



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

Implementación de Lean Manufacturan y Metodologías de Mejora Continua: Adaptación de Estándares Globales para la Industria Nacional

Jorge Andrés Valdebenito Rodríguez

PROFESOR GUÍA: MAURICIO VARAS VALDÉS, PhD

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO – CHILE
2025



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

Implementación de Lean Manufacturan y Metodologías de Mejora Continua: Adaptación de Estándares Globales para la Industria Nacional

POR:

JORGE ANDRÉS VALDEBENITO RODRÍGUEZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: Mauricio Varas Valdés, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 1: José Luis Zalazar Navarrete. PhD

PROFESOR INTEGRANTE 2: Lorenzo Reyes-Bozo, PhD

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas, magister en gestión de la sustentabilidad, magister en dirección de proyectos

Marzo, 2025

Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado **Implementación de Lean Manufacturan y Metodologías de Mejora Continua: Adaptación de Estándares Globales para la Industria Nacional**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o coautoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.



**JORGE ANDRÉS VALDEBENITO
RODRÍGUEZ**
Firma

A mi familia, mi mayor inspiración y guía.

*Su amor, apoyo y ejemplo me han
impulsado a superar desafíos y alcanzar mis metas.*

Este trabajo es un tributo a su fortaleza y compañía.

Gracias por ser mi motor y refugio siempre.

AGRADECIMIENTOS

Quiero iniciar este agradecimiento expresando mi más profunda gratitud a Dios, cuya guía y luz han sido esenciales a lo largo de este desafío académico. Su presencia me ha dado la fortaleza y claridad necesarias para enfrentar y superar cada obstáculo en el camino. expresar mi más profundo agradecimiento a todos los profesores que han contribuido a mi formación durante este Magíster. En especial, al profesor Mauricio Varas Valdés y al profesor Héctor Valdés González, cuya dedicación y enseñanza fueron fundamentales para alcanzar este logro. También agradezco a mis profesores de colegio, quienes me inculcaron valores como la responsabilidad, la perseverancia y el compromiso, así como a mis jefes y compañeros de trabajo, cuya experiencia y enseñanzas han sido pilares clave en mi desarrollo profesional.

A mi familia, mi mayor pilar, quiero agradecerles profundamente por su constante apoyo e inspiración. A mis padres Jorge Valdebenito Valdés y Marcela Rodríguez Huerta, pareja Camila Ponce Ejivaja e hija Fiorella Valdebenito Osorio y Hermano Marcelo Valdebenito Rodríguez y Suegra Marta Ejivaja, y cuñado Cristopher Ponce Ejivaja gracias por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por ser mi mayor motivación para dar siempre lo mejor de mí. Este logro no habría sido posible sin ustedes.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a mis compañeros del Magíster a Diego Guzmán, Diego Henríquez Llano, y Oscar Vargas Vargas con quienes compartí este desafiante pero enriquecedor camino académico. Este logro es el resultado del apoyo, la inspiración y las enseñanzas de todos ustedes.

Implementación de Lean Manufacturan y Metodologías de Mejora Continua: Adaptación de Estándares Globales para la Industria Nacional

JORGE ANDRÉS VALDEBENITO RODRÍGUEZ

Bajo la supervisión del Profesor Mauricio Varas Valdés, PhD, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este trabajo presenta un estudio que explora la implementación de Lean Manufacturan y metodologías de mejora continua, como Kaizen, 5S, Lean Six Sigma y Just in Time, en diversos sectores industriales a nivel global. Se observa que la falta de integración y comunicación eficiente entre los sistemas actuales genera riesgos para el cliente, costos operacionales elevados y flujos de trabajo ineficientes, afectando directamente la calidad y la competitividad de las organizaciones en un mercado. El objetivo de esta investigación aplicada es evaluar las tendencias, enfoques metodológicos y resultados de investigaciones relacionadas con la implementación de metodologías de mejora continua en sectores industriales durante el período 2004-2024, para la identificación de patrones de éxito, desafíos recurrentes y oportunidades de mejora en el contexto de las demandas de la Industria 4.0. Para lograrlo, se propone un estudio de corte transversal, analizando 56 artículos originales de investigación publicados entre enero de 2004 y diciembre de 2024 en revistas académicas especializadas en ingeniería, gestión industrial y aplicaciones de proyectos. Se seleccionaron artículos en español e inglés accesibles de forma virtual, los que fueron analizados detalladamente, considerando año de publicación, país de origen, origen institucional de los autores, metodología, objetivos, sujetos de estudio, tema central y área de aplicación. La revisión muestra que la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma mejora significativamente la eficiencia operativa, reduce desperdicios y costos, y optimiza recursos en diversos sectores, consolidándose como estrategias clave para aumentar la competitividad y sostenibilidad organizacional. En síntesis, Lean Manufacturan y Lean Six Sigma han demostrado ser estrategias efectivas para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y optimizar recursos en sectores industriales y de servicios. Estas metodologías promueven sostenibilidad y

competitividad, integrando herramientas avanzadas y tecnologías emergentes como IoT y Big Data. A pesar de desafíos como la resistencia al cambio, su adaptabilidad y beneficios económicos, sociales y ambientales las consolidan como marcos estratégicos clave en la Industria 4.0.

PALABRAS CLAVE: *Lean Manufacturan, Mejora continua, Optimización de procesos, Competitividad industrial, Eficiencia operativa.*

HIGHLIGHTS

Implementación de Lean Manufacturan y Metodologías de Mejora Continua: Adaptación de Estándares Globales para la Industria Nacional

JORGE ANDRÉS VALDEBENITO RODRÍGUEZ

- Análisis de contenido de artículos seleccionados utilizando una hoja de registro que incluye datos clave como año, país, metodología y aplicación.
- Lean y Six Sigma aumentan la eficiencia, reducen costos, optimizan recursos y promueven la sostenibilidad, competitividad, innovación y adaptabilidad empresarial.
- Lean Manufacturan y Six Sigma optimizan la eficiencia operativa, minimizan los desperdicios y promueven la sostenibilidad en la Industria 4.0.

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	SUPERANDO LOS DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA 4.0: LEAN MANUFACTURAN Y LEAN SIX SIGMA COMO CLAVES PARA LA EFICIENCIA Y LA SOSTENIBILIDAD EMPRESARIA	10
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	10
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	14
1.4	OBJETIVO GENERAL	14
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	14
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	15
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO	16
2	INFORMACIÓN Y RESULTADOS.....	17
2.1	PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	17
2.2	LOS DATOS RECOGIDOS:	19
2.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
2.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
TABLA III: CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN FINAL DE LOS ARTÍCULOS IDENTIFICADOS. ... 36		
2.5	ANÁLISIS DE LOS ARTÍCULOS	53
2.6	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
2.7	RESPUESTA A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	57
3	ARTÍCULO.....	60
4	CONCLUSIONES GENERALES.....	93
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.....	94
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	95
6	ANEXO: REPORTE DE PLAGIO	101

1 INTRODUCCIÓN

La adopción de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha transformado de manera significativa la eficiencia operativa y la sostenibilidad en varios sectores industriales y de servicios. Estas metodologías han sido clave para mejorar los procesos, reducir los desperdicios, incrementar la calidad y promover una cultura organizacional enfocada en la mejora continua. A lo largo del tiempo, se ha demostrado su capacidad para abordar los desafíos de un entorno empresarial cada vez más competitivo y dinámico, y su integración con tecnologías emergentes es ahora fundamental en el marco de la Industria 4.0.

Autores como Zhu & Sarkis (2004) subrayan la relevancia de estas metodologías no solo en cuanto a eficiencia operativa, sino también en la construcción de una cultura organizacional basada en la confianza, la diversidad y el alineamiento de los objetivos individuales con los organizacionales. Este enfoque garantiza que los cambios realizados sean sostenibles a largo plazo, generando un impacto positivo tanto dentro de la organización como en su entorno.

Como objetivo examinar cómo Lean Manufacturan y Lean Six Sigma se han adaptado y evolucionado en la era actual, donde la digitalización y la automatización juegan un papel crucial en la transformación de las operaciones industriales. A través de la revisión de la literatura, se identifican las tendencias actuales, los enfoques metodológicos y los resultados de investigaciones previas que analizan la integración de estas metodologías en la Industria 4.0.

La relevancia de estas metodologías se refleja en los resultados obtenidos de diversas investigaciones. Durante las últimas dos décadas, Lean Manufacturan y Lean Six Sigma han demostrado su efectividad en la mejora de la eficiencia operativa, reduciendo desperdicios y optimizando recursos. Herramientas clave como 5S y Kaizen han ayudado a las organizaciones a adaptarse a un entorno globalizado y en constante cambio, promoviendo la sostenibilidad y reforzando la competitividad organizacional.

El artículo también resalta cómo la adopción de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y Big Data ha sido esencial para la transformación digital de las empresas dentro de la Industria 4.0. La integración de estas tecnologías con Lean y Six Sigma no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también ofrece una mayor capacidad para adaptarse a los cambios del mercado y la industria, brindando así una ventaja competitiva significativa.

En conclusión, la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma se presenta como una estrategia fundamental para las organizaciones que buscan mejorar su eficiencia operativa, reducir desperdicios y promover la sostenibilidad. La capacitación continua y la habilidad para adaptarse a las tecnologías emergentes serán elementos clave para el éxito organizacional en un entorno empresarial en constante evolución.

Este artículo ofrece un marco estratégico que puede ser adoptado por diversas organizaciones para enfrentar los retos operativos actuales y fomentar la transformación organizacional dentro del contexto global de la Industria 4.0.

1.1 Superando los Desafíos de la Industria 4.0: Lean Manufacturan y Lean Six Sigma como Claves para la Eficiencia y la Sostenibilidad Empresaria

Dado este contexto es posible efectuar el siguiente cuestionamiento En consideración de la discusión anterior, la pregunta de investigación de esta tesis es: ¿cómo ha impactado la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad organizacional en sectores industriales y de servicios en el contexto de la Industria 4.0 durante el período 2004-2024?

La implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha transformado la eficiencia operativa al reducir desperdicios, optimizar procesos y mejorar la calidad. Lo que se busca, entonces, es establecer, en base a una revisión de literatura, cómo estas metodologías han promovido la estandarización, aumentando la productividad y facilitando la toma de decisiones basadas en datos, en los últimos 20 años.

1.2 Breve discusión de la literatura

La capacidad de fabricar productos individuales y personalizados es la clave del éxito en un mundo globalizado y conectado digitalmente En un contexto cada vez más globalizado y digitalmente conectado, la fabricación de productos personalizados y adaptados a las necesidades específicas de los clientes se ha vuelto esencial para el éxito competitivo. Las altas expectativas de los consumidores han generado una mayor diversidad de variantes, lo que aumenta la complejidad en los entornos de producción. Para enfrentar este reto y reducir dicha complejidad, el Sistema de Producción de Toyota (TPS) ofrece una solución eficaz. Este enfoque, que busca eliminar desperdicios en la cadena de valor y reducir los tiempos de entrega, ha permitido a Toyota alcanzar un liderazgo global en la industria automotriz. Hoy en día, el TPS, también conocido como fabricación esbelta (Lean Manufacturan, LM), es un estándar adoptado en diversas industrias. A su vez, la creciente complejidad en la fabricación ha dado lugar a la Industria 4.0 (I4.0), un campo emergente que busca mejorar la transparencia mediante la digitalización y conexión de todos los elementos en el proceso productivo. La integración de Lean Manufacturan e Industria 4.0 presenta soluciones prometedoras para afrontar los desafíos de la fabricación del futuro. (Mayr et al., 2018).

Lean Manufacturan y Lean Six Sigma son metodologías clave para optimizar procesos y mejorar la calidad en las organizaciones. Lean se enfoca en reducir el desperdicio al identificar actividades que no agregan valor, derivadas del Sistema de Producción Toyota (TPS). Aborda ocho tipos de desperdicio, incluyendo sobreproducción, exceso de inventario y defectos, con herramientas como 5S y Kanban que fomentan la eficiencia operativa. Por su parte, Six Sigma, originado en Motorola, busca mejorar procesos y reducir defectos al centrado en las características críticas de calidad para los clientes. Sus metodologías DMAIC (mejora de procesos existentes) y DMADV (diseño de nuevos procesos) permiten un enfoque estructurado para resolver problemas y prevenir fallas.

Estas metodologías son fundamentales para desarrollar enfoques sistemáticos que maximizan la eficiencia, reducen costos y mejoran la satisfacción del cliente, sentando bases sólidas para la innovación y el análisis continuo en diversas industrias. (Chugani et al.,2017).

La implementación de Lean Manufacturan utiliza herramientas clave para optimizar procesos y eliminar desperdicios. El Value Stream Mapping (VSM) identifica cuellos de botella, mientras que el Takt Time ajusta la producción a la demanda. Métodos como SMED y Kanban optimizan tiempos y gestionan inventarios, respectivamente. La Tecnología de Grupo y la Fabricación Celular mejoran la eficiencia al agrupar piezas y procesos, apoyados por el diseño en U-Line, que optimiza el flujo de materiales y la comunicación. La Nivelación de Producción asegura uniformidad, evitando sobrecargas, mientras que la Calidad en la Fuente garantiza estándares desde el inicio. Finalmente, la Mejora Continua permite la adaptación constante, fortaleciendo la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción. (Sundar et al., 2014).

Lean y Six Sigma son metodologías clave para alcanzar objetivos ambientales, sociales y económicos mediante la eliminación de desperdicios y la optimización de recursos. En el ámbito ambiental, Lean minimiza las actividades que no agregan valor, reduciendo residuos, mientras que Six Sigma optimiza cadenas de suministro sostenibles y mejora el rendimiento con herramientas estadísticas. Integradas con tecnologías de la Industria 4.0, promueven prácticas sostenibles y una mejora continua. En lo económico, su implementación genera ahorros significativos y aumenta la rentabilidad empresarial. Socialmente, mejoran la calidad del producto y la satisfacción del cliente, fomentando además la responsabilidad social corporativa. Estas metodologías son esenciales para promover prácticas sostenibles en la industria moderna, beneficiando al medio ambiente, la economía y la sociedad. (Powell et al.,2017).

Lean y Six Sigma impulsan la sostenibilidad y eficiencia, contribuyendo a objetivos ambientales, sociales y económicos. Ambientalmente, reducen desperdicios, optimizan el uso de energía, promueven materiales sostenibles y tecnologías innovadoras, mejorando el ciclo de vida del producto y facilitando certificaciones como ISO 14001. Socialmente, mejoran condiciones laborales, fomentan la participación, desarrollan habilidades y refuerzan la responsabilidad social corporativa, beneficiando empleados y comunidades. Económicamente, disminuyen los costos, aumentan la rentabilidad y la productividad, y aseguran la estabilidad financiera. En la Industria 4.0, destacar por integrar tecnologías avanzadas, promover la mejora continua y adaptarse rápidamente, permitiendo a las empresas ser competitivas, sostenibles y enfocadas en el cliente. (Dombrowski et al.,2017).

Competitividad en mercados globalizados

La implementación de Lean y Six Sigma ofrece ventajas estratégicas clave, especialmente para PYMES. Estas metodologías mejoran la eficiencia operativa y reducen costos al eliminar desperdicios y optimizar procesos. Además, incrementa la satisfacción del cliente mediante productos de calidad y entregas más rápidas, fomentando la lealtad. Facilitan la toma de decisiones basadas en datos, promueven la adaptabilidad al cambio y aumentan la competitividad. También contribuye al desarrollo de habilidades en los empleados y promueven la sostenibilidad al reducir el impacto ambiental.

Su adaptabilidad permite su aplicación en diversos sectores, desde la fabricación hasta los servicios, incluidas regiones en desarrollo, gracias a herramientas intuitivas, flexibilidad en la implementación y enfoque en la mejora continua. (Choudhary et al.,2017).

La implementación de Lean y Six Sigma ofrece múltiples ventajas estratégicas, especialmente en mercados globalizados. Estas metodologías mejoran la eficiencia operativa al eliminar desperdicios, aumentan la calidad al reducir la variabilidad y fomentan la satisfacción del cliente mediante productos superiores y entregas más rápidas. También fortalecen la flexibilidad, la gestión de recursos y la innovación, promoviendo una cultura de mejora continua que impulsa la rentabilidad y una ventaja competitiva sostenible. Su adaptabilidad permite su aplicación en diversos sectores e incluye personalización según necesidades específicas. En países en desarrollo, promueven la capacitación local, la optimización de la cadena de suministro y la sostenibilidad, incrementando la competitividad en los mercados globales. (Al-Shboul et al.,2017).

Las tecnologías emergentes e integración en la Industria 4.0 IoT, Big Data, Blockchain, IA, y otras tecnologías avanzadas actúan como habilitadores claves del enfoque Lean en la Industria 4.0. IoT recopila datos en tiempo real, Big Data optimiza decisiones, Blockchain garantiza la trazabilidad, y la IA automatiza procesos y predice fallos. Digital Twins simulan operaciones, mientras la computación en la nube facilita la gestión de datos. La ciberseguridad protege los sistemas, y la realidad aumentada mejora la capacitación. Estas herramientas eliminan desperdicios y fomentan la mejora continua.

La digitalización transforma procesos, impulsa la eficiencia, mejora la toma de decisiones basada en datos, fomenta nuevos modelos de negocio, y promueve la agilidad y formación continua. (Trakadas et al., 2020). Las tecnologías emergentes, como IoT, Big Data, Blockchain y la automatización, juegan un papel clave en la Industria 4.0 para mejorar la eficiencia, optimizar procesos y reducir desperdicios. IoT permite la recopilación de datos en tiempo real, mientras que Big Data ayuda a analizar grandes volúmenes de información para mejorar la toma de decisiones. Blockchain asegura la transparencia en las cadenas de suministro, y la automatización reduce los errores. Además, la digitalización transforma las organizaciones mediante un cambio cultural, mejor comunicación, toma de decisiones basadas en datos, y mayor flexibilidad, lo que fomenta la innovación, optimiza la experiencia del cliente y mejora la competitividad (Tortorella et al.,2020).

La implementación de Lean Six Sigma enfrenta desafíos como la resistencia al cambio organizacional, causada por falta de comprensión, miedo a lo desconocido y culturas empresariales tradicionales. Además, la falta de apoyo de la alta dirección, capacitación inadecuada y desconfianza en los resultados dificultan su adopción. En las PYMES, las barreras incluyen limitaciones financieras, escasez de recursos humanos y conocimiento especializado, así como dificultades para medir beneficios y priorizar iniciativas de mejora continua. Estas empresas suelen centrarse en resultados a corto plazo, limitando estrategias sostenibles. Superar estas barreras requiere capacitación constante, recursos adecuados y un cambio cultural que facilite la adopción de Lean Six Sigma (Diaz et al., 2013).

La implementación de Lean Six Sigma enfrenta desafíos clave, especialmente en las PYMES. La resistencia al cambio organizacional surge por culturas tradicionales, falta de comprensión y comunicación inefectiva. La capacitación continua es esencial, ya que la falta de formación limita la adopción de estas metodologías. Barreras financieras, como presupuestos reducidos, dificultan inversiones en herramientas y formación. Además, el compromiso insuficiente de la alta dirección y la gestión inadecuada del cambio complican su implementación. La percepción diferencial de barreras y la falta de métricas claras para medir resultados también afectan. Superar estos desafíos de liderazgo requiere sólida, una cultura de mejora continua, comunicación efectiva y estrategias bien definidas (Lodgaard et al., 2016).

Los patrones de éxito en la implementación de metodologías Lean y sostenibles destacan casos en sectores como fabricación, logística, salud y minería. En fabricación, empresas como Honda han integrado Lean Manufacturing para mejorar prácticas ambientales. En logística, JIT y la reducción de tiempos de ciclo han optimizado recursos. En salud, las metodologías de mejora continua han optimizado procesos y reducidos costos, mientras que en minería se enfocan en prácticas sustentables y desarrollo de productos eco amigables. Los factores clave incluyen el involucramiento de todos los niveles organizacionales, metas sostenibles claras, capacitación constante, documentación precisa y adaptación a contextos locales. Estas prácticas aseguran escalabilidad y replicabilidad en diversos sectores industriales (Longoni & Cagliano, 2015).

La implementación de metodologías Lean en sectores como fabricación, logística, salud y minería ha demostrado ser efectiva. En fabricación, se utiliza el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) para eliminar desperdicios; en logística, se optimizan flujos operativos; en salud, se reducen los tiempos de espera; y en minería, se emplea TPM para maximizar la eficiencia de equipos. Herramientas como Lean Manufacturing, 5S, SMED y análisis OEE son claves para mejorar procesos. Los factores críticos incluyen el compromiso del personal, el liderazgo efectivo, la cultura de mejora continua y la medición de resultados. La adaptabilidad de las herramientas y la comunicación efectiva garantizan la escalabilidad y sostenibilidad de las mejoras implementadas (Oliveira et al., 2017).

La cultura de mejora continua es esencial para la sostenibilidad de los cambios organizacionales. Las reuniones semanales fomentan la participación de los empleados, generando valiosas sugerencias y reduciendo desperdicios, lo que contribuye a la eficiencia operativa. Empresas como Rockwell Automación destacan los beneficios financieros derivados de la mejora continua. Un liderazgo comprometido es crucial, al igual que la capacitación constante para desarrollar habilidades en los empleados, lo que mejora la flexibilidad y la moral. Es fundamental superar la resistencia al cambio, involucrando a los empleados en el proceso. Además, el reconocimiento de logros y la evaluación continua del desempeño aseguran la efectividad y sostenibilidad de los esfuerzos de mejora (Hodge et al., 2011).

La cultura de mejora continua es esencial para la sostenibilidad de los cambios organizacionales, promoviendo adaptabilidad, compromiso del personal, innovación constante, estandarización de procesos y enfoque en el cliente. Facilitar la medición y análisis de resultados, desarrollo de habilidades y cohesión organizacional. El liderazgo efectivo es clave para el éxito, destacando la importancia de una visión clara, empoderamiento de equipos, comunicación abierta, reconocimiento, desarrollo de líderes y gestión proactiva del cambio.

Además, fomenta una cultura de confianza y diversidad, y alinea los objetivos individuales con las organizacionales, lo que permite implementar cambios sostenibles a largo plazo (Zhu & Sarkis, 2004).

Finalmente, tras revisar las principales contribuciones en esta línea de trabajo, se identifica una oportunidad de desarrollo en el hecho de que no existe, para el caso de las grandes y pequeñas empresas chilenas, información suficiente o certeza respecto del grado de madurez en innovación sostenible dentro de la integración de Lean Manufacturing e Industria 4.0. Esto permite plantear la siguiente contribución para este proyecto de grado: la aplicación integrada de Lean Manufacturing e Industria 4.0 en grandes y pequeñas empresas chilenas, explorando su viabilidad y beneficios potenciales en términos de eficiencia operativa, digitalización y sostenibilidad.

1.3 Contribución del trabajo

Habiendo recorrido las bases teóricas que son fundamentales para este estudio, en este sentido, este trabajo contribuye al análisis de cómo las estrategias Lean Manufacturing y Lean Six Sigma (LSS) pueden ser implementadas en organizaciones manufactureras, incluidas las pymes, para enfrentar los desafíos de baja calidad, altos costos y tiempos de entrega prolongados

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, este trabajo considera los siguientes como objetivo general y objetivos específicos para este trabajo de tesis.

1.4 Objetivo general

Evaluar las tendencias, enfoques metodológicos y resultados de investigaciones relacionadas con la implementación de Lean Manufacturing, Lean Six Sigma y metodologías de mejora continua en sectores industriales y de servicios durante el período 2004-2024, para la identificación de patrones de éxito, desafíos recurrentes y oportunidades de mejora en el contexto de la gestión de procesos y sostenibilidad organizacional, integrando las perspectivas globales y locales para proponer estrategias adaptativas alineadas con las demandas de la Industria 4.0.

1.4.1 Objetivos específicos

- Analizar las principales tendencias y enfoques metodológicos utilizados en investigaciones sobre Lean Manufacturing, Lean Six Sigma y metodologías de mejora continua entre 2004 y 2024, considerando su aplicación en distintos sectores industriales y de servicios, tanto a nivel global como local.
- Identificar los resultados más relevantes, factores de éxito y desafíos comunes reportados en la implementación de estas metodologías, evaluando su impacto en la eficiencia operativa, la gestión de procesos y la sostenibilidad organizacional.

- Proponer estrategias adaptativas basadas en la sistematización de hallazgos y buenas prácticas detectadas, considerando los requerimientos de la Industria 4.0 y las particularidades de los contextos organizacionales locales y globales.

1.5 Propuesta metodológica

Se analizaron 56 artículos originales de investigación publicados en revistas: Ingeniería, gestión industrial aplicaciones y proyectos, entre enero del año 2004 y diciembre del 2024. Los criterios de selección de las revistas fueron: acceso a través de Internet, inglés como idioma principal y acceso virtual a artículos originales completos desde la plataforma de la universidad. Los criterios de inclusión de los artículos fueron: artículos académicos sobre diseños observacionales, experimentales y analíticos, utilización de metodologías cualitativas, cuantitativas y mixtos.

Todos los artículos que cumplieron los criterios de elegibilidad fueron sometidos a un análisis de contenido realizado por el investigador, aplicando como instrumento de recolección una hoja de registro que resumió los siguientes aspectos: año de publicación, país de origen de la revista, origen institucional de los autores, metodología, objetivos, sujetos de estudio, tema de investigación y área de aplicación del estudio.

Las variables del estudio se operacionalizaron de acuerdo con las siguientes categorías de respuestas:

- a) Base de datos y palabras claves: Web of Science; Lean Manufacturing, Continuous Improvement, Process Optimization, Industrial Competitiveness, Operational Efficiency.
- b) Año de publicación: 2004 al 2024. Se comienza a partir del año en que cada una de las revistas presentan acceso a los artículos completos a través de su versión electrónica.
- c) Área temática: Se centran en los estudios sobre Lean Manufacturing y Lean Six Sigma destacan su efectividad en mejorar la eficiencia operativa, reducir el desperdicio y optimizar los recursos. Aplicadas globalmente, potencian la sostenibilidad y la competitividad, integrándose con tecnologías de la Industria 4.0 y enfrentando desafíos culturales y gerenciales.
- d) Recolección de datos
 1. ¿Cuál es el tema central de los trabajos?
 2. ¿Cuál es el sujeto de estudio?
 3. ¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?
 4. ¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?
 5. ¿Cuál es la estrategia de implementación Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?
- e) Discusión de resultados
 6. ¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?
 7. ¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?
 8. ¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?

9. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el mercado actual que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?

La revisión de los artículos y su respectiva clasificación se realizó ordenando los contenidos de acuerdo con las variables del estudio. Este procedimiento se realizó a partir de la lectura completa del artículo y focalizando la atención en la sección material y método.

1.6 Organización y presentación de este trabajo

Este trabajo de grado posee cuatro capítulos principales y se organiza como sigue:

Capítulo 1: Presenta el marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución, y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Asociado a recogida de información, modelos y datos. También explicita resultados.

Capítulo 3: El proyecto de grado, se presenta en formato resumido en un artículo académico que se estructura de la siguiente manera:

1. Título
2. Resumen
3. Introducción
4. Metodología
5. Resultados
 - a. Discusión de resultados
 - b. Discusión de resultados
 - b. Discusión de resultados
 - c. Análisis del grado de madurez
6. Conclusiones
7. Referencias

Capítulo 4: Finalmente las conclusiones generales derivadas de este trabajo, y una dirección para la investigación futura, la cual considera aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de este trabajo, se presentan en este capítulo.

Referencias generales

Anexos

2 INFORMACIÓN Y RESULTADOS

Para abordar este trabajo de investigación se ha optado por una aproximación cualitativa, la que permite considerar la siguiente estructura para la presentación de la información y sus análisis.

2.1 Procedimiento de recogida y análisis de datos

Esta investigación analiza la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma en diversas organizaciones, centrándose en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la mejora continua. Para ello, se examinaron diversos artículos que mostraban cómo herramientas como 5S y Kaizen impactaban en la reducción de desperdicios y costos operativos. Entre el 05 de diciembre de 2024 y 15 de enero de 2025, se recolectaron 30 artículos, mientras que entre el 16 de enero de 2025 y 30 de enero de 2025, se recolectaron 26 artículos. La selección de los artículos se basó en investigaciones disponibles en línea en Web of Science de manera gratuita, redactadas en inglés.

Para recoger información se utilizó el cuestionario de dos etapas: la primera etapa para el análisis de los artículos y la segunda para la discusión de los resultados. Este instrumento completo consta de nueve preguntas, todas respuestas abiertas, de la misma forma como se muestra en la tabla siguiente.

ANÁLISIS DE DATOS

1. ¿Cuál es el tema central de los trabajos?
2. ¿Cuál es el sujeto de estudio?
3. ¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?
4. ¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?
5. ¿Cuál es la estrategia de implementación Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6. ¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?
7. ¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?
8. ¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?
9. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el mercado actual que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?

2.2 Los datos recogidos:

La agrupación de resultados por categorías claves, agrupando la información para su posterior análisis queda dada por la siguiente tabla.

Ítems	Categoría
1. Tema Central de los Trabajos	Incremento en eficiencia operativa mediante Lean Manufacturing (LM) y Lean Six Sigma (LSS).
	Integración de prácticas Lean con tecnologías avanzadas para fomentar la sostenibilidad organizacional.
	Resistencia al cambio y falta de apoyo gerencial como barreras principales.
2. ¿Cuál es el sujeto de estudio?	Lean Manufacturing (LM): Optimización de procesos y eliminación de residuos.
	Sinergias entre tecnologías avanzadas y metodologías Lean.
	Aplicación en sectores diversos como manufactura, industria alimentaria y PYMES.
3. ¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?	Cuantitativa
	Cualitativa
	Mixta
	No se menciona
4. ¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?	industriales: Fabricación, automotriz, metalurgia, electrónica, textil y alimentación (enfocados en calidad, eficiencia y sostenibilidad).
	Europa y América del Norte: Uso avanzado de LM y LSS en industrias competitivas y sostenibles.

	PYMES y Países en Desarrollo: Retos como resistencia al cambio, falta de recursos y necesidad de capacitación estratégica.
5. ¿Cuál es la estrategia de implementación Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?	Cultura Organizacional: Fomentar una cultura de mejora continua y eficiencia es esencial para el éxito.
	Enfoques Híbridos: Integración de metodologías para promover la sostenibilidad.
	Gemelos Digitales y Robótica: Optimización de procesos y mayor flexibilidad en la producción.
6. ¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?	Tecnología Avanzada: La integración de Big Data e IoT mejora la toma de decisiones, impulsando la eficiencia operativa y la estandarización de procesos.
	Impacto Variable: Aunque el impacto ambiental es variable, las metodologías tienen un potencial significativo para promover la sostenibilidad
	Rentabilidad y Estabilidad: Estas metodologías generan ahorros y aumentan la rentabilidad, contribuyendo a la estabilidad financiera.
7. ¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?	Miedo a lo Desconocido: Los empleados pueden temer a los impactos negativos en sus roles y responsabilidades, lo que genera resistencia.
	Escasez de Personal Capacitado: La falta de personal con la formación adecuada es una barrera clave para la implementación efectiva.

	Normativas Complejas: Las normativas complicadas, especialmente en sectores regulados, pueden frenar la implementación de prácticas Lean.
8. ¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?	Falta de Capacitación: La carencia de expertos capacitados y formación adecuada limita el éxito de Lean en sectores específicos.
	Planificación Estratégica: Se recomienda una planificación estratégica que incluya formación continua y compromiso de la alta dirección.
	Mejora de la Eficiencia Operativa: Estas metodologías optimizan recursos, reducen desperdicios y mejoran la eficiencia en varios sectores
9. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el mercado actual que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?	Implementación de Lean Manufacturing y Six Sigma: Mejora de la eficiencia operativa y calidad del producto mediante la reducción de desperdicios y la optimización de recursos.
	Responsabilidad social corporativa: Mejorar las condiciones laborales y fomentar la participación en iniciativas de sostenibilidad.
	Innovación y colaboración: Fomentar la innovación y establecer relaciones sólidas con proveedores y clientes para mejorar la calidad y eficiencia.

2.3 Discusión de resultados

Análisis Bibliométrico

La Tabla I muestra el peso productivo de artículos de investigación por años y la evolución sostenida por país de esa producción, mientras que la Ilustración I muestra la distribución global de las contribuciones agrupadas por conceptos generales. La identificación de los trabajos utilizados en este estudio de corte transversal se individualiza en la Tabla II, mientras que en la Ilustración II se muestra

la distribución de artículos por año. Finalmente, la Ilustración III muestra la distribución de artículos por revista.

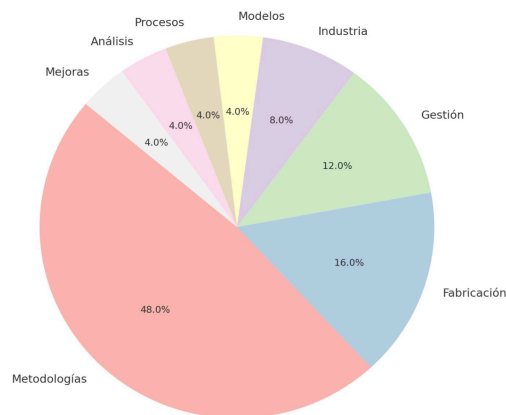
De los 56 artículos publicados en el período analizado, el 41% de ellos fueron aportados por las revistas europeas, seguido 11% sudamericanas, 34% asiáticas y 9% norteamericanas y africanas 5%. Las publicaciones analizadas muestran una importante fragmentación, con un 58% de los artículos distribuidos en diversas revistas que aportan solo una publicación. En este contexto, las revistas europeas lideran la producción científica con el 41% de los artículos, seguidas por las asiáticas (34%), sudamericanas (11%), norteamericanas (9%) y africanas (5%). Este predominio europeo sugiere un enfoque basado en modelos matemáticos y gestión industrial.

Tabla I: Representación de la producción de artículos de investigación años y país.

Continente												
Año de publicación	America del Norte		America del Sur		Europa		Asia		África		N	%
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
2004-2006							1	5%			1	
2007-2009							1	5%			1	
2010-2012	1	20%					2	11%			3	
2013-2015	2	40%			4	17%	1	5%			7	
2016-2018			1	17%	8	35%	4	21%			13	
2019-2021	1	20%	4	67%	8	35%	10	53%	3	100%	26	
2022-2024	1	20%	1	17%	3	13%					5	
Total n/%	5	9%	6	11%	23	41%	19	34%	3	5%	56	100%

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración I: Gráficos circular: Distribución global de conceptos generales



Fuente: Elaboración propia.

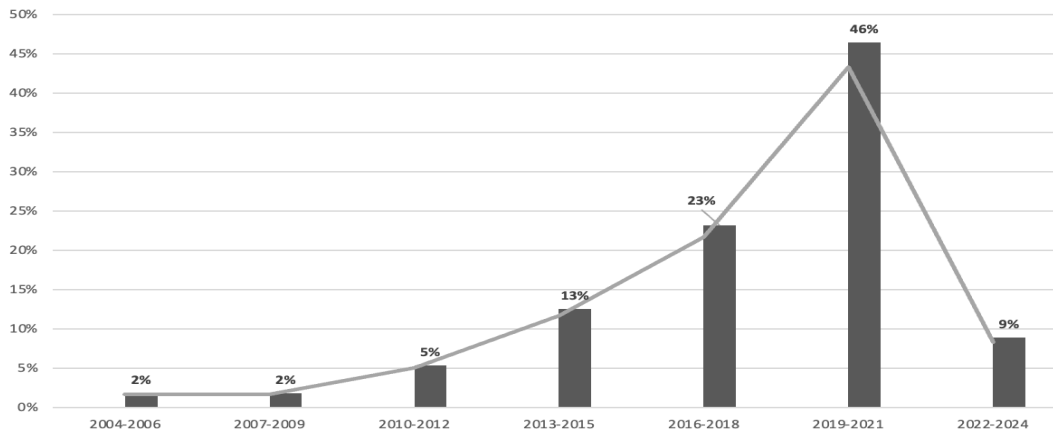
Tabla II: Artículos seleccionados

On the adoption of lean manufacturing principles in process industries (Panwar et al., 2015)	Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments (Diaz et al., 2013)	Adapting lean manufacturing principles to the textile industry (Hodge et al., 2011)
Big data in lean six sigma: a review and further research directions (Gupta et al., 2019)	Critical Success Factors for Lean Manufacturing: A Systematic Literature Review an International Comparison between Developing and Developed Countries (Zargun & Ashaab,2013),	The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai manufacturing sector (Piyathanavong et al., 2019)
The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations (Garza et al., 2018)	The Impact of Lean Management Practices and Sustainably-Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium-Sized Enterprises: Empirical Evidence from the UK (Dey et al., 2019)	Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review (Chugani et al., 2017)
An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K (Choudhary et al., 2019)	The effect of supply chain management practices on supply chain and manufacturing firms' performance (Al-Shboul et al., 2017)	An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. (Choudhary et al., 2019)
Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies (Yadav et al., 2019)	Adoption of Integrated Lean-Green-Agile Strategies for Modern Manufacturing Systems (Mittal et al., 2017)	Does lean and sustainable manufacturing lead to Industry 4.0 adoption: The mediating role of ambidextrous innovation capabilities (Dixit et al., 2021)

Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs (Sahoo,2020)	Lean manufacturing in developing countries: evidence from Indian SMEs (Panizzolo et al., 2012)	Drivers for the adoption of integrated sustainable green lean six sigma agile manufacturing system (ISGLSAMS) and research directions (Hariyani, & Mishra,2022)
Determinants and barriers of implementing lean manufacturing practices in MSMEs: a behavioural reasoning theory perspective (Sahu et al., 2021)	Investigating the enablers associated with implementation of Green Lean Six Sigma in manufacturing sector using Best Worst Method (Kaswan & Rathi,2020)	Evaluating critical failure factors for implementing sustainable lean six sigma framework in manufacturing organization: A case experience (Swarnakar et al., 2020)
A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors (Rathi et al., 2021)	A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques (Sundar et al., 2014)	Supplier integration strategy for lean manufacturing adoption in electronic-enabled supply chains (So & Sun,2010)
Lean Manufacturing and Environmental Sustainability: The Effects of Employee Involvement, Stakeholder Pressure and ISO 14001 (Chen et al., 2020)	The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda (Buer et al., 2018)	Key Practice Areas of Lean Manufacturing (YC Wong et al., 2009)
The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications (Abu et al., 2009)	Implementation of lean production practices and manufacturing performance: The role of lean duration (Wickramasinghe, & Wickramasinghe,2017)	Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools (Dresch et al., 2018)
Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises (Zhu & Sarkis,2004)	Lean manufacturing and business performance: testing the S-curve theory (Negrão et al., 2019)	A geographic picture of Lean adoption in the public sector: Cases, approaches, and a refreshed agenda (Lukrafka et al., 2020)
Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance	Analysing the influence of organisational culture and leadership styles on the implementation of lean	Factors for Effective Implementation of Lean Manufacturing Practice in Selected Industries in Tanzania (Kafuku,2019)

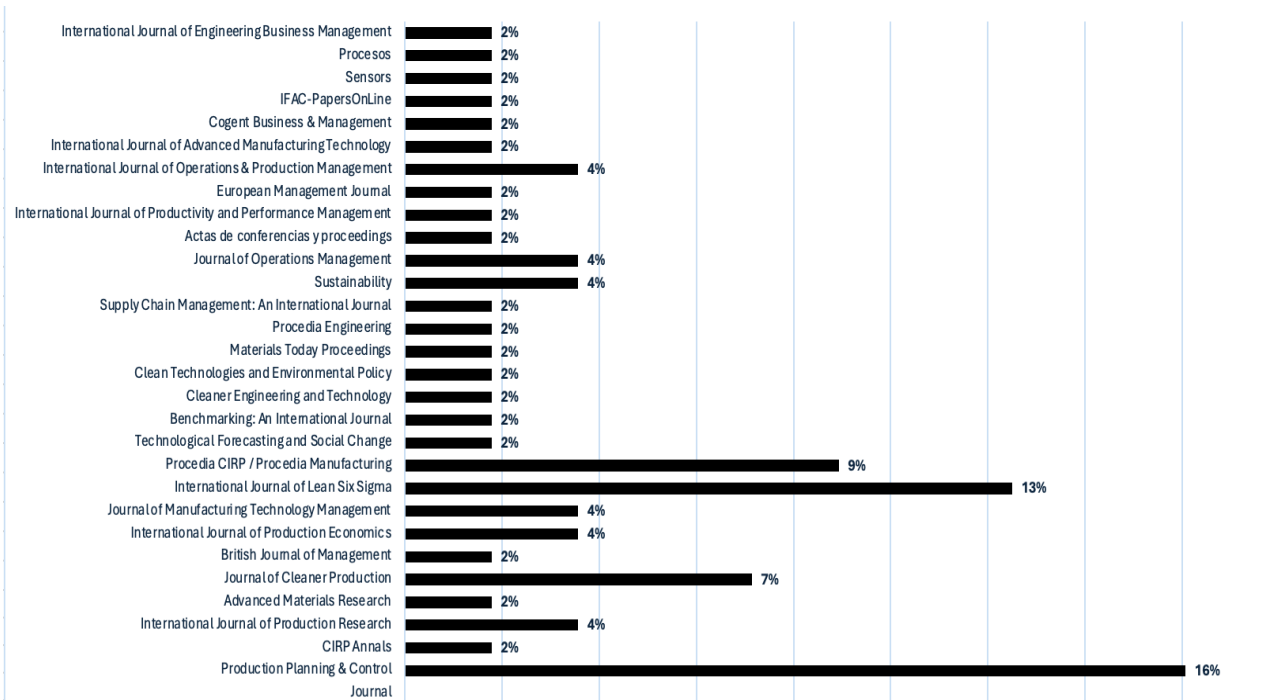
improvement (Tortorella et al., 2019)	manufacturing (Tortorella et al., 2020)	
Measuring the impact of lean practices on manufacturing performance – case study from the process industry (Kovács et al., 2020)	Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance (Maware & Adetunji,2019)	Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance (Pawlik et al., 2022)
A systematic literature review of lean six sigma adoption in European organizations. (Panayiotou & Stergiou,2020)	An Artificial Intelligence-Based Collaboration Approach in Industrial IoT Manufacturing: Key Concepts, Architectural Extensions and Potential (Trakadas et al., 2020)	Lean implementation: analysis of individual-level factors in a biopharmaceutical organisation. (Duggan et al., 2022)
Marco para la adopción estratégica de la Industria 4.0: un enfoque en los sistemas inteligentes (Serey et al., 2023)	Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits (Díaz- et al., 2022)	Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives. (Ejsmont et al., 2020)
Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. (Bortolotti et al., 2014)	Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies (Chiarini & Kumar ,2020)	Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies (Kolberg & Zühlke,2015)
barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers. (Lodgaard, et al., 2016)	Continuous improvement through «Lean Tools»: An application in a mechanical company. (Oliveira et al., 2017)	Cross-functional executive involvement and worker involvement in lean manufacturing and sustainability alignment. (Longoni & Cagliano, 2015)
Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. (Mayr et al.,2018)	Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. (Dombrowski et al., 2017)	Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. (Powell et al., 2017)
The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Six Sigma and Green Manufacturing on	A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors (Singh & Rathi,2018)	

Ilustración II: Evolución temporal de la productividad científica y distribución porcentual respecto al total.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración III: Distribución de publicaciones por revista.



Fuente: Elaboración propia.

2.4 Discusión de resultados

Esta sección ofrece una descripción general de los 56 artículos analizados, discutiendo su alcance, principales contribuciones y las limitaciones destacadas por los respectivos autores.

Lukrafka et al. (2020) examina la aplicación de Lean en el sector público, centrándose en la optimización de procesos y su impacto social. Identifica barreras como la falta de conocimiento y el enfoque en resultados a corto plazo. Destaca la necesidad de adaptar Lean a factores culturales y políticos, así como analizar diferencias regionales y herramientas utilizadas en gobiernos. Aunque su adopción ha crecido, su percepción de valor sigue siendo poco explorada.

Sundar et al. (2014) abordan cómo Lean Manufacturan mejora la eficiencia reduciendo desperdicios mediante herramientas como VSM, Kanban, SMED y el sistema Pull. Su éxito depende de una implementación estructurada y una planificación adecuada. Se propone una hoja de ruta para garantizar sostenibilidad y evitar problemas. Los principales desafíos incluyen la falta de dirección y planificación. Se sugiere investigar estructuras alineadas con el sistema Pull EPEI para optimizar su aplicación en entornos dinámicos

Panayiotou & Stergiou (2020) examinan la aplicación de Lean Six Sigma (LSS) en Europa mediante el análisis de 58 artículos, destacando sectores como finanzas, salud, telecomunicaciones y manufactura. Resalta el uso de DMAIC y DMADV, junto con herramientas como gráficos de control y análisis de causa raíz. Los principales beneficios incluyen reducción de costos y mejora en calidad y eficiencia. Entre las limitaciones, se menciona el acceso restringido a publicaciones y el enfoque en empresas europeas. Se recomienda explorar nuevas aplicaciones y conectar LSS con otros métodos de mejora.

Hodge et al. (2011) examina la aplicación de fabricación esbelta en la industria textil de EE. UU., enfocándose en herramientas como 5S, VSM, JIT y gestión visual. Se analizaron 11 empresas, evidenciando mejoras en eficiencia, costos, calidad y tiempos de entrega. Las principales barreras fueron la resistencia al cambio y la falta de capacitación. La adopción de estos principios optimiza la productividad y competitividad, beneficiando la satisfacción del cliente.

Mittal et al. (2017) exploran cómo las estrategias de fabricación moderna se utilizan para optimizar recursos y reducir desperdicios, mejorando la sostenibilidad. Métodos como MOORA y VIKOR, junto con indicadores de rendimiento, facilitan la toma de decisiones. La combinación de estos enfoques mejora la eficiencia, competitividad y permite enfrentar desafíos industriales actuales.

Trakadas et al. (2020) explora innovaciones en IA, ciberseguridad y fabricación inteligente, destacando el aprendizaje federado para proteger datos y evaluar detección de amenazas en sistemas industriales. En Industria 4.0, resalta gemelos digitales, mantenimiento predictivo e interoperabilidad. También compara computación en el borde y en la nube para IoT. La integración tecnológica es clave para mayor seguridad y eficiencia industrial.

Tortorella et al. (2020) desarrollan un estudio sobre la adopción de Lean Manufacturan en empresas brasileñas el cual revela que la cultura organizacional y el liderazgo afectan su implementación. Se identifican cuatro estilos de liderazgo vinculados a enfoques de LM, destacando que las empresas exitosas aplican prácticas suaves para su sostenibilidad. Adaptar la cultura y el liderazgo es clave para el éxito a largo plazo.

Sahoo (2020) establece que las PYMES automotrices en India implementan prácticas lean de manera fragmentada para mejorar calidad, costos y eficiencia. Destacan fabricación celular, TPM y 5S, pero enfrentan barreras como resistencia cultural y falta de liderazgo. Se recomienda compromiso directivo, capacitación y colaboración para optimizar el desempeño y la competitividad.

Diaz et al. (2013) explora la aplicación de estrategias como reducir los tiempos de configuración, mejorar la calidad, optimizar la disponibilidad de máquinas, extender la vida útil de herramientas y reducir el tamaño de lotes. Las estrategias verdes se centran en disminuir el consumo de energía y mejorar la eficiencia. Estas acciones podrían reducir los costos de producción en un 10,8%, con un 4,7% de ahorro gracias a las estrategias verdes. Combinando ambos enfoques, se optimizan los costos y se promueve la sostenibilidad. La planificación adecuada es esencial para el éxito a largo plazo.

Lodgaard et al. (2016) revela que las barreras para la implementación de Lean varían según el nivel jerárquico: los directivos mencionan la falta de conocimiento y herramientas, mientras que los trabajadores señalan problemas de gestión. El estudio, realizado en una empresa en Noruega, identificó estas percepciones mediante entrevistas y observaciones. Se sugiere más investigación para mejorar la generalización de los resultados y considerar las perspectivas de diferentes grupos, ya que comprender estas diferencias es clave para una implementación.

Gupta et al. (2019) analiza cómo Big Data mejora la toma de decisiones en Lean Six Sigma (LSS), revisando 52 estudios sobre su aplicación en cada fase. Identifica desafíos como integración, seguridad y sostenibilidad, además de 19 brechas y 21 aspectos clave para futuras investigaciones. Concluye que Big Data optimiza los procesos de LSS y beneficia a las organizaciones.

Oliveira et al. (2017) establece cómo los estudios sobre Lean Manufacturan resaltan la eliminación de desperdicios, como sobreproducción y defectos, para maximizar el valor al cliente. Herramientas como VSM, Kaizen y TPM mejoran la eficiencia en el Gemba. Además, integrar Lean con tecnologías de Industria 4.0 es clave para la competitividad y sostenibilidad.

Zargun & Ashaab (2013) establece que la fabricación Lean busca maximizar el valor para el cliente al minimizar los desperdicios. Su éxito depende del compromiso de la alta dirección, la adaptación cultural, la capacitación continua y una estructura organizativa adecuada. Entre los beneficios están la reducción de desperdicios, la mejora de la productividad y la satisfacción del cliente. Las barreras incluyen falta de comprensión, resistencia al cambio, recursos limitados y estructuras rígidas. Medir los resultados es clave para evaluar el progreso y éxito de su implementación.

Longoni & Cagliano (2015) examina cómo el involucramiento de ejecutivos y trabajadores influye en la alineación de la fabricación lean con los objetivos de sostenibilidad ambiental y social. Un alto involucramiento de ambos facilita esta alineación, mejorando el rendimiento sostenible. Los modelos organizacionales avanzados muestran mejores resultados que los tradicionales. Además, prácticas como JIT, TQM y TPM deben alinearse con la sostenibilidad. Se concluye que la colaboración entre todos los niveles organizacionales es clave para mejorar la sostenibilidad.

Sahu et al. (2021) muestra que la implementación de prácticas de manufactura esbelta (LMP) en MIPYMES está en aumento, pero enfrenta barreras en países en desarrollo, como la resistencia al cambio, falta de formación y recursos limitados. Las motivaciones para adoptarlas incluyen mejorar la competitividad, reducir costos y mejorar la calidad. El estudio resalta que un mayor nivel educativo facilita la adopción de LMP y que los motivos a favor influyen positivamente en las actitudes y las intenciones de adopción. La capacitación y el apoyo de la dirección son claves para superar estos obstáculos.

Yadav et al. (2019) establece que las herramientas claves de Lean Manufacturan incluyen 5S, mapeo de la cadena de valor, análisis de desperdicios, gestión de calidad total y fabricación celular. Los desafíos principales son la remanufactura, la eficiencia ecológica y la redistribución de la producción en economías emergentes. Se han implementado estrategias como Kaizen y reducción del tiempo de ciclo para mejorar la eficiencia. En el sector salud, Lean se utiliza para optimizar procesos. Investigaciones recientes analizan el impacto de la complejidad ambiental, asignación de trabajadores y revisión sistemática sobre Lean Manufacturan.

Dixit et al. (2021) muestra que la adopción de Industria 4.0 (I4.0) está impulsada por la fabricación lean y sostenible, pero influenciada por la ambidextría innovadora. La sostenibilidad aumenta la adopción en un 24,3%. El estudio validó la relación entre fabricación e I4.0, destacando beneficios como mayor eficiencia operativa, mejor comunicación y toma de decisiones innovadoras. La integración de fabricación sostenible y lean, junto con un enfoque en ambidextría innovadora, es crucial para maximizar la adopción y el rendimiento organizacional.

Hariyani & Mishra (2022) argumentan que la sostenibilidad en la fabricación se logra integrando enfoques lean y green, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental. Estas prácticas optimizan el desempeño ambiental y financiero, además de fortalecer la responsabilidad social y la competitividad. Los incentivos económicos y regulatorios son clave para su adopción, y las alianzas estratégicas junto con indicadores de desempeño facilitan su implementación. A pesar de los beneficios, las empresas enfrentan desafíos como la resistencia al cambio y la falta de conocimiento.

Swarnakar et al. (2020) expone que la implementación de Lean Six Sigma (LSS) enfrenta desafíos debido a 26 factores críticos de fracaso (CFF) identificados en la industria fabricante. Se utilizó el Modelado Estructural Interpretativo Total (TISM) para evaluar las interrelaciones entre estos factores y proponer soluciones. Los hallazgos ayudan a los gerentes a abordar los problemas de manera sistemática, destacando estrategias para mitigar los CFF y mejorar la

implementación de LSS. Comprender estos factores es clave para lograr mejoras sostenibles y aumentar la satisfacción del cliente.

Pawlik et al. (2022) argumenta que la remanufactura es fundamental para una economía sostenible, pero enfrenta desafíos operativos que pueden superarse con prácticas Lean. Su aplicación mejora la eficiencia, reduce desperdicios y optimiza procesos, especialmente en la automoción. Sin embargo, la variabilidad de productos y los problemas en la planificación dificultan su implementación. Se han creado matrices para identificar oportunidades y mitigar estos desafíos. Personalizar las estrategias Lean es clave para maximizar su impacto en cada proceso de remanufactura.

Kafuku (2019) establece que la fabricación esbelta mejora la competitividad al eliminar desperdicios y optimizar recursos, promoviendo la sostenibilidad económica, ambiental y social. Su implementación depende de factores clave como planificación, desarrollo de productos, gestión del personal y relaciones con proveedores y clientes. Un estudio con Smart-PLS validó estos factores y su impacto en la eficiencia empresarial. Se recomienda adoptar enfoques lean para mejorar la responsabilidad corporativa y reducir el desperdicio, siendo esencial integrar estas prácticas para el éxito en la fabricación actual.

Serey et al. (2023) analiza la adopción de la Industria 4.0 a partir de 160 artículos, identificando como ejes clave la innovación en negocios y la gestión del cambio. Destacan desafíos como la eficiencia operativa, la rentabilidad y la experiencia del cliente. Además, resalta la importancia de estrategias digitales claras para las PYMES y sugiere investigar el impacto regional, la digitalización y los efectos de la pandemia en los modelos de negocio.

Wickramasinghe & Wickramasinghe (2017) examina el impacto de la producción lean en la industria textil de Sri Lanka, mostrando que su aplicación sostenida mejora el desempeño. A partir de una encuesta a 189 personas y datos recopilados durante siete meses, se identifican siete prácticas clave, como reducción de desperdicios, JIT y mejora continua. Los resultados indican que adoptar lean fortalece la eficiencia y competitividad, resaltando la importancia de un compromiso prolongado para maximizar los beneficios operativos.

Dresch et al. (2018) presenta un método para que las PYMES industriales en Brasil adopten Lean Manufacturing, aumentando su productividad y competitividad. Basado en el indicador OEE, cuenta con el respaldo de universidades y entidades gubernamentales. Se detectó que, aunque las empresas muestran interés, carecen de conocimientos para su implementación. La propuesta ofrece una guía práctica para identificar problemas y aplicar herramientas heurísticas, concluyendo que esta estrategia puede fortalecer su posicionamiento en el mercado.

Tortorella et al. (2019) analiza la relación entre Producción Lean e Industria 4.0 en 147 fabricantes brasileños, destacando su influencia en el rendimiento operativo. Señala desafíos como la inversión en tecnología y los cambios socioculturales. Basado en la teoría de contingencia, se concluye que no hay una solución única y los resultados dependen del contexto. Se recomienda capacitar al personal y profundizar en la investigación sobre su integración para mejorar la eficiencia.

Dombrowski et al., 2017 establecen que los Sistemas de Producción Lean (LPS) buscan optimizar procesos y eliminar desperdicios, mientras que la Industria 4.0 aprovecha la digitalización para enfrentar los retos del mercado actual. Su integración impulsa la mejora continua, optimiza recursos y facilita la adopción tecnológica, mejorando la eficiencia, flexibilidad y experiencia del cliente.

Singh & Rathi (2018) muestra que Green Lean Six Sigma (GLS) combina Lean, Six Sigma y sostenibilidad para optimizar procesos, reducir desperdicios y mejorar la rentabilidad. Sus ventajas incluyen mayor calidad y cumplimiento ambiental, aunque enfrenta retos como la falta de recursos y resistencia al cambio. Su implementación fortalece la competitividad y fomenta una producción más sostenible.

YC Wong et al. (2009) establecen que la fabricación esbelta, basada en el Sistema de Producción Toyota (TPS), optimiza la productividad eliminando desperdicios y ajustando la producción a la demanda. Se enfoca en reducir sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, procesamiento excesivo, inventarios excesivos, movimientos innecesarios y defectos. Su implementación abarca procesos, inventario, calidad y diseño de productos, aunque se sugieren nuevas áreas para mejorar su evaluación y adopción.

Mayr et al. (2018) muestra que la gestión lean, inspirada en el Sistema de Producción Toyota, elimina desperdicios y maximiza el valor para el cliente, mientras que la Industria 4.0 mejora la automatización y la conectividad. Su integración optimiza procesos como el flujo de valor y el mantenimiento productivo, aumentando la eficiencia y flexibilidad. Se requiere más investigación para desarrollar una "lean 4.0" que involucre a los empleados y evite errores previos.

Kolberg & Zühlke (2015) establece que los sistemas ciberfísicos (CPS) enfrentan retos en su diseño, control de materiales e interacción humano-máquina. Es crucial estandarizar interfaces y aplicar principios Lean, como Kanban electrónico y JIT, para mejorar la eficiencia. La integración de CPS con Lean busca optimizar la automatización, recolección de datos y mejora continua, además de asegurar flexibilidad y supervisión de fallos. No obstante, aún falta un marco integral para integrar completamente los CPS en la producción.

Duggan et al. (2022) analiza la implementación de prácticas lean en una empresa biofarmacéutica global, enfocándose en los factores individuales que afectan la disposición de los empleados hacia lean y su vinculación con el compromiso organizacional. Se identificaron factores como el apoyo directivo, la comunicación efectiva y el empoderamiento de los empleados. Los resultados muestran que la personalidad y el compromiso afectivo influyen en la adopción de lean. Se recomienda que las organizaciones tomen en cuenta estos aspectos para mejorar la implementación de lean.

Negrão et al (2019) abordan diversas prácticas y herramientas para mejorar la eficiencia operativa y el rendimiento empresarial, como Lean Manufacturing, JIT, TPM y Lean Six Sigma. También se mencionan métodos estadísticos y análisis estructurales, como el uso de R^2 y Q^2 para evaluar modelos. Se destacan las contribuciones de autores en áreas como planificación

de producción y economía circular. Se recomienda el uso de herramientas como SmartPLS y guías de análisis para profundizar en la gestión y análisis de datos.

Chen et al. (2020) argumenta que la fabricación sostenible utiliza herramientas Lean para mejorar procesos, como en la producción de componentes de motocicletas en Europa. Las prácticas Lean y la gestión ambiental están vinculadas, mejorando el rendimiento operativo y financiero. Sin embargo, en Brasil, las barreras culturales y la presión institucional dificultan su adopción. Casos como el de Honda de América muestran cómo Lean puede mejorar el rendimiento ambiental. Los estudios recientes resaltan la importancia del enfoque Lean en la sostenibilidad empresarial.

Maware & Adetunji (2019) muestra que la manufactura esbelta en Zimbabwe ha mejorado la producción en industrias como alimentos y farmacéutica, aplicando herramientas como JIT y Kaizen. Sus ventajas incluyen menor costo y mayor calidad, aunque enfrenta desafíos como la falta de formación y recursos. Superar estos obstáculos es esencial para su éxito.

Panizzolo et al. (2012) establece que la fabricación lean ha sido adoptada por PYMES en India para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la flexibilidad. Sin embargo, enfrentan desafíos como alta rotación de empleados y falta de capacitación. Casos como Maruti Suzuki y Ford India resaltan la importancia de la colaboración con proveedores y la formación continua. Aunque tiene potencial, la adopción de lean sigue siendo limitada por factores estructurales y culturales. Se recomienda mayor apoyo educativo y gubernamental para expandir su implementación.

Powell et al. (2017) muestra que el éxito de Lean Six Sigma (LSS) en una planta láctea en Noruega se basó en factores como el compromiso de la dirección, la medición de causas raíz, la comunicación efectiva y la inclusión de todos los sectores. Se empleó el enfoque VSM-DMAIC para identificar desperdicios en el manejo de la leche. Un estudio de campo longitudinal permitió observar cambios en tiempo real, con la participación de los investigadores y la creación de nuevos KPIs para mejorar los procesos, reduciendo desperdicios y promoviendo la mejora continua.

Chiarini & Kumar (2020) discute que la combinación de Lean Six Sigma (LSS) e Industria 4.0 optimiza la eficiencia operativa mediante automatización y tecnologías avanzadas, mejorando la sincronización e innovación en análisis. Sin embargo, enfrenta desafíos como resistencia al cambio, adaptación de sistemas ERP y escasa investigación. Para una integración efectiva, es esencial capacitar al personal y emplear herramientas como el VSM inteligente. Si se superan estos retos, la integración puede mejorar significativamente la excelencia operativa.

Rathi et al. (2021) establece que Lean Six Sigma (LSS) ha optimizado la atención médica al reducir tiempos de espera y errores, además de mejorar la cadena de suministro. Un análisis de 140 estudios respalda sus beneficios, aunque su adopción en países en desarrollo es baja por falta de conocimiento. Se sugiere más investigación en procesos médicos para ampliar su impacto.

Kovács et al. (2020) muestra que la implementación de prácticas Lean mejora el rendimiento en fabricación, aunque los procesos rígidos pueden dificultar su aplicación. Se identificaron tres áreas clave: capital de trabajo, velocidad en la cadena de suministro y costos. Un modelo de ecuaciones estructurales analizó cómo lean impacta el rendimiento, revelando efectos variables. Aunque los hallazgos aportan información valiosa, la investigación se limita a una empresa, reduciendo su generalización.

Panwar et al. (2015) discute que la aplicación de principios lean en la industria de procesos mejora la eficiencia al reducir desperdicios, optimizar la calidad y acortar tiempos de entrega. No obstante, enfrenta retos como la adaptación de prácticas y la escasez de estudios aplicables. Se sugiere profundizar en estrategias y factores externos para optimizar su implementación y aprovechar su potencial competitivo.

Díaz- et al. (2022) establece que el enfoque en eficiencia de producción busca minimizar paradas, desperdicios y costos, con énfasis en la producción bajo demanda utilizando sistemas como Kanban y Pull. Herramientas como TPM, QS y OPF mejoran la eficiencia operativa, mientras que también se observan beneficios en sostenibilidad económica y reducción de costos de energía y residuos. La pandemia impactó la recolección de datos, destacando la necesidad de adaptabilidad. La investigación se validó mediante encuestas y análisis descriptivo para garantizar la validez.

Zhu & Sarkis (2004) argumentan que la Gestión Verde de la Cadena de Suministro (GSCM) ha cobrado importancia en China tras su ingreso a la OMC, promoviendo mejoras ambientales y económicas. Se distingue entre gestión ambiental interna y externa, incluyendo la cooperación con socios comerciales. Aunque muestra beneficios en eficiencia y sostenibilidad, el estudio presenta limitaciones como la selección de muestras y diferencias culturales. Se sugiere ampliar la investigación en distintos sectores industriales.

Choudhary et al. (2019) analiza cómo las PYMES en el Reino Unido pueden optimizar su eficiencia y sostenibilidad mediante la integración de estrategias lean y verdes. A través del Mapeo de Valor Integrado Verde (GIVSM), se mejora la eficiencia, se reduce la huella de carbono y se minimizan los defectos. La investigación valida su aplicación en una empresa de envases, demostrando beneficios sin grandes inversiones. Se destaca la importancia del análisis de causa raíz y la elección de proveedores sostenibles para la mejora continua.

Bortolotti et al. (2014) establece que la implementación exitosa de la gestión lean (LM) depende de una cultura organizacional (OC) adecuada. Un perfil de OC con alto colectivismo, enfoque hacia el futuro y atención a las personas mejora el rendimiento. El éxito se logra al combinar herramientas técnicas con prácticas como la capacitación continua y la participación de proveedores. Los fracasos ocurren cuando no se gestionan adecuadamente los recursos humanos y no se adaptan correctamente prácticas como Just-In-Time. Un enfoque equilibrado entre prácticas técnicas y de personas es clave para el éxito de LM.

So & Sun (2010) examina cómo la integración de proveedores impacta la adopción de fabricación lean en cadenas de suministro electrónicos. Factores como el intercambio de información y la selección adecuada de proveedores son claves para las pequeñas y medianas

empresas. La adopción continua de lean depende del uso constante de estas prácticas. Se destaca la importancia de seleccionar proveedores que colaboran en la implementación de lean, mejorando el rendimiento y facilitando la innovación y el co-diseño en las redes de suministro.

Piyathanavong et al. (2019) destaca la importancia de la gestión ambiental y la producción limpia, enfocándose en prácticas como la reducción de residuos, la economía circular y la evaluación del ciclo de vida. Se identifican barreras como la falta de apoyo financiero, resistencia al cambio y ausencia de regulaciones gubernamentales efectivas. Se ejemplifican aplicaciones en sectores como alimentos y automotriz, donde se implementan cadenas de suministro verdes. La investigación muestra que las prácticas sostenibles mejoran tanto el rendimiento ambiental como organizacional, aunque las PYMES enfrentan desafíos importantes para su adopción.

Garza et al. (2018) establece que la fabricación esbelta, centrada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, tiene un impacto positivo en el rendimiento ambiental de las empresas manufactureras. Herramientas como Justo a Tiempo (JIT) y Mantenimiento Productivo Total (TPM) son las más efectivas para reducir el uso de materiales, energía y contaminantes. Kaizen/CI también mejora la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de contaminantes, mientras que herramientas como la autonomía y el mapeo de la cadena de valor (VSM) tienen un impacto menor. Integrar prácticas esbeltas y sostenibles mejorando la eficiencia operativa y ambiental.

Al-Shboul et al. (2017) aborda la gestión de la cadena de suministro, destacando temas como la división de información, la integración de la cadena y la responsabilidad social corporativa. También se mencionan enfoques de calidad como TQM y prácticas para mejorar la eficiencia, como la reducción de tiempos de espera y sistemas de producción "Pull". Además, se presenta un modelo de investigación para analizar las interacciones en la gestión de la cadena de suministro.

Dey et al. (2019) analiza cómo las prácticas de gestión lean (LMP) y la innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) influyen en el rendimiento económico y sostenible de las PYMES. Se destaca que la SOI media entre LMP y el rendimiento sostenible, mientras que la responsabilidad social corporativa (RSC) tiene un impacto marginal. Se propone una herramienta diagnóstica para evaluar la sostenibilidad en las cadenas de suministro de las PYMES. La adopción conjunta de LMP y SOI es esencial para mejorar el desempeño económico y ambiental.

Abu et al. (2009) investiga sobre la implementación de manufactura Lean en la industria del mueble en economías emergentes es escasa. Los beneficios incluyen mayor eficiencia, reducción de desperdicios y mejor satisfacción del cliente, pero existen barreras como la falta de conocimiento y recursos. Las prácticas más comunes son el método 5S, capacitación y control de calidad. Se sugiere que las empresas reconozcan sus capacidades y busquen apoyo gubernamental y de asociaciones para facilitar su adopción.

Belhadi et al. (2019) establece que la integración de Big Data, Lean Six Sigma y Manufactura Verde puede mejorar el desempeño ambiental de las empresas, reduciendo residuos y

optimizando procesos. Estas metodologías también fomentan una cultura organizacional sostenible y aumentan la competitividad. Big Data permite predecir tendencias y mejorar la sostenibilidad. La colaboración empresarial y la capacitación en estas prácticas impulsan un rendimiento ambiental superior, facilitando la transición hacia un futuro más sostenible.

Buer et al. (2018) discute la relación entre Industria 4.0 y fabricación Lean, la cual busca mejorar la productividad y flexibilidad, pero existen brechas en la investigación. Se destacan cuatro áreas clave: impacto de Lean, apoyo de Industria 4.0 a Lean, implicaciones de rendimiento y factores ambientales. Aún no hay un marco sólido para su integración, lo que subraya la necesidad de más estudios. Es esencial investigar cómo Lean puede facilitar la adopción de Industria 4.0 y sus efectos en el desempeño para optimizar la implementación de ambas estrategias.

Ejsmont et al. (2020) explora la integración de fabricación esbelta e Industria 4.0, conocida como "Lean Industry 4.0" (LI4). Se revisaron 87 publicaciones de 2011 a 2019, mediante análisis de redes de citación y palabras clave. La mayoría de los estudios fueron actas de conferencias y artículos científicos. Financiado por la Agencia Nacional Polaca para el Intercambio Académico, el estudio subraya la necesidad de más investigaciones sobre cómo Lean y las tecnologías de Industria 4.0 pueden mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la producción.

Kaswan & Rathi (2020) establecen que Green Lean Six Sigma (GLS) permite a las industrias reducir residuos, mejorar la eficiencia y cumplir con normativas ambientales, promoviendo la sostenibilidad y competitividad. Su implementación enfrenta retos como falta de recursos, resistencia al cambio y barreras tecnológicas. Requiere el compromiso de la alta dirección, métricas adecuadas y la participación de los empleados. Superar estos desafíos ayudará a mejorar la sostenibilidad y la eficiencia operativa de las empresas.

Chugani et al. (2017) examina el impacto ambiental de Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma, destacando su capacidad para reducir desperdicios, conservar recursos y ahorrar energía. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos y requiere el apoyo de la alta dirección. Se sugiere incorporar una dimensión verde en la gestión de calidad para mejorar la sostenibilidad. Aunque estas metodologías ayudan a cumplir las regulaciones y optimizar la eficiencia, aún se necesita más investigación para entender completamente su impacto ecológico y aplicabilidad en la gestión operativa.

Choudhary et al. (2019) analiza la integración de lean y verde en una PYME de embalaje en el Reino Unido, utilizando la herramienta GIVSM para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad. La implementación conjunta enfrenta desafíos como regulaciones ambientales y expectativas del consumidor, pero maximiza los beneficios. A través de un estudio de caso, se valida el enfoque, aunque se requiere más investigación en otros sectores. Se identifican desperdicios como el uso excesivo de agua y transporte innecesario, sirviendo como referencia para proyectos de mejora en la industria.

En consideración de los trabajos anteriores, la Tabla III los caracteriza considerando el tema central, el sujeto de estudio, la metodología de trabajo, el contexto de investigación y la estrategia de implementación.

Tabla III: Caracterización y clasificación final de los artículos identificados.

Título del artículo	¿Cuál es el tema central de los trabajos?	¿Cuál es el sujeto de estudio?	¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?	¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?	¿Cuál es la estrategia de implementación de Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?
(Lukrafka et al. 2020).	Optimización	Magro público	Evaluación	Sector público	Contextualización
(Panayiotou & Stergiou, 2020).	LSS en Europa	Adopción LSS	Metodología a LSS	Sectores estratégicos.	DMAIC y DMADV.
(Sundar et al., 2014).	Implementación de Lean Manufacturing	Implementación de Lean Manufacturing	Fabricación ajustada	Entornos de manufactura.	Planificación estructurada y secuenciación adecuada.
(Hodge et al., 2011).	Textil esbelto	Industria textil estadounidense	(Lean Manufacturing)	Industria textil estadounidense	Herramientas Lean
(Mittal et al., 2017).	Integración de Lean, Manufactura Verde y Agile	Estrategias de fabricación moderna	Análisis multicriterio (MOORA, VIKOR)	Industria manufacturera.	Análisis multicriterio
(Trakadas et al., 2020).	Innovación	Innovaciones en Industria 4.0	Computación de borde	Industria 4.0 y sistemas industriales.	Digitalización
(Tortorella et al., 2020).	Cultura Lean	Adopción.	Análisis de agrupamiento	Empresas brasileñas	Adaptación cultural y liderazgo adecuado.

(Sahoo,2020).	Adopción de Lean en PYMES automotrices	PYMES del sector automotriz en India.	Fabricación ajustada.	PYMES del sector automotriz en India	Compromiso organizacional
Diaz et al., 2013).	Optimización de costos y sostenibilidad en la producción.	Producción industrial	Fabricación sostenible.	Industria de manufactura.	Optimización de procesos.
Lodgaard, et al., 2016).	Barreras de implementación.	Implementación de Lean.	Estudio cualitativo.	Empresa de fabricación en Noruega.	Investigación continua y enfoque participativo.
(Gupta et al., 2019).	Integración de Big Data en Lean Six Sigma.	Big Data y Lean Six Sigma.	Revisión de literatura.	Organizaciones.	Integración de Big Data en LSS.
(Oliveira et al., 2017).	Fabricación ajustada.	Lean Manufacturan en la producción	Fabricación ajustada	Industria 4.0.	Mejora continua.
(Zargun & Ashaab,2013).	Fabricación ajustada.	Fabricación Lean.	Fabricación ajustada.	Fabricación.	Compromiso organizacional.
(Longoni & Cagliano, 2015).	Sostenibilidad	Fabricación lean	Fabricación Lean.	Organización empresarial.	Colaboración organizacional.
(Sahu et al., 2021).	Adopción de Lean en MIPYMES	MIPYMES en países desarrollo.	Investigación cualitativa.	MIPYMES en países desarrollo.	Capacitación y apoyo directivo.
(Yadav et al., 2019).	Fabricación ajustada.	Fabricación ajustada.	Fabricación ajustada.	Economías emergentes y sector salud.	El poder de la autodefensa.
(Dixit et al., 2021).	Industria 4.0.	Industria 4.0 y fabricación sostenible	Ambidiestra innovadora	Industria 4.0.	Ambidiestra innovadora

(Hariyani,& Mishra,2022).	Sostenibilidad	Empresas.		Enfoque Lean y Green.	Fabricación sostenible.	Integración estratégica.
(Swarnakar et al., 2020).	Seis Lean.	Sigma Industria fabricante.		Modelado Estructural Interpretativo Total (TISM).	Industria manufacturera.	TISM (Modelado Estructural Interpretativo Total)
(Pawlik et al., 2022).	Remanufactura	Remanufactura		Inclinarse	Automoción	Personalización.
(Kafuku,2019).	Fabricación de esbelta.	Fabricación de esbelta.		de Inteligente-PLS	Fabricación.	Enfoques Lean.
(Serey et al., 2023).	Industria 4.0.	Adopción de la Industria 4.0.		Revisión sistemática	PYMES.	Estrategias digitales.
(Tortorella et al., 2019).	Integración	Empresas		Contingencia	Fabricación	capacitación
(Dombrowski et al., 2017).	integración	integración de LPS e Industria 4.0		integración	empresas manufactureras	integración
(Singh & Rathi,2018)	sostenibilidad	Green Lean Six Sigma (GLS)		Green Lean Six Sigma (GLS)	Green Lean Six Sigma (GLS)	integración
(YC Wong et al., 2009)	desperdicio	(Lean Manufacturan)		(Lean Manufacturan)	empresas manufactureras	eliminación de desperdicios
(Mayr et al., 2018).	integración	lean 4.0		lean 4.0	empresas manufactureras	integración
(Kolberg & Zühlke,2015)	integración	Sistemas ciberfísicos (CPS)		Lean Manufacturan	industria manufacturera	Lean-Agile.

(Duggan et al., 2022).	Implementación	Empleados	Inclinarse	Biofarmacéutica	Empoderamiento
(Chen et al., 2020).	Fabricación sostenible	Fabricación Lean	Manufactura esbelta	Honda América	Pensamiento Lean
(Maware & Adetunji,2019).	Manufactura Esbelta	Zimbabue	Manufactura esbelta	Zimbabue	Superación de barreras
(Panizzolo et al., 2012)	Adopción de Lean	PYMES en India	Fabricación Lean	PYMES en India	Colaboración y formación continua
(Powell et al., 2017).	Implementación de Lean Six Sigma	Planta láctea en Noruega	Seis Sigma Lean (LSS)	Planta láctea en Noruega	VSM-DMAIC
(Chiarini & Kumar ,2020).	Integración de Lean Six Sigma e Industria 4.0	Integración de Lean Six Sigma e Industria 4.0	Lean Six Sigma y la Industria 4.0	Industria 4.0 y Lean Six Sigma	Integración tecnológica
(Rathi et al., 2021).	Lean Six Sigma en salud	Sector salud	Seis Sigma Lean (LSS)	Sector salud	Revisión sistemática
(Kovács et al., 2020).	Manufactura esbelta	Rendimiento operativo de plantas fabricación	Modelo de ecuaciones de estructuras	Planta de fabricación	Optimización
(Panwar et al., 2015)	Mejora continua en la industria de procesos.	Industria procesos.	de Principios Lean	Industria procesos	de Investigación y optimización de implementación.
(Díaz- et al., 2022).	Eficiencia en la producción	Eficiencia operativa	Lean Manufacturing (Kanban, TPM, QS, OPF)	Industria manufacturer	Adaptabilidad y validación de resultados.

(Zhu & Sarkis,2004).	Gestión verde de la cadena de suministro	Rendimiento ambiental y económico	Gestión ambiental interna y externa, cooperación	Empresas en China post-OMC.	Investigación continua y adaptación cultural.
(Choudhary et al., 2019).	Integración de estrategias lean y verdes	Pequeñas medianas empresas (PYMES)	Mapeo de Valor Integrado Verde (GIVSM)	Empresa de fabricación de envases en el Reino Unido	Análisis de causa raíz y selección de proveedores sostenibles.
(Bortolotti et al., 2014).	Gestión Lean y Cultura Organizacional.	Cultura organizacional y gestión lean	Integración de herramientas lean con prácticas humanas.	General (no especificado)	Enfoque integral
(So & Sun,2010)	Integración de proveedores	Cadenas de suministro en PYMES	Adopción de lean y colaboración con proveedores	PYMES electrónicas	Colaboración
(Piyathanavong et al., 2019).	Gestión ambiental	PYMES	Circular de economía	Sectores alimentarios y automotrices	Redes de cadenas de suministro verdes
(Garza et al., 2018).	Fabricación esbelta	Organizaciones manufactureras	Kaizen/CI y JIT	Fabricación	integración de prácticas esbeltas y sostenibles
(Al-Shboul et al., 2017).	Gestión de la cadena de suministro	Toma de decisiones en la cadena de suministro	TQM y sistemas "Pull"	Empresas con prácticas de cadena de suministro integradas	Compartición de información e integración de la cadena
(Dey et al., 2019).	Gestión lean y sostenibilidad	PYMES	Modelo de mediación SOI	Cadenas de suministro de PYMES	Adopción conjunta de LMP y SOI
(Abu et al., 2009).	Manufactura Lean	Industria del mueble	Método 5S, capacitación y control de calidad.	Economías emergentes en la industria del mueble	Reconocimiento de capacidades y apoyo gubernamental

(Belhadi et al., 2019).	Integración de Big Data, Lean Six Sigma y Manufactura Verde	Empresas fabricantes	Big Data, Lean Six Sigma, Manufactura Verde	Empresas manufactureras con enfoque en sostenibilidad	Colaboración empresarial y capacitación
(Buer et al., 2018).	Industria 4.0 y fabricación Lean	Fabricación y producción	Industria 4.0, Lean Manufacturan	Fabricación y producción industrial	Integración de Lean e Industria 4.0
(Ejsmont et al., 2020).	Lean Industry 4.0 (LI4)	Integración de Lean e Industria 4.0	Análisis de redes de citación y palabras clave	Investigación académica, financiada por la Agencia Nacional Polaca	Interacción entre Lean y tecnologías de Industria 4.0
(Kaswan & Rathi, 2020).	Green Lean Six Sigma (GLS)	Reducción de residuos y mejora de la eficiencia	Integración de tecnologías avanzadas y métricas de impacto	Sostener	Compromiso de la alta dirección y participación de empleados
(Chugani et al., 2017).	Impacto ambiental de Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma	Reducción de desperdicios y mejora de la sostenibilidad	Integración de una dimensión verde en la gestión de calidad	Empresas enfocadas en eficiencia y cumplimiento regulatorio	Compromiso de la alta dirección
Wickramasinghe & Wickramasinghe (2017)	Impacto de las prácticas lean	Industria textil y de confección	Encuesta y datos longitudinales	Sri Lanka	Compromiso a largo plazo con Lean
(Dresch et al., 2018).	Lean Manufacturan	PYMES industriales brasileñas	Manufactura esbelta	Brasil.	Heurística
(Choudhary et al., 2019).	Integración de lean y verde	Eficiencia y sostenibilidad en la industria del embalaje	Herramienta GIVSM	PYME de embalaje en el Reino Unido	Estudio de caso y aplicación práctica

2.5 Análisis de los artículos

1. ¿Cuál es el tema central de los trabajos?

El tema central de los trabajos analizados se centra en la implementación de Lean Manufacturing (LM) y su integración con otras metodologías, como Lean Six Sigma (LSS), y tecnologías emergentes de la Industria 4.0, con el objetivo de optimizar los procesos industriales en diversos sectores, incluida la fabricación, servicios y el sector público. Se subraya la importancia de prácticas como la eliminación de desperdicios, la mejora continua y la producción ajustada a la demanda, las cuales mejoran la eficiencia operativa, reducen costos y aumentan la calidad. La cultura organizacional, la capacitación y el liderazgo son factores clave para la implementación exitosa, aunque los desafíos, como la resistencia al cambio y la falta de recursos, continúan siendo barreras significativas. Además, se resalta la necesidad de adaptar estas metodologías a contextos específicos, especialmente en países en desarrollo o PyMEs.

Asimismo, los estudios analizan la integración de Lean con la sostenibilidad y la Industria 4.0, destacando los resultados mixtos respecto al impacto ambiental. Si bien las prácticas Lean pueden promover estrategias ecológicas, su influencia directa sobre el desempeño ambiental no siempre es significativa. La incorporación de tecnologías avanzadas, como sensores, Big Data y sistemas ciberfísicos, es vista como fundamental para optimizar procesos y tomar decisiones basadas en datos en tiempo real. La combinación de Lean con prácticas sostenibles mejora la competitividad y la resiliencia de las empresas, pero se enfatiza la necesidad de seguir investigando y adaptando las prácticas a los contextos locales para superar los obstáculos que enfrentan las organizaciones.

2. ¿Cuál es el sujeto de estudio?

El sujeto de estudio de los trabajos analizados se centra en la implementación de metodologías de mejora continua como Lean Manufacturing (LM) y Lean Six Sigma (LSS) en combinación con tecnologías avanzadas de la Industria 4.0 (I4.0). Se exploran las sinergias entre la digitalización, el uso de big data, sensores, automatización y metodologías como JIT, TPM y Kaizen, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los sistemas de producción, reducir desperdicios y optimizar flujos de trabajo. Los estudios también abordan la adopción de estas prácticas en diversos sectores industriales, incluyendo la fabricación, la industria alimentaria y las PYMES, destacando los retos y oportunidades de aplicar estas metodologías en contextos específicos, como economías emergentes y empresas con limitaciones de recursos.

Además, el sujeto de estudio abarca la integración de prácticas sostenibles en los procesos de producción, como el uso de herramientas como Green Integrated Value Stream Mapping (GIVSM), y la adaptación de métodos Lean a estrategias ecológicas. Los trabajos también exploran cómo la cultura organizacional, el liderazgo y la capacitación afectan la implementación exitosa de estas metodologías, enfatizando la importancia del compromiso empresarial para superar obstáculos como la resistencia al cambio. Se examinan las percepciones de diferentes niveles jerárquicos y la manera en que la sostenibilidad y la eficiencia operativa pueden alinearse para mejorar la competitividad y reducir el impacto ambiental.

3. ¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?

En los proyectos analizados, se aplican diversas metodologías de mejora continua y optimización de procesos, con un enfoque principal en Lean Manufacturan y Lean Six Sigma (LSS). Lean Manufacturan se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora de la eficiencia mediante herramientas como Value Stream Mapping (VSM), Justo a Tiempo (JIT), Kaizen, 5S, TPM y Kanban. LSS, por su parte, implementó el ciclo DMAIC para la optimización de procesos y la reducción de defectos. También se integraron enfoques híbridos, como Lean Green Agile Manufacturan System (LGAMS) y Green Lean Six Sigma (GLS), que promueven la sostenibilidad y flexibilidad. En la Industria 4.0, se incorporan tecnologías avanzadas como IoT, Big Data, automatización robótica y gemelos digitales para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones, optimizando tanto la producción como los impactos ambientales.

Además, se utilizaron marcos metodológicos adicionales como el Modelo AHP, la Gestión del Cambio Lean y técnicas estadísticas como la Modelación de Ecuaciones Estructurales (PLS-SEM) para evaluar el desempeño operativo y ambiental. Se implementaron prácticas como la fabricación celular, TPM y TQM, con un enfoque en la reducción de lotes y la formación de una fuerza laboral multifuncional. Estos enfoques también se centraron en la optimización de la flexibilidad, la eficiencia y la sostenibilidad, combinando Lean Manufacturan con la automatización ciberfísica y las tecnologías de la Industria 4.0. Además, los estudios incluyen análisis cualitativos y cuantitativos, como clustering jerárquico y k-means, para evaluar la relación entre liderazgo y la implementación de Lean, destacando la importancia de la cultura organizacional y el compromiso gerencial en el éxito de estas iniciativas.

4. ¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?

Las investigaciones sobre Lean Manufacturan y Lean Six Sigma se desarrollan en una amplia variedad de sectores industriales a nivel global, incluyendo manufactura, automotriz, salud, alimentación, metalurgia, electrónica y textil. Estas investigaciones abarcan regiones como Europa, América del Norte, India y América del Sur, con un enfoque destacado en economías en desarrollo, donde se enfrentan desafíos debido a la limitación de recursos. A pesar de estas barreras, los estudios han mostrado mejoras significativas en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y aumento de la calidad. Las investigaciones subrayan la importancia de la cultura organizacional y el liderazgo para la implementación exitosa de Lean, además de integrar tecnologías avanzadas, como la Industria 4.0, en los procesos de fabricación.

Además, la integración de Lean Manufacturan con la Industria 4.0 se explora principalmente en sectores de manufactura avanzada, con especial atención en economías emergentes como Brasil, Tailandia y Malasia. En estos contextos, las investigaciones analizan el uso de herramientas como Kaizen, VSM, JIT y tecnologías emergentes como la automatización, los sistemas ciberfísicos y el análisis de datos mediante IoT y Big Data. Los estudios destacan que la implementación exitosa de estas metodologías depende no solo de la adopción de tecnologías, sino también de la capacidad de las empresas para superar barreras culturales y de recursos. Estas investigaciones contribuyen a consolidar los beneficios de la digitalización y la mejora continua en la optimización de procesos industriales, mejorando tanto la sostenibilidad como la competitividad.

5. ¿Cuál es la estrategia de implementación de Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?

La estrategia de implementación de gestión de proyectos en Lean Manufacturan y Six Sigma (LSS) sigue un enfoque estructurado y gradual, basado en metodologías como DMAIC y DMADV, utilizando herramientas clave como SIPOC y diagramas de Pareto para evaluar y medir el progreso. El compromiso de la alta dirección y la capacitación continua son fundamentales para garantizar el éxito. En sectores como manufactura, automotriz y PYMES, se integran prácticas como Kaizen, 5S y SMED, superando barreras como la resistencia al cambio y la falta de recursos. En la Industria 4.0, se incorporan tecnologías avanzadas como IoT para optimizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

En el contexto de las PYMES, la implementación de herramientas Lean como Kanban y Poka-Yoke es clave para mejorar la eficiencia operativa, la eficiencia de equipos (OEE) y fortalecer la competitividad a largo plazo. La estrategia debe comenzar con una evaluación detallada de la preparación organizacional, el compromiso de la alta dirección y la capacitación del personal. El enfoque debe incluir el uso de sistemas como Justo a Tiempo (JIT) y el monitoreo de desperdicios, promoviendo una cultura de mejora continua.

La implementación exitosa de proyectos Lean también requiere adaptabilidad para cada organización, promoviendo una cultura de aprendizaje constante. La combinación de herramientas tradicionales como JIT y Mantenimiento Productivo Total con tecnologías avanzadas como Big Data e IoT permite mejorar la eficiencia operativa. Es crucial integrar los enfoques "duros" (tecnológicos) y "blandos" (culturales), destacando la importancia de la comunicación interpersonal y el enfoque humano en el proceso de transformación organizacional, garantizando así una mejora continua y sostenible.

2.6 Discusión de resultados

6. ¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?

Los artículos analizados destacan que la implementación de Lean Manufacturan (LM) y Lean Six Sigma (LSS) mejora la eficiencia, reduce costos y eleva la calidad en diversos sectores. En el sector industrial, se evidencian incrementos en la productividad y reducción de desperdicio mediante herramientas como 5S, TPM y Kaizen. Sin embargo, persisten barreras como la falta de financiamiento, resistencia al cambio y la falta de apoyo gerencial, lo que limita el éxito de la implementación, especialmente en las PYMES. La capacitación adecuada y el compromiso gerencial son esenciales para garantizar la efectividad de estas metodologías.

En el contexto de la Industria 4.0, los artículos muestran cómo la integración de tecnologías avanzadas como IoT, Big Data e inteligencia artificial mejora la eficiencia operativa y la sostenibilidad de las empresas. La adopción exitosa de estas tecnologías depende del compromiso gerencial y la colaboración con proveedores, aunque las empresas enfrentan barreras como la falta de innovación y la escasez de mano de obra calificada, lo que puede dificultar la transición hacia prácticas más sostenibles y eficientes.

Finalmente, los estudios resaltan la importancia de la cultura organizacional y el liderazgo en la implementación de Lean Manufacturan. Un enfoque transformacional y la capacitación continua

son fundamentales para superar la resistencia al cambio y garantizar el éxito. Además, la combinación de Lean y estrategias verdes, como el uso de herramientas como el Green Integrated Value Stream Mapping (GIVSM), ha demostrado ser eficaz para reducir la huella de carbono y mejorar el desempeño ambiental, lo que a su vez contribuye a la competitividad a largo plazo.

7. ¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?

Las propuestas de implementación de Lean Manufacturan presentan diversas restricciones y debilidades. Una de las principales limitaciones es la rigidez de su enfoque, que se centra en procesos discretos y herramientas estandarizadas, lo que dificulta su personalización en distintos contextos. Además, la integración con tecnologías emergentes, como la Industria 4.0, se ve obstaculizada por la falta de un marco común y la resistencia al cambio, dificultando su adopción. Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfrentan barreras adicionales, como la falta de recursos y la percepción errónea de que las prácticas Lean no son aplicables a su operativa, lo que limita su efectividad en diversos sectores.

La adopción de Lean también enfrenta restricciones debido a la falta de estudios empíricos, muestras pequeñas y la falta de datos longitudinales, lo que limita la capacidad de evaluar la efectividad a largo plazo. La resistencia cultural al cambio, la falta de compromiso de la alta dirección y la carencia de un enfoque sistemático en la selección de proyectos dificultan el éxito. Además, en sectores como la salud y la fabricación de madera, la falta de conocimiento y expertos capacitados son obstáculos adicionales.

Finalmente, otras restricciones incluyen la falta de capacitación adecuada y la complejidad de las normativas ambientales, lo que afecta la implementación en sectores como la remanufactura. Además, los altos costos y la escasez de habilidades tecnológicas para adoptar la Industria 4.0 limitan su adopción global. En países en desarrollo, como Sri Lanka, la falta de recursos y la resistencia cultural dificultan la implementación de Lean, lo que resalta la necesidad de planificación estratégica, compromiso de la alta dirección y capacitación continua para superar estos obstáculos.

8. ¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?

Las principales conclusiones sobre la implementación de Lean Manufacturan (LM) y Lean Six Sigma (LSS) señalan que, aunque se observan beneficios significativos en la reducción de costos y mejora de la eficiencia, existen desafíos como la resistencia cultural, la falta de compromiso gerencial, y la fragmentación del trabajo, especialmente en las PYMES. Para superar estos obstáculos, se recomienda realizar investigaciones regionales, capacitar continuamente al personal y usar herramientas personalizadas, como el Value Stream Mapping y 5S, que se adaptan a los contextos específicos de cada empresa.

En sectores más grandes, la adopción de Lean Manufacturan debe ir acompañada de un cambio cultural organizacional y una capacitación especializada. La integración de tecnologías como la Industria 4.0 debe ser gestionada con políticas claras y medidas de ciberseguridad. Además, se aconseja la colaboración interempresarial y la implementación de arquitecturas modulares, así como el enfoque en la sostenibilidad como un pilar estratégico dentro de las organizaciones.

Por último, la combinación de Lean y Six Sigma tiene un gran potencial para mejorar tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad, especialmente en sectores como la fabricación de alimentos. Se recomienda adoptar un enfoque estructurado que incluya capacitación continua, el uso de tecnologías avanzadas y el monitoreo constante de los resultados mediante KPI. Es crucial promover la colaboración interdisciplinaria y adaptar herramientas como el GIVSM a las necesidades de cada sector para maximizar los beneficios en términos operativos y ambientales.

9. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el mercado actual que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?

Las oportunidades de mejora en el mercado actual giran en torno a la integración de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma, especialmente en sectores como la fabricación, los servicios y el sector público. La adopción de herramientas específicas como el análisis CTQ y VOC, junto con un liderazgo transformacional y capacitación continua, permite superar barreras como la resistencia al cambio. Fomentar relaciones estrechas con proveedores y clientes dentro de una cultura organizacional positiva puede incrementar la sostenibilidad y eficiencia operativa, reduciendo costos y mejorando la calidad en los procesos.

El avance tecnológico también ofrece oportunidades clave. La incorporación de tecnologías como la Inteligencia Artificial, Big Data, IoT y automatización facilita la implementación de Lean, incrementando la flexibilidad, visibilidad y eficiencia en la cadena de suministro. La adopción de modelos sostenibles como la economía circular, la fabricación celular y Just-in-Time (JIT) complementan las estrategias Lean, lo que optimiza los resultados y mejora la competitividad, asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

En el caso de las PYMES, especialmente en sectores como la automotriz y la salud, la adopción de prácticas Lean como Value Stream Mapping, 5S y Kaizen representan una excelente oportunidad para mejorar la eficiencia y la competitividad. La integración de la Industria 4.0 con Lean permite optimizar procesos, aumentar la flexibilidad y la adaptabilidad, y promover la responsabilidad social corporativa. Estas prácticas, junto con la mejora continua basada en el ciclo PDCA, facilitan la sostenibilidad y la competitividad de las PYMES en un entorno económico global cambiante.

3.2 Impacto de la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad organizacional en sectores industriales y de servicios en el contexto de la Industria 4.0 durante el período 2004-2024 (pregunta de investigación)

2.7 Respuesta a la pregunta de investigación

A pesar de los beneficios comprobados de la manufactura esbelta en la industria discreta, la industria de procesos no ha adoptado esta estrategia con la misma rapidez, lo que ofrece una oportunidad significativa para aplicar los principios de lean y mejorar la eficiencia, la calidad y la competitividad en este sector (Panwar et al., 2015). La fabricación es una actividad costosa y que requiere muchos recursos. Sin embargo, los impactos de implementar una

combinación de prácticas lean y ecológicas en una planta de fabricación son difíciles de predecir y por lo general, se han simulado, optimizado y evaluado de forma independiente.

Este documento identifica un enfoque para incorporar estrategias lean y ecológicas en un sistema de fabricación, desde la recopilación de datos hasta la evaluación del sistema (Diaz et al., 2013). La metodología Lean se centra en eliminar todo tipo de desperdicio, lo cual es mucho más que eliminar desperdicios mediante la reducción del inventario (Hodge et al., 2011). La explotación efectiva de los grandes volúmenes de datos generados por las organizaciones permite obtener una ventaja competitiva al optimizar la cadena de valor, mejorar las operaciones de manufactura, y crear relaciones superiores con los clientes (Gupta et al., 2019). La adopción exitosa de la Lean Manufacturing depende de una comprensión profunda de los factores clave que facilitan su implementación, y este conocimiento puede ser crucial para las organizaciones de países en desarrollo que buscan adoptar estas prácticas para mejorar su competitividad y productividad (Zargun & Ashaab, 2013).

La adopción de Lean Manufacturing y Lean Six Sigma ha generado un impacto considerable en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad en sectores industriales y de servicios dentro del marco de la Industria 4.0 entre 2004 y 2024. Desde la perspectiva de la eficiencia operativa, la aplicación de estas metodologías ha permitido minimizar desperdicios al eliminar actividades sin valor agregado, optimizando así el uso de recursos disponibles. Asimismo, la mejora en los procesos ha conducido a una mayor calidad y a la reducción de tiempos de producción, lo que ha impulsado significativamente la productividad en diversas industrias. La implementación de herramientas como 5S y Kaizen ha facilitado la mejora continua, mientras que la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y Big Data ha optimizado la toma de decisiones basada en datos y mejorado la gestión operativa. En términos de sostenibilidad, la incorporación de Lean Manufacturing y Lean Six Sigma ha incentivado prácticas empresariales más responsables, disminuyendo el impacto ambiental mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos y la reducción de desperdicios. Además, las empresas que han integrado estos enfoques han logrado mejorar su desempeño sostenible, desarrollando estrategias efectivas para enfrentar desafíos ambientales y económicos. A nivel organizacional, estas metodologías han promovido una cultura laboral basada en la confianza y la diversidad, alineando las metas individuales con los objetivos estratégicos de la compañía. Por otro lado, en el ámbito de la competitividad, la implementación de Lean Manufacturing y Lean Six Sigma ha fortalecido la posición de las empresas en el mercado, permitiéndoles mejorar su capacidad de respuesta y diferenciarse de la competencia. Estas metodologías fomentan la innovación continua, un elemento crucial en mercados dinámicos y altamente competitivos. Asimismo, se ha demostrado que las estrategias exitosas pueden ser replicadas en distintos sectores para impulsar la sostenibilidad y la ventaja competitiva a largo plazo. No obstante, la necesidad de formación constante ha representado tanto un reto como una oportunidad, ya que permite a las organizaciones desarrollar habilidades clave para la transformación digital en la Industria 4.0.

En síntesis, la implementación de Lean Manufacturing y Lean Six Sigma ha demostrado ser una estrategia eficaz para potenciar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad en el contexto de la Industria 4.0. La combinación de herramientas de mejora continua, la adopción

de tecnologías avanzadas y el fortalecimiento de una cultura organizacional enfocada en la optimización han sido fundamentales para enfrentar los desafíos de las últimas dos décadas. A futuro, la transformación digital y la capacitación permanente seguirán siendo elementos clave para garantizar la adaptación y el éxito en un entorno empresarial en constante cambio.

3 ARTÍCULO

El presente apartado, recoge la investigación contextualizada motivo de este proyecto de grado, y es presentada en formato de artículo académico. Se trata de un artículo conciso, escrito en el formato típico de revistas especializadas o de conferencias, de acuerdo con reglas específicas definidas por la dirección del programa.

El artículo, ha sido cuidadosamente redactado con el fin de que se haga fácilmente entendible y logre expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, considerando las citas y referencias respectivas de los estudios que lo fundamentan. El trabajo realizado, se sintetiza entonces como artículo, para facilitar al trabajo de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Este trabajo, considera y discute, a través de un proyecto aplicado, desarrollado en un contexto de realidad profesional, la integración de herramientas y conocimientos que se han adquirido en las líneas de desarrollo del programa. Lo que se consolida en una investigación profesional contextualizada a la realidad profesional que se expone, la que se relacionada con líneas y ámbitos específicos abordados en el plan de estudios del programa, permitiendo integrar, de manera adecuada, los conocimientos teóricos y metodológicos desarrollados en él.

Implementación de Lean Manufacturan y Metodologías de Mejora Continua: Adaptación de Estándares Globales para la Industria Nacional

Jorge Andrés Valdebenito Rodríguez

Graduado del programa de Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Desarrollo, j.valdebenitor@udd.com

Resumen:

Este trabajo presenta un estudio que explora la implementación de Lean Manufacturan y metodologías de mejora continua, como Kaizen, 5S, Lean Six Sigma y Just in Time, en diversos sectores industriales a nivel global. Se observa que la falta de integración y comunicación eficiente entre los sistemas actuales genera riesgos para el cliente, costos operacionales elevados y flujos de trabajo ineficientes, afectando directamente la calidad y la competitividad de las organizaciones en un mercado. El objetivo de esta investigación aplicada es evaluar las tendencias, enfoques metodológicos y resultados de investigaciones relacionadas con la implementación de metodologías de mejora continua en sectores industriales durante el período 2004-2024, para la identificación de patrones de éxito, desafíos recurrentes y oportunidades de mejora en el contexto de las demandas de la Industria 4.0. Para lograrlo, se propone un estudio de corte transversal, analizando 56 artículos originales de investigación publicados entre enero de 2004 y diciembre de 2024 en revistas académicas especializadas en ingeniería, gestión industrial y aplicaciones de proyectos. Se seleccionaron artículos en español e inglés accesibles de forma virtual, los que fueron analizados detalladamente, considerando año de publicación, país de origen, origen institucional de los autores, metodología, objetivos, sujetos de estudio, tema central y área de aplicación. La revisión muestra que la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma mejora significativamente la eficiencia operativa, reduce desperdicios y costos, y optimiza recursos en diversos sectores, consolidándose como estrategias clave para aumentar la competitividad y sostenibilidad organizacional. En síntesis, Lean Manufacturan y Lean Six Sigma han demostrado ser estrategias efectivas para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y optimizar recursos en sectores industriales y de servicios. Estas metodologías promueven sostenibilidad y competitividad, integrando herramientas avanzadas y tecnologías emergentes como IoT y Big Data. A pesar de desafíos como la resistencia al cambio, su adaptabilidad y beneficios económicos, sociales y ambientales las consolidan como marcos estratégicos clave en la Industria 4.0.

PALABRAS CLAVE: Lean Manufacturan, Mejora continua, Optimización de procesos, Competitividad industrial, Eficiencia operativa.

1. Introducción

La capacidad de fabricar productos individuales y personalizados es la clave del éxito en un mundo globalizado y conectado digitalmente. En un contexto cada vez más globalizado y digitalmente conectado, la fabricación de productos personalizados y adaptados a las necesidades específicas de los clientes se ha vuelto esencial para el éxito competitivo. Las altas expectativas de los consumidores han generado una mayor diversidad de variantes, lo que aumenta la complejidad en los entornos de producción. Para enfrentar este reto y reducir dicha complejidad, el Sistema de Producción de Toyota (TPS) ofrece una solución eficaz. Este enfoque, que busca eliminar desperdicios en la cadena de valor y reducir los tiempos de entrega, ha permitido a Toyota alcanzar un liderazgo global en la industria automotriz. Hoy en día, el TPS, también conocido como fabricación

esbelta (Lean Manufacturan, LM), es un estándar adoptado en diversas industrias. A su vez, la creciente complejidad en la fabricación ha dado lugar a la Industria 4.0 (I4.0), un campo emergente que busca mejorar la transparencia mediante la digitalización y conexión de todos los elementos en el proceso productivo. La integración de Lean Manufacturan e Industria 4.0 presenta soluciones prometedoras para afrontar los desafíos de la fabricación del futuro. (Mayr et al., 2018).

Eficiencia operativa y reducción de desperdicios

Lean Manufacturan y Lean Six Sigma son metodologías clave para optimizar procesos y mejorar la calidad en las organizaciones. Lean se enfoca en reducir el desperdicio al identificar actividades que no agregan valor, derivadas del Sistema de Producción Toyota (TPS). Aborda ocho tipos de desperdicio, incluyendo sobreproducción, exceso de inventario y defectos, con herramientas como 5S y Kanban que

fomentan la eficiencia operativa. Por su parte, Six Sigma, originado en Motorola, busca mejorar procesos y reducir defectos al centrado en las características críticas de calidad para los clientes. Sus metodologías DMAIC (mejora de procesos existentes) y DMADV (diseño de nuevos procesos) permiten un enfoque estructurado para resolver problemas y prevenir fallas.

Estas metodologías son fundamentales para desarrollar enfoques sistemáticos que maximizan la eficiencia, reducen costos y mejoran la satisfacción del cliente, sentando bases sólidas para la innovación y el análisis continuo en diversas industrias. (Chugani et al.,2017).

La implementación de Lean Manufacturan utiliza herramientas clave para optimizar procesos y eliminar desperdicios. El Value Stream Mapping (VSM) identifica cuellos de botella, mientras que el Takt Time ajusta la producción a la demanda. Métodos como SMED y Kanban optimizan tiempos y gestionan inventarios, respectivamente. La Tecnología de Grupo y la Fabricación Celular mejoran la eficiencia al agrupar piezas y procesos, apoyados por el diseño en U-Line , que optimiza el flujo de materiales y la comunicación. La Nivelación de Producción asegura uniformidad, evitando sobrecargas, mientras que la Calidad en la Fuente garantiza estándares desde el inicio. Finalmente, la Mejora Continua permite la adaptación constante, fortaleciendo la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción. (Sundar et al.,2014).

Sostenibilidad organizacional

Lean y Six Sigma son metodologías clave para alcanzar objetivos ambientales, sociales y económicos mediante la eliminación de desperdicios y la optimización de recursos. En el ámbito ambiental, Lean minimiza las actividades que no agregan valor, reduciendo residuos, mientras que Six Sigma optimiza cadenas de suministro sostenibles y mejora el rendimiento con herramientas estadísticas. Integradas con tecnologías de la Industria 4.0, promueven prácticas sostenibles y una mejora continua. En lo económico, su implementación genera ahorros significativos y aumenta la rentabilidad empresarial. Socialmente, mejoran la calidad del producto y la satisfacción del cliente, fomentando además la responsabilidad social corporativa. Estas metodologías son esenciales para promover prácticas sostenibles en la industria moderna, beneficiando al medio ambiente, la economía y la sociedad. (Powell et al.,2017).

Lean y Six Sigma impulsan la sostenibilidad y eficiencia, contribuyendo a objetivos ambientales, sociales y económicos. Ambientalmente, reducen desperdicios, optimizan el uso de energía, promueven materiales sostenibles y tecnologías innovadoras, mejorando el ciclo de vida del producto y facilitando certificaciones como ISO 14001. Socialmente, mejoran condiciones laborales, fomentan la participación, desarrollan habilidades y refuerzan la responsabilidad social corporativa , beneficiando empleados y comunidades. Económicamente, disminuyen los costos, aumentan la rentabilidad y la productividad, y aseguran la estabilidad financiera. En la Industria 4.0, destacar por integrar tecnologías avanzadas, promover la mejora continua y adaptarse rápidamente, permitiendo a las empresas ser competitivas, sostenibles y enfocadas en el cliente. (Dombrowski et al.,2017).

Competitividad en mercados globalizados

La implementación de Lean y Six Sigma ofrece ventajas estratégicas clave, especialmente para PYMES. Estas metodologías mejoran la eficiencia operativa y reducen costos al eliminar desperdicios y optimizar procesos. Además, incrementa la satisfacción del cliente mediante productos de calidad y entregas más rápidas, fomentando la lealtad. Facilitan la toma de decisiones basadas en datos, promueven la adaptabilidad al cambio y aumentan la competitividad. También contribuye al desarrollo de habilidades en los empleados y promueven la sostenibilidad al reducir el impacto ambiental.

Su adaptabilidad permite su aplicación en diversos sectores, desde la fabricación hasta los servicios, incluidas regiones en desarrollo, gracias a herramientas intuitivas, flexibilidad en la implementación y enfoque en la mejora continua. (Choudhary et al.,2017).

La implementación de Lean y Six Sigma ofrece múltiples ventajas estratégicas, especialmente en mercados globalizados. Estas metodologías mejoran la eficiencia operativa al eliminar desperdicios, aumentan la calidad al reducir la variabilidad y fomentan la satisfacción del cliente mediante productos superiores y entregas más rápidas. También fortalecen la flexibilidad, la gestión de recursos y la innovación, promoviendo una cultura de mejora continua que impulsa la rentabilidad y una ventaja competitiva sostenible. Su adaptabilidad permite su aplicación en diversos sectores e incluye personalización según necesidades específicas. En países en desarrollo,

promueven la capacitación local, la optimización de la cadena de suministro y la sostenibilidad, incrementando la competitividad en los mercados globales. (Al-Shboul et al.,2017).

Tecnologías emergentes y su integración

Las tecnologías emergentes e integración en la Industria 4.0 IoT, Big Data, Blockchain, IA, y otras tecnologías avanzadas actúan como habilitadores clave del enfoque Lean en la Industria 4.0. IoT recopila datos en tiempo real, Big Data optimiza decisiones, Blockchain garantiza la trazabilidad, y la IA automatiza procesos y predice fallos. Digital Twins simulan operaciones, mientras la computación en la nube facilita la gestión de datos. La ciberseguridad protege los sistemas, y la realidad aumentada mejora la capacitación. Estas herramientas eliminan desperdicios y fomentan la mejora continua.

Efectos de la digitalización en organizaciones

La digitalización transforma procesos, impulsa la eficiencia, mejora la toma de decisiones basada en datos, fomenta nuevos modelos de negocio, y promueve la agilidad y formación continua. (Trakadas et al., 2020). Las tecnologías emergentes, como IoT, Big Data, Blockchain y la automatización, juegan un papel clave en la Industria 4.0 para mejorar la eficiencia, optimizar procesos y reducir desperdicios. IoT permite la recopilación de datos en tiempo real, mientras que Big Data ayuda a analizar grandes volúmenes de información para mejorar la toma de decisiones. Blockchain asegura la transparencia en las cadenas de suministro, y la automatización reduce los errores. Además, la digitalización transforma las organizaciones mediante un cambio cultural, mejor comunicación, toma de decisiones basadas en datos, y mayor flexibilidad, lo que fomenta la innovación, optimiza la experiencia del cliente y mejora la competitividad (Tortorella et al.,2020).

Desafíos y limitaciones

La implementación de Lean Six Sigma enfrenta desafíos como la resistencia al cambio organizacional, causada por falta de comprensión, miedo a lo desconocido y culturas empresariales tradicionales. Además, la falta de apoyo de la alta dirección, capacitación inadecuada y desconfianza en los resultados dificultan su adopción. En las PYMES, las barreras incluyen limitaciones financieras, escasez de recursos humanos y conocimiento especializado, así como dificultades para medir beneficios y priorizar iniciativas de mejora continua. Estas empresas suelen centrarse en resultados a corto

plazo, limitando estrategias sostenibles. Superar estas barreras requiere capacitación constante, recursos adecuados y un cambio cultural que facilite la adopción de Lean Six Sigma. (Diaz et al.,2013).

La implementación de Lean Six Sigma enfrenta desafíos clave, especialmente en las PYMES. La resistencia al cambio organizacional surge por culturas tradicionales, falta de comprensión y comunicación inefectiva. La capacitación continua es esencial, ya que la falta de formación limita la adopción de estas metodologías. Barreras financieras, como presupuestos reducidos, dificultan inversiones en herramientas y formación. Además, el compromiso insuficiente de la alta dirección y la gestión inadecuada del cambio complican su implementación. La percepción diferencial de barreras y la falta de métricas claras para medir resultados también afectan. Superar estos desafíos de liderazgo requiere sólida, una cultura de mejora continua, comunicación efectiva y estrategias bien definidas (Lodgaard et al., 2016).

Patrones de éxito y casos de estudio

Los patrones de éxito en la implementación de metodologías Lean y sostenibles destacan casos en sectores como fabricación, logística, salud y minería. En fabricación, empresas como Honda han integrado Lean Manufacturan para mejorar prácticas ambientales. En logística, JIT y la reducción de tiempos de ciclo han optimizado recursos. En salud, las metodologías de mejora continua han optimizado procesos y reducido costos, mientras que en minería se enfocan en prácticas sustentables y desarrollo de productos eco amigables. Los factores clave incluyen el involucramiento de todos los niveles organizacionales, metas sostenibles claras, capacitación constante, documentación precisa y adaptación a contextos locales. Estas prácticas aseguran escalabilidad y replicabilidad en diversos sectores industriales (Longoni & Cagliano, 2015).

La implementación de metodologías Lean en sectores como fabricación, logística, salud y minería ha demostrado ser efectiva. En fabricación, se utiliza el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) para eliminar desperdicios; en logística, se optimizan flujos operativos; en salud, se reducen los tiempos de espera; y en minería, se emplea TPM para maximizar la eficiencia de equipos. Herramientas como Lean Manufacturan, 5S, SMED y análisis OEE son claves para mejorar procesos. Los factores

críticos incluyen el compromiso del personal, el liderazgo efectivo, la cultura de mejora continua y la medición de resultados. La adaptabilidad de las herramientas y la comunicación efectiva garantizan la escalabilidad y sostenibilidad de las mejoras implementadas (Oliveira et al., 2017).

Transformación cultural y organizacional

La cultura de mejora continua es esencial para la sostenibilidad de los cambios organizacionales. Las reuniones semanales fomentan la participación activa de los empleados, generando valiosas sugerencias y reduciendo desperdicios, lo que contribuye a la eficiencia operativa. Empresas como Rockwell Automación destacan los beneficios financieros derivados de la mejora continua. Un liderazgo comprometido es crucial, al igual que la capacitación constante para desarrollar habilidades en los empleados, lo que mejora la flexibilidad y la moral. Es fundamental superar la resistencia al cambio, involucrando a los empleados en el proceso. Además, el reconocimiento de logros y la evaluación continua del desempeño aseguran la efectividad y sostenibilidad de los esfuerzos de mejora (Hodge et al., 2011).

La cultura de mejora continua es esencial para la sostenibilidad de los cambios organizacionales, promoviendo adaptabilidad, compromiso del personal, innovación constante, estandarización de procesos y enfoque en el cliente. Facilitar la medición y análisis de resultados, desarrollo de habilidades y cohesión organizacional. El liderazgo efectivo es clave para el éxito, destacando la importancia de una visión clara, empoderamiento de equipos, comunicación abierta, reconocimiento, desarrollo de líderes y gestión proactiva del cambio. Además, fomenta una cultura de confianza y diversidad, y alinea los objetivos individuales con las organizacionales, lo que permite implementar cambios sostenibles a largo plazo (Zhu & Sarkis, 2004).

En consideración de la discusión anterior, la pregunta de investigación de esta tesis es: ¿cómo ha impactado la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad organizacional en sectores industriales y de servicios en el contexto de la Industria 4.0 durante el período 2004-2024?

La implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha transformado la eficiencia operativa al reducir desperdicios, optimizar procesos y mejorar la calidad. Lo que se busca, entonces, es establecer,

en base a una revisión de literatura, cómo estas metodologías han promovido la estandarización, aumentando la productividad y facilitando la toma de decisiones basadas en datos, en los últimos 20 años.

El objetivo de este trabajo es evaluar las tendencias, enfoques metodológicos y resultados de investigaciones relacionadas con la implementación de Lean Manufacturan, Lean Six Sigma y metodologías de mejora continua en sectores industriales y de servicios durante el período 2004-2024, para la identificación de patrones de éxito, desafíos recurrentes y oportunidades de mejora en el contexto de la gestión de procesos y sostenibilidad organizacional, integrando las perspectivas globales y locales para proponer estrategias adaptativas alineadas con las demandas de la Industria 4.0.

En este sentido, este trabajo contribuye al análisis de cómo las estrategias Lean Manufacturan y Lean Six Sigma (LSS) pueden ser implementadas en organizaciones manufactureras, incluidas las pymes, para enfrentar los desafíos de baja calidad, altos costos y tiempos de entrega prolongados.

2. METODOLOGÍA

Se trata de un estudio de corte transversal, en el que se analizaron 56 artículos originales de investigación publicados en revistas: Ingeniería, gestión industrial aplicaciones y proyectos, entre enero del año 2004 y diciembre del 2024.

Los criterios de selección de las revistas fueron: acceso a través de Internet, inglés como idioma principal y acceso virtual a artículos originales completos desde la plataforma de la universidad.

Los criterios de inclusión de los artículos fueron: artículos académicos sobre diseños observacionales, experimentales y analíticos, utilización de metodologías cualitativas, cuantitativas y mixtos.

Todos los artículos que cumplieron los criterios de elegibilidad fueron sometidos a un análisis de contenido realizado por el investigador, aplicando como instrumento de recolección una hoja de registro que resumió los siguientes aspectos: año de publicación, país de origen de la revista, origen institucional de los autores, metodología, objetivos, sujetos de estudio, tema de investigación y área de aplicación del estudio.

Las variables del estudio se operacionalizaron de acuerdo con las siguientes categorías de respuestas:

- a) Base de datos y palabras claves: Web of Science; Lean Manufacturing, Continuous Improvement, Process Optimization, Industrial Competitiveness, Operational Efficiency.
- b) Año de publicación: 2004 al 2024. Se comienza a partir del año en que cada una de las revistas presentan acceso a los artículos completos a través de su versión electrónica.
- c) Área temática: Se centran en los estudios sobre Lean Manufacturing y Lean Six Sigma destacan su efectividad en mejorar la eficiencia operativa, reducir el desperdicio y optimizar los recursos. Aplicadas globalmente, potencian la sostenibilidad y la competitividad, integrándose con tecnologías de la Industria 4.0 y enfrentando desafíos culturales y gerenciales.

La revisión de los artículos y su respectiva clasificación se realizó ordenando los contenidos de acuerdo con las variables del estudio. Este procedimiento se realizó a partir de la lectura completa del artículo y focalizando la atención en la sección material y método.

El análisis de los artículos se realizó de acuerdo con los siguientes criterios.

Recolección de datos

- 1. ¿Cuál es el tema central de los trabajos?
- 2. ¿Cuál es el sujeto de estudio?
- 3. ¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?
- 4. ¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?
- 5. ¿Cuál es la estrategia de implementación de Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?

Discusión de resultados

- 6. ¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?
- 7. ¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?
- 8. ¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?
- 9. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el mercado actual que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?

3. RESULTADOS

3.1 Análisis Bibliométrico

La Tabla I muestra el peso productivo de artículos de investigación por años y la evolución sostenida por país de esa producción, mientras que la Ilustración I muestra la distribución global de las contribuciones agrupadas por conceptos generales. La identificación de los trabajos utilizados en este estudio de corte transversal se individualiza en la Tabla II, mientras que en la Ilustración II se muestra la distribución de artículos por año. Finalmente, la Ilustración III muestra la distribución de artículos por revista.

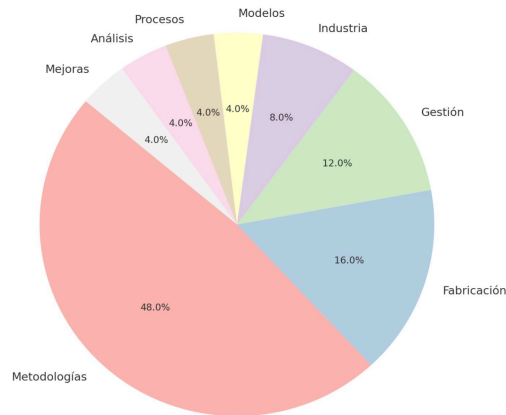
De los 56 artículos publicados en el período analizado, el 41% de ellos fueron aportados por las revistas europeas, seguido 11% sudamericanas, 34% asiáticas y 9% norteamericanas y africanas 5%. Las publicaciones analizadas muestran una importante fragmentación, con un 58% de los artículos distribuidos en diversas revistas que aportan solo una publicación. En este contexto, las revistas europeas lideran la producción científica con el 41% de los artículos, seguidas por las asiáticas (34%), sudamericanas (11%), norteamericanas (9%) y africanas (5%). Este predominio europeo sugiere un enfoque basado en modelos matemáticos y gestión industrial.

Tabla I: Representación de la producción de artículos de investigación años y país.

Continente										
Año de publicación	America del Norte		America del Sur		Europa		Asia		África	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
2004-2006							1	5%		
2007-2009							1	5%		
2010-2012	1	20%					2	11%		
2013-2015	2	40%			4	17%	1	5%		
2016-2018			1	17%	8	35%	4	21%		
2019-2021	1	20%	4	67%	8	35%	10	53%	3	100%
2022-2024	1	20%	1	17%	3	13%				
Total n/%	5	9%	6	11%	23	41%	19	34%	3	5%

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración I: Gráficos circular: Distribución global de conceptos generales



Fuente: Elaboración propia.

Tabla II: Artículos seleccionados

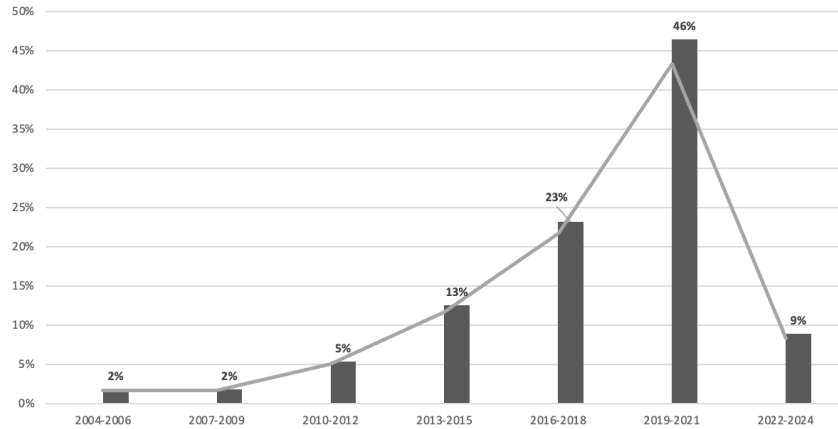
<ul style="list-style-type: none"> On the adoption of lean manufacturing principles in process industries (Panwar et al., 2015) 	<ul style="list-style-type: none"> Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments (Diaz et al., 2013) 	<ul style="list-style-type: none"> Adapting lean manufacturing principles to the textile industry (Hodge et al., 2011)
<ul style="list-style-type: none"> Big data in lean six sigma: a review and further research 	<ul style="list-style-type: none"> Critical Success Factors for Lean Manufacturing: A 	<ul style="list-style-type: none"> The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai

directions (Gupta et al., 2019)	Systematic Literature Review an International Comparison between Developing and Developed Countries (Zargun & Ashaab,2013),	manufacturing sector (Piyathanavong et al., 2019)
<ul style="list-style-type: none"> The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations (Garza et al., 2018) 	<ul style="list-style-type: none"> The Impact of Lean Management Practices and Sustainably-Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium-Sized Enterprises: Empirical Evidence from the UK (Dey et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review (Chugani et al., 2017)
<ul style="list-style-type: none"> An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K (Choudhary et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> The effect of supply chain management practices on supply chain and manufacturing firms' performance (Al-Shboul et al., 2017) 	<ul style="list-style-type: none"> An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. (Choudhary et al., 2019)
<ul style="list-style-type: none"> Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economie (Yadav et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> Adoption of Integrated Lean-Green-Agile Strategies for Modern Manufacturing Systems (Mittal et al., 2017) 	<ul style="list-style-type: none"> Does lean and sustainable manufacturing lead to Industry 4.0 adoption: The mediating role of ambidextrous innovation capabilities (Dixit et al., 2021)
<ul style="list-style-type: none"> Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs (Sahoo,2020) 	<ul style="list-style-type: none"> Lean manufacturing in developing countries: evidence from Indian SMEs (Panizzolo et al., 2012) 	<ul style="list-style-type: none"> Drivers for the adoption of integrated sustainable green lean six sigma agile manufacturing system (ISGLSAMS) and research directions (Hariyani, & Mishra,2022)

<ul style="list-style-type: none"> • Determinants and barriers of implementing lean manufacturing practices in MSMEs: a behavioural reasoning theory perspective (Sahu et al., 2021) 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigating the enablers associated with implementation of Green Lean Six Sigma in manufacturing sector using Best Worst Method (Kaswan & Rathi,2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluating critical failure factors for implementing sustainable lean six sigma framework in manufacturing organization: A case experience (Swarnakar et al., 2020)
<ul style="list-style-type: none"> • A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors (Rathi et al., 2021) 	<ul style="list-style-type: none"> • A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques (Sundar et al., 2014) 	<ul style="list-style-type: none"> • Supplier integration strategy for lean manufacturing adoption in electronic-enabled supply chains (So & Sun,2010)
<ul style="list-style-type: none"> • Lean Manufacturing and Environmental Sustainability: The Effects of Employee Involvement, Stakeholder Pressure and ISO 14001 (Chen et al., 2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda (Buer et al., 2018) 	<ul style="list-style-type: none"> • Key Practice Areas of Lean Manufacturing (YC Wong et al., 2009)
<ul style="list-style-type: none"> • The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications (Abu et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementation of lean production practices and manufacturing performance: The role of lean duration (Wickramasinghe, & Wickramasinghe,2017) 	<ul style="list-style-type: none"> • Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools (Dresch et al., 2018)
<ul style="list-style-type: none"> • Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises (Zhu & Sarkis,2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean manufacturing and business performance: testing the S-curve theory (Negrão et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> • A geographic picture of Lean adoption in the public sector: Cases, approaches, and a refreshed agenda (Lukrafka et al., 2020)
<ul style="list-style-type: none"> • Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement (Tortorella et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysing the influence of organisational culture and leadership styles on the implementation of lean manufacturing (Tortorella et al., 2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • Factors for Effective Implementation of Lean Manufacturing Practice in Selected Industries in Tanzania (Kafuku,2019)
<ul style="list-style-type: none"> • Measuring the impact of lean practices on 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean manufacturing implementation in 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean manufacturing implementation in Zimbabwean

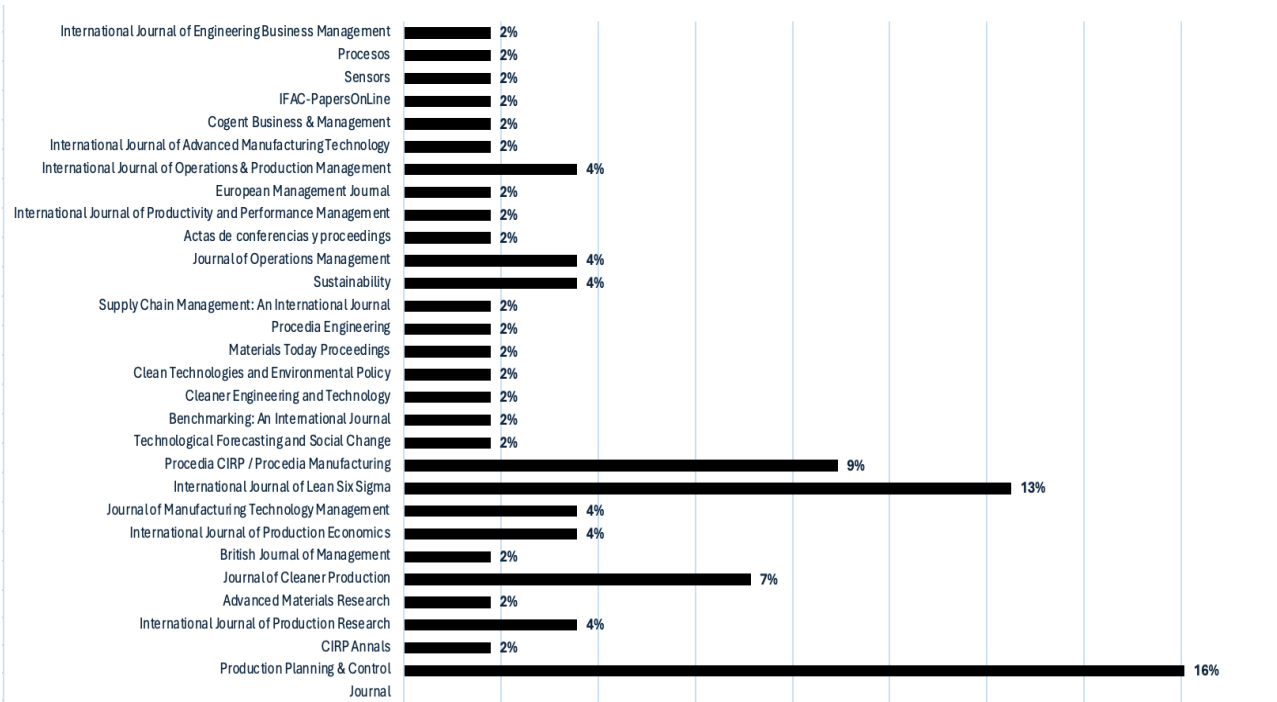
<p>manufacturing performance – case study from the process industry (Kovács et al., 2020)</p>	<p>Zimbabwean industries: Impact on operational performance (Maware & Adetunji,2019)</p>	<p>industries: Impact on operational performance (Pawlik et al., 2022)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • A systematic literature review of lean six sigma adoption in European organizations. (Panayiotou & Stergiou,2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • An Artificial Intelligence-Based Collaboration Approach in Industrial IoT Manufacturing: Key Concepts, Architectural Extensions and Potential (Trakadas et al., 2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean implementation: analysis of individual-level factors in a biopharmaceutical organisation. (Duggan et al., 2022)
<ul style="list-style-type: none"> • Marco para la adopción estratégica de la Industria 4.0: un enfoque en los sistemas inteligentes (Serey et al., 2023) 	<ul style="list-style-type: none"> • Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits (Díaz-et al., 2022) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives. (Ejsmont et al., 2020)
<ul style="list-style-type: none"> • Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. (Bortolotti et al., 2014) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies (Chiarini & Kumar ,2020) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies (Kolberg & Zühlke,2015)
<ul style="list-style-type: none"> • barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers. (Lodgaard, et al., 2016) 	<ul style="list-style-type: none"> • Continuous improvement through «Lean Tools»: An application in a mechanical company. (Oliveira et al., 2017) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cross-functional executive involvement and worker involvement in lean manufacturing and sustainability alignment. (Longoni & Cagliano, 2015)
<ul style="list-style-type: none"> • Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. (Mayr et al.,2018) 	<ul style="list-style-type: none"> • Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. (Dombrowski et al., 2017) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. (Powell et al., 2017)
<ul style="list-style-type: none"> • The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Six Sigma and Green Manufacturing on the environmental performance of manufacturing companies: The case of North Africa (Belhadi et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> • A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors (Singh & Rathi,2018) 	

Ilustración II: Evolución temporal de la productividad científica y distribución porcentual respecto al total.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración III: Distribución de publicaciones por revista.



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Resumen de la evidencia

Esta sección ofrece una descripción general de los 56 artículos analizados, discutiendo su alcance, principales contribuciones y las limitaciones destacadas por los respectivos autores:

Lukrafka et al. (2020) examina la aplicación de Lean en el sector público, centrándose en la optimización de procesos y su impacto social. Identifica barreras como la falta de conocimiento y el enfoque en resultados a corto plazo. Destaca la necesidad de adaptar Lean a factores culturales y políticos, así como analizar diferencias regionales y herramientas utilizadas en gobiernos. Aunque su adopción ha crecido, su percepción de valor sigue siendo poco explorada.

Sundar et al. (2014) abordan cómo Lean Manufacturan mejora la eficiencia reduciendo desperdicios mediante herramientas como VSM, Kanban, SMED y el sistema Pull. Su éxito depende de una implementación estructurada y una planificación adecuada. Se propone una hoja de ruta para garantizar sostenibilidad y evitar problemas. Los principales desafíos incluyen la falta de dirección y planificación. Se sugiere investigar estructuras alineadas con el sistema Pull EPEI para optimizar su aplicación en entornos dinámicos

Panayiotou & Stergiou (2020) examinan la aplicación de Lean Six Sigma (LSS) en Europa mediante el análisis de 58 artículos, destacando sectores como finanzas, salud, telecomunicaciones y manufactura. Resalta el uso de DMAIC y DMADV, junto con herramientas como gráficos de control y análisis de causa raíz. Los principales beneficios incluyen reducción de costos y mejora en calidad y eficiencia. Entre las limitaciones, se menciona el acceso restringido a publicaciones y el enfoque en empresas europeas. Se recomienda explorar nuevas aplicaciones y conectar LSS con otros métodos de mejora.

Hodge et al. (2011) examina la aplicación de fabricación esbelta en la industria textil de EE. UU., enfocándose en herramientas como 5S, VSM, JIT y gestión visual. Se analizaron 11 empresas, evidenciando mejoras en eficiencia, costos, calidad y tiempos de entrega. Las principales barreras fueron la resistencia al cambio y la falta de capacitación. La adopción de estos principios optimiza la productividad y competitividad, beneficiando la satisfacción del cliente.

Mittal et al. (2017) exploran cómo las estrategias de fabricación moderna se utilizan para optimizar recursos y reducir desperdicios, mejorando la

sostenibilidad. Métodos como MOORA y VIKOR, junto con indicadores de rendimiento, facilitan la toma de decisiones. La combinación de estos enfoques mejora la eficiencia, competitividad y permite enfrentar desafíos industriales actuales.

Trakadas et al. (2020) explora innovaciones en IA, ciberseguridad y fabricación inteligente, destacando el aprendizaje federado para proteger datos y evaluar detección de amenazas en sistemas industriales. En Industria 4.0, resalta gemelos digitales, mantenimiento predictivo e interoperabilidad. También compara computación en el borde y en la nube para IoT. La integración tecnológica es clave para mayor seguridad y eficiencia industrial.

Tortorella et al. (2020) desarrollan un estudio sobre la adopción de Lean Manufacturan en empresas brasileñas el cual revela que la cultura organizacional y el liderazgo afectan su implementación. Se identifican cuatro estilos de liderazgo vinculados a enfoques de LM, destacando que las empresas exitosas aplican prácticas suaves para su sostenibilidad. Adaptar la cultura y el liderazgo es clave para el éxito a largo plazo.

Sahoo (2020) establece que las PYMES automotrices en India implementan prácticas lean de manera fragmentada para mejorar calidad, costos y eficiencia. Destacan fabricación celular, TPM y 5S, pero enfrentan barreras como resistencia cultural y falta de liderazgo. Se recomienda compromiso directivo, capacitación y colaboración para optimizar el desempeño y la competitividad.

Diaz et al. (2013) explora la aplicación de estrategias como reducir los tiempos de configuración, mejorar la calidad, optimizar la disponibilidad de máquinas, extender la vida útil de herramientas y reducir el tamaño de lotes. Las estrategias verdes se centran en disminuir el consumo de energía y mejorar la eficiencia. Estas acciones podrían reducir los costos de producción en un 10,8%, con un 4,7% de ahorro gracias a las estrategias verdes. Combinando ambos enfoques, se optimizan los costos y se promueve la sostenibilidad. La planificación adecuada es esencial para el éxito a largo plazo.

Lodgaard et al. (2016) revela que las barreras para la implementación de Lean varían según el nivel jerárquico: los directivos mencionan la falta de conocimiento y herramientas, mientras que los trabajadores señalan problemas de gestión. El estudio, realizado en una empresa en Noruega, identificó estas percepciones mediante entrevistas y observaciones. Se sugiere más investigación para

mejorar la generalización de los resultados y considerar las perspectivas de diferentes grupos, ya que comprender estas diferencias es clave para una implementación.

Gupta et al. (2019) analiza cómo Big Data mejora la toma de decisiones en Lean Six Sigma (LSS), revisando 52 estudios sobre su aplicación en cada fase. Identifica desafíos como integración, seguridad y sostenibilidad, además de 19 brechas y 21 aspectos clave para futuras investigaciones. Concluye que Big Data optimiza los procesos de LSS y beneficia a las organizaciones.

Oliveira et al. (2017) establece cómo los estudios sobre Lean Manufacturan resaltan la eliminación de desperdicios, como sobreproducción y defectos, para maximizar el valor al cliente. Herramientas como VSM, Kaizen y TPM mejoran la eficiencia en el Gemba. Además, integrar Lean con tecnologías de Industria 4.0 es clave para la competitividad y sostenibilidad.

Zargun & Ashaab (2013) establece que la fabricación Lean busca maximizar el valor para el cliente al minimizar los desperdicios. Su éxito depende del compromiso de la alta dirección, la adaptación cultural, la capacitación continua y una estructura organizativa adecuada. Entre los beneficios están la reducción de desperdicios, la mejora de la productividad y la satisfacción del cliente. Las barreras incluyen falta de comprensión, resistencia al cambio, recursos limitados y estructuras rígidas. Medir los resultados es clave para evaluar el progreso y éxito de su implementación.

Longoni & Cagliano (2015) examina cómo el involucramiento de ejecutivos y trabajadores influye en la alineación de la fabricación lean con los objetivos de sostenibilidad ambiental y social. Un alto involucramiento de ambos facilita esta alineación, mejorando el rendimiento sostenible. Los modelos organizacionales avanzados muestran mejores resultados que los tradicionales. Además, prácticas como JIT, TQM y TPM deben alinearse con la sostenibilidad. Se concluye que la colaboración entre todos los niveles organizacionales es clave para mejorar la sostenibilidad.

Sahu et al. (2021) muestra que la implementación de prácticas de manufactura esbelta (LMP) en MIPYMES está en aumento, pero enfrenta barreras en países en desarrollo, como la resistencia al cambio, falta de formación y recursos limitados. Las motivaciones para adoptarlas incluyen mejorar la competitividad, reducir costos y mejorar la calidad. El estudio resalta que un mayor nivel educativo

facilita la adopción de LMP y que los motivos a favor influyen positivamente en las actitudes y las intenciones de adopción. La capacitación y el apoyo de la dirección son claves para superar estos obstáculos.

Yadav et al. (2019) establece que las herramientas claves de Lean Manufacturan incluyen 5S, mapeo de la cadena de valor, análisis de desperdicios, gestión de calidad total y fabricación celular. Los desafíos principales son la remanufactura, la eficiencia ecológica y la redistribución de la producción en economías emergentes. Se han implementado estrategias como Kaizen y reducción del tiempo de ciclo para mejorar la eficiencia. En el sector salud, Lean se utiliza para optimizar procesos. Investigaciones recientes analizan el impacto de la complejidad ambiental, asignación de trabajadores y revisión sistemática sobre Lean Manufacturan.

Dixit et al. (2021) muestra que la adopción de Industria 4.0 (I4.0) está impulsada por la fabricación lean y sostenible, pero influenciada por la ambidextría innovadora. La sostenibilidad aumenta la adopción en un 24,3%. El estudio validó la relación entre fabricación e I4.0, destacando beneficios como mayor eficiencia operativa, mejor comunicación y toma de decisiones innovadoras. La integración de fabricación sostenible y lean, junto con un enfoque en ambidextría innovadora, es crucial para maximizar la adopción y el rendimiento organizacional.

Hariyani & Mishra (2022) argumentan que la sostenibilidad en la fabricación se logra integrando enfoques lean y green, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental. Estas prácticas optimizan el desempeño ambiental y financiero, además de fortalecer la responsabilidad social y la competitividad. Los incentivos económicos y regulatorios son clave para su adopción, y las alianzas estratégicas junto con indicadores de desempeño facilitan su implementación. A pesar de los beneficios, las empresas enfrentan desafíos como la resistencia al cambio y la falta de conocimiento.

Swarnakar et al. (2020) expone que la implementación de Lean Six Sigma (LSS) enfrenta desafíos debido a 26 factores críticos de fracaso (CFF) identificados en la industria fabricante. Se utilizó el Modelado Estructural Interpretativo Total (TISM) para evaluar las interrelaciones entre estos factores y proponer soluciones. Los hallazgos ayudan a los gerentes a abordar los problemas de manera sistemática, destacando estrategias para mitigar los CFF y mejorar la implementación de LSS.

Comprender estos factores es clave para lograr mejoras sostenibles y aumentar la satisfacción del cliente.

Pawlik et al. (2022) argumenta que la remanufactura es fundamental para una economía sostenible, pero enfrenta desafíos operativos que pueden superarse con prácticas Lean. Su aplicación mejora la eficiencia, reduce desperdicios y optimiza procesos, especialmente en la automoción. Sin embargo, la variabilidad de productos y los problemas en la planificación dificultan su implementación. Se han creado matrices para identificar oportunidades y mitigar estos desafíos. Personalizar las estrategias Lean es clave para maximizar su impacto en cada proceso de remanufactura.

Kafuku (2019) establece que la fabricación esbelta mejora la competitividad al eliminar desperdicios y optimizar recursos, promoviendo la sostenibilidad económica, ambiental y social. Su implementación depende de factores clave como planificación, desarrollo de productos, gestión del personal y relaciones con proveedores y clientes. Un estudio con Smart-PLS validó estos factores y su impacto en la eficiencia empresarial. Se recomienda adoptar enfoques lean para mejorar la responsabilidad corporativa y reducir el desperdicio, siendo esencial integrar estas prácticas para el éxito en la fabricación actual.

Serey et al. (2023) analiza la adopción de la Industria 4.0 a partir de 160 artículos, identificando como ejes clave la innovación en negocios y la gestión del cambio. Destacan desafíos como la eficiencia operativa, la rentabilidad y la experiencia del cliente. Además, resalta la importancia de estrategias digitales claras para las PYMES y sugiere investigar el impacto regional, la digitalización y los efectos de la pandemia en los modelos de negocio.

Wickramasinghe & Wickramasinghe (2017) examina el impacto de la producción lean en la industria textil de Sri Lanka, mostrando que su aplicación sostenida mejora el desempeño. A partir de una encuesta a 189 personas y datos recopilados durante siete meses, se identifican siete prácticas clave, como reducción de desperdicios, JIT y mejora continua. Los resultados indican que adoptar lean fortalece la eficiencia y competitividad, resaltando la importancia de un compromiso prolongado para maximizar los beneficios operativos.

Dresch et al. (2018) presenta un método para que las PYMES industriales en Brasil adopten Lean Manufacturing, aumentando su productividad y competitividad. Basado en el indicador OEE, cuenta

con el respaldo de universidades y entidades gubernamentales. Se detectó que, aunque las empresas muestran interés, carecen de conocimientos para su implementación. La propuesta ofrece una guía práctica para identificar problemas y aplicar herramientas heurísticas, concluyendo que esta estrategia puede fortalecer su posicionamiento en el mercado.

Tortorella et al. (2019) analiza la relación entre Producción Lean e Industria 4.0 en 147 fabricantes brasileños, destacando su influencia en el rendimiento operativo. Señala desafíos como la inversión en tecnología y los cambios socioculturales. Basado en la teoría de contingencia, se concluye que no hay una solución única y los resultados dependen del contexto. Se recomienda capacitar al personal y profundizar en la investigación sobre su integración para mejorar la eficiencia.

Dombrowski et al., 2017 establecen que los Sistemas de Producción Lean (LPS) buscan optimizar procesos y eliminar desperdicios, mientras que la Industria 4.0 aprovecha la digitalización para enfrentar los retos del mercado actual. Su integración impulsa la mejora continua, optimiza recursos y facilita la adopción tecnológica, mejorando la eficiencia, flexibilidad y experiencia del cliente.

Singh & Rathi (2018) muestra que Green Lean Six Sigma (GLS) combina Lean, Six Sigma y sostenibilidad para optimizar procesos, reducir desperdicios y mejorar la rentabilidad. Sus ventajas incluyen mayor calidad y cumplimiento ambiental, aunque enfrenta retos como la falta de recursos y resistencia al cambio. Su implementación fortalece la competitividad y fomenta una producción más sostenible.

YC Wong et al. (2009) establecen que la fabricación esbelta, basada en el Sistema de Producción Toyota (TPS), optimiza la productividad eliminando desperdicios y ajustando la producción a la demanda. Se enfoca en reducir sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, procesamiento excesivo, inventarios excesivos, movimientos innecesarios y defectos. Su implementación abarca procesos, inventario, calidad y diseño de productos, aunque se sugieren nuevas áreas para mejorar su evaluación y adopción.

Mayr et al. (2018) muestra que la gestión lean, inspirada en el Sistema de Producción Toyota, elimina desperdicios y maximiza el valor para el cliente, mientras que la Industria 4.0 mejora la

automatización y la conectividad. Su integración optimiza procesos como el flujo de valor y el mantenimiento productivo, aumentando la eficiencia y flexibilidad. Se requiere más investigación para desarrollar una "lean 4.0" que involucre a los empleados y evite errores previos.

Kolberg & Zühlke (2015) establece que los sistemas ciberfísicos (CPS) enfrentan retos en su diseño, control de materiales e interacción humano-máquina. Es crucial estandarizar interfaces y aplicar principios Lean, como Kanban electrónico y JIT, para mejorar la eficiencia. La integración de CPS con Lean busca optimizar la automatización, recolección de datos y mejora continua, además de asegurar flexibilidad y supervisión de fallos. No obstante, aún falta un marco integral para integrar completamente los CPS en la producción.

Duggan et al. (2022) analiza la implementación de prácticas lean en una empresa biofarmacéutica global, enfocándose en los factores individuales que afectan la disposición de los empleados hacia lean y su vinculación con el compromiso organizacional. Se identificaron factores como el apoyo directivo, la comunicación efectiva y el empoderamiento de los empleados. Los resultados muestran que la personalidad y el compromiso afectivo influyen en la adopción de lean. Se recomienda que las organizaciones tomen en cuenta estos aspectos para mejorar la implementación de lean.

Negrão et al (2019) abordan diversas prácticas y herramientas para mejorar la eficiencia operativa y el rendimiento empresarial, como Lean Manufacturing, JIT, TPM y Lean Six Sigma. También se mencionan métodos estadísticos y análisis estructurales, como el uso de R^2 y Q^2 para evaluar modelos. Se destacan las contribuciones de autores en áreas como planificación de producción y economía circular. Se recomienda el uso de herramientas como SmartPLS y guías de análisis para profundizar en la gestión y análisis de datos.

Chen et al. (2020) argumenta que la fabricación sostenible utiliza herramientas Lean para mejorar procesos, como en la producción de componentes de motocicletas en Europa. Las prácticas Lean y la gestión ambiental están vinculadas, mejorando el rendimiento operativo y financiero. Sin embargo, en Brasil, las barreras culturales y la presión institucional dificultan su adopción. Casos como el de Honda de América muestran cómo Lean puede mejorar el rendimiento ambiental. Los estudios recientes resaltan la importancia del enfoque Lean en la sostenibilidad empresarial.

Maware & Adetunji (2019) muestra que la manufactura esbelta en Zimbabwe ha mejorado la producción en industrias como alimentos y farmacéutica, aplicando herramientas como JIT y Kaizen. Sus ventajas incluyen menor costo y mayor calidad, aunque enfrenta desafíos como la falta de formación y recursos. Superar estos obstáculos es esencial para su éxito.

Panizzolo et al. (2012) establece que la fabricación lean ha sido adoptada por PYMES en India para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la flexibilidad. Sin embargo, enfrentan desafíos como alta rotación de empleados y falta de capacitación. Casos como Maruti Suzuki y Ford India resaltan la importancia de la colaboración con proveedores y la formación continua. Aunque tiene potencial, la adopción de lean sigue siendo limitada por factores estructurales y culturales. Se recomienda mayor apoyo educativo y gubernamental para expandir su implementación.

Powell et al. (2017) muestra que el éxito de Lean Six Sigma (LSS) en una planta láctea en Noruega se basó en factores como el compromiso de la dirección, la medición de causas raíz, la comunicación efectiva y la inclusión de todos los sectores. Se empleó el enfoque VSM-DMAIC para identificar desperdicios en el manejo de la leche. Un estudio de campo longitudinal permitió observar cambios en tiempo real, con la participación de los investigadores y la creación de nuevos KPIs para mejorar los procesos, reduciendo desperdicios y promoviendo la mejora continua.

Chiarini & Kumar (2020) discute que la combinación de Lean Six Sigma (LSS) e Industria 4.0 optimiza la eficiencia operativa mediante automatización y tecnologías avanzadas, mejorando la sincronización e innovación en análisis. Sin embargo, enfrenta desafíos como resistencia al cambio, adaptación de sistemas ERP y escasa investigación. Para una integración efectiva, es esencial capacitar al personal y emplear herramientas como el VSM inteligente. Si se superan estos retos, la integración puede mejorar significativamente la excelencia operativa.

Rathi et al. (2021) establece que Lean Six Sigma (LSS) ha optimizado la atención médica al reducir tiempos de espera y errores, además de mejorar la cadena de suministro. Un análisis de 140 estudios respalda sus beneficios, aunque su adopción en países en desarrollo es baja por falta de conocimiento. Se sugiere más investigación en procesos médicos para ampliar su impacto.

- Kovács et al. (2020) muestra que la implementación de prácticas Lean mejora el rendimiento en fabricación, aunque los procesos rígidos pueden dificultar su aplicación. Se identificaron tres áreas clave: capital de trabajo, velocidad en la cadena de suministro y costos. Un modelo de ecuaciones estructurales analizó cómo lean impacta el rendimiento, revelando efectos variables. Aunque los hallazgos aportan información valiosa, la investigación se limita a una empresa, reduciendo su generalización.
- Panwar et al. (2015) discute que la aplicación de principios lean en la industria de procesos mejora la eficiencia al reducir desperdicios, optimizar la calidad y acortar tiempos de entrega. No obstante, enfrenta retos como la adaptación de prácticas y la escasez de estudios aplicables. Se sugiere profundizar en estrategias y factores externos para optimizar su implementación y aprovechar su potencial competitivo.
- Díaz- et al. (2022) establece que el enfoque en eficiencia de producción busca minimizar paradas, desperdicios y costos, con énfasis en la producción bajo demanda utilizando sistemas como Kanban y Pull. Herramientas como TPM, QS y OPF mejoran la eficiencia operativa, mientras que también se observan beneficios en sostenibilidad económica y reducción de costos de energía y residuos. La pandemia impactó la recolección de datos, destacando la necesidad de adaptabilidad. La investigación se validó mediante encuestas y análisis descriptivo para garantizar la validez.
- Zhu & Sarkis (2004) argumentan que la Gestión Verde de la Cadena de Suministro (GSCM) ha cobrado importancia en China tras su ingreso a la OMC, promoviendo mejoras ambientales y económicas. Se distingue entre gestión ambiental interna y externa, incluyendo la cooperación con socios comerciales. Aunque muestra beneficios en eficiencia y sostenibilidad, el estudio presenta limitaciones como la selección de muestras y diferencias culturales. Se sugiere ampliar la investigación en distintos sectores industriales.
- Choudhary et al. (2019) analiza cómo las PYMES en el Reino Unido pueden optimizar su eficiencia y sostenibilidad mediante la integración de estrategias lean y verdes. A través del Mapeo de Valor Integrado Verde (GIVSM), se mejora la eficiencia, se reduce la huella de carbono y se minimizan los defectos. La investigación valida su aplicación en una empresa de envases, demostrando beneficios sin grandes inversiones. Se destaca la importancia del análisis de causa raíz y la
- elección de proveedores sostenibles para la mejora continua.
- Bortolotti et al. (2014) establece que la implementación exitosa de la gestión lean (LM) depende de una cultura organizacional (OC) adecuada. Un perfil de OC con alto colectivismo, enfoque hacia el futuro y atención a las personas mejora el rendimiento. El éxito se logra al combinar herramientas técnicas con prácticas como la capacitación continua y la participación de proveedores. Los fracasos ocurren cuando no se gestionan adecuadamente los recursos humanos y no se adaptan correctamente prácticas como Just-In-Time. Un enfoque equilibrado entre prácticas técnicas y de personas es clave para el éxito de LM.
- So & Sun (2010) examina cómo la integración de proveedores impacta la adopción de fabricación lean en cadenas de suministro electrónicos. Factores como el intercambio de información y la selección adecuada de proveedores son claves para las pequeñas y medianas empresas. La adopción continua de lean depende del uso constante de estas prácticas. Se destaca la importancia de seleccionar proveedores que colaboran en la implementación de lean, mejorando el rendimiento y facilitando la innovación y el co-diseño en las redes de suministro.
- Piyathanavong et al. (2019) destaca la importancia de la gestión ambiental y la producción limpia, enfocándose en prácticas como la reducción de residuos, la economía circular y la evaluación del ciclo de vida. Se identifican barreras como la falta de apoyo financiero, resistencia al cambio y ausencia de regulaciones gubernamentales efectivas. Se ejemplifican aplicaciones en sectores como alimentos y automotriz, donde se implementan cadenas de suministro verdes. La investigación muestra que las prácticas sostenibles mejoran tanto el rendimiento ambiental como organizacional, aunque las PYMES enfrentan desafíos importantes para su adopción.
- Garza et al. (2018) establece que la fabricación esbelta, centrada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, tiene un impacto positivo en el rendimiento ambiental de las empresas manufactureras. Herramientas como Justo a Tiempo (JIT) y Mantenimiento Productivo Total (TPM) son las más efectivas para reducir el uso de materiales, energía y contaminantes. Kaizen/CI también mejora la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de contaminantes, mientras que herramientas como la autonomía y el mapeo de la cadena de valor (VSM) tienen un impacto menor.

Integrar prácticas esbeltas y sostenibles mejorando la eficiencia operativa y ambiental.

Al-Shboul et al. (2017) aborda la gestión de la cadena de suministro, destacando temas como la división de información, la integración de la cadena y la responsabilidad social corporativa. También se mencionan enfoques de calidad como TQM y prácticas para mejorar la eficiencia, como la reducción de tiempos de espera y sistemas de producción "Pull". Además, se presenta un modelo de investigación para analizar las interacciones en la gestión de la cadena de suministro.

Dey et al. (2019) analiza cómo las prácticas de gestión lean (LMP) y la innovación orientada a la sostenibilidad (SOI) influyen en el rendimiento económico y sostenible de las PYMES. Se destaca que la SOI media entre LMP y el rendimiento sostenible, mientras que la responsabilidad social corporativa (RSC) tiene un impacto marginal. Se propone una herramienta diagnóstica para evaluar la sostenibilidad en las cadenas de suministro de las PYMES. La adopción conjunta de LMP y SOI es esencial para mejorar el desempeño económico y ambiental.

Abu et al. (2009) investiga sobre la implementación de manufactura Lean en la industria del mueble en economías emergentes es escasa. Los beneficios incluyen mayor eficiencia, reducción de desperdicios y mejor satisfacción del cliente, pero existen barreras como la falta de conocimiento y recursos. Las prácticas más comunes son el método 5S, capacitación y control de calidad. Se sugiere que las empresas reconozcan sus capacidades y busquen apoyo gubernamental y de asociaciones para facilitar su adopción.

Belhadi et al. (2019) establece que la integración de Big Data, Lean Six Sigma y Manufactura Verde puede mejorar el desempeño ambiental de las empresas, reduciendo residuos y optimizando procesos. Estas metodologías también fomentan una cultura organizacional sostenible y aumentan la competitividad. Big Data permite predecir tendencias y mejorar la sostenibilidad. La colaboración empresarial y la capacitación en estas prácticas impulsan un rendimiento ambiental superior, facilitando la transición hacia un futuro más sostenible.

Buer et al. (2018) discute la relación entre Industria 4.0 y fabricación Lean, la cual busca mejorar la productividad y flexibilidad, pero existen brechas en la investigación. Se destacan cuatro áreas clave: impacto de Lean, apoyo de Industria 4.0 a Lean,

implicaciones de rendimiento y factores ambientales. Aún no hay un marco sólido para su integración, lo que subraya la necesidad de más estudios. Es esencial investigar cómo Lean puede facilitar la adopción de Industria 4.0 y sus efectos en el desempeño para optimizar la implementación de ambas estrategias.

Ejsmont et al. (2020) explora la integración de fabricación esbelta e Industria 4.0, conocida como "Lean Industry 4.0" (LI4). Se revisaron 87 publicaciones de 2011 a 2019, mediante análisis de redes de citación y palabras clave. La mayoría de los estudios fueron actas de conferencias y artículos científicos. Financiado por la Agencia Nacional Polaca para el Intercambio Académico, el estudio subraya la necesidad de más investigaciones sobre cómo Lean y las tecnologías de Industria 4.0 pueden mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la producción.

Kaswan & Rathi (2020) establecen que Green Lean Six Sigma (GLS) permite a las industrias reducir residuos, mejorar la eficiencia y cumplir con normativas ambientales, promoviendo la sostenibilidad y competitividad. Su implementación enfrenta retos como falta de recursos, resistencia al cambio y barreras tecnológicas. Requiere el compromiso de la alta dirección, métricas adecuadas y la participación de los empleados. Superar estos desafíos ayudará a mejorar la sostenibilidad y la eficiencia operativa de las empresas.

Chugani et al. (2017) examina el impacto ambiental de Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma, destacando su capacidad para reducir desperdicios, conservar recursos y ahorrar energía. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos y requiere el apoyo de la alta dirección. Se sugiere incorporar una dimensión verde en la gestión de calidad para mejorar la sostenibilidad. Aunque estas metodologías ayudan a cumplir las regulaciones y optimizar la eficiencia, aún se necesita más investigación para entender completamente su impacto ecológico y aplicabilidad en la gestión operativa.

Choudhary et al. (2019) analiza la integración de lean y verde en una PYME de embalaje en el Reino Unido, utilizando la herramienta GIVSM para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad. La implementación conjunta enfrenta desafíos como regulaciones ambientales y expectativas del consumidor, pero maximiza los beneficios. A través de un estudio de caso, se valida el enfoque, aunque se requiere más investigación en otros sectores. Se identifican

desperdicios como el uso excesivo de agua y transporte innecesario, sirviendo como referencia para proyectos de mejora en la industria.

En consideración de los trabajos anteriores, la Tabla III los caracteriza considerando el tema central, el sujeto de estudio, la metodología de trabajo, el contexto de investigación y la estrategia de implementación.

Tabla III: Caracterización y clasificación final de los artículos identificados.

Título del artículo	¿Cuál es el tema central de los trabajos?	¿Cuál es el sujeto de estudio?	¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?	¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?	¿Cuál es la estrategia de implementación de Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?
(Lukrafka et al. 2020).	Optimización	Magro público	Evaluación	Sector público	Contextualización
(Panayiotou & Stergiou, 2020).	LSS en Europa	Adopción LSS	Metodología LSS	Sectores estratégicos.	DMAIC y DMADV.
(Sundar et al., 2014).	Implementación de Lean Manufacturing.	Implementación de Lean Manufacturing	Fabricación ajustada	Entornos de manufactura.	Planificación estructurada y secuenciación adecuada.
(Hodge et al., 2011).	Textil esbelto	Industria textil estadounidense	(Lean Manufacturing)	Industria textil estadounidense	Herramientas Lean
(Mittal et al., 2017).	Integración de Lean, Manufactura Verde y Agile	Estrategias de fabricación moderna	Análisis multicriterio (MOORA, VIKOR)	Industria manufacturera.	Análisis multicriterio
(Trakadas et al., 2020).	Innovación	Innovaciones en Industria 4.0	Computación de borde	Industria 4.0 y sistemas industriales.	Digitalización
(Tortorella et al., 2020).	Cultura Lean	Adopción.	Análisis de agrupamiento	Empresas brasileñas	Adaptación cultural y liderazgo adecuado.
(Sahoo, 2020).	Adopción de Lean en PYMES automotrices	PYMES del sector automotriz en India.	Fabricación ajustada.	PYMES del sector automotriz en India	Compromiso organizacional

Diaz et al., 2013).	Optimización de costos y sostenibilidad en la producción.	Producción industrial	Fabricación sostenible.	Industria de manufactura.	Optimización de procesos.
Lodgaard, et al., 2016).	Barreras de implementación.	Implementación de Lean.	Estudio cualitativo.	Empresa de fabricación en Noruega.	Investigación continua y enfoque participativo.
(Gupta et al., 2019).	Integración de Big Data en Lean Six Sigma.	Big Data y Lean Six Sigma.	Revisión de literatura.	Organizaciones.	Integración de Big Data en LSS.
(Oliveira et al., 2017).	Fabricación ajustada.	Lean Manufacturan en la producción	Fabricación ajustada	Industria 4.0.	Mejora continua.
(Zargun & Ashaab,2013)	Fabricación ajustada.	Fabricación Lean.	Fabricación ajustada.	Fabricación.	Compromiso organizacional.
(Longoni & Cagliano, 2015).	Sostenibilidad	Fabricación lean	Fabricación Lean.	Organización empresarial.	Colaboración organizacional.
(Sahu et al., 2021).	Adopción de Lean en MIPYMES	MIPYMES en países en desarrollo.	Investigación cualitativa.	MIPYMES en países en desarrollo.	Capacitación y apoyo directivo.
(Yadav et al., 2019).	Fabricación ajustada.	Fabricación ajustada.	Fabricación ajustada.	Economías emergentes y sector salud.	El poder de la autodefensa.
(Dixit et al., 2021).	Industria 4.0.	Industria 4.0 y fabricación sostenible	Ambidiestra innovadora	Industria 4.0.	Ambidiestra innovadora
(Hariyani,& Mishra,2022).	Sostenibilidad.	Empresas.	Enfoque Lean y Green.	Fabricación sostenible.	Integración estratégica.
(Swarnakar et al., 2020).	Seis Sigma Lean.	Industria fabricante.	Modelado Estructural Interpretativa	Industria manufacturera.	TISM (Modelado Estructural

				tivo Total (TISM).		Interpretati vo Total)
(Pawlik et al., 2022).	Remanufactura	Remanufactura	Inclinarse	Automoción	Personalizació n.	
(Kafuku,2019).	Fabricación esbelta.	de Fabricación esbelta.	de Inteligente- PLS	Fabricación.	Enfoques Lean.	
(Serey et al., 2023).	Industria 4.0.	Adopción de la Industria 4.0.	Revisión sistemática	PYMES.	Estrategias digitales.	
(Tortorella et al., 2019).	Integración	Empresas	Contingencia	Fabricación	capacitación	
(Dombrowski et al., 2017).	integración	integración de LPS e Industria 4.0	integración	empresas manufacturera s	integración	
(Singh & Rathi,2018)	sostenibilidad	Green Lean Six Sigma (GLS	Green Lean Six Sigma (GLS	Green Lean Six Sigma (GLS	integración	
(YC Wong et al., 2009)	desperdicio	(Lean Manufacturing)	(Lean Manufactu ring)	empresas manufacturera s	eliminación de desperdicio s	
(Mayr et al., 2018).	integración	lean 4.0	lean 4.0	empresas manufacturera s	integración	
(Kolberg & Zühlke,2015)	integración	Sistemas ciberfísicos (CPS)	Lean Manufactu ring	industria manufacturera	Lean-Agile.	
(Duggan et al., 2022).	Implementación	Empleados	Inclinarse	Biofarmacéutica	Empoderamien to	

(Chen et al., 2020).	Fabricación sostenible	Fabricación Lean	Manufactura esbelta	Honda de América	Pensamiento Lean
(Maware & Adetunji,2019).	Manufactura Esbelta	Zimbabue	Manufactura esbelta	Zimbabue	Superación de barreras
(Panizzolo et al., 2012)	Adopción de Lean	PYMES en India	Fabricación Lean	PYMES en India	Colaboración y formación continua
(Powell et al., 2017).	Implementación de Lean Six Sigma	Planta láctea en Noruega	Seis Sigma Lean (LSS)	Planta láctea en Noruega	VSM-DMAIC
(Chiarini & Kumar ,2020).	Integración de Lean Six Sigma e Industria 4.0	Integración de Lean Six Sigma e Industria 4.0	Lean Six Sigma y la Industria 4.0	Industria 4.0 y Lean Six Sigma	Integración tecnológica
(Rathi et al., 2021).	Lean Six Sigma en salud	Sector salud	Seis Sigma Lean (LSS)	Sector salud	Revisión sistemática
(Kovács et al., 2020).	Manufactura esbelta	Rendimiento operativo de plantas fabricación	Modelo de ecuaciones estructurales	Planta de fabricación	Optimización
(Panwar et al., 2015)	Mejora continua en la industria de procesos.	Industria de procesos.	de Principios Lean	Industria de procesos	de Investigación y optimización de implementación.
(Díaz- et al., 2022).	Eficiencia en la producción	Eficiencia operativa	Lean Manufacturing (Kanban, TPM, QS, OPF)	Industria manufacturer a	Adaptabilidad y validación de resultados.
(Zhu & Sarkis,2004).	Gestión verde de la cadena de suministro	Rendimiento ambiental y económico	Gestión ambiental y externa, cooperación	Empresas en China post-OMC.	Investigación continua y adaptación cultural.

(Choudhary et al., 2019).	Integración de estrategias lean y verdes	Pequeñas y medianas empresas (PYMES)	Mapeo de Valor Integrado Verde (GIVSM)	Empresa de fabricación de envases en el Reino Unido	Análisis de causa raíz y selección de proveedores sostenibles.
(Bortolotti et al., 2014).	Gestión Lean y Cultura Organizacional.	Cultura organizacional y gestión lean	Integración de herramientas lean con prácticas humanas.	General (no especificado)	Enfoque integral
(So & Sun, 2010)	Integración de proveedores	Cadenas de suministro en PYMES	Adopción de lean y colaboración con proveedores	PYMES electrónicas	Colaboración
(Piyathanavong et al., 2019).	Gestión ambiental	PYMES	Circular de economía	Sectores alimentarios y automotrices	Redes de cadenas de suministro verdes
(Garza et al., 2018).	Fabricación esbelta	Organizaciones manufactureras	Kaizen/CI y JIT	Fabricación	integración de prácticas esbeltas y sostenibles
(Al-Shboul et al., 2017).	Gestión de la cadena de suministro	Toma de decisiones en la cadena de suministro	TQM y sistemas "Pull"	Empresas con prácticas de cadena de suministro integradas	Compartición de información e integración de la cadena
(Dey et al., 2019).	Gestión lean y sostenibilidad	PYMES	Modelo de mediación SOI	Cadenas de suministro de PYMES	Adopción conjunta de LMP y SOI
(Abu et al., 2009).	Manufactura Lean	Industria del mueble	Método 5S, capacitación y control de calidad.	Economías emergentes en la industria del mueble	Reconocimiento de capacidades y apoyo gubernamental
(Belhadi et al., 2019).	Integración de Big Data, Lean Six Sigma y Manufactura Verde	Empresas fabricantes	Big Data, Lean Six Sigma, Manufactura Verde	Empresas manufactureras con enfoque en sostenibilidad	Colaboración empresarial y capacitación
(Buer et al., 2018).	Industria 4.0 y fabricación Lean	Fabricación y producción	Industria 4.0, Lean Manufacturing	Fabricación y producción industrial	Integración de Lean e Industria 4.0

(Ejsmont et al., 2020).	Lean Industry 4.0 (LI4)	Integración de Lean e Industria 4.0	Análisis de redes de citación y palabras clave	Investigación académica, financiada por la Agencia Nacional Polaca	Interacción entre Lean y tecnologías de Industria 4.0
(Kaswan & Rathi,,2020).	Green Lean Six Sigma (GLS)	Reducción de residuos y mejora de la eficiencia	Integración de tecnologías avanzadas y métricas de impacto	Sostener	Compromiso de la alta dirección y participación de empleados
(Chugani et al., 2017).	Impacto ambiental de Lean, Six Sigma y Lean Six Sigma	Reducción de desperdicios y mejora de la sostenibilidad	Integración de una dimensión verde en la gestión de calidad	Empresas enfocadas en eficiencia y cumplimiento regulatorio	Compromiso de la alta dirección
Wickramasinghe & Wickramasinghe (2017)	Impacto de las prácticas lean	Industria textil y de confección	Encuesta y datos longitudinales	Sri Lanka	Compromiso a largo plazo con Lean
(Dresch et al., 2018).	Lean Manufacturing	PYMES industriales brasileñas	Manufactura esbelta	Brasil.	Heurística
.(Choudhary et al., 2019).	Integración de lean y verde	Eficiencia y sostenibilidad en la industria del embalaje	Herramienta GIVSM	PYME de embalaje en el Reino Unido	Estudio de caso y aplicación práctica

3.3 Análisis de los artículos

1. ¿Cuál es el tema central de los trabajos?

El tema central de los trabajos analizados se centra en la implementación de Lean Manufacturing (LM) y su integración con otras metodologías, como Lean Six Sigma (LSS), y tecnologías emergentes de la Industria 4.0, con el objetivo de optimizar los procesos industriales en diversos sectores, incluida la fabricación, servicios y el sector público. Se subraya la importancia de prácticas como la eliminación de desperdicios, la mejora continua y la producción ajustada a la demanda, las cuales mejoran la eficiencia operativa, reducen costos y aumentan la calidad. La cultura organizacional, la capacitación y el liderazgo son factores clave para la

implementación exitosa, aunque los desafíos, como la resistencia al cambio y la falta de recursos, continúan siendo barreras significativas. Además, se resalta la necesidad de adaptar estas metodologías a contextos específicos, especialmente en países en desarrollo o PyMEs.

Asimismo, los estudios analizan la integración de Lean con la sostenibilidad y la Industria 4.0, destacando los resultados mixtos respecto al impacto ambiental. Si bien las prácticas Lean pueden promover estrategias ecológicas, su influencia directa sobre el desempeño ambiental no siempre es significativa. La incorporación de tecnologías avanzadas, como sensores, Big Data y sistemas ciberfísicos, es vista como fundamental para optimizar procesos y tomar decisiones basadas en

datos en tiempo real. La combinación de Lean con prácticas sostenibles mejora la competitividad y la resiliencia de las empresas, pero se enfatiza la necesidad de seguir investigando y adaptando las prácticas a los contextos locales para superar los obstáculos que enfrentan las organizaciones.

2. ¿Cuál es el sujeto de estudio?

El sujeto de estudio de los trabajos analizados se centra en la implementación de metodologías de mejora continua como Lean Manufacturan (LM) y Lean Six Sigma (LSS) en combinación con tecnologías avanzadas de la Industria 4.0 (I4.0). Se exploran las sinergias entre la digitalización, el uso de big data, sensores, automatización y metodologías como JIT, TPM y Kaizen, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los sistemas de producción, reducir desperdicios y optimizar flujos de trabajo. Los estudios también abordan la adopción de estas prácticas en diversos sectores industriales, incluyendo la fabricación, la industria alimentaria y las PYMES, destacando los retos y oportunidades de aplicar estas metodologías en contextos específicos, como economías emergentes y empresas con limitaciones de recursos.

Además, el sujeto de estudio abarca la integración de prácticas sostenibles en los procesos de producción, como el uso de herramientas como Green Integrated Value Stream Mapping (GIVSM), y la adaptación de métodos Lean a estrategias ecológicas. Los trabajos también exploran cómo la cultura organizacional, el liderazgo y la capacitación afectan la implementación exitosa de estas metodologías, enfatizando la importancia del compromiso empresarial para superar obstáculos como la resistencia al cambio. Se examinan las percepciones de diferentes niveles jerárquicos y la manera en que la sostenibilidad y la eficiencia operativa pueden alinearse para mejorar la competitividad y reducir el impacto ambiental.

3. ¿Qué metodología o marco metodológico se aplicó en los proyectos?

En los proyectos analizados, se aplican diversas metodologías de mejora continua y optimización de procesos, con un enfoque principal en Lean Manufacturan y Lean Six Sigma (LSS). Lean Manufacturan se centra en la eliminación de desperdicios y la mejora de la eficiencia mediante herramientas como Value Stream Mapping (VSM), Justo a Tiempo (JIT), Kaizen, 5S, TPM y Kanban. LSS, por su parte, implementó el ciclo DMAIC para la optimización de procesos y la reducción de defectos. También se integraron enfoques híbridos,

como Lean Green Agile Manufacturan System (LGAMS) y Green Lean Six Sigma (GLS), que promueven la sostenibilidad y flexibilidad. En la Industria 4.0, se incorporan tecnologías avanzadas como IoT, Big Data, automatización robótica y gemelos digitales para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones, optimizando tanto la producción como los impactos ambientales.

Además, se utilizaron marcos metodológicos adicionales como el Modelo AHP, la Gestión del Cambio Lean y técnicas estadísticas como la Modelación de Ecuaciones Estructurales (PLS-SEM) para evaluar el desempeño operativo y ambiental. Se implementaron prácticas como la fabricación celular, TPM y TQM, con un enfoque en la reducción de lotes y la formación de una fuerza laboral multifuncional. Estos enfoques también se centraron en la optimización de la flexibilidad, la eficiencia y la sostenibilidad, combinando Lean Manufacturan con la automatización ciberfísica y las tecnologías de la Industria 4.0. Además, los estudios incluyen análisis cualitativos y cuantitativos, como clustering jerárquico y k-means, para evaluar la relación entre liderazgo y la implementación de Lean, destacando la importancia de la cultura organizacional y el compromiso gerencial en el éxito de estas iniciativas.

4. ¿En qué contexto o empresa se desarrollan estas investigaciones?

Las investigaciones sobre Lean Manufacturan y Lean Six Sigma se desarrollan en una amplia variedad de sectores industriales a nivel global, incluyendo manufactura, automotriz, salud, alimentación, metalurgia, electrónica y textil. Estas investigaciones abarcan regiones como Europa, América del Norte, India y América del Sur, con un enfoque destacado en economías en desarrollo, donde se enfrentan desafíos debido a la limitación de recursos. A pesar de estas barreras, los estudios han mostrado mejoras significativas en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y aumento de la calidad. Las investigaciones subrayan la importancia de la cultura organizacional y el liderazgo para la implementación exitosa de Lean, además de integrar tecnologías avanzadas, como la Industria 4.0, en los procesos de fabricación.

Además, la integración de Lean Manufacturan con la Industria 4.0 se explora principalmente en sectores de manufactura avanzada, con especial atención en economías emergentes como Brasil, Tailandia y Malasia. En estos contextos, las investigaciones analizan el uso de herramientas como Kaizen, VSM,

JIT y tecnologías emergentes como la automatización, los sistemas ciberfísicos y el análisis de datos mediante IoT y Big Data. Los estudios destacan que la implementación exitosa de estas metodologías depende no solo de la adopción de tecnologías, sino también de la capacidad de las empresas para superar barreras culturales y de recursos. Estas investigaciones contribuyen a consolidar los beneficios de la digitalización y la mejora continua en la optimización de procesos industriales, mejorando tanto la sostenibilidad como la competitividad.

5. ¿Cuál es la estrategia de implementación de Gestión de Proyectos recomendada en los artículos?

La estrategia de implementación de gestión de proyectos en Lean Manufacturing y Six Sigma (LSS) sigue un enfoque estructurado y gradual, basado en metodologías como DMAIC y DMADV, utilizando herramientas clave como SIPOC y diagramas de Pareto para evaluar y medir el progreso. El compromiso de la alta dirección y la capacitación continua son fundamentales para garantizar el éxito. En sectores como manufactura, automotriz y PYMES, se integran prácticas como Kaizen, 5S y SMED, superando barreras como la resistencia al cambio y la falta de recursos. En la Industria 4.0, se incorporan tecnologías avanzadas como IoT para optimizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

En el contexto de las PYMES, la implementación de herramientas Lean como Kanban y Poka-Yoke es clave para mejorar la eficiencia operativa, la eficiencia de equipos (OEE) y fortalecer la competitividad a largo plazo. La estrategia debe comenzar con una evaluación detallada de la preparación organizacional, el compromiso de la alta dirección y la capacitación del personal. El enfoque debe incluir el uso de sistemas como Justo a Tiempo (JIT) y el monitoreo de desperdicios, promoviendo una cultura de mejora continua.

La implementación exitosa de proyectos Lean también requiere adaptabilidad para cada organización, promoviendo una cultura de aprendizaje constante. La combinación de herramientas tradicionales como JIT y Mantenimiento Productivo Total con tecnologías avanzadas como Big Data e IoT permite mejorar la eficiencia operativa. Es crucial integrar los enfoques "duros" (tecnológicos) y "blandos" (culturales), destacando la importancia de la comunicación interpersonal y el enfoque humano en el proceso de transformación organizacional, garantizando así una mejora continua y sostenible.

3.4 Discusión de resultados

6. ¿Cuáles son los principales resultados expresados por los artículos considerados en este estudio?

Los artículos analizados destacan que la implementación de Lean Manufacturing (LM) y Lean Six Sigma (LSS) mejora la eficiencia, reduce costos y eleva la calidad en diversos sectores. En el sector industrial, se evidencian incrementos en la productividad y reducción de desperdicio mediante herramientas como 5S, TPM y Kaizen. Sin embargo, persisten barreras como la falta de financiamiento, resistencia al cambio y la falta de apoyo gerencial, lo que limita el éxito de la implementación, especialmente en las PYMES. La capacitación adecuada y el compromiso gerencial son esenciales para garantizar la efectividad de estas metodologías.

En el contexto de la Industria 4.0, los artículos muestran cómo la integración de tecnologías avanzadas como IoT, Big Data e inteligencia artificial mejora la eficiencia operativa y la sostenibilidad de las empresas. La adopción exitosa de estas tecnologías depende del compromiso gerencial y la colaboración con proveedores, aunque las empresas enfrentan barreras como la falta de innovación y la escasez de mano de obra calificada, lo que puede dificultar la transición hacia prácticas más sostenibles y eficientes.

Finalmente, los estudios resaltan la importancia de la cultura organizacional y el liderazgo en la implementación de Lean Manufacturing. Un enfoque transformacional y la capacitación continua son fundamentales para superar la resistencia al cambio y garantizar el éxito. Además, la combinación de Lean y estrategias verdes, como el uso de herramientas como el Green Integrated Value Stream Mapping (GIVSM), ha demostrado ser eficaz para reducir la huella de carbono y mejorar el desempeño ambiental, lo que a su vez contribuye a la competitividad a largo plazo.

7. ¿Cuáles son las restricciones o debilidades de las propuestas consideradas?

Las propuestas de implementación de Lean Manufacturing presentan diversas restricciones y debilidades. Una de las principales limitaciones es la rigidez de su enfoque, que se centra en procesos discretos y herramientas estandarizadas, lo que dificulta su personalización en distintos contextos. Además, la integración con tecnologías emergentes, como la Industria 4.0, se ve obstaculizada por la falta de un marco común y la resistencia al cambio,

dificultando su adopción. Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfrentan barreras adicionales, como la falta de recursos y la percepción errónea de que las prácticas Lean no son aplicables a su operativa, lo que limita su efectividad en diversos sectores.

La adopción de Lean también enfrenta restricciones debido a la falta de estudios empíricos, muestras pequeñas y la falta de datos longitudinales, lo que limita la capacidad de evaluar la efectividad a largo plazo. La resistencia cultural al cambio, la falta de compromiso de la alta dirección y la carencia de un enfoque sistemático en la selección de proyectos dificultan el éxito. Además, en sectores como la salud y la fabricación de madera, la falta de conocimiento y expertos capacitados son obstáculos adicionales.

Finalmente, otras restricciones incluyen la falta de capacitación adecuada y la complejidad de las normativas ambientales, lo que afecta la implementación en sectores como la remanufactura. Además, los altos costos y la escasez de habilidades tecnológicas para adoptar la Industria 4.0 limitan su adopción global. En países en desarrollo, como Sri Lanka, la falta de recursos y la resistencia cultural dificultan la implementación de Lean, lo que resalta la necesidad de planificación estratégica, compromiso de la alta dirección y capacitación continua para superar estos obstáculos.

8. ¿Cuáles son las principales conclusiones o recomendaciones que se presentan en la muestra?

Las principales conclusiones sobre la implementación de Lean Manufacturing (LM) y Lean Six Sigma (LSS) señalan que, aunque se observan beneficios significativos en la reducción de costos y mejora de la eficiencia, existen desafíos como la resistencia cultural, la falta de compromiso gerencial y la fragmentación del trabajo, especialmente en las PYMES. Para superar estos obstáculos, se recomienda realizar investigaciones regionales, capacitar continuamente al personal y usar herramientas personalizadas, como el Value Stream Mapping y 5S, que se adaptan a los contextos específicos de cada empresa.

En sectores más grandes, la adopción de Lean Manufacturing debe ir acompañada de un cambio cultural organizacional y una capacitación especializada. La integración de tecnologías como la Industria 4.0 debe ser gestionada con políticas claras y medidas de ciberseguridad. Además, se

aconseja la colaboración interempresarial y la implementación de arquitecturas modulares, así como el enfoque en la sostenibilidad como un pilar estratégico dentro de las organizaciones.

Por último, la combinación de Lean y Six Sigma tiene un gran potencial para mejorar tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad, especialmente en sectores como la fabricación de alimentos. Se recomienda adoptar un enfoque estructurado que incluya capacitación continua, el uso de tecnologías avanzadas y el monitoreo constante de los resultados mediante KPI. Es crucial promover la colaboración interdisciplinaria y adaptar herramientas como el GIVSM a las necesidades de cada sector para maximizar los beneficios en términos operativos y ambientales.

9. ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en el mercado actual que pueden inferirse desde los trabajos seleccionados?

Las oportunidades de mejora en el mercado actual giran en torno a la integración de Lean Manufacturing y Lean Six Sigma, especialmente en sectores como la fabricación, los servicios y el sector público. La adopción de herramientas específicas como el análisis CTQ y VOC, junto con un liderazgo transformacional y capacitación continua, permite superar barreras como la resistencia al cambio. Fomentar relaciones estrechas con proveedores y clientes dentro de una cultura organizacional positiva puede incrementar la sostenibilidad y eficiencia operativa, reduciendo costos y mejorando la calidad en los procesos.

El avance tecnológico también ofrece oportunidades clave. La incorporación de tecnologías como la Inteligencia Artificial, Big Data, IoT y automatización facilita la implementación de Lean, incrementando la flexibilidad, visibilidad y eficiencia en la cadena de suministro. La adopción de modelos sostenibles como la economía circular, la fabricación celular y Just-in-Time (JIT) complementan las estrategias Lean, lo que optimiza los resultados y mejora la competitividad, asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

En el caso de las PYMES, especialmente en sectores como la automotriz y la salud, la adopción de prácticas Lean como Value Stream Mapping, 5S y Kaizen representan una excelente oportunidad para mejorar la eficiencia y la competitividad. La integración de la Industria 4.0 con Lean permite optimizar procesos, aumentar la flexibilidad y la adaptabilidad, y promover la responsabilidad social corporativa. Estas prácticas, junto con la mejora

continua basada en el ciclo PDCA, facilitan la sostenibilidad y la competitividad de las PYMES en un entorno económico global cambiante.

3.4 Impacto de la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad organizacional en sectores industriales y de servicios en el contexto de la Industria 4.0 durante el período 2004-2024 (pregunta de investigación)

A pesar de los beneficios comprobados de la manufactura esbelta en la industria discreta, la industria de procesos no ha adoptado esta estrategia con la misma rapidez, lo que ofrece una oportunidad significativa para aplicar los principios de lean y mejorar la eficiencia, la calidad y la competitividad en este sector (Panwar et al., 2015). La fabricación es una actividad costosa y que requiere muchos recursos. Sin embargo, los impactos de implementar una combinación de prácticas lean y ecológicas en una planta de fabricación son difíciles de predecir y por lo general, se han simulado, optimizado y evaluado de forma independiente. Este documento identifica un enfoque para incorporar estrategias lean y ecológicas en un sistema de fabricación, desde la recopilación de datos hasta la evaluación del sistema (Diaz et al., 2013). La metodología Lean se centra en eliminar todo tipo de desperdicio, lo cual es mucho más que eliminar desperdicios mediante la reducción del inventario (Hodge et al., 2011). La explotación efectiva de los grandes volúmenes de datos generados por las organizaciones permite obtener una ventaja competitiva al optimizar la cadena de valor, mejorar las operaciones de manufactura, y crear relaciones superiores con los clientes (Gupta et al., 2019). La adopción exitosa de la Lean Manufacturig depende de una comprensión profunda de los factores clave que facilitan su implementación, y este conocimiento puede ser crucial para las organizaciones de países en desarrollo que buscan adoptar estas prácticas para mejorar su competitividad y productividad (Zargun & Ashaab, 2013).

La adopción de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha generado un impacto considerable en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la competitividad en sectores industriales y de servicios dentro del marco de la Industria 4.0 entre 2004 y 2024. Desde la perspectiva de la eficiencia operativa, la aplicación de estas metodologías ha permitido minimizar desperdicios al eliminar actividades sin valor agregado, optimizando así el uso de recursos disponibles. Asimismo, la mejora en los procesos ha

conducido a una mayor calidad y a la reducción de tiempos de producción, lo que ha impulsado significativamente la productividad en diversas industrias. La implementación de herramientas como 5S y Kaizen ha facilitado la mejora continua, mientras que la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y Big Data ha optimizado la toma de decisiones basada en datos y mejorado la gestión operativa. En términos de sostenibilidad, la incorporación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha incentivado prácticas empresariales más responsables, disminuyendo el impacto ambiental mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos y la reducción de desperdicios. Además, las empresas que han integrado estos enfoques han logrado mejorar su desempeño sostenible, desarrollando estrategias efectivas para enfrentar desafíos ambientales y económicos. A nivel organizacional, estas metodologías han promovido una cultura laboral basada en la confianza y la diversidad, alineando las metas individuales con los objetivos estratégicos de la compañía. Por otro lado, en el ámbito de la competitividad, la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha fortalecido la posición de las empresas en el mercado, permitiéndoles mejorar su capacidad de respuesta y diferenciarse de la competencia. Estas metodologías fomentan la innovación continua, un elemento crucial en mercados dinámicos y altamente competitivos. Asimismo, se ha demostrado que las estrategias exitosas pueden ser replicadas en distintos sectores para impulsar la sostenibilidad y la ventaja competitiva a largo plazo. No obstante, la necesidad de formación constante ha representado tanto un reto como una oportunidad, ya que permite a las organizaciones desarrollar habilidades clave para la transformación digital en la Industria 4.0. En síntesis, la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma ha demostrado ser una estrategia eficaz para potenciar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad en el contexto de la Industria 4.0. La combinación de herramientas de mejora continua, la adopción de tecnologías avanzadas y el fortalecimiento de una cultura organizacional enfocada en la optimización han sido fundamentales para enfrentar los desafíos de las últimas dos décadas. A futuro, la transformación digital y la capacitación permanente seguirán siendo elementos clave para garantizar la adaptación y el éxito en un entorno empresarial en constante cambio.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo establece que la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma mejora la eficiencia operativa, reduce desperdicios y fortalece la sostenibilidad en sectores industriales y de servicios. Herramientas como 5S y Kaizen, junto con tecnologías emergentes, destacan como claves para enfrentar desafíos en un entorno dinámico y competitivo. Así, el proyecto cumplió su objetivo al identificar patrones de éxito, desafíos recurrentes y oportunidades de mejora en la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma. Los hallazgos resaltan su efectividad en la mejora de procesos, sostenibilidad y competitividad organizacional, ofreciendo estrategias adaptativas y replicables para enfrentar retos operativos en la Industria 4.0 y promover la transformación organizacional en diversos contextos globales. El análisis de investigaciones sobre Lean Manufacturan y Lean Six Sigma (LSS) en sectores industriales y de servicios entre 2004 y 2024 demuestra su eficacia como estrategias clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y optimizar recursos. Estas metodologías han mostrado adaptabilidad a diversos contextos, promoviendo la sostenibilidad y competitividad en el marco de la Industria 4.0. Los hallazgos destacan la importancia de herramientas avanzadas, como 5S y Kaizen, y tecnologías emergentes, como IoT y Big Data, mientras enfrentan desafíos relacionados con la resistencia al cambio y la capacitación. Este estudio valida el impacto transformador de LSS en la modernización organizacional, ofreciendo un marco estratégico replicable para enfrentar retos operativos en un entorno dinámico y globalizado.

Referencias

- Abu, F., Gholami, H., Saman, M. Z. M., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal Of Cleaner Production*, 234, 660-680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.279>
- Al-Shboul, M. A. R., Barber, K. D., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Abdi, M. R. (2017). The effect of supply chain management practices on supply chain and manufacturing firms' performance. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, 28(5), 577-609. <https://doi.org/10.1108/jmtm-11-2016-0154>
- Belhadi, A., Kamble, S. S., Zkik, K., Cherrafi, A., & Touriki, F. E. (2019). The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Six Sigma and Green Manufacturing on the environmental performance of manufacturing companies: The case of North Africa. *Journal Of Cleaner Production*, 252, 119903. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119903>
- Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2014). Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal Of Production Economics*, 160, 182-201. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
- Buer, S., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal Of Production Research*, 56(8), 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Chen, P. -K., Lujan-Blanco, I., Fortuny-Santos, J., y Ruiz-de-Arbulo-López, P. (2020). Manufactura esbelta y sostenibilidad ambiental: los efectos de la participación de los empleados, la presión de las partes interesadas y la norma ISO 14001. *Sustainability*, 12 (18), 7258. <https://doi.org/10.3390/su12187258>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2020). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 32(13), 1084-1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30(5-6), 353-368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019b). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30(5-6), 353-368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Chugani, N., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Upadhyay, A. (2017). Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 8(1), 7-32. <https://doi.org/10.1108/ijlss-11-2015-0043>

- Dey, P. K., Malesios, C., De, D., Chowdhury, S., & Abdelaziz, F. B. (2019). The Impact of Lean Management Practices and Sustainably-Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium-Sized Enterprises: Empirical Evidence from the UK. *British Journal Of Management*, 31(1), 141-161. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12388>
- Diaz-Elsayed, N., Jondral, A., Greinacher, S., Dornfeld, D., & Lanza, G. (2013b). Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments. *CIRP Annals*, 62(1), 475-478. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.03.066>
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Figueroa, L. J. M., Vidal, R. P. I., & Muro, J. C. S. D. (2022). Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 123(3-4), 1269-1284. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10208-0>
- Dixit, A., Jakhar, S. K., & Kumar, P. (2021). Does lean and sustainable manufacturing lead to Industry 4.0 adoption: The mediating role of ambidextrous innovation capabilities. *Technological Forecasting And Social Change*, 175, 121328. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121328>
- Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. *Procedia Manufacturing*, 11, 1061-1068. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.217>
- Dresch, A., Veit, D. R., De Lima, P. N., Lacerda, D. P., & Collatto, D. C. (2018). Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools. *International Journal Of Productivity And Performance Management*, 68(1), 69-87. <https://doi.org/10.1108/ijppm-10-2017-0248>
- Duggan, J., Cormican, K., & McDermott, O. (2022). Lean implementation: analysis of individual-level factors in a biopharmaceutical organisation. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 14(2), 309-334. <https://doi.org/10.1108/ijlss-10-2021-0184>
- Ejsmont, K., Gladysz, B., Corti, D., Castaño, F., Mohammed, W. M., & Lastra, J. L. M. (2020). Towards 'Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives. *Cogent Business & Management*, 7(1), 1781995. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1781995>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal Of Production Economics*, 200, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Gupta, S., Modgil, S., & Gunasekaran, A. (2019). Big data in lean six sigma: a review and further research directions. *International Journal Of Production Research*, 58(3), 947-969. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1598599>
- Hariyani, D., & Mishra, S. (2022). Drivers for the adoption of integrated sustainable green lean six sigma agile manufacturing system (ISGLSAMS) and research directions. *Cleaner Engineering And Technology*, 7, 100449. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100449>
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237-247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- Kafuku, J. M. (2019). Factors for Effective Implementation of Lean Manufacturing Practice in Selected Industries in Tanzania. *Procedia Manufacturing*, 33, 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.043>
- Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2020). Investigating the enablers associated with implementation of Green Lean Six Sigma in manufacturing sector using Best Worst Method. *Clean Technologies And Environmental Policy*, 22(4), 865-876. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01827-w>
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Kovács, T., Kó, A., & Demeter, K. (2020). Measuring the impact of lean practices on manufacturing performance – case study from the process industry. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 11(6), 1193-1218. <https://doi.org/10.1108/ijlss-01-2019-0004>

- Lodgaard, E., Ingvaldsen, J. A., Gamme, I., & Aschehoug, S. (2016b). Barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers. *Procedia CIRP*, 57, 595-600. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.103>
- Longoni, A., & Cagliano, R. (2015b). Cross-functional executive involvement and worker involvement in lean manufacturing and sustainability alignment. *International Journal Of Operations & Production Management*, 35(9), 1332-1358. <https://doi.org/10.1108/ijopm-02-2015-0113>
- Lukrafka, T. O., Silva, D. S., & Echeveste, M. (2020). A geographic picture of Lean adoption in the public sector: Cases, approaches, and a refreshed agenda. *European Management Journal*, 38(3), 506-517. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.02.004>
- Maruecos
- Maware, C., & Adetunji, O. (2019). Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance. *International Journal Of Engineering Business Management*, 11, 184797901985979. <https://doi.org/10.1177/1847979019859790>
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühn, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622-628. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- Mittal, V. K., Sindhvani, R., Kalsariya, V., Salroo, F., Sangwan, K. S., & Singh, P. L. (2017). Adoption of Integrated Lean-Green-Agile Strategies for Modern Manufacturing Systems. *Procedia CIRP*, 61, 463-468. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.189>
- Negrão, L. L. L., De Sousa Jabbour, A. B. L., Latan, H., Filho, M. G., Jabbour, C. J. C., & Ganga, G. M. D. (2019). Lean manufacturing and business performance: testing the S-curve theory. *Production Planning & Control*, 31(10), 771-785. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1683775>
- Oliveira, J., Sá, J., & Fernandes, A. (2017b). Continuous improvement through «Lean Tools»: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Panayiotou, N. A., & Stergiou, K. E. (2020). A systematic literature review of lean six sigma adoption in European organizations. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 12(2), 264-292. <https://doi.org/10.1108/ijlss-07-2019-0084>
- Panizzolo, R., Garengo, P., Sharma, M. K., & Gore, A. (2012). Lean manufacturing in developing countries: evidence from Indian SMEs. *Production Planning & Control*, 23(10-11), 769-788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.642155>
- Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26(7), 564-587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>
- Pawlik, E., Ijomah, W., Corney, J. y Powell, D. (2022). Exploración de la aplicación de las mejores prácticas de Lean en la remanufactura: perspectivas empíricas sobre los beneficios y las barreras. *Sustainability*, 14 (1), 149. <https://doi.org/10.3390/su1401014>
- Piyathanavong, V., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Maldonado-Guzmán, G., & Mangla, S. K. (2019). The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai manufacturing sector. *Journal Of Cleaner Production*, 220, 507-528. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.093>
- Powell, D., Lundebj, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 8(1), 53-64. <https://doi.org/10.1108/ijlss-06-2015-0024>
- Rathi, R., Vakharia, A., & Shadab, M. (2021). Lean six sigma in the healthcare sector: A systematic literature review. *Materials Today Proceedings*, 50, 773-781. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.534>
- Sahoo, S. (2020). Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs. *Benchmarking An International Journal*, 27(3), 1042-1084. <https://doi.org/10.1108/bij-07-2019-0299>
- Sahu, A. K., Padhy, R. K., & Dhir, A. (2021). Determinants and barriers of implementing lean manufacturing practices in MSMEs: a behavioural reasoning theory perspective. *Production Planning & Control*, 33(12), 1197-1213. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1857449>

- Serey, J., Alfaro, M., Fuertes, G., Vargas, M., Ternero, R., Durán, C., Sabattin, J., & Gutiérrez, S. (2023). Marco para la adopción estratégica de la Industria 4.0: un enfoque en los sistemas inteligentes. *Procesos*, 11 (10), 2973. <https://doi.org/10.3390/pr11102973>
- Singh, M., & Rathi, R. (2018). A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 10(2), 622-664. <https://doi.org/10.1108/ijlss-03-2018-0018>
- So, S., & Sun, H. (2010). Supplier integration strategy for lean manufacturing adoption in electronic-enabled supply chains. *Supply Chain Management An International Journal*, 15(6), 474-487. <https://doi.org/10.1108/13598541011080455>
- Sundar, R., Balaji, A., & Kumar, R. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Swarnakar, V., Tiwari, A. K., & Singh, A. (2020). Evaluating critical failure factors for implementing sustainable lean six sigma framework in manufacturing organization. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 11(6), 1069-1104. <https://doi.org/10.1108/ijlss-05-2019-0050>
- Tortorella, G. L., Fettermann, D., Fogliatto, F. S., Kumar, M., & Jurburg, D. (2020). Analysing the influence of organisational culture and leadership styles on the implementation of lean manufacturing. *Production Planning & Control*, 32(15), 1282-1294. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1799255>
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & Van Dun, D. H. (2019). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal Of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 860-886. <https://doi.org/10.1108/ijopm-01-2019-0005>
- 289. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005>
- Trakadas, P., Simoens, P., Gkonis, P., Sarakis, L., Angelopoulos, A., Ramallo-González, A. P., Skarmeta, A., Trochoutsos, C., Calvo, D., Pariente, T., Chintamani, K., Fernandez, I., Irigaray, A. A., Parreira, J. X., Petrali, P., Leligou, N., & Karkazis, P. (2020b). An Artificial Intelligence-Based Collaboration Approach in Industrial IoT Manufacturing: Key Concepts, Architectural Extensions and Potential Applications. *Sensors*, 20(19), 5480. <https://doi.org/10.3390/s20195480>
- Wickramasinghe, G., & Wickramasinghe, V. (2017). Implementation of lean production practices and manufacturing performance. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, 28(4), 531-550. <https://doi.org/10.1108/jmtm-08-2016-0112>
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2019b). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal Of Cleaner Production*, 245, 118726. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726>
- YC Wong, KY Wong y A. Ali, "Key Practice Areas of Lean Manufacturing", 2009 International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference, Singapur, 2009, pp. 267-271, <https://doi.org/10.1109/IACSIT-SC.2009.44>.
- Zargun, S., & Al-Ashaab, A. (2013). Critical Success Factors for Lean Manufacturing: A Systematic Literature Review an International Comparison between Developing and Developed Countries. *Advanced Materials Research*, 845, 668-681. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.845.668>
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2004). Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. *Journal Of Operations Management*, 22(3), 265
- Frank Schättera, Ole Hansenb, Marcus Wiensa, Frank Schultmann (2019). A decision support methodology for a disaster-caused business continuity management. *Decision Support Systems* Volume 118, March 2019, Pages 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.12.006>

- Gatzert, N, & Martin, M. (2005). *Determinants and Value of Enterprise Risk Management: Imperial Evidence from the Literature*. *Risk Management and Insurance Review*, 18(1), 29-53. DOI: 10.1111/rmir.12028
- GPG, (2013). *Good Practice Guidelines 2013 Global Edition Edited Highlights. A Guide to Global Good Practice in Business Continuity*. <https://www.b-c-training.com/img/uploads/resources/GPGLite.pdf>
- Hassel, H. and Cedergren, A. (2019), *Exploring the Conceptual Foundation of Continuity Management in the Context of Societal Safety*. *Risk Analysis*. doi:10.1111/risa.13263
- ISO, (2019). *International Organization for Standardization*. <https://www.iso.org/home.html>

4 CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo establece que la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma mejora la eficiencia operativa, reduce desperdicios y fortalece la sostenibilidad en sectores industriales y de servicios. Herramientas como 5S y Kaizen, junto con tecnologías emergentes, destacan como claves para enfrentar desafíos en un entorno dinámico y competitivo. Así, el proyecto cumplió su objetivo al identificar patrones de éxito, desafíos recurrentes y oportunidades de mejora en la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma. Los hallazgos resaltan su efectividad en la mejora de procesos, sostenibilidad y competitividad organizacional, ofreciendo estrategias adaptativas y replicables para enfrentar retos operativos en la Industria 4.0 y promover la transformación organizacional en diversos contextos globales. El análisis de investigaciones sobre Lean Manufacturan y Lean Six Sigma (LSS) en sectores industriales y de servicios entre 2004 y 2024 demuestra su eficacia como estrategias clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir desperdicios y optimizar recursos. Estas metodologías han mostrado adaptabilidad a diversos contextos, promoviendo la sostenibilidad y competitividad en el marco de la Industria 4.0. Los hallazgos destacan la importancia de herramientas avanzadas, como 5S y Kaizen, y tecnologías emergentes, como IoT y Big Data, mientras enfrentan desafíos relacionados con la resistencia al cambio y la capacitación. Este estudio valida el impacto transformador de LSS en la modernización organizacional, ofreciendo un marco estratégico replicable para enfrentar retos operativos en un entorno dinámico y globalizado.

También es importante considerar que :

- Para optimizar la eficiencia operativa y reducir los desperdicios, es clave fortalecer los procesos operativos utilizando Lean Manufacturan y Lean Six Sigma, implementando herramientas como 5S y Kaizen para mejorar la productividad, la calidad y disminuir los costos.
- Para reforzar la sostenibilidad empresarial, es crucial adoptar metodologías de mejora continua que permitan optimizar el aprovechamiento de recursos, reducir los desperdicios y minimizar el impacto ambiental, respondiendo de manera responsable a las exigencias del mercado.
- Fomentar una cultura organizacional enfocada en la mejora continua es esencial, por lo que es necesario impulsar la capacitación continua y asegurar el respaldo de la alta dirección. De esta forma, la mejora continua se integrará profundamente en la cultura de la organización, lo que facilitará el éxito en la implementación de Lean Manufacturan y Lean Six Sigma, creando un ambiente adecuado para su adopción y sostenibilidad.

4.1 Propuesta para trabajos futuros

Como continuación de este trabajo de tesis, hay varias líneas de desarrollo que quedan pendientes, y en las que es posible continuar trabajando; algunas de ellas, están más directamente relacionadas con este trabajo de tesis y son el resultado de preguntas que han ido surgiendo durante el proceso de investigación, como otras que son más tangenciales a la investigación. A continuación, revisaremos trabajos futuros que pueden investigarse como conclusión de esta investigación:

1. El estudio radica en la ampliación de la muestra de artículos a diversas regiones y países, lo que, si bien aporta una visión más representativa, también puede generar variabilidad en los datos. Las diferencias en contextos socioeconómicos, normativas y niveles de desarrollo industrial podrían dificultar la comparación directa de los resultados, afectando la homogeneidad del análisis y la generalización de las conclusiones por los plazos no fue considerado a cabalidad en este estudio, donde se puedan considerar el plan director para la organización.
2. Diversificar y fortalecer los métodos de análisis, incorporando técnicas cuantitativas avanzadas que permitan validar estadísticamente los hallazgos y mejorar la precisión de los resultados obtenidos.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abu, F., Gholami, H., Saman, M. Z. M., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal Of Cleaner Production*, 234, 660-680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.279>
- Al-Shboul, M. A. R., Barber, K. D., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Abdi, M. R. (2017). The effect of supply chain management practices on supply chain and manufacturing firms' performance. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, 28(5), 577-609. <https://doi.org/10.1108/jmtm-11-2016-0154>
- Belhadi, A., Kamble, S. S., Zkik, K., Cherrafi, A., & Touriki, F. E. (2019). The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Six Sigma and Green Manufacturing on the environmental performance of manufacturing companies: The case of North Africa. *Journal Of Cleaner Production*, 252, 119903. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119903>
- Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2014). Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal Of Production Economics*, 160, 182-201. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
- Buer, S., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal Of Production Research*, 56(8), 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Chen, P. -K., Lujan-Blanco, I., Fortuny-Santos, J., y Ruiz-de-Arbulo-López, P. (2020). Manufactura esbelta y sostenibilidad ambiental: los efectos de la participación de los empleados, la presión de las partes interesadas y la norma ISO 14001. *Sustainability*, 12 (18), 7258. <https://doi.org/10.3390/su12187258>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2020). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 32(13), 1084-1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30(5-6), 353-368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019b). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30(5-6), 353-368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Chugani, N., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Upadhyay, A. (2017). Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 8(1), 7-32. <https://doi.org/10.1108/ijlss-11-2015-0043>
- Dey, P. K., Malesios, C., De, D., Chowdhury, S., & Abdelaziz, F. B. (2019). The Impact of Lean Management Practices and Sustainably-Oriented Innovation on Sustainability Performance

of Small and Medium-Sized Enterprises: Empirical Evidence from the UK. *British Journal Of Management*, 31(1), 141-161. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12388>

- Díaz-Elsayed, N., Jondral, A., Greinacher, S., Dornfeld, D., & Lanza, G. (2013b). Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments. *CIRP Annals*, 62(1), 475-478. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.03.066>
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Figueroa, L. J. M., Vidal, R. P. I., & Muro, J. C. S. D. (2022). Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 123(3-4), 1269-1284. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10208-0>
- Dixit, A., Jakhar, S. K., & Kumar, P. (2021). Does lean and sustainable manufacturing lead to Industry 4.0 adoption: The mediating role of ambidextrous innovation capabilities. *Technological Forecasting And Social Change*, 175, 121328. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121328>
- Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. *Procedia Manufacturing*, 11, 1061-1068. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.217>
- Dresch, A., Veit, D. R., De Lima, P. N., Lacerda, D. P., & Collatto, D. C. (2018). Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools. *International Journal Of Productivity And Performance Management*, 68(1), 69-87. <https://doi.org/10.1108/ijppm-10-2017-0248>
- Duggan, J., Cormican, K., & McDermott, O. (2022). Lean implementation: analysis of individual-level factors in a biopharmaceutical organisation. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 14(2), 309-334. <https://doi.org/10.1108/ijlss-10-2021-0184>
- Ejsmont, K., Gladysz, B., Corti, D., Castaño, F., Mohammed, W. M., & Lastra, J. L. M. (2020). Towards 'Lean Industry 4.0' - Current trends and future perspectives. *Cogent Business & Management*, 7(1), 1781995. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1781995>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal Of Production Economics*, 200, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Gupta, S., Modgil, S., & Gunasekaran, A. (2019). Big data in lean six sigma: a review and further research directions. *International Journal Of Production Research*, 58(3), 947-969. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1598599>
- Hariyani, D., & Mishra, S. (2022). Drivers for the adoption of integrated sustainable green lean six sigma agile manufacturing system (ISGLSAMS) and research directions. *Cleaner Engineering And Technology*, 7, 100449. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100449>
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237-247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- Kafuku, J. M. (2019). Factors for Effective Implementation of Lean Manufacturing Practice in Selected Industries in Tanzania. *Procedia Manufacturing*, 33, 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.043>

- Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2020). Investigating the enablers associated with implementation of Green Lean Six Sigma in manufacturing sector using Best Worst Method. *Clean Technologies And Environmental Policy*, 22(4), 865-876. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01827-w>
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Kovács, T., Kő, A., & Demeter, K. (2020). Measuring the impact of lean practices on manufacturing performance – case study from the process industry. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 11(6), 1193-1218. <https://doi.org/10.1108/ijlss-01-2019-0004>
- Lodgaard, E., Ingvaldsen, J. A., Gamme, I., & Aschehoug, S. (2016b). Barriers to Lean Implementation: Perceptions of Top Managers, Middle Managers and Workers. *Procedia CIRP*, 57, 595-600. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.103>
- Longoni, A., & Cagliano, R. (2015b). Cross-functional executive involvement and worker involvement in lean manufacturing and sustainability alignment. *International Journal Of Operations & Production Management*, 35(9), 1332-1358. <https://doi.org/10.1108/ijopm-02-2015-0113>
- Lukrafka, T. O., Silva, D. S., & Echeveste, M. (2020). A geographic picture of Lean adoption in the public sector: Cases, approaches, and a refreshed agenda. *European Management Journal*, 38(3), 506-517. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.02.004>
- Maruecos
- Maware, C., & Adetunji, O. (2019). Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance. *International Journal Of Engineering Business Management*, 11, 184797901985979. <https://doi.org/10.1177/1847979019859790>
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622-628. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- Mittal, V. K., Sindhwani, R., Kalsariya, V., Salroo, F., Sangwan, K. S., & Singh, P. L. (2017). Adoption of Integrated Lean-Green-Agile Strategies for Modern Manufacturing Systems. *Procedia CIRP*, 61, 463-468. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.189>
- Negrão, L. L. L., De Sousa Jabbour, A. B. L., Latan, H., Filho, M. G., Jabbour, C. J. C., & Ganga, G. M. D. (2019). Lean manufacturing and business performance: testing the S-curve theory. *Production Planning & Control*, 31(10), 771-785. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1683775>
- Oliveira, J., Sá, J., & Fernandes, A. (2017b). Continuous improvement through «Lean Tools»: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Panayiotou, N. A., & Stergiou, K. E. (2020). A systematic literature review of lean six sigma adoption in European organizations. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 12(2), 264-292. <https://doi.org/10.1108/ijlss-07-2019-0084>

- Panizzolo, R., Garengo, P., Sharma, M. K., & Gore, A. (2012). Lean manufacturing in developing countries: evidence from Indian SMEs. *Production Planning & Control*, 23(10-11), 769-788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.642155>
- Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26(7), 564-587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>
- Pawlik, E., Ijomah, W., Corney, J. y Powell, D. (2022). Exploración de la aplicación de las mejores prácticas de Lean en la remanufactura: perspectivas empíricas sobre los beneficios y las barreras. *Sustainability*, 14 (1), 149. <https://doi.org/10.3390/su1401014>
- Piyathanavong, V., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Maldonado-Guzmán, G., & Mangla, S. K. (2019). The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai manufacturing sector. *Journal Of Cleaner Production*, 220, 507-528. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.093>
- Powell, D., Lundeby, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 8(1), 53-64. <https://doi.org/10.1108/ijlss-06-2015-0024>
- Rathi, R., Vakharia, A., & Shadab, M. (2021). Lean six sigma in the healthcare sector: A systematic literature review. *Materials Today Proceedings*, 50, 773-781. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.534>
- Sahoo, S. (2020). Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs. *Benchmarking An International Journal*, 27(3), 1042-1084. <https://doi.org/10.1108/bij-07-2019-0299>
- Sahu, A. K., Padhy, R. K., & Dhir, A. (2021). Determinants and barriers of implementing lean manufacturing practices in MSMEs: a behavioural reasoning theory perspective. *Production Planning & Control*, 33(12), 1197-1213. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1857449>
- Serey, J., Alfaro, M., Fuertes, G., Vargas, M., Ternero, R., Durán, C., Sabattin, J., & Gutiérrez, S. (2023). Marco para la adopción estratégica de la Industria 4.0: un enfoque en los sistemas inteligentes. *Procesos*, 11 (10), 2973. <https://doi.org/10.3390/pr11102973>
- Singh, M., & Rathi, R. (2018). A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 10(2), 622-664. <https://doi.org/10.1108/ijlss-03-2018-0018>
- So, S., & Sun, H. (2010). Supplier integration strategy for lean manufacturing adoption in electronic-enabled supply chains. *Supply Chain Management An International Journal*, 15(6), 474-487. <https://doi.org/10.1108/13598541011080455>
- Sundar, R., Balaji, A., & Kumar, R. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Swarnakar, V., Tiwari, A. K., & Singh, A. (2020). Evaluating critical failure factors for implementing sustainable lean six sigma framework in manufacturing organization. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 11(6), 1069-1104. <https://doi.org/10.1108/ijlss-05-2019-0050>

- Tortorella, G. L., Fettermann, D., Fogliatto, F. S., Kumar, M., & Jurburg, D. (2020). Analysing the influence of organisational culture and leadership styles on the implementation of lean manufacturing. *Production Planning & Control*, 32(15), 1282-1294. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1799255>
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & Van Dun, D. H. (2019). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal Of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 860-886. <https://doi.org/10.1108/ijopm-01-2019-0005>
- Trakadas, P., Simoens, P., Gkonis, P., Sarakis, L., Angelopoulos, A., Ramallo-González, A. P., Skarmeta, A., Trochoutsos, C., Calvo, D., Pariente, T., Chintamani, K., Fernandez, I., Irigaray, A. A., Parreira, J. X., Petrali, P., Leligou, N., & Karkazis, P. (2020b). An Artificial Intelligence-Based Collaboration Approach in Industrial IoT Manufacturing: Key Concepts, Architectural Extensions and Potential Applications. *Sensors*, 20(19), 5480. <https://doi.org/10.3390/s20195480>
- Wickramasinghe, G., & Wickramasinghe, V. (2017). Implementation of lean production practices and manufacturing performance. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, 28(4), 531-550. <https://doi.org/10.1108/jmtm-08-2016-0112>
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2019b). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal Of Cleaner Production*, 245, 118726. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726>
- YC Wong, KY Wong y A. Ali, "Key Practice Areas of Lean Manufacturing", 2009 International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference , Singapur, 2009, pp. 267-271, <https://doi.org/10.1109/IACSIT-SC.2009.44>.
- Zargun, S., & Al-Ashaab, A. (2013). Critical Success Factors for Lean Manufacturing: A Systematic Literature Review an International Comparison between Developing and Developed Countries. *Advanced Materials Research*, 845, 668-681. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.845.668>
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2004). Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. *Journal Of Operations Management*, 22(3), 265

-289. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005>

Vol. 25 Issue: 3, pp.300-329, <https://doi.org/10.1108/ICS-02-2016-0013>

Frank Schättera, Ole Hansenb, Marcus Wiensa, Frank Schultmann (2019). A decision support methodology for a disaster-caused business continuity management. *Decision Support Systems* Volume 118, March 2019, Pages 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.12.006>

Gatzert, N, & Martin, M. (2005). Determinants and Value of Enterprise Risk Management: Imperial Evidence from the Literature. *Risk Management and Insurance Review*, 18(1), 29-53. DOI: 10.1111/rmir.12028

GPG, (2013). Good Practice Guidelines 2013 Global Edition Edited Highlights. A Guide to Global Good Practice in Business Continuity. <https://www.b-c-training.com/img/uploads/resources/GPGLite.pdf>

Hassel, H. and Cedergren, A. (2019), Exploring the Conceptual Foundation of Continuity Management in the Context of Societal Safety. *Risk Analysis*. doi:10.1111/risa.13263

ISO, (2019). *International Organization for Standardization*. <https://www.iso.org/home.html>

6 ANEXO: REPORTE DE PLAGIO

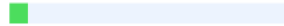
El reporte de posibilidad de plagio de este trabajo, con otros trabajos publicados entrega un porcentaje de similitud de: 7 %



Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

7%



Overall Similarity

Date: may. 12, 2025 (09:15)
Matches: 8 / 121 words
Sources: 1

Remarks: Low similarity detected, consider making necessary changes if needed.

Verify Report:
Scan this QR Code

