sectores como la industria textil y la fundición de componentes [6], [10]. Estos estudios han sido valiosos para mostrar la eficacia de las MMC, pero su enfoque no ha sido específico en cuanto a la optimización del control de la calidad en la industria manufacturera en general. Es por ello, que este vacío en la literatura existente justifica la necesidad de la presente revisión sistemática de literatura (RSL), la cual se ha limitado al análisis de estudios realizados entre 2018 y 2024, para asegurar que se capture el impacto de estas aplicaciones más recientes, que no solo abordan los desafíos tradicionales de calidad, sino que también integran enfoques que responden a las nuevas realidades tecnológicas y de mercado en la industria manufacturera.

Por ello, el objetivo de la presente RSL es determinar en qué medida la implementación de las MMC pueden ayudar en el control de la calidad en las industrias manufactureras, partiendo desde el uso de herramientas de calidad para la identificación de las principales causas de los problemas en los procesos, aplicación de las principales metodologías y la efectividad después de la implementación.

II. METODOLOGÍA

La presente RSL fue realizada en base a los principios brindados por el protocolo PRISMA [14] con el objetivo de hallar estudios que se alineen a la temática, que fue la implementación de las MMC en la industria manufacturera. Asimismo, se llevó a cabo la metodología PIOC y así se reconocieron eficazmente los componentes de la pregunta de investigación. A partir de estos se identificaron las palabras clave, como se muestra en la TABLA I.

TABLA I
DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES PIOC Y PALABRAS CLAVE

			Palabras Clave	Keywords
P	Problema	Control de la calidad en la industria manufacturera	Control de calidad, optimización de procesos, gestión de la calidad, normas de calidad	Quality control, efficiency, process optimization, quality management,

				quality standards
I	Intervención	Análisis e implementación de metodologías de mejora continua	Mejora continua, metodologías de mejora, lean manufacturing, herramientas lean, kaizen, six sigma, PDCA, planificar, hacer, verificar y actuar, PHVA, DMAIC, definir, medir, analizar y controlar, gestión de calidad total, TQM, kanban, 5S, ISO 9001	Continuous improvement, improvement methodologies, lean manufacturing, lean tools, kaizen, six sigma, PDCA, plan-do-check-act, PHVA, DMAIC, define-measure-analyze-control, total quality management, TQM, kanban, 5S, ISO 9001
O	Resultados	Optimización en indicadores del control de la calidad	Mejora de la calidad, reducción de tiempos, automatización de procesos, disminución de defectos, reducción de costos, sostenibilidad, eficiencia	Quality improvement, time reduction, defect reduction, cost reduction, sustainability, efficiency
C	Contexto	Industrias manufactureras	Industria manufacturera, procesos de manufactura, producción industrial, alimentos, papel, química, gráfica, textil, plástica, metalmecánica, metalúrgica, automotriz	Manufacturing industry, manufacturing processes, industrial production, food, paper, chemical, printing, textile, plastics, metalworking, metallurgy, automotive

La pregunta de investigación que guio el proceso de búsqueda en esta RSL fue: ¿Qué impacto ha tenido la implementación de las MMC en la mejora del control de la calidad en la industria manufacturera? De la cual, se desprendieron preguntas complementarias como: ¿Qué factores contribuyen a la deficiencia del control de calidad en la industria manufacturera?, ¿Cuáles son las metodologías que se han implementado previamente para mejorar el control de la calidad en la industria manufacturera?, ¿Se han reconocido indicadores representativos luego de la implementación de las metodologías? Y ¿En qué tipo de industrias manufactureras se han implementado metodologías de mejora continua?

Se definieron las palabras claves y estas se utilizaron junto con otros filtros como el tiempo, se abarcó desde el 2018 al 2024 y el idioma, para delimitar estudios en inglés y español. Además se emplearon operadores booleanos como “OR”, “AND” y “AND NOT” dentro de la siguiente ecuación: (TITLE-ABS-KEY ("quality control" OR "process optimization" OR "quality management") AND TITLE-ABS-KEY ("continuous improvement" OR "improvement methodologies" OR "lean manufacturing" OR "lean tools" OR

"kaizen" OR "six sigma" OR "PDCA" OR "plan-do-check-act" OR "PHVA" OR "plan-do-verify-act" OR "DMAIC" OR "define-measure-analyze-control" OR "total quality management" OR "TQM" OR "kanban" OR "5S" OR "ISO 9001") AND TITLE-ABS-KEY ("quality improvement" OR "defect reduction" OR "sustainability" OR "efficiency") AND TITLE-ABS-KEY ("manufacturing industry" OR "manufacturing processes" OR "food" OR "paper" OR "chemical" OR "printing" OR "textile" OR "plastics" OR "metalworking" OR "metallurgy" OR "automotive") AND NOT TITLE-ABS-KEY ("health" OR "customer service" OR "administration" OR "medical care" OR "auditing" OR "pediatrics" OR "neonatal")) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp")) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish"))

La búsqueda y exploración de estudios para esta RSL se realizó únicamente en la base de datos “SCOPUS” hasta septiembre del 2024 y se obtuvo como resultado un total de 379 registros. A partir de los lineamientos del método PRISMA se fijaron los criterios de elegibilidad que se muestran en la TABLA II, los que permitieron la admisión u omisión de cada estudio presente en la base de datos.

TABLA II
CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Inclusión	Exclusión
<ul style="list-style-type: none"> CI 1: El estudio debe abordar el problema de deficiencias en el control de la calidad, analizando sus causales. 	<ul style="list-style-type: none"> CE 1: Estudios realizados en empresas de bajo volumen de producción (pequeñas empresas).
<ul style="list-style-type: none"> CI 2: Los estudios deben contemplar la implementación de una o más metodologías de mejora continua del proceso o gestión del control de la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> CE 2: Estudios en los que no han validado sus modelos de solución en propuesta vía implementación o simulación.
<ul style="list-style-type: none"> CI 3: Los estudios incluidos deben reportar los resultados cuantitativos y/o cualitativos de la implementación de metodologías de mejora continua en la gestión del control de la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> CE 3: Publicaciones en idiomas diferentes al inglés y español.
<ul style="list-style-type: none"> CI 4: Los estudios deben haberse desarrollado en empresas con altos niveles de índices de producción de productos físicos (automóviles, alimentos, fármacos, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> CE 4: Documentos anteriores al año 2018.

Al inicio se identificaron 379 artículos de los cuales, luego de aplicar la metodología PRISMA se seleccionaron 17 estudios para la RSL. (Fig. 1)

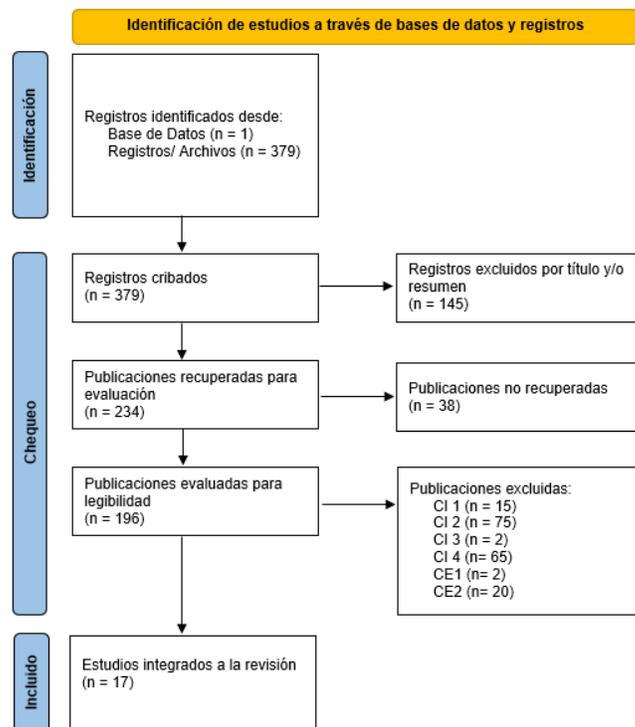


Fig. 1 Diagrama de flujo PRISMA de la segmentación de los estudios

III. RESULTADOS

Los estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad conformaron los resultados obtenidos, divididos en dos secciones fundamentales: un análisis bibliométrico descriptivo de los estudios seleccionados y, posteriormente, un análisis detallado de las características de interés que mantengan relación con los objetivos planteados de la RSL.

A. Análisis bibliométrico de los estudios seleccionados

De las 17 publicaciones identificadas en el diagrama PRISMA (Fig. 1), se realizó un análisis de los datos bibliométricos para identificar los estudios con mayor y menor número de citas, así como la distribución geográfica de las publicaciones. El estudio con mayor número de citas fue el realizado por Adeodu et al. [11] con un total de 25 citas. Por otro lado, los estudios con el menor número de citas incluyen los realizados por Lang et al. [6], Moin et al. [5] y Ramadhani et al. [2], todos con 0 citas hasta septiembre del 2024.

En cuanto a la distribución geográfica, la mayoría de las publicaciones provienen de países del continente asiático, específicamente de China e Indonesia. También se observa representación de países de habla hispana, como México [3] aunque en menor medida. Para facilitar el acceso a la información detallada, se presenta la Tabla III.

TABLA III
DATOS BIBLIOMÉTRICOS DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Ref	Autores	Título	Año	Revista	País	Citas
3	Díaz J.; García J.; Sánchez C.; Vargas A.	Assessing the impact of Lean manufacturing on the Social Sustainability through Structural Equation Modeling and System Dynamics	2024	Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering	México	2
6	Lang Q.; Hu J.; Liu J.	Impact of cost sharing on quality improvement and profits under uncertain demand: The case of a textile and garment supply chain	2024	PLoS ONE	China	0
15	Trubetskaya A.; McDermott O.; Durand P.; Powell D.J.	Improving value chain data lifecycle management utilising design for Lean Six Sigma methods	2024	TQM Journal	Sudáfrica	2
16	Joy R.A.; Hawlader M.S.; Rahman M.S.; Hossain M.R.; Shamim S.I.; Mahmud H.	Improving Quality, Productivity, and Cost Aspects of a Sewing Line of Apparel Industry Using TQM Approach	2024	Mathematical Problems in Engineering	Bangladesh	2
5	Moin C.J.; Hossain K.R.; Baral L.M.	Investigating Root Causes of Sewing Defects Using TQM Tools for Quality Improvement in the Knit Garment Industry	2023	Textile and Leather Review	Bangladesh	0
9	Kollenda A.; Hussein K.; Henschel S.; Schmidgruber N.; Becker-Koch D.; Braunwarth W.; Fleischer J.; Daub R.	Quality Assurance for Flexible Stack Assembly of Lithium-Ion Cells	2023	Energy Technology	Alemania	2
17	Bai Y.; Liu J.; Zhang R.; Bai X.	Quality Control of Water-Efficient Products Based on DMAIC Improved Mode—A Case Study of Smart Water Closets	2023	Processes	China	1
2	Ramadhani R.A.; Fitriana R.; Habyba A.N.; Liang Y.-C.	Enhancing Quality Control of Packaging Product: A Six Sigma and Data Mining Approach	2023	Jurnal Optimasi Sistem Industri	Indonesia	0
18	Hsiao C.T.; Lin C.-P.; Fan P.-H.	The Application of Six Sigma to Improve the Yield of Plastics Injection Molding	2023	South African Journal of Industrial Engineering	China	1
11	Sujová A.; Šimanová L.	Improvement of production process capability- A case study of two furniture companies	2021	Engineering Management in Production and Services	Eslovaquia	5
4	Adeodu A.; Kanakana-Katumba M.G.; Rendani M.	Implementation of lean six sigma for production process optimization in a paper production company	2021	Journal of Industrial Engineering and Management	Nigeria	25
10	Omprakas M.A.; Muthukumar M.; Saran S.P.; Ranjithkumar D.; Shantha Kumar C.M.; Thirupathi Venkatesh S.; Sengottuvelan M.	Analysis of Shrinkage Defect in Sand Casting by Using Six Sigma Method with Taguchi Technique	2021	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	India	2
13	Tannady H.; Purwanto E.	Quality Control of Frame Production Using DMAIC Method in Plastic PP Corrugated Box Manufacturer	2021	Journal of Physics: Conference Series	Indonesia	4
8	Nguyen V.; Nguyen N.; Schumacher B.; Tran T.	Article practical application of plan-do-check-act cycle for quality improvement of sustainable packaging: A case study	2020	Applied Sciences (Switzerland)	Vietnam	24
1	Al-Bakoosh A.A.; Ahmad Z.; Idris J.	Implementation of the PDCA continuous improvement cycle (Plan-Do-Check-Act) as a tool for improving the quality of the cast AA5083 alloy produced in the foundry laboratory	2020	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	Malasia	3
7	Sharma M.; Sahni S.P.; Sharma S.	Reduction of defects in the lapping process of the silicon wafer manufacturing: The Six Sigma application	2019	Engineering Management in Production and Services	India	4
19	Kartika H.; Bakti C.S.; Purwanti S.	Quality Improvement of Herbal Sachet in filling Powder Machine Using Six Sigma Method	2018	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	Indonesia	2

A partir del análisis del patrón que siguen las publicaciones se evidenció una tendencia creciente en función a la cantidad de investigaciones que tuvieron lugar entre los años 2018 y 2024 (Figura 2) Dicha cantidad tuvo una tendencia creciente con 1, 2 y 4 publicaciones desde el 2018 hasta el 2021. Por otro lado, en el año 2022 no se realizaron publicaciones referentes a la temática de la RSL.

Sin embargo, en el año 2023 se registraron 5 publicaciones de estudios y a mitad del presente año 2024 ya se han publicado 4, esto supuso un notable aumento en la demanda de estudios referentes al tema y resaltó el interés por recaudar mayor información que permita a las empresas mejorar la gestión de calidad a través de la aplicación de las MMC para ser más competitivas y sostenibles.

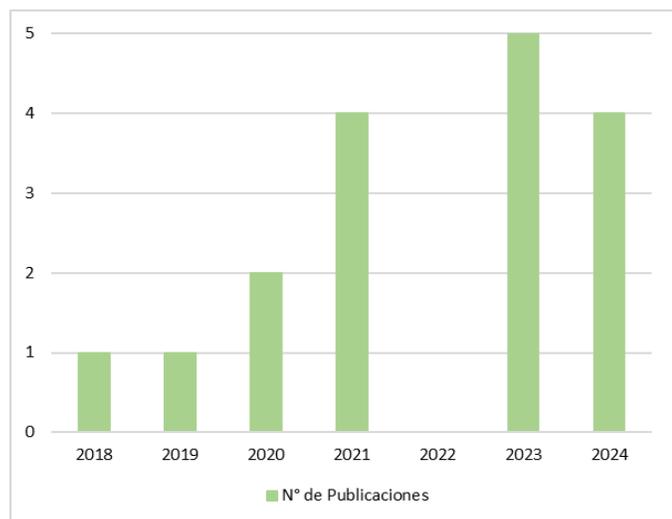


Fig. 2 N° de Publicaciones por año

Respecto a los estudios de gran influencia académica o con mayor número de citas identificándose los de Adeodu et al. [4] y Nguyen et al. [8], los que tienen 25 y 24 citas respectivamente y además ambos autores desarrollaron sus investigaciones empleando dentro de sus modelos la metodología SS. Por el contrario, resaltaron las investigaciones de Lang et al. [6], Moin et al. [5] y Ramadhani et al. [2] las cuales tienen 0 citas.

La revista IOP Conference Series: Materials Science and Engineering lidera las publicaciones sobre el tema con 3 artículos, seguida de Engineering Management in Production and Services con 2. El resto de estudios, son journals y también documentos de conferencias que cuentan con una publicación cada 1.

B. Características del contexto de estudio

La mayoría de los estudios de mejora continua se han realizado en la industria textil, donde se ha implementado principalmente la metodología TQM para mejorar la calidad y

reducir costos en la cadena de suministro y en el área de confección [6], [16], [5]. Le sigue la industria de fabricación de productos electrónicos, cosméticos y sanitarios, en la cual se empleó SS y DMAIC para optimizar la calidad y reducir defectos [17], [2], [18]. La industria metalmecánica y de fundición también ha sido objeto de aplicación de estas metodologías, especialmente para mejorar la calidad en procesos de fundición de metales y aleaciones [1], [10]. Otras industrias relevantes incluyen la agrícola, con estudios enfocados en la optimización de procesos administrativos [15], y la industria papelera y de productos decorativos, que utilizaron LSS y el ciclo PDCA para incrementar la eficiencia y sostenibilidad [4], [8].

TABLA IV
CARACTERÍSTICAS DEL CONTEXTO DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Ref	Objetivo	Sector
[3]	Medir cómo las herramientas de Lean Management mejoran la calidad y productividad en las maquinas, y determinar el tiempo de implementación necesario.	Automotriz
[6]	Estudiar cómo la mejora de calidad en una cadena de suministro textil, con tres agentes, influye en la reducción de costos.	Textil
[15]	Usar Six Sigma para optimizar el ciclo de vida de informes y datos, mejorando la experiencia de los usuarios.	Agricultura
[16]	Identificar la mejora de la calidad a través de indicadores de productividad y reducción de costos en una línea de fabricación mediante la herramienta de Gestión de Calidad Total (TQM)	Textil
[5]	Detectar defectos en el área de confección de prendas de punto y aumentar la satisfacción del cliente usando TQM.	Textil
[9]	Crear un proceso de aseguramiento de calidad en el apilamiento de baterías, con tecnologías de inspección, para cumplir con la certificación DIN EN ISO 9001.	Tecnología energética
[17]	Utilizar DMAIC de Six Sigma para analizar y mejorar la calidad en productos que usan agua, enfocado en eficiencia y sostenibilidad.	Fabricación de productos sanitarios
[2]	Usar Six Sigma y minería de datos para investigar y corregir defectos en empaques de cosméticos, mejorando la calidad y satisfacción del cliente.	Cosméticos
[18]	Aplicar Six Sigma para reducir defectos en carcasas de baterías, mejorando calidad y eficiencia en la producción.	Fabricación de productos electrónicos
[11]	Usar Six Sigma para optimizar la capacidad de producción en empresas de muebles con diferentes sistemas de calidad.	Maderera
[4]	Aplicar Lean Six Sigma para aumentar productividad y reducir desperdicios en la línea de producción de una empresa papelera.	Papelera
[10]	Utilizar DMAIC y Taguchi para reducir defectos de contracción en anillos de fundición de hierro.	Fundición de hierro dúctil
[13]	Usar DMAIC para identificar y corregir causas de defectos en la producción de marcos de cajas de	Plásticos (polipropileno)

	polipropileno.	(PP)
[8]	Usar el ciclo PDCA para mejorar la calidad y reducir costos en empaques con materiales reciclados para productos frágiles.	Fabricación de productos decorativos y de jardinería.
[1]	Evitar defectos en el proceso de fundición de la aleación AA5083, mejorando así la calidad final del producto.	Metalúrgica
[7]	Mejorar la calidad del proceso de lapeado en obleas de silicio con Six Sigma, identificando causas de defectos, implementando mejoras sostenibles, y aumentando el índice de desempeño para generar ahorros significativos para la empresa.	Fabricación semiconductores
[19]	Usar DMAIC junto con herramientas como Pareto y FTA para disminuir defectos en productos en polvo de sobres de hierbas, mejorando el nivel sigma de calidad.	Fabricación de productos herbales

C. Causas de la ineficiencia en la gestión del control de calidad

Dentro de las causas de la mala gestión del control de calidad identificadas en la Tabla V, resaltaron como las más representativas con más del 70% de los estudios analizados las referencias [9], [4], [10], [7], la falta de estandarización en los procesos de producción y control de calidad, en algunos casos, no contemplados en las empresas. También, los conocimientos insuficientes sobre la gestión de recursos tecnológicos, el alto índice de defectos por error humano y la falta de registros de base de datos sobre la producción mencionados en [3], [6], [11], [1], [15], [16], [5], [13] son causas primarias de la problemática abordada en la investigación.

Además, las deficientes capacitaciones técnicas al personal sobre el mantenimiento de la maquinaria representan también tiempos muertos [2], [19]. Mientras que, la falta de inversión en materia prima e insumos de calidad se reflejan en la insatisfacción del cliente y en la presencia de un bajo nivel de calidad o controles inexistentes [18], [8].

El escaso desarrollo de productos sostenibles es una causa que afecta la calidad de los productos desde una perspectiva medioambiental, social y económica [17].

TABLA V
ENFOQUE DE CAUSALES IDENTIFICADAS EN LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Causas	Frec.	Herramientas de Identificación	Ref.
Falta de estandarización en procesos de fabricación y control de calidad (Genera desperdicios, tiempos muertos, parámetros no establecidos en maquinaria y ausencia de procesos de verificación o inspección)	4	Gráficos estadísticos y de barras, Pareto, flujogramas, Análisis modal de fallos y efectos (AMFE), Mapa de flujo de valor (VSM), Ishikawa, Gráficos de variabilidad múltiple (Gage Blas y Lineabilidad)	[9], [4], [10], [7]
Mala gestión de recursos tecnológicos y de monitoreo de calidad (Inexistencia o ineficacia de procesos de	4	Diagrama de bucle causal, cuadros estadísticos y de barras, Pareto, inspección visual	[3], [6], [11], [1]

monitoreo y control de calidad, además de una aplicación limitada de metodologías Lean en sectores específicos de la industria)		(V.T.), prueba de líquidos (L.T.), prueba ultrasónica (U.T.)	
Alto índice de defectos por error humano (Falta de registros precisos sobre la producción, pedidos de materiales o insumos)	4	Diagramas de procesos (DOP y DAP), cuadros estadísticos, Pareto, Ishikawa, gráfico circular y de control, Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA), ANOVA (Análisis de Varianza)	[15], [16], [5], [13]
Deficiencias en capacitación técnica y mantenimiento de maquinaria (Falta de formación adecuada en procesos de fabricación y mantenimiento de máquinas, lo que afecta la calidad del proceso y producto)	2	Flujograma, gráficos de control, Pareto, Ishikawa, diagrama del árbol (FTA), 5 Por qué (5W)	[2], [19]
Mala gestión en la inversión de materiales y materia prima (Uso de materiales de mala calidad para empaque, transporte o materia prima, afectando la calidad del producto final)	2	Flujograma, Ishikawa, gráfico de barras, entrevistas, cuestionarios, hojas de verificación, 5 Por qué	[18], [8]
Escaso desarrollo de productos sostenibles. (Altas emisiones de carbono)	1	Diagrama de evaluación verde	[17]
	17		

D. Metodologías de mejora continua aplicadas para optimizar la gestión del control de calidad

A partir de la Tabla VI se precisó que las metodologías DMAIC y SS son las más utilizadas en función a reducir los defectos del proceso o producto y destacan con una frecuencia de aparición en 9 artículos, como se muestra en [2], [18], [11], [4], [11], [10], [13], [8], [1], [7] y [19]. A continuación, la metodología TQM se aplicó en 4 artículos identificados [3], [16], [5] y [1], gracias a que fomenta una cultura de adaptación e inversión de recursos a mejores estándares de calidad. También las metodologías de ISO 9001, Mantenimiento Productivo Total (TPM), SIPOC y Kaizen fueron aprovechadas en 3 artículos cada una [9], [11], [8], [3], [4], [19], [6], [14], [13] y [1], pues se requería estandarizar procesos y optimizar el mantenimiento de los equipos. Por otro lado, las metodologías Justo a Tiempo (JIT) y Definir-Medir-Analizar-Diseñar y Verificar (DMADV) fueron usadas para aumentar la eficiencia, reducir costos y diseñar procesos de monitoreo de calidad en los modelos de dos artículos en [3], [4], [14] y [1]. Siendo la metodología menos utilizada la DECIA, como se señala en [17], ya que es un enfoque novedoso derivado de la metodología DMAIC.

TABLA VI
CHECKLIST DE LAS METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA
MEJORAR EL CONTROL DE LA CALIDAD

Ref	Kaizen	TQM	TPM	JIT	DMADV	SIPOC	DMAIC	ISO 9001	DECIA	SIX SIGMA
[3]	X	X	X	X						
[6]						X				
[15]					X	X				
[16]		X								
[5]		X								
[9]								X		
[17]									X	
[2]							X			
[18]							X			X
[11]							X	X		X
[4]	X		X	X			X			X
[10]							X			X
[13]						X	X			X
[8]								X		X
[1]	X	X			X		X			X
[7]							X			X
[19]			X				X			X
Σ	3	4	3	2	2	3	9	3	1	9

E. Indicadores de Efectividad tras la implementación de las metodologías de mejora continua

La implementación de metodologías de mejora continua demostró ser altamente efectiva en la reducción de defectos, según los resultados obtenidos en los indicadores de los estudios seleccionados (Tabla III). El DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades), el indicador con mayor frecuencia en el análisis mostró una disminución significativa, con valores que se redujeron hasta 1,452 [7], [11], [13], [2], [19], lo cual permitió alcanzar un Nivel Sigma de 4.375 [11], [13], [2], [19]. El Lead Time (Tiempo de Entrega) se presentó como uno de los indicadores con menor frecuencia, con un valor de 25,115 segundos y permitió optimizar la PCE (Eficiencia del Ciclo de Proceso) hasta un 40% [4]. Hubo estudios donde no se describió el porcentaje de mejora de los indicadores presentados [6], [8], [9], [10], [1], [15].

Además de ver la efectividad, se observó que el número de indicadores utilizados en los estudios variaron según el país. Indonesia incluyó la mayor cantidad de indicadores [2], [13], [19], seguido de India [7], [10], Bangladesh [16], [5],

Eslovaquia [11] y Nigeria [4]. El resto de los países emplearon entre 1 y 2 indicadores, mientras que los primeros mencionados utilizaron indicadores ampliamente reconocidos.

TABLA VII
LA EFECTIVIDAD DE LOS INDICADORES TRAS LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE MEJORA CONTINUA

Ref.	Indicadores	Frec.	Mejora		
			↓	↑	
[7]	DPMO	5	127		
[11]			53,325.46		
[13]			17,076.50		
[2]			4827.8		
[19]			1,452		
[17]	Eficiencia	4		57.14%	
[4]			Consumo de agua (PCE)		40%
[11]			Proceso		94.67%
[16]			General del Equipo (OEE)		62.90%
[11]	Nivel Sigma	4		3.11	
[13]				3.73	
[2]				4.09	
[19]				4.375	
[5]	Tasa de Rechazo	3	6.40%		
[7]			0.02%		
[10]			6%		
[18]	Tasa de Defectos	2	2.29%		
[19]			2%		
[16]	Porcentaje de Defectos por Cada Cien Unidades	1	6.01%		
[4]	Tiempo de Entrega (Lead Time) (seg)	1	25,115		
[4]	Takt Time (seg)	1		4.71	
[7]	Índice de Capacidad del Proceso	1		3.87	
[3]	Sostenibilidad Social (SOS)	1		83.90%	
[6], [8], [9], [10], [1] y [15]	Otros	1		N. D	

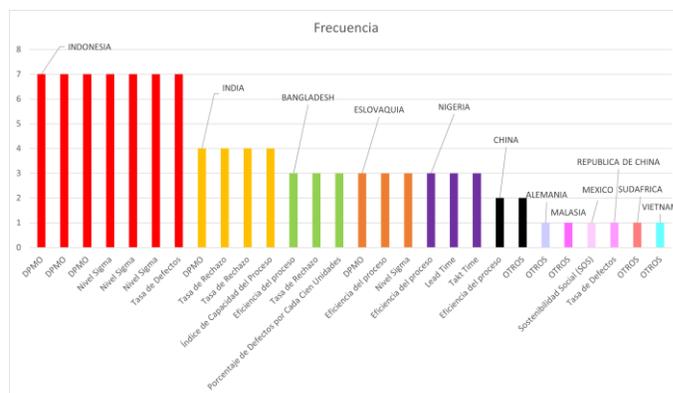


Fig. 3 Gráfico de frecuencia del uso de indicadores por países.

IV. DISCUSIÓN

El objetivo de la presente RSL es determinar en qué medida la implementación de las MMC pueden ayudar en el control de la calidad en las industrias manufactureras, partiendo desde el uso de herramientas de calidad para la identificación de las principales causas de los problemas en los procesos, aplicación de las principales metodologías y la efectividad después de la implementación.

Entre las causas mayormente identificadas dentro de los estudios resaltaron la falta de estandarización en los procesos, la inexistencia de procesos de monitoreo o control de calidad, el error humano, la insuficiente capacitación del personal y una limitada inversión de recursos tecnológicos. Esto coincide con las revisiones sistemáticas realizadas por Daneshjo et al. [20] y Mpanza [21] que también analizaron las MMC pero que se diferencian por su enfoque en una empresa globalizada o por la antigüedad de la RSL. Por lo señalado, se demostraría que las causas principales identificadas siempre están presentes en el sector y se han mantenido a través del tiempo. De acuerdo con Daneshjo et al. [20] estos factores suelen estar presentes debido a las limitaciones de conocimiento en gestión de control de calidad y a la falta de cultura y compromiso con la mejora continua.

Las metodologías más recurrentes identificadas en los estudios seleccionados fueron DMAIC, SS y TQM. Este resultado tiene concordancia con lo señalado en la investigación realizada por Johannsen [22] que a pesar de haberse realizado en el año 2011 evidencia que las metodologías más destacadas siempre han sido TQM y SS, esto probablemente se deba a que estas herramientas permiten expresar la mejora continua en indicadores medibles en función a la optimización obtenida luego de su implementación. En contraste a esto, DMAIC que es una parte integral del enfoque SS no ha tenido demasiada presencia, sin embargo, esto se podría deber a que se aplica en contextos más específicos donde se busca reducir la variabilidad y estandarizar el proceso para hacerlo más predecible y mejorar los procesos.

Los indicadores clave como el DPMO, Nivel Sigma y PCE han mostrado mejoras considerables en la calidad. Por ejemplo, el DPMO se redujo significativamente en valor de defectos en varios estudios, mientras que el Nivel Sigma tomó valores altos que reflejan una mayor precisión en el proceso, alcanzando un valor de 4.375 en su mejor caso [19]. También se observó una mejora en la PCE de hasta un 40% en el indicador del Lead Time. Los resultados mencionados son similares a los obtenidos por Purba, et al. [23], pues también utilizaron SS en su fase DMAIC se alcanzó el valor del Sigma de 4.029, por lo que se demuestra que esta herramienta suele ser eficaz para aumentar la capacidad del rendimiento del proceso. A su vez, se logró reducir el PCE hasta un 50% pasando de 18 a 9 horas de Lead Time. Esto podría indicar que estas MMC son efectivas en la optimización del control de

la calidad, permitiendo reducir defectos y tiempos de entrega de manera significativa.

Cabe resaltar que la implementación de las MMC ha sido especialmente común en industrias como la textil, electrónica, metalmecánica y papelería. Esto difiere de las industrias a las que regularmente suelen ser aplicadas como se menciona en las investigaciones de Perez et al. [24] y Da Silva et al. [25] donde se abarcaron contextos de empresas del sector farmacéutico y automotriz, entre otros. Esto probablemente se podría explicar porque dentro de la gestión de sus operaciones enfrentan retos relacionados directamente a la eficiencia operativa. Sin embargo, la presencia de la industria textil, podría significar que la adopción gradual de estas herramientas se está expandiendo por formar parte de las necesidades de optimización de eficiencia de diferentes empresas.

De los estudios seleccionados se presentan limitaciones referentes a los resultados obtenidos en enfoques específicos, como empresas de gran tamaño o volumen de producción, lo que podría perjudicar a la adaptabilidad de los resultados en contextos de empresas con menos recursos y tecnologías variable. Esto sugiere que los resultados podrían no ser aplicables de manera universal sin ajustes. Además, en algunos casos no se proporciona información de controles o monitoreo de rendimiento para así garantizar la sostenibilidad de las mejoras y que el impacto sea duradero. Para las futuras investigaciones se recomienda realizar el estudio en industrias alimentarias para evaluar que MMC se podrían emplear para mejorar el control de la calidad.

Una de las limitaciones de esta revisión es su enfoque amplio en distintos sectores y países. Para futuras investigaciones, se recomienda centrar el análisis en un sector industrial específico dentro de un país determinado, lo cual permitiría obtener resultados más contextualizados y con mayor aplicabilidad local. Esta delimitación facilitaría la identificación de barreras y oportunidades particulares del entorno nacional o sectorial, enriqueciendo así las estrategias de implementación de las metodologías de mejora continua. Asimismo, aunque el presente estudio fue desarrollado desde la perspectiva de la ingeniería industrial, podría haberse enriquecido mediante la participación de un equipo multidisciplinario que incluya, por ejemplo, profesionales de estadística aplicada, gestión del talento humano o tecnologías de la información. Estas especialidades, presentes en universidades peruanas, podrían aportar enfoques complementarios que fortalezcan el análisis e interpretación de los hallazgos, mejorando su aplicabilidad práctica en distintos entornos organizacionales.

V. CONCLUSIÓN

Esta RSL determinó que las MMC, podrían mejorar la gestión de la calidad en la industria manufacturera, donde las metodologías más utilizadas fueron DMAIC y SS. Estas metodologías demostraron ser altamente efectivas en la reducción de defectos, alcanzando niveles Sigma de hasta

4.375 y disminuciones significativas en indicadores como el DPMO. Los resultados de la RSL podrían confirmar que la implementación de las MMC tiene un impacto positivo en el control de calidad, no solo optimizando procesos de manufactura, sino también abordando causas raíz de defectos como la falta de estandarización y deficiencias en recursos tecnológicos. Asimismo, estas metodologías se destacaron por su aplicabilidad en sectores diversos como textil, electrónico, metalmecánico, y cosmético, logrando mejoras tangibles en productividad, sostenibilidad y satisfacción del cliente. Para la industria manufacturera, es recomendable priorizar la capacitación técnica del personal y la inversión en tecnologías que complementen el uso de las MMC. Las empresas pueden integrar herramientas como diagramas de Pareto, análisis de Ishikawa y gráficos de control para identificar y abordar eficientemente las causas de defectos, maximizando el impacto de las MMC.

REFERENCIAS

- [1] A. A. Al-Bakoosh, Z. Ahmad, and J. Idris, "Implementation of the PDCA continuous improvement cycle (Plan-Do-Check-Act) as a tool for improving the quality of the cast AA5083 alloy produced in the foundry laboratory," IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., vol. 884, pp. 1-10, Feb. 2020.
- [2] W. Woldemicael, E. Berhan, D. Kitaw and G. Tesfaye, "Enhancing Quality Control of Packaging Product: A Six Sigma and Data Mining Approach", Jurnal Optimasi Sistem Industri, vol. 22, no. 2, pp. 197-214, Dic. 2023.
- [3] J. Díaz, J. García, C. Sánchez and A. Vargas, "Assessing the impact of Lean manufacturing on the Social Sustainability through Structural Equation Modeling and System Dynamics", Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, vol. 18, no. 1, pp. 113-130, Mar. 2024.
- [4] A. Adeodu, M. G. Kanakana-Katumba, and M. Rendani, "Implementation of Lean Six Sigma for Production Process Optimization in a Paper Production Company," Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 14, no. 3, pp. 661-680, Sep. 2021.
- [5] [1] C. J. Moin, K. R. Hossain, and L. M. Baral, "Investigating Root Causes of Sewing Defects Using TQM Tools for Quality Improvement in the Knit Garment Industry," Textile & Leather Review, vol. 6, pp. 417-433, Sep. 2023.
- [6] Q. Lang, J. Hu, and J. Liu, "Impact of cost sharing on quality improvement and profits under uncertain demand: The case of a textile and garment supply chain," PLOS ONE, vol. 19, no. 5, pp. 1-28, May 2024.
- [7] M. Sharma, S. P. Sahni, and S. Sharma, "Reduction of defects in the lapping process of the silicon wafer manufacturing: The Six Sigma application," Engineering Management in Production and Services, vol. 11, no. 2, pp. 87-105, Jun. 2019.
- [8] V. Nguyen, N. Nguyen, B. Schumacher, and T. Tran, "Practical Application of Plan-Do-Check-Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging: A Case Study," Applied Sciences, vol. 10, no. 18, pp. 1-15, Sep. 2020.
- [9] A. Kollenda, K. Hussein, S. Henschel, N. Schmidgruber, D. Becker-Koch, W. Braunwarth, J. Fleischer, and R. Daub, "Quality Assurance for Flexible Stack Assembly of Lithium-Ion Cells," Energy Technology, vol. 11, no. 5, pp. 1-17, May 2023.
- [10] M. A. Omprakas, M. Muthukumar, S. P. Saran, D. Ranjithkumar, C. M. Shanthakumar, S. T. Venkatesh, and M. Sengottuvelan, "Analysis of Shrinkage Defect in Sand Casting by Using Six Sigma Method with Taguchi Technique," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 1059, pp. 1-10, Feb. 2021.
- [11] A. Sujová and L. Simanová, "Improvement of production process capability — a case study of two furniture companies," Engineering Management in Production and Services, vol. 13, no. 3, pp. 37-49, Sep. 2021.
- [12] B. Zhang, U. Comite, A. G. Yucel, X. Liu, M. A. Khan, S. Husain, M. S. Sial, J. Popp, and J. Oláh, "Unleashing the Importance of TQM and Knowledge Management for Organizational Sustainability in the Age of Circular Economy," Sustainability, vol. 13, no. 20, pp. 1-18, Oct. 2021.
- [13] H. Tannady and E. Purwanto, "Quality Control of Frame Production Using DMAIC Method in Plastic PP Corrugated Box Manufacturer," Journal of Physics: Conf. Ser., vol. 1783, pp. 1-6, Feb. 2021.
- [14] M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews", BMJ Publishing Group, Mar. 29, 2021.
- [15] O. Trubetskaya, O. McDermott, P. Durand and D. Powell, "Improving value chain data lifecycle management utilising design for Lean Six Sigma methods", TQM Journal, vol. 36, no. 9, pp. 136-154, Ene. 2024.
- [16] R. Joy, M. Hawlader, M. Rahman, M. Hossain, S. Shamim and H. Mahmud, "Improving Quality, Productivity, and Cost Aspects", Mathematical Problems in Engineering, vol. 2024, pp. 1-13, Ene. 2024.
- [17] Y. Bai, J. Liu, R. Zhang and X. Bai, "Quality Control of Water-Efficient Products Based on DMAIC Improved Mode—A Case Study of Smart Water Closets", Processes, vol. 11, no. 1, pp. 1-13, Ene. 2023.
- [18] C. Hsiao, C. Lin and P. Fan, "THE APPLICATION OF SIX SIGMA TO IMPROVE THE YIELD OF PLASTIC INJECTION MOLDING", South African Journal of Industrial Engineering, vol. 34, no. 2, pp. 152-170, Agos. 2023.
- [19] H. Kartika, C. Bakti and S. Purwanti, "Quality Improvement of Herbal Sachet in filling Powder Machine Using Six Sigma Method", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 453, no. 1, pp. 1-11, Nov. 2018.
- [20] N. Daneshjo, P. Malega and P. Drábik, "Techniques for Production Quality Control in the Global Company", Advances in Science and Technology Research Journal, vol. 15, no. 1, pp. 174-183, Ene. 2021.
- [21] Z. Mapanza, "Identifying the root causes contributing to defects in order to minimize scrap", Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, vol. 8, pp. 1139-1146, Mar. 2016.
- [22] F. Johannsen, "State of the art concerning the integration of methods and techniques in quality management – Literature review and an agenda for research", 19th European Conference on Information Systems (ECIS), vol. 41, pp. 1-13, Jun. 2011.
- [23] H. Purba, A. Nindiani, A. Trimarjoko, C. Jaqin, S. Hasibuan and S. Tampubolon, "Increasing Sigma levels in productivity improvement and industrial sustainability with Six Sigma methods in manufacturing industry: A systematic literature review", Advances in Production Engineering And Management, vol. 16, no. 3, pp. 307-325, Sep. 2021.
- [24] A. Perez, M. Barcelo, A. Castillo and J. Leon, "Enablers and inhibitors for sustainability of continuous improvement: A qualitative study in the automotive industry suppliers in the Valencia region", vol. 5, no. 2, pp. 183-209, Ene. 2009.
- [25] B. da Silva, V. de Oliveira and J. Magalhaes, "Analysis of Lean Six Sigma Use in Pharmaceutical Production", Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, vol. 59, pp. 1-19, Dic. 2023.