



Inteligencia Artificial: Catalizador de la Competitividad en la Dirección de Proyectos

Magdalena Ramirez-Peña¹, Manuel Otero-Mateo¹, Alberto Cerezo-Narváez¹ y Moises Batista¹

¹ Departamento Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, Universidad de Cádiz, magdalena.ramirez@uca.es

Como estrategia innovadora y polifacética para la mejora de los procesos en entornos industriales, la eficiencia y la reducción de costes, se contemplan la integración de conceptos fundamentales como son Lean Manufacturing, Supply Chain, Project Management e Inteligencia Artificial (IA). A medida que las empresas buscan adaptarse a un mercado global cada vez más competitivo y dinámico, estos cuatro enfoques ofrecen un marco robusto para abordar desafíos operacionales y responder a las demandas de calidad, rapidez y personalización en la producción y distribución.

Lean Manufacturing se centra en la reducción de tareas que no añaden valor y la maximización de valor a través de la mejora continua y el uso eficiente de los recursos. Al aplicar principios Lean en la cadena de suministro, las organizaciones pueden reducir tiempos de espera y costes, optimizando cada etapa del flujo de materiales. Sin embargo, la implementación de Lean a través de sus técnicas y herramientas requiere una gestión cuidadosa y estratégica, especialmente en un entorno dinámico de cadena de suministro, donde surgen constantemente desafíos que afectan a la producción. Aquí es donde Project Management se convierte en un elemento clave, facilitando una planificación y coordinación efectivas de las actividades Lean, minimizando riesgos y asegurando la ejecución exitosa de cada fase de mejora.

La cadena de suministro (Supply Chain) actual enfrenta retos de complejidad y volatilidad. Un enfoque de gestión de proyectos orientado a lean es esencial para una planificación ágil y eficiente, ayudando a los gerentes de proyecto a alinear recursos y coordinar esfuerzos en toda la cadena. Es aquí donde la IA amplía las capacidades al proporcionar herramientas avanzadas de análisis predictivo y automatización que permiten anticipar fluctuaciones en la demanda, optimizar rutas de transporte y gestionar inventarios de manera adaptativa. Así, la IA complementa el enfoque Lean al ofrecer una mayor precisión y rapidez en la toma de decisiones, mejorando la capacidad de respuesta de la cadena de suministro.

Esto significa que la IA podría jugar un papel crucial en la integración de estos enfoques. En un contexto de Lean Manufacturing, la IA facilita la identificación de patrones y áreas de desperdicio en el flujo de producción, impulsando mejoras de eficiencia a través de sistemas predictivos que anticipan fallas y optimizan el uso de recursos. Además, al integrarse en cadena de suministro, la IA permite desarrollar modelos predictivos de demanda, personalizar la producción según las preferencias de los clientes y poder gestionar en tiempo real, crucial para una operación ágil y competitiva.

A su vez, la gestión de proyectos se beneficia de la IA mediante herramientas que ayudan en la planificación de recursos y monitoreo de proyectos en tiempo real. También es posible analizar riesgos potenciales y proporcionar recomendaciones sobre cómo mitigarlos, mejorando la precisión en la gestión de los plazos y la asignación de recursos.

Por tanto, el presente artículo pretende estudiar como a través de la IA actuando como catalizador es posible conseguir maximizar la eficiencia y adaptabilidad de la cadena de suministro y los procesos industriales constituyendo una estrategia transformadora para empresas que buscan mejorar su competitividad en un entorno globalizado.

1. Introducción

En la actualidad, las organizaciones enfrentan un entorno altamente competitivo y globalizado, donde la eficiencia operativa y la capacidad de adaptación son factores determinantes para garantizar su sostenibilidad. En este contexto, conceptos como *Lean Manufacturing*, *Supply Chain*, *Project Management* e Inteligencia Artificial (IA) emergen como pilares fundamentales en la mejora de procesos industriales y logísticos. Este artículo aborda cómo la IA puede actuar como un catalizador que facilita la integración de estos enfoques, promoviendo mejoras significativas en la eficiencia y competitividad empresarial.

Lean Manufacturing, desarrollado a partir de las prácticas de producción de Toyota, se centra en la eliminación de desperdicios y actividades que no añaden valor, promoviendo la mejora continua y el uso óptimo de los recursos [1]. Este enfoque se fundamenta en herramientas y técnicas como el Just-in-Time (JIT), el control visual y el análisis de causas raíz, que buscan maximizar la eficiencia y la calidad en los procesos productivos. En el contexto de la cadena de suministro, la aplicación de principios Lean permite reducir tiempos de ciclo y costes, logrando una mayor agilidad en el flujo de materiales y productos.

La cadena de suministro (*Supply Chain*), por su parte, representa el sistema interconectado de procesos, personas y tecnologías necesarios para entregar productos y servicios desde los proveedores iniciales hasta los clientes finales. En un entorno caracterizado por la volatilidad y la complejidad, gestionar eficazmente la cadena de suministro requiere una planificación precisa y una coordinación integral que minimicen riesgos y optimicen los recursos [2]. La integración de estrategias Lean dentro de la *Supply Chain* busca no solo reducir costos, sino también mejorar la flexibilidad y capacidad de respuesta ante las cambiantes demandas del mercado.

En este sentido, el Project Management o gestión de proyectos desempeña un papel crítico al proporcionar un marco estructurado para planificar, ejecutar y monitorear iniciativas orientadas a la mejora continua. El uso de metodologías como el *Project Management Institute* (PMI) y enfoques ágiles permite alinear los objetivos del proyecto con las prioridades organizacionales, asegurando que las actividades Lean y las mejoras en la cadena de suministro se implementen de manera eficiente y efectiva [3].

Finalmente, la Inteligencia Artificial (IA) ha revolucionado la forma en que las empresas analizan y optimizan sus operaciones. Tecnologías como el aprendizaje automático (machine learning), el procesamiento de datos masivos (*big data analytics*) y los sistemas predictivos proporcionan herramientas avanzadas para identificar patrones, anticipar fallas y mejorar la toma de decisiones [4]. En el ámbito de *Lean Manufacturing*, la IA potencia la identificación de áreas de mejora en el flujo de producción, mientras que, en la cadena de suministro, permite desarrollar modelos predictivos de demanda y gestionar inventarios en tiempo real. Además, las herramientas basadas en IA para la gestión de proyectos facilitan el monitoreo en tiempo real, la evaluación de riesgos y la optimización de recursos, maximizando la eficiencia de las iniciativas empresariales.

Esto plantea varias preguntas clave, resumidas en la Figura 1, que se abordarán en este artículo: ¿De qué manera *Lean Manufacturing* y la gestión de proyectos impactan en la optimización de la cadena de suministro?, ¿Qué sinergias pueden obtenerse al combinar estos tres enfoques en un mismo marco estratégico?, ¿Cómo la IA puede actuar como catalizador para integrar estos enfoques y transformar la operativa empresarial?



Figura 1: Integración de enfoques para la gestión empresarial

El objetivo de este artículo es analizar cómo la IA puede actuar como un catalizador para la integración efectiva de *Lean Manufacturing*, *Supply Chain* y *Project Management*, permitiendo así a las empresas mejorar su eficiencia operativa y competitividad en un entorno globalizado. Este análisis contribuirá a identificar estrategias transformadoras que potencien la adaptabilidad, sostenibilidad y éxito de las organizaciones frente a los desafíos actuales.

2. Metodología

Para llevar a cabo la metodología, se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo las directrices PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). El objetivo era identificar, evaluar y sintetizar estudios relacionados con el impacto de la digitalización en la competitividad y las implicaciones sociales dentro de la gestión empresarial. Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando dos bases de datos destacadas: Scopus y Web of Science, abarcando publicaciones desde 2010 hasta 2024. La estrategia de búsqueda utilizó una combinación de las siguientes palabras clave: «digitalización», «industria», «implicaciones sociales/capacidades», «cadena de suministro», «competitividad», «Lean Manufacturing», «Project Management». Se utilizaron operadores booleanos para refinar la búsqueda. Sólo se tuvieron en cuenta los estudios publicados en inglés o español. Los registros duplicados se eliminaron antes de la selección.

Los criterios utilizados para la inclusión fueron estudios empíricos, revisiones bibliográficas, estudios de casos e informes técnicos que abordaran la digitalización en la industria y su impacto en las cadenas de suministro y en la gestión de proyectos, Lean Manufacturing, Inteligencia Artificial, la mano de obra, las competencias de los trabajadores o la sostenibilidad social. Por otro lado, se excluyeron los estudios sin acceso a texto completo, los centrados únicamente en el desarrollo tecnológico sin implicaciones sociales.

El proceso de selección se llevó a cabo en tres etapas. Etapa 1: Identificación. Se recuperó un total de 120 registros de las bases de datos. Etapa 2: Cribado. Tras eliminar 20 duplicados, se examinaron 100 títulos y resúmenes. Se excluyeron 70 registros por no cumplir los criterios de inclusión. Etapa 3: Elegibilidad. Se evaluaron 30 artículos a texto completo, de los cuales se excluyeron 2 por falta de relevancia directa.

Se extrajo información clave de cada estudio, incluidos autores, año de publicación, país, tecnologías digitales analizadas, impacto en la cadena de suministro, implicaciones laborales y sociales, y principales conclusiones. Los datos se sintetizaron narrativa y temáticamente, agrupando las conclusiones en tres dimensiones principales que darán respuesta a las tres preguntas planteadas en la introducción y que se contestarán en los siguientes apartados. No se aplicó una herramienta formal de riesgo de sesgo. Sin embargo, se consideró la calidad de los estudios en función del tipo de publicación (revistas revisadas por pares), el rigor metodológico y la relevancia temática para minimizar el sesgo de selección.

3. Lean Manufacturing y Gestión de Proyectos en la Cadena de Suministro

Para poder contestar a la primera de las preguntas planteadas, se comienza valorando el impacto que Lean Manufacturing tiene sobre la Cadena de suministro. Puede decirse que Lean Manufacturing la mejora significativamente al eliminar actividades que no agregan valor y reducir desperdicios. De manera destacada puede decirse que la aplicación de Lean a la Cadena de Suministro reduce los inventarios al implementar prácticas Just-in-Time (JIT) y mejora los flujos de materiales, acelerando el ciclo de suministro. Esto aumenta la agilidad para responder a demandas cambiantes [5]. Por otra parte destaca el impacto ambiental, la aplicación de prácticas como el inventario gestionado por proveedores y el aplazamiento de productos compensan este impacto, mejorando la sostenibilidad de la cadena [6].

Si combinamos estos efectos que ofrece Lean con Gestión de Proyectos pueden obtenerse beneficios adicionales para la cadena de suministro, de una parte, la optimización de la relación con proveedores. La implementación conjunta fomenta relaciones colaborativas con proveedores, mejorando la confianza del suministro y reduciendo costos [7]. Y por otra parte se busca conseguir la flexibilidad operativa. La gestión de proyectos permite ajustar rápidamente las estrategias Lean a las demandas del mercado, maximizando la capacidad de respuesta de la cadena de suministro[8].

Sin embargo, implementar Lean en cadenas globales puede ser complicado debido a la complejidad logística y los riesgos asociados con variabilidad y regulaciones internacionales [9], aunque la integración de tecnologías avanzadas, que da lugar a la digitalización de la cadena de suministro, potencia las capacidades de Lean aumentando la visibilidad y control sobre las operaciones [10]. Así por ejemplo Internet de las Cosas (IoT) ofrece transparencia y trazabilidad en toda la cadena de suministro permitiendo una toma de decisiones más ágil y coordinada, al mismo tiempo que esta visibilidad en tiempo real, permite monitorear equipos y gestionar inventarios reduciendo costos por interrupciones y exceso de inventario [11]. Del mismo modo, IoT habilita herramientas para medir y reducir el impacto ambiental, como la optimización del consumo energético y la reducción de desperdicios en tiempo real [12]. Junto a Blockchain, mejora la transparencia y trazabilidad en las cadenas de suministro. Blockchain permite registrar cada transacción y movimiento dentro de la cadena de suministro, reduciendo la falsificación y aumentando la confianza entre los socios comerciales además de automatizar y asegurar procesos como el monitoreo de inventarios y el transporte, optimizando el rendimiento general [13].

Otra de las tecnologías avanzadas, Big Data, permite identificar patrones y optimizar decisiones operativa lo que significa que ayuda a prever la demanda y a reducir costos operativos al ajustar los niveles de inventario en tiempo

real. Además colabora también con el análisis predictivo permitiendo a las empresas anticipar interrupciones y diseñar cadenas de suministro más resilientes [14]. El uso de estas tecnologías basadas en la nube optimiza la coordinación entre diferentes actores en la cadena de suministro, permiten un acceso inmediato a datos críticos de la cadena de suministro, mejorando la colaboración entre las partes interesadas. Cloud Computing facilita la integración de diferentes tecnologías avanzadas en un único entorno interoperable, es decir, busca la eficiencia operativa [15]. En definitiva, el panorama tecnológico está transformando Lean Manufacturing y Supply Chain Management. Estas tecnologías permiten operaciones más eficientes, resilientes y sostenibles, abordando los desafíos actuales de la industria. La Figura 2 resume la transformación tecnológica en Lean y la Cadena de Suministro.

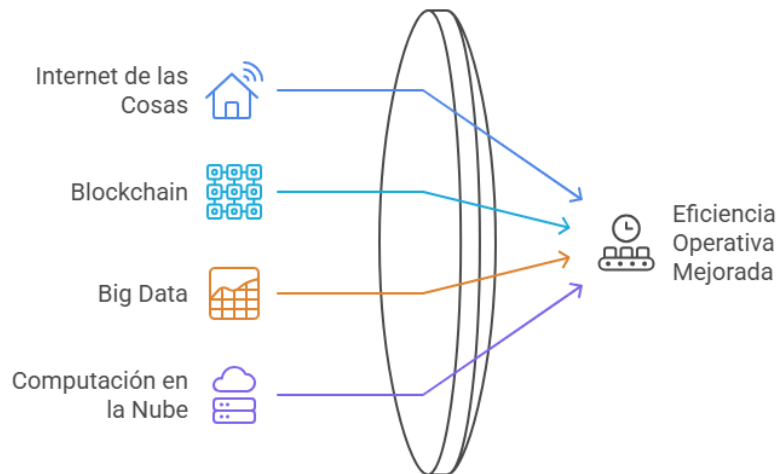


Figura 2: Transformación tecnológica en Lean y Cadena de Suministro

4. Estudio de sinergias en un marco estratégico.

Como respuesta a la segunda pregunta planteada, se buscan sinergias al combinar Lean Manufacturing, Gestión de Proyectos y Cadena de Suministro en un marco estratégico. El resultado del estudio destaca cinco opciones posibles las cuales quedan recogidas en la Figura 3 y se detallarán a continuación. Podría empezarse tratando la reducción de desperdicios y optimización operativa. Tanto Lean Manufacturing como la Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) comparten un enfoque en la eliminación de desperdicios. Cuando ambos enfoques se combinan, generan Cadenas de Suministro más eficientes al reducir inventarios innecesarios, minimizar tiempos de espera y optimizar el flujo de materiales y productos como se ha podido tratar en el apartado anterior. Se ha visto como la implementación de herramientas lean como JIT, mejora la capacidad de respuesta en la Cadena de Suministro [7] pero además esta integración de prácticas lean con SCM mejora significativamente métricas como los niveles de inventario y los tiempos de entrega, fomentando una mejora continua y colaborativa entre los socios de la cadena [16]. Ejemplo de aplicación lo tenemos en el sector de la fabricación la integración de Lean Manufacturing y principios ágiles en las cadenas de suministro ha demostrado que se puede reducir el tiempo de ciclo y los inventarios innecesarios, mejorando la eficiencia general. Un estudio destacó la creación de una estrategia híbrida “Leagile” que combina la eficiencia de Lean con la flexibilidad de Agile para adaptarse a la incertidumbre en la demanda [17]. Esta integración optimizó las operaciones y redujo los costos, con un aumento en la satisfacción del cliente en entornos dinámicos.

Otra de las respuestas arrojadas por el estudio es la mejora en la colaboración y coordinación de proyectos. La gestión de proyectos proporciona un marco estructurado para garantizar que las iniciativas lean y SCM estén alineadas con los objetivos organizacionales. Ejemplo de ello lo localizamos en el sector de la construcción donde esta combinación se manifiesta reduciendo significativamente los costos asociados a retrasos y falta de materiales, es decir, optimizó la colaboración entre las partes interesadas, reduciendo los tiempos de entrega en proyectos residenciales [17]. En este caso el impacto que ocasionó estos enfoques Lean ayudó a estandarizar procesos y fomentaron el uso de tecnología para aumentar la confiabilidad en la entrega de materiales.

La sinergia entre Lean Manufacturing y SCM potencia la agilidad, permitiendo a las empresas adaptarse rápidamente a fluctuaciones del mercado. Siguiendo con el modelo híbrido “leagile” combina principios Lean y Agilidad para abordar tanto demandas estables como fluctuantes. Esta adaptabilidad y agilidad operativa permite a las organizaciones mantener costos bajos mientras responden rápidamente a cambios en el mercado [18]. En sectores como la electrónica y la automoción, estas estrategias han demostrado ser esenciales para gestionar cadenas de suministro globales complejas. También en el sector de telecomunicaciones, un enfoque de gestión de proyectos orientado a la “leagilidad” permitió superar la complejidad de cadenas de suministro globales,

equilibrando costos bajos con alta capacidad de respuesta [19]. Puede decirse que la estrategia mejoró la sincronización y la agilidad en cadenas de suministro extensas.

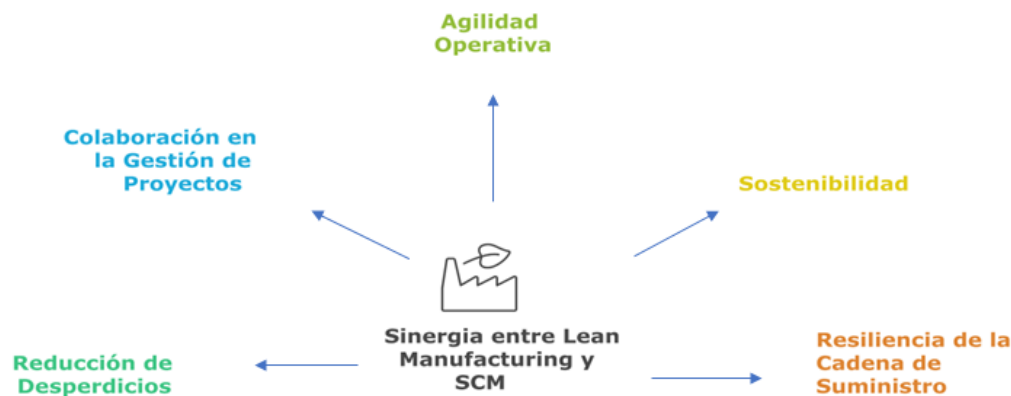


Figura 3: Sinergias Lean y SCM para una Gestión de Proyectos sostenible y resiliente

Otro de los puntos de vista analizados en los que existe también sinergias sería entre Sostenibilidad y Lean-Green. La integración de prácticas *green* con Lean y SCM promueve un enfoque sostenible. Existe ejemplos que muestran como Lean y prácticas *green* pueden implementarse de forma sinérgica para reducir impactos ambientales y mejorar la eficiencia operacional, especialmente en interacciones con proveedores y clientes [20], en este ejemplo, la empresa además de conseguir disminuir costes operativos, también consiguió minimizar su huella digital. Por último, se ha podido comprobar que la combinación de Lean y prácticas ágiles fortalece la capacidad de recuperación de la cadena ante interrupciones. En este sentido, el sector aeroespacial ha puesto de manifiesto como la aplicación conjunta de Lean y prácticas resilientes mejora significativamente el desempeño y reduce la vulnerabilidad de la cadena de suministro [21,22].

5. Integración de enfoques con Inteligencia Artificial.

La tercera de las preguntas planteadas en la introducción hacía referencia a cómo la IA podría actuar como catalizador para integrar estos enfoques y transformar la operativa empresarial, en este último apartado, se analizarán las formas clave en las que la IA potencia dicha integración (Figura 4).

Puede decirse que la IA fomenta una toma de decisiones más rápida y precisa al identificar áreas de mejora en tiempo real, permitiendo cumplir con objetivos Lean y *green*. Herramientas como el análisis predictivo y la optimización de recursos, es capaz de ayudar a reducir el desperdicio a la vez que apoya los principios Lean y mejora la sostenibilidad ambiental dentro de las cadenas de suministro [21,23]. Además, mejoran la recolección de datos y la toma de decisiones en tiempo real, optimizando la producción y la cadena de suministro [24].

Por otra parte, la integración de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) con soluciones de IA mejora la coordinación en Project Management y Supply Chain Management. Herramientas como el aprendizaje automático permiten un intercambio de datos en tiempo real y decisiones automatizadas [25]. Esta integración elimina silos de información mejorando la colaboración entre equipos y optimizando el uso de recursos en proyectos Lean. El aprendizaje automático también es capaz de mejorar otras áreas como la previsión de la demanda, la gestión de inventarios y la logística en cadenas de suministro. Por tanto puede decirse que la IA ayuda a anticipar cambios en la demanda y ajustar las operaciones logísticas, mejorando la agilidad y reduciendo costes [26,27].

Con respecto a la reducción de costes, se ha llegado a demostrar que la implementación de IA en fabricación, se puede llegar a reducir un porcentaje del 20% en costes operativos y el 15% en tiempos de entrega gracias a modelos predictivos y automatización en Lean Manufacturing, es decir, la gestión predictiva garantiza operaciones más eficientes y competitivas, alineando Lean y Project Management con el rendimiento del suministro [28].

Otra de las aplicaciones localizadas se enfoca a la resiliencia y la flexibilidad de la cadena de suministro donde cabe decirse que la IA permite la resiliencia al mejorar la previsión de la demanda, como hemos visto anteriormente, además de optimizar la logística, incluso en contextos con infraestructura limitada [29]. En este apartado cabe mencionar como utilizando sistemas difusos y redes neuronales, ayuda a identificar y mitigar riesgos, permitiendo respuestas adaptativas y fortaleciendo las cadenas frente a interrupciones [30].

Los avances digitales permiten implementar estrategias Lean y de gestión de proyectos con mayor precisión y efectividad. De una parte, a través de la IA donde puede decirse que el aprendizaje automático promueve la transformación digital en Supply Chain Management, es decir, la IA mejora la transparencia, visibilidad y toma de decisiones en tiempo real [31]. Y de otra parte, Digital Lean, que combina Lean Manufacturing con innovación tecnológica mediante IA para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia, se logra una gestión más precisa de recursos, reducción de costos y mejores prácticas ambientales [32].



Figura 4: Aportaciones de la IA a la transformación de la operativa empresarial

6. Conclusiones.

La integración de Lean Manufacturing, la gestión de proyectos y la gestión de la cadena de suministro, potenciadas por la inteligencia artificial (IA), representa un enfoque estratégico capaz de transformar la operativa empresarial en un entorno global cada vez más dinámico y competitivo. A lo largo de este análisis, se han destacado sinergias que optimizan la eficiencia, aumentan la resiliencia y fomentan la sostenibilidad, elementos esenciales para responder a las demandas actuales del mercado.

Lean Manufacturing se ha consolidado como un marco fundamental para eliminar lo que no agrega valor y maximizar el valor agregado en los procesos de producción. Sin embargo, su implementación exitosa en cadenas de suministro depende de una gestión coordinada y estructurada, que garantice que los principios lean se apliquen de manera efectiva a lo largo de toda la red logística. Es aquí donde la gestión de proyectos proporciona un marco operativo esencial, permitiendo planificar, ejecutar y supervisar iniciativas complejas que alineen los objetivos estratégicos con los operativos.

La IA se erige como un catalizador que amplifica las capacidades de estos enfoques, ofreciendo herramientas avanzadas para la predicción, optimización y automatización de procesos. Su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real permite identificar patrones y anticipar demandas, mejorando la precisión en la toma de decisiones. Esto se traduce en cadenas de suministro más ágiles y resilientes, con una mayor capacidad de adaptación a interrupciones o cambios repentinos en el mercado.

Además, la integración de la IA con tecnologías avanzadas como el IoT, Cloud Computing y Big Data refuerza la transparencia y la colaboración entre los actores de la cadena de suministro. Estas tecnologías facilitan una visibilidad total de las operaciones, impulsando prácticas sostenibles que no solo optimizan los recursos, sino que también reducen el impacto ambiental. Por ejemplo, el concepto de "Lean-Green" demuestra cómo los principios lean y las metas ambientales pueden converger mediante el uso de IA para fomentar cadenas más responsables y sostenibles.

En términos de impacto estratégico, esta integración transforma la operativa empresarial al no solo centrarse en la reducción de costos, sino también en la creación de valor a través de la innovación. Empresas de sectores como fabricación o automoción ya han implementado estas combinaciones con resultados significativos en términos de eficiencia operativa, resiliencia y satisfacción del cliente. Sin embargo, su adopción generalizada enfrenta desafíos como la resistencia al cambio, la inversión inicial y la necesidad de desarrollar habilidades específicas para aprovechar al máximo estas tecnologías.

En resumen, la confluencia de Lean Manufacturing, la gestión de proyectos y la cadena de suministro, apoyada por la inteligencia artificial, no solo redefine cómo operan las empresas, sino que también establece un marco sostenible y adaptable para enfrentar los retos de un entorno globalizado. Este modelo integrado no es solo una

solución a las demandas actuales, sino una plataforma sólida para impulsar la competitividad y sostenibilidad de las organizaciones en el futuro.

7. Referencias

1. Womack JP, Jones DT. Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *J Oper Res Soc.* 1997;48(11):1148–1148.
2. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management: Logistics & Supply Chain Management. In: Pearson Education, editor. FT Christopher: Logistics and Supply Chain Management 6e. 6ª Ed. UK: Pearson UK; 2022.
3. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Seventh Ed. Project Management Institute, editor. US: Project Management Institute; 2021. 250 p.
4. Russell S, Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th Editio. Pearson, editor. Pearson; 2020. 1136 p.
5. Kazmane J, Chafi A, Tajri I, En-nadi A. The impact of the concepts of lean manufacturing on the strategies of the supply chain. *Int J Eng Technol.* 2014;4(1):35.
6. Ugarte GM, Golden JS, Dooley KJ. Lean versus green: The impact of lean logistics on greenhouse gas emissions in consumer goods supply chains. *J Purch Supply Manag* [Internet]. 2016;22(2):98–109. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2015.09.002>
7. Vanichchinchai A. The effect of lean manufacturing on a supply chain relationship and performance. *Sustain.* 2019;11(20):26–8.
8. Fokali C, Siagian H. The Impact Of Lean Manufacturing On Operational Performance Through Vendor-Managed Inventory And Supply Chain Practices. *J Contemp Issues Bus Gov* [Internet]. 2021;27:5346–56. Available from: <https://consensus.app/papers/the-impact-of-lean-manufacturing-on-operational-fokali-siagian/e6937be015285fa18c93e77212fca643/>
9. Swenseth SR, Olson DL. Trade-offs in lean vs. outsourced supply chains. *Int J Prod Res.* 2016;54(13):4065–80.
10. Haddud A, Khare A. Digitalizing supply chains potential benefits and impact on lean operations. *Int J Lean Six Sigma.* 2020;11(4):731–65.
11. Anozie UC, Pieterse K, Onyenahazi OB, Chukwuebuka UO, Ekeocha PC. Integration of IoT technology in lean manufacturing for real-time supply chain optimization. *Int J Sci Res Arch* [Internet]. 2024; Available from: <https://consensus.app/papers/integration-of-iot-technology-in-lean-manufacturing-for-anozie-pieterse/7223e5ea260459cc8317458982251751/>
12. Ciccullo F, Pero M, Caridi M, Gosling J, Purvis L. Integrating the environmental and social sustainability pillars into the lean and agile supply chain management paradigms: A literature review and future research directions. *J Clean Prod* [Internet]. 2018;172:2336–50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.176>
13. Rejeb A, Keogh JG, Treiblmaier H. Leveraging the Internet of Things and Blockchain in SC.pdf. *Futur Internet.* 2019;11(161):1–22.
14. Juhara S. Optimizing Supply Chain Management: Strategies for Enhancing Efficiency and Reducing Costs in Manufacturing Industries. *J Acad Sci* [Internet]. 2024; Available from: <https://consensus.app/papers/optimizing-supply-chain-management-strategies-for-juhara/7bfc508cf1385ec187a88b3ab5362bc5/>
15. Qureshi KM, Mewada BG, Kaur S, Alghamdi SY, Almakayeel N, Almuflih AS, et al. Sustainable Manufacturing Supply Chain Performance Enhancement through Technology Utilization and Process Innovation in Industry 4.0: A SEM-PLS Approach. *Sustain.* 2023;15(21).
16. Kerber B, Dreckschage BJ. Lean Supply Chain Management Essentials. *Lean Supply Chain Manag Essentials.* 2017;(88):75–85.
17. Shpak Y, Ilnytskyi V, Andrukhiv I. Comparative Characteristics of Lean- and Agile-Methodology of Supply Chain Management Under Uncertainty. *Sci Opin Econ Manag.* 2023;3(3(83)):64–71.
18. Mason-Jones, B. N, D.R and T. Lean, agile, or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. *Int J Prod Res.* 2010;38(May 2013):4061–4070.

19. Gaudenzi B, Christopher M. Achieving supply chain ‘Leagility’ through a project management orientation. *Int J Logist Res Appl*. 2016;19(1):3–18.
20. Lucila M. S. Campos Diego A. Vazquez-Brust. Lean and Green Synergies in Supply Chain Management. *Supply Chain Manag An Int J*. 2014;21(5).
21. Sah BP, Begum S, Bhuiyan MR, Shahjalal M. the Role of Ai in Promoting Sustainability Within the Manufacturing Supply Chain Achieving Lean and Green Objectives. *Acad J Bus Adm Innov Sustain*. 2024;4(3):79–93.
22. Ruiz-Benítez R, López C, Real JC. The lean and resilient management of the supply chain and its impact on performance. *Int J Prod Econ [Internet]*. 2018;203(June):190–202. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.06.009>
23. Pal S. Integrating AI in Sustainable Supply Chain Management: A New Paradigm for Enhanced Transparency and Sustainability. *Int J Res Appl Sci Eng Technol*. 2023;11(6):2979–84.
24. Dogru A, Keskin B. AI in operations management: applications, challenges and opportunities. *J Data, Inf Manag [Internet]*. 2020;2:67–74. Available from: <https://consensus.app/papers/ai-in-operations-management-applications-challenges-and-dogru-keskin/cac24bae93f257dc86a4f94d2f250ead/>
25. Olubunmi Adeolu Adenekan, Nko Okina Solomon, Peter Simpa, Scholar Chinenye Obasi. Enhancing manufacturing productivity: A review of AI-Driven supply chain management optimization and ERP systems integration. *Int J Manag Entrep Res*. 2024;6(5):1607–24.
26. Min H. Artificial intelligence in supply chain management: Theory and applications. *Int J Logist Res Appl*. 2010;13(1):13–39.
27. Dash R, McMurtrey M, Rebman C, Kar U. Application of Artificial Intelligence in Automation of Supply Chain Management. *J Strateg Innov Sustain [Internet]*. 2019; Available from: <https://consensus.app/papers/application-of-artificial-intelligence-in-automation-of-dash-mcmurtrey/d0cf5705ddb25c549eea0f02819da142/>
28. Hasan SK, Islam MA, Asha AI, Priya SA, Islam NM. The Integration of AI and Machine Learning in Supply Chain Optimization: Enhancing Efficiency and Reducing Costs. *Int J Multidiscip Res [Internet]*. 2024; Available from: <https://consensus.app/papers/the-integration-of-ai-and-machine-learning-in-supply-chain-hasan-islam/02f115b2f719541f8b9de0417aab948d/>
29. Femi Osasona, Andrew Ifesinachi Daraojimba, Akoh Atadoga, Shedrack Onwusinkwue, Ogugua Chimezie Obi, Samuel Onimisi Dawodu. Ai Integration in Business Analytics: a Review of Usa and African Trends. *Comput Sci IT Res J*. 2024;5(2):432–46.
30. Belhadi A, Kamble S, Wamba S, Queiroz M. Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework. *Int J Prod Res [Internet]*. 2021;60:4487–507. Available from: <https://consensus.app/papers/building-supplychain-resilience-an-artificial-belhadi-kamble/facff4909222528cbf445d40b36d3131/>
31. Singh PK. Digital Transformation in Supply Chain Management: Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) as Catalysts for Value Creation. *Int J Supply Chain Manag*. 2023;12(6):57–63.
32. Ayoubi H, Tabaa Y, El Kharrim M. Artificial Intelligence in Green Management and the Rise of Digital Lean for Sustainable Efficiency. *E3S Web Conf*. 2023;412.