

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i1.225>

Una exploración bibliométrica del lean manufacturing: tendencias actuales en la investigación

A bibliometric exploration of lean manufacturing: current trends in research

Kelvin Diego Moposita Ortega

kmoposita@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1032-8558>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Irving Javier Guillén Figueroa

iguillenf@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-8327-6800>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Hernan Dario Herrera Contreras

hherreraca@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-3811-2796>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Edgar Gabriel Valencia Rodriguez

evalencia@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3822-7924>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Ignacio Dario Velez Zambrano

ivelezz@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-3002-070X>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Artículo recibido: 20 mayo 2024

-

Aceptado para publicación: 26 junio 2024

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

En respuesta a las demandas cambiantes del panorama industrial, el Lean Manufacturing se ha consolidado como un enfoque fundamental para optimizar la eficiencia y reducir el desperdicio en los procesos de producción. Este estudio se propone realizar un análisis bibliométrico para examinar las tendencias de investigación más relevantes en el campo del Lean Manufacturing, con el objetivo de identificar áreas de interés emergentes y proporcionar una visión integral de su evolución en la literatura científica actual. Se emplearon las plataformas Web of Science y Scopus para la recolección de datos científicos. Se examinaron métricas bibliométricas relacionadas con la producción, colaboración, visibilidad e impacto. El análisis se basó en una muestra de 2350 documentos, los cuales contaban con la contribución de un total de 5052 autores. Los resultados

revelaron una tasa de crecimiento anual del 8,15% durante el periodo comprendido desde 2010 hasta el año 2023. Se han identificado tendencias destacadas en el análisis de las palabras más frecuentes en la literatura científica. La primera parte aborda aspectos relacionados con la implementación, el rendimiento y la gestión en el ámbito de la producción eficiente, mientras que la segunda parte se enfoca en conceptos claves como la fabricación ágil, los sistemas de fabricación ágiles, y los modelos y marcos de trabajo asociados con el Lean Manufacturing.

Palabras claves: implementación, lean production, six sigma, lean manufacturing, bibliometria

ABSTRACT

In response to the changing demands of the industrial landscape, Lean Manufacturing has established itself as a fundamental approach to optimize efficiency and reduce waste in production processes. This study aims to conduct a bibliometric analysis to examine the most relevant research trends in the field of Lean Manufacturing, with the objective of identifying emerging areas of interest and providing a comprehensive view of their evolution in the current scientific literature. Web of Science and Scopus platforms were used for scientific data collection. Bibliometric metrics related to production, collaboration, visibility and impact were examined. The analysis was based on a sample of 2350 papers, with a total of 5052 authors contributing. The results revealed an annual growth rate of 8.15% during the period from 2010 to 2023. Outstanding trends were identified in the analysis of the most frequent words in the scientific literature. The first part addresses aspects related to implementation, performance and management in the field of lean production, while the second part focuses on key concepts such as agile manufacturing, agile manufacturing systems, and models and frameworks associated with Lean Manufacturing.

Keywords: implementation, lean production, lean production, six sigma, lean manufacturing, bibliometrics

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

En el competitivo entorno actual, las pequeñas y medianas empresas enfrentan desafíos globales debido a las fluctuaciones en el clima económico mundial. Cada industria busca satisfacer las demandas de sus clientes de manera rápida y con alta calidad (Hingrajiya et al., 2024). El sector manufacturero es crucial para el crecimiento económico de los países en desarrollo, con las pequeñas y medianas empresas (PYME) desempeñando un papel significativo. En estos países, las organizaciones manufactureras enfrentan diversos desafíos para mejorar la eficiencia de sus operaciones, mostrando deficiencias en términos de productividad, calidad y costos (Kumar et al., 2024).

Lean es una filosofía que facilita a las organizaciones el desarrollo de una cultura de mejora continua, enfocada en la eliminación de desperdicios y la minimización del uso de recursos, promoviendo la eficiencia y la efectividad operativa, contribuyendo a la creación de valor de manera sostenible (Alsadi et al., 2023). Es un factor clave en un mercado altamente competitivo para evitar retrasos es su correcta identificación y definición adecuada de métodos para reducir su impacto en parámetros seleccionados del proceso productivo (Pawlak, 2024).

Muchas industrias han constatado los beneficios de implementar enfoques Lean Manufacturing debido a que estas metodologías pueden asistir a las organizaciones en el logro de sus objetivos estratégicos, tales como aumentar la competitividad, la productividad y la rentabilidad, así como mejorar los niveles de servicio al cliente y asegurar su supervivencia a largo plazo, mediante la optimización del rendimiento general (Wahid & Dawood, 2024).

En la actualidad, la implementación de Lean resulta ser especialmente efectiva cuando se integra con tecnologías como la identificación por radiofrecuencia (RFID). No obstante, se ha identificado una brecha en la disponibilidad de ciertos enfoques de implementación Lean que aplican esta convergencia tecnológica (Rafique et al., 2019). Por lo tanto, investigadores de todo el mundo han desarrollado diversos marcos para Lean Manufacturing (LM), los cuales sirven como guías y ofrecen orientación a los gerentes. Sin embargo, un análisis de estos marcos ha revelado que presentan diversas deficiencias (Anand & Kodali, 2009).

Las iniciativas de implementación Lean se pueden categorizar en varias clases: iniciativas de hoja de ruta, marcos conceptuales o de implementación, enfoques descriptivos y listas de verificación de evaluación. Estas categorías ayudan a estructurar y guiar el proceso de implementación de Lean Manufacturing en diversas organizaciones, abordando diferentes aspectos y necesidades específicas del proceso (Mostafa et al., 2013).

La implementación de metodologías Lean en entornos de atención médica ha ganado una considerable atención en los últimos años debido a su potencial para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del cuidado. Estudios han demostrado que los gerentes de primera línea en organizaciones de atención médica específicas perciben que las iniciativas respaldadas por Lean

no solo mejoran el enfoque en el paciente, sino que también proporcionan herramientas y métodos valiosos para su desempeño diario (Kahm & Ingelsson, 2017).

El desarrollo de tecnologías innovadoras de la Industria 4.0 y la digitalización generalizada han permitido a los fabricantes encontrar formas innovadoras de optimizar las operaciones de producción donde varios métodos de Lean Manufacturing pueden ser importantes en cada una de estas etapas (Terelak-Tymczyna & Niesterowicz, 2024).

La introducción de tecnologías de la Industria 4.0 con Lean Manufacturing, tales como los sistemas de planificación de recursos empresariales, el Internet de las Cosas industrial, la automatización y la robótica, la realidad aumentada y virtual, y la identificación por radiofrecuencia en las empresas industriales, ha demostrado ser una estrategia eficaz en la implementación de la fabricación ajustada. Estas innovaciones no solo conducen a una reducción de las pérdidas, sino que también se perfilan como la mejor manera de eliminarlas por completo (Sergeeva et al., 2024).

Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico para examinar las tendencias de investigación más relevantes en el campo del Lean Manufacturing. Se emplearon las plataformas Web of Science y Scopus para la recolección de datos científicos, y se examinaron métricas bibliométricas relacionadas con la producción, colaboración, visibilidad e impacto. La muestra incluyó 2350 documentos con la contribución de 5052 autores. Los resultados revelaron una tasa de crecimiento anual del 8,15% entre 2010 y 2023. Se identificaron tendencias destacadas en el análisis de las palabras más frecuentes en la literatura científica, abarcando aspectos relacionados con la implementación y gestión efectiva en entornos empresariales, temas generales sobre industria y productividad, así como Lean Production y mejora continua en los procesos de fabricación, que se dividieron en tres partes para su análisis. La primera parte aborda aspectos relacionados con la implementación y gestión efectiva en entornos empresariales, la segunda parte se enfoca en temas generales relacionados con la industria y la productividad, mientras que la tercera parte se centra en términos generales en el Lean Production y la mejora continua en los procesos de fabricación.

METODOLOGÍA

La investigación actual se basa en las Directrices para Métodos Bibliométricos en Gestión y Organización (Zupic & Čater, 2015) y la Metodología Integrada para Análisis Bibliométrico (Ullah et al., 2023). En este sentido, se integraron datos obtenidos de las bases de datos Scopus y Web of Science para llevar a cabo el análisis bibliométrico, con el fin de obtener una visión general de la producción científica sobre Lean Manufacturing.

Recoleccion de datos

En la Tabla 1 se presentan los criterios de búsqueda aplicados en Scopus y Web of Science para obtener el conjunto de datos final destinado al análisis. La fecha límite para la recopilación y extracción de datos se estableció en el 11 de abril de 2024. Se utilizó el software R, específicamente la herramienta "mergeDbSources" (Jombo & Adelabu, 2022), para combinar la información recopilada de Scopus y Web of Science. Tras completar el proceso de integración en R, se eliminaron los documentos duplicados (946), lo que resultó en la obtención del conjunto de datos final, que consistió en un total de 2350 registros.

Tabla 1

Bases de datos consultadas, términos de búsqueda y resultados

| Database | Search terms | Fecha | Results |
|------------------------------|---|------------|---------|
| Scopus | TITLE-ABS-KEY ("lean manufacturing") | 11/04/2024 | 2213 |
| Web of Science | TS=("lean manufacturing") | 11/04/2024 | 1099 |
| Total results | | | 3312 |
| Duplicate elimination | | | 962 |
| Final data set | | | 2350 |

Fuente: Investigacion de Campo

Elaborado: Autores (2024)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados fueron presentados utilizando la herramienta de investigación bibliométrica R conocida como Bibliometrix, así como la aplicación web Biblioshiny (Khalifah et al., 2024). En la Tabla 2 se proporciona información general sobre el conjunto de datos utilizado para el análisis bibliométrico. Los artículos fueron recopilados de 800 fuentes publicadas entre 2010 y diciembre de 2023. Se contabilizaron un total de 5052 autores, con una tasa de crecimiento anual del 8,15% según las estadísticas facilitadas por Biblioshiny. Para el análisis, se emplearon un total de 2350 documentos.

Tabla 2

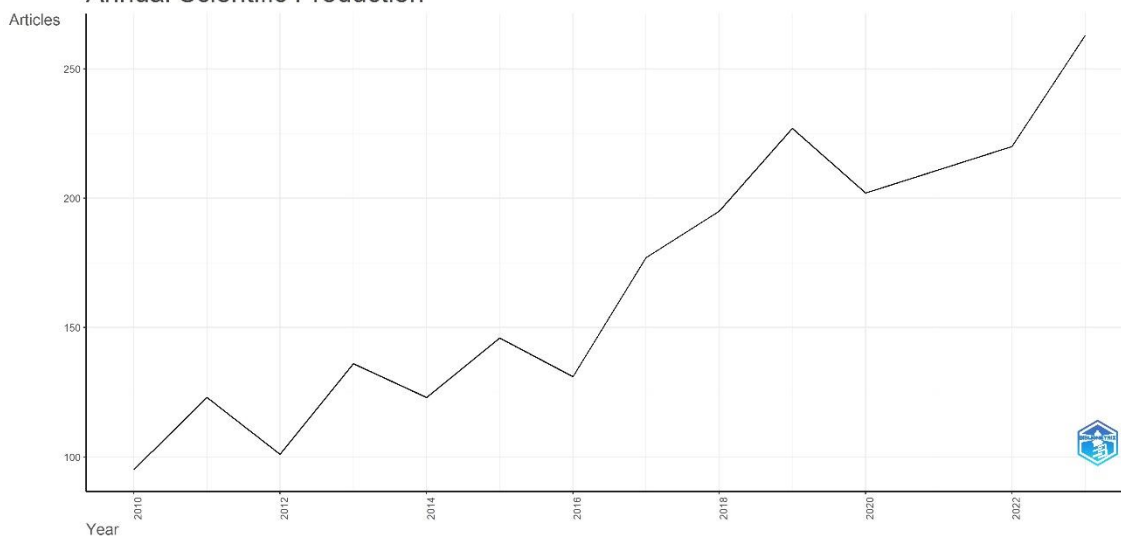
Información general sobre el conjunto de datos final

| Description | Results |
|------------------------------------|-----------|
| MAIN INFORMATION ABOUT DATA | |
| Timespan | 2010:2023 |
| Sources (Journals, Books, etc) | 800 |
| Documents | 2350 |
| Annual Growth Rate % | 8,15 |
| Document Average Age | 6,35 |

| | |
|--|-------|
| Average citations per doc | 18,23 |
| References | 69811 |
| DOCUMENT CONTENTS | |
| Keywords Plus (ID) | 3646 |
| Author's Keywords (DE) | 4511 |
| AUTHORS | |
| Authors | 5052 |
| Authors of single-authored docs | 239 |
| AUTHORS COLLABORATION | |
| Single-authored docs | 303 |
| Co-Authors per Doc | 3,13 |
| International co-authorships % | 12,09 |

Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Figura 1
Produccion cientifica anual
Annual Scientific Production



Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Producción Científica

En la Figura 1 se muestra la producción de documentos científicos por año. Esta producción proviene de un total de 800 fuentes, con la contribución de 5052 autores afiliados a diversas instituciones, lo que representa un total de 1969 afiliaciones diferentes. Respecto a la colaboración entre autores, de los 2350 artículos analizados, se observa que 303 de ellos son obra de un único autor, mientras que el 12,09% de los artículos son producto de colaboraciones internacionales. La investigación sobre el lean manufacturing a nivel general mostrado un

crecimiento constante a lo largo de los años, como se evidencia en los datos proporcionados: desde 95 artículos en 2010 hasta un pico de 263 en 2023. A pesar de este crecimiento general, se observan fluctuaciones anuales que reflejan variaciones en la actividad investigadora, con años de crecimiento más moderadas, como 2016 y 2020, y otros de un crecimiento más notable, como 2017, 2019, 2022 y 2023.

Es especialmente relevante destacar el aumento significativo en la producción de artículos a partir de 2017, donde se observa un incremento sostenido que culmina en un pico en 2023. Este crecimiento acelerado puede interpretarse como un indicador de un mayor interés y relevancia del tema de estudio en la comunidad científica, así como una mayor inversión en investigación y desarrollo en este campo. Además, los picos anuales podrían estar asociados con eventos específicos, avances tecnológicos relevantes o la publicación de investigaciones destacadas que estimulan una mayor actividad investigadora.

Citación

La Tabla 3 muestra el promedio de citas totales por artículo, el promedio de citas totales por año y la duración de las citas en relación con la producción anual de artículos. En este contexto, se observa que el promedio más alto de citas totales por artículo es de 36.5, correspondiente a 131 artículos en el año 2016, mientras que el más bajo es de 2.48, asociado con 263 artículos en el año 2023. Asimismo, el promedio más alto de citas totales por año es de 4.06, registrado en el año 2016, y el más bajo es de 1.24, observado en el año 2023.

Tabla 3

Promedio total de citas por artículo y año

| Year | MeanTCperArt | N | MeanTCperYear | CitableYears |
|------|--------------|--------|---------------|--------------|
| 2010 | 20,43 | 95,00 | 1,36 | 15 |
| 2011 | 29,94 | 123,00 | 2,14 | 14 |
| 2012 | 25,36 | 101,00 | 1,95 | 13 |
| 2013 | 26,46 | 136,00 | 2,20 | 12 |
| 2014 | 29,5 | 123,00 | 2,68 | 11 |
| 2015 | 27,52 | 146,00 | 2,75 | 10 |
| 2016 | 36,5 | 131,00 | 4,06 | 9 |
| 2017 | 22,35 | 177,00 | 2,79 | 8 |
| 2018 | 22,09 | 195,00 | 3,16 | 7 |
| 2019 | 14,92 | 227,00 | 2,49 | 6 |
| 2020 | 13,21 | 202,00 | 2,64 | 5 |
| 2021 | 11,89 | 211,00 | 2,97 | 4 |
| 2022 | 5,19 | 220,00 | 1,73 | 3 |
| 2023 | 2,48 | 263,00 | 1,24 | 2 |

Fuente: Investigación de Campo

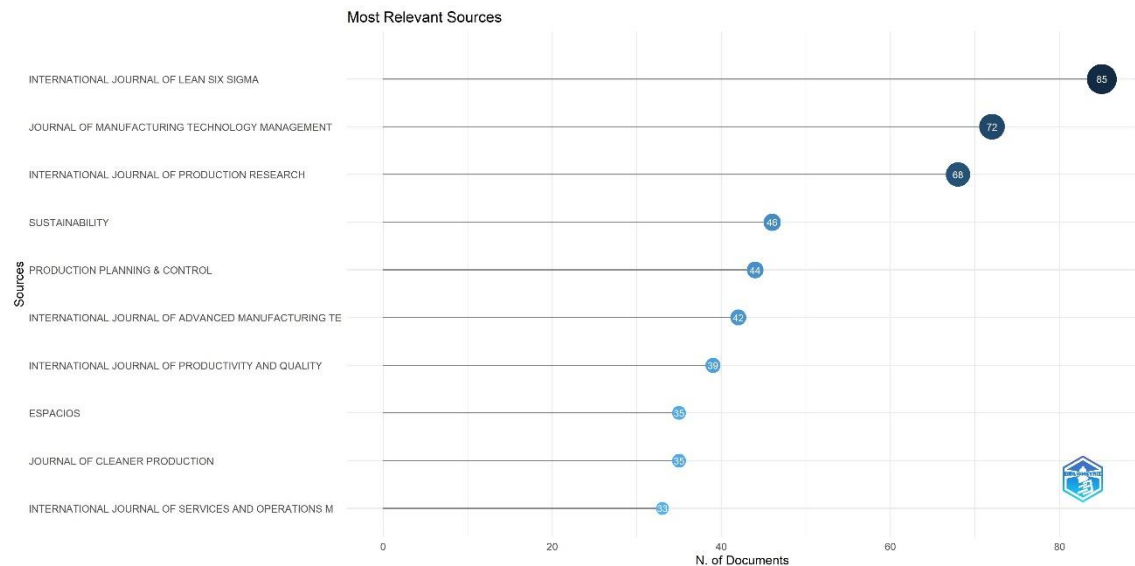
Elaborado: Autores (2024)

Fuentes Relevantes

Un total de 800 fuentes publicaron investigaciones relacionadas con Lean Manufacturing desde 2010 hasta 2023. Una fuente es una revista, conferencia, actas o libro publicado en una o más fuentes en la colección bibliográfica. Fig. 2 presenta las diez fuentes principales según el número de artículos publicados en cada una. Las fuentes con el mayor número de artículos son las siguientes: International Journal of Lean Six Sigma (85), Journal of Manufacturing Technology Management (72), International Journal of Production Research (68), Sustainability (46), Production Planning and Control (44), International Journal of Advanced Manufacturing Technology (42), International Journal of Productivity and Quality Management (39), Espacios (35), Journal of Cleaner Production (35), International Journal of Services and Operations Management (33).

Figura 2

Fuentes más relevantes



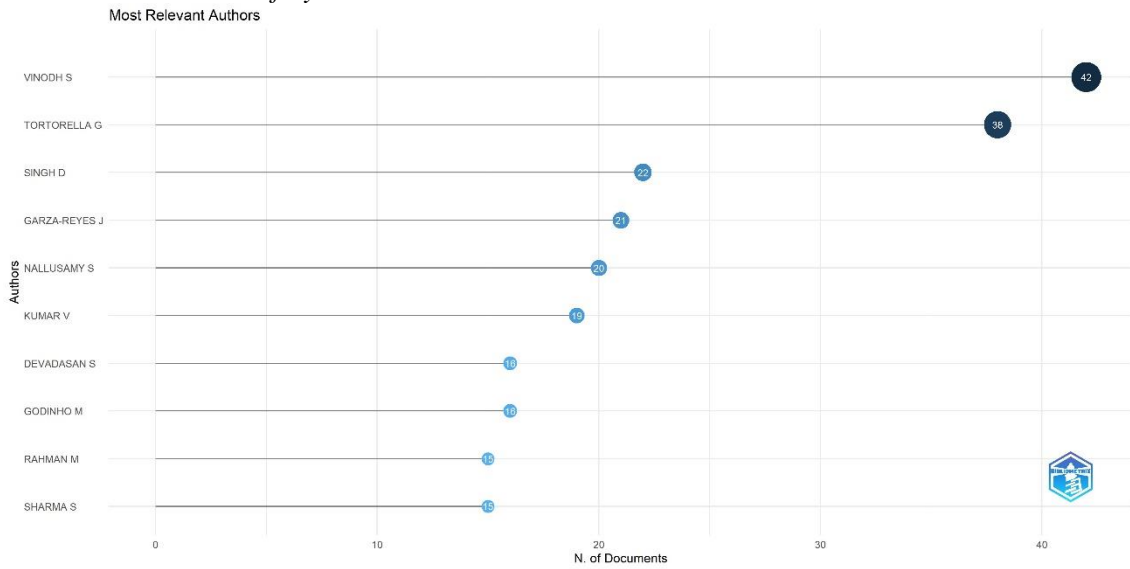
Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Autores relevantes e influyentes

La autoría fraccionada cuantifica las contribuciones de un autor a un conjunto de artículos publicados, basándose en el supuesto de que todos los coautores contribuyeron a cada artículo por igual. La Tabla 4 presenta los diez autores más relevantes e influyentes en relación con el Lean Manufacturing según el número de artículos y artículos fraccionados. Las tres primeras posiciones las ocupan los autores: Vinodh. S., Tortorella. G. y Singh. D.

Figura 3
Autores relevantes e influyentes

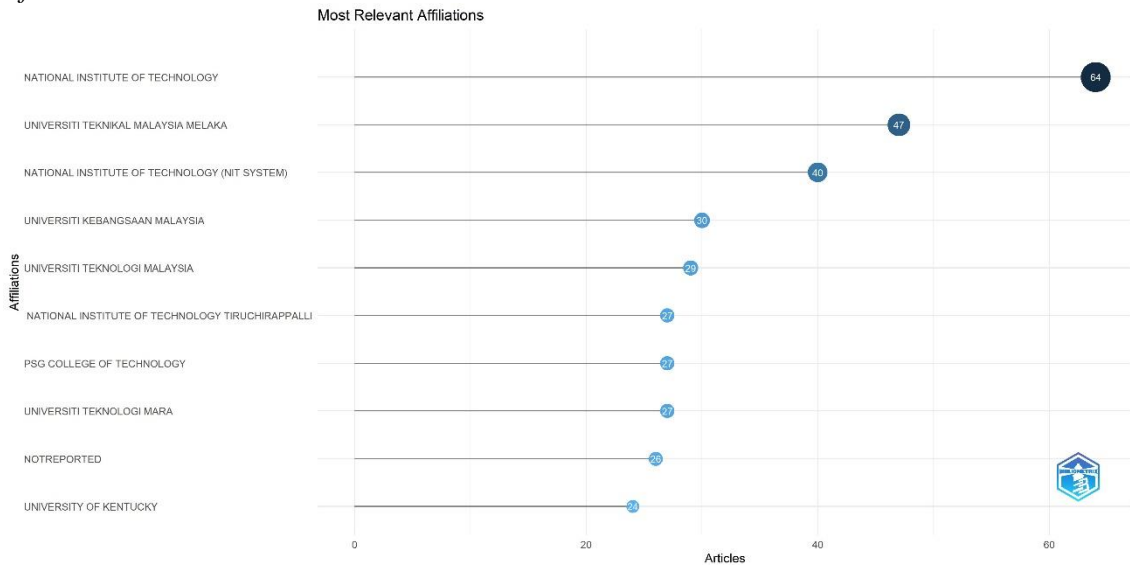


Fuente: Investigacion de Campo
 Elaborado: Autores (2024)

Afiliaciones Relevantes

En términos de afiliaciones de autores para correspondencia (APC), el total corresponde a 1969. Los siguientes son los más relevantes en términos de número de artículos: National Institute of Technology (64), Universiti Teknikal Malaysia Melaka (47), National Institute of Technology (Nit System) (40), Universiti Kebangsaan Malaysia (30), Universiti Teknologi Malaysia (29) como se presenta en la Fig. 4.

Figura 4
Afiliaciones mas relevantes



Fuente: Investigacion de Campo
 Elaborado: Autores (2024)

Factor de Análisis

El análisis factorial basado en el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) se representa en la Fig. 5. Cada color incorpora un grupo de palabras para un tema o subcampo específico. El análisis factorial identificó dos macrogrupos dominantes respecto al tema de investigación.

El primer grupo (azul), el más dominante se encuentra enfocado a la Gestión y Mejora del Rendimiento del Lean Manufacturing destacando la importancia de la implementación efectiva de prácticas lean, el diseño de sistemas eficientes y la simulación para la optimización de procesos. Se destaca la importancia de la implementación efectiva de prácticas lean, el diseño de sistemas eficientes y la simulación para la optimización de procesos.

El segundo grupo (rojo) está relacionado con la Implementación efectiva y Sostenibilidad en Lean Manufacturing se hace hincapié en la implementación efectiva de prácticas lean y su impacto en la sostenibilidad y la calidad del producto. Se exploran herramientas y metodologías específicas, como el mapeo del flujo de valor y las mejoras continuas, con un enfoque particular en la satisfacción del cliente y la competitividad en la industria.

Figura 5
Factor de analisis

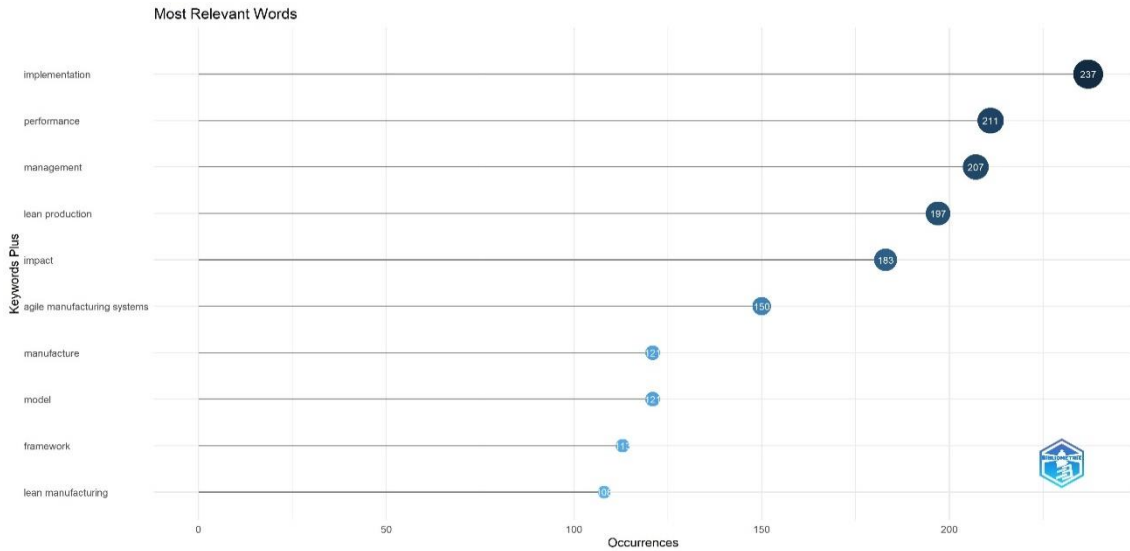


Palabras claves

Las diez palabras clave principales utilizadas en los documentos incluidos en el conjunto de datos final utilizado para el análisis bibliométrico se presentan en la Fig. 5. Además del término base de la investigación, "lean manufacturing", otros términos relevantes identificados son los siguientes: "implementation", "performance", "management", "lean production", "impact",

“agile manufacturing systems” y “manufacture” con una ocurrencia de 237, 211, 207, 197, 183, 150 y 121, respectivamente.

Figura 5
Factor de analisis

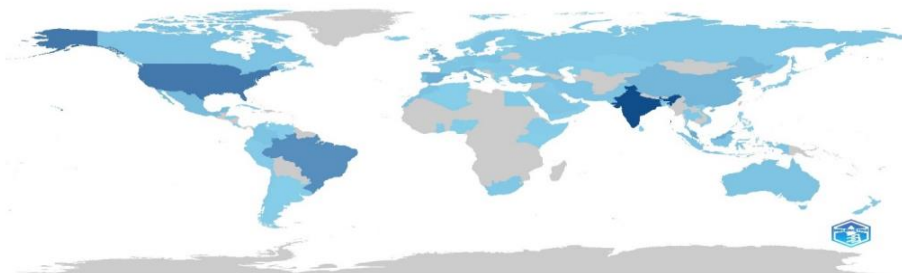


Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Produccion cientifica por pais

La figura 6 presenta los países que produjeron el mayor número de artículos: India (684), United States (438), Brazil (317), Malaysia (169), United Kingdom (158), Spain (150), China (117), Italy (107), Mexico (87), Portugal (62), Poland (58), Turkey (58), Australia (53), Canada (52), Iran (52), Morocco (52), Colombia (51), Germany (49), France (48) y Pakistan (47).

Figura 6
Produccion cientifica por pais
Country Scientific Production



Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

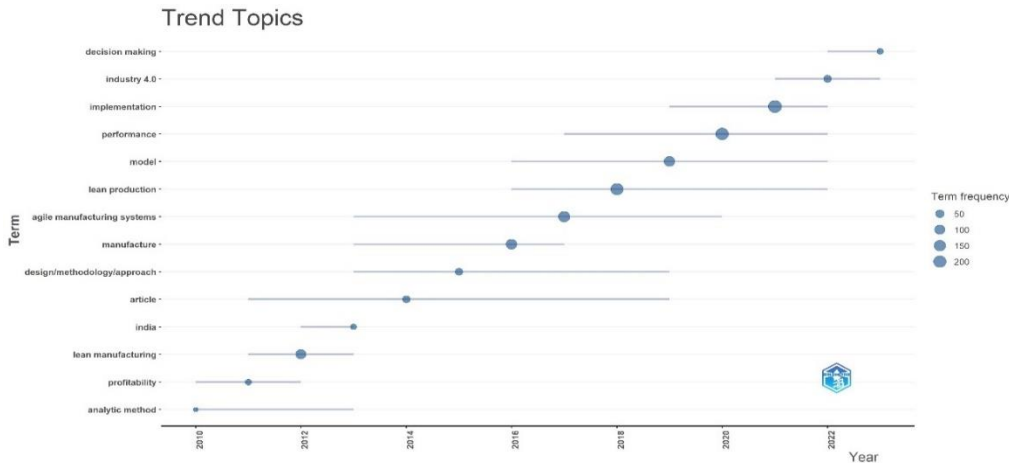
Temas de tendencia

Para los temas de tendencia se utilizó el criterio de frecuencia de palabras clave por año. El análisis bibliométrico reveló tendencias de investigación relacionadas con organizaciones

ágiles en estudios recientes y se presentan en la Fig. 7: Analytic Method (4:2010), Profitability (11: 2011), Lean Manufacturing (107: 2012), India (9, 2013), Article (31: 2014), Desing/Methodology/Approach (34: 2015), Manufacture (121, 2016) , Agile Manufacturing Systems (150, 2017) , Lean Production (197, 2018) , Model (121, 2019) , Performance (211, 2020) , Implementation (237, 2021) , Industry 4.0 (38, 2022) and Decision Making (14, 2023).

Figura 7

Temas de tendencia



Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Co-occurrence network

Finalmente, se ha desarrollado el análisis de palabras clave en términos de coocurrencia utilizando la herramienta informática de construcción y visualización de redes bibliométricas Bibliometrix. La figura 8 presenta la visualización de la red de coocurrencia de palabras clave. El descriptor de frecuencia más altas es "Management" con un intermedio de 84,60 seguido de "Lean Production", "Implementation" y "Industry" con un intermedio de 66.27, 44.17 y 43.11, respectivamente.

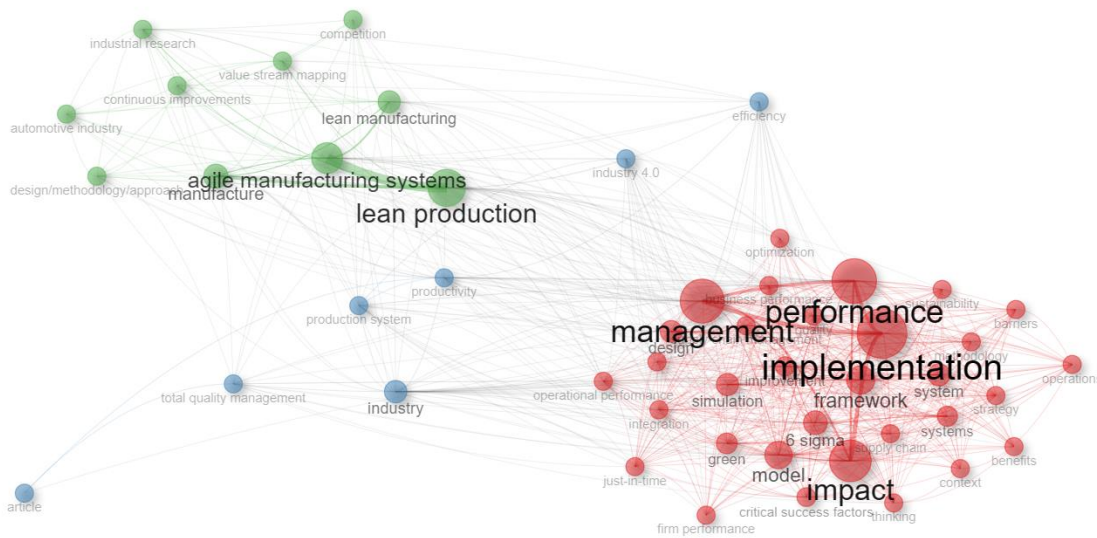
El Cluster 1 (rojo) está centrado en temas relacionados con la implementación y gestión efectiva del Lean Manufacturing en entornos empresariales. Se destacan términos como "implementation", "performance", "management", "impact", "model", "framework", "design", "system", "simulation", "6 sigma", "supply chain", "methodology", "critical success factors", "integration", "quality", "sustainability", "strategy", "just-in-time", "operations", "optimization", entre otros. Estos términos claves sugieren un enfoque en la aplicación práctica y la gestión estratégica del Lean Manufacturing, con énfasis en la mejora continua, la eficiencia operativa, la calidad y la sostenibilidad dentro de la cadena de suministro y las operaciones empresariales.

El Cluster 2 se encuentra enfocado en temas generales relacionados con la industria y la productividad, con un enfoque particular en aspectos como "industry", "productivity", "industry 4.0", "production system", "total quality management", "efficiency", entre otros. Estos términos

tienen un enfoque más amplio en la industria manufacturera en general, junto con aspectos clave de gestión de la calidad y eficiencia en los sistemas de producción.

El Cluster 3 (verde) se centra específicamente en términos relacionados con el Lean Production y la mejora continua en los procesos de fabricación. Se destacan palabras como "lean production", "agile manufacturing systems", "lean manufacturing", "value stream mapping", "continuous improvements", "competition", entre otros. Todos los términos plantean un enfoque más específico en las prácticas lean y la optimización de procesos en entornos de fabricación, con énfasis en la eficiencia, la flexibilidad y la competitividad.

Figura 8
Co-occurrence network



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado: Autores (2024)

DISCUSION

El crecimiento anual del 8,15% en la investigación sobre Lean Manufacturing (LM) desde 2010 hasta 2023 puede atribuirse a varios factores. Primero, el aumento de la competencia global ha obligado a las empresas a optimizar sus procesos de producción para mejorar la eficiencia y reducir costos. Lean Manufacturing, con su enfoque en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, se ha convertido en una metodología preferida para alcanzar estos objetivos (Powell et al., 2024). Segundo la integración de LM con tecnologías emergentes de la Industria 4.0, como la identificación por radiofrecuencia (RFID), la automatización y la robótica, ha generado un renovado interés académico y práctico, destacando su relevancia y aplicación contemporánea (Bilancia et al., 2024).

El aumento notable en la producción de artículos a partir de 2017 puede estar relacionado con varios avances y eventos significativos. La creciente adopción de tecnologías de la Industria 4.0 ha facilitado nuevas formas de implementar prácticas lean, aumentando así la producción

científica en este ámbito (Costa et al., 2024). Además, eventos globales como la transformación digital en la manufactura y las crisis económicas han resaltado la necesidad de metodologías eficientes y adaptables como Lean Manufacturing (Hingrajiya et al., 2024). Estas condiciones han impulsado tanto la investigación académica como la aplicación práctica, reflejándose en un mayor volumen de publicaciones.

Las tendencias emergentes, como la integración de tecnologías de la Industria 4.0 con Lean Manufacturing, tienen implicaciones significativas tanto para la práctica como para la investigación futura (Costa et al., 2024). La convergencia de LM con tecnologías avanzadas, tales como el Internet de las Cosas (IoT), la realidad aumentada y la planificación de recursos empresariales (ERP), ofrece nuevas oportunidades para optimizar procesos de manera más precisa y eficiente. Esta integración no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad al reducir el uso de recursos y minimizar el desperdicio (Gama & Bonamigo, 2024). La investigación futura deberá explorar estas sinergias, desarrollando modelos y marcos que maximicen los beneficios de esta convergencia tecnológica.

Los hallazgos bibliométricos indican que los temas clave en Lean Manufacturing han evolucionado para incluir aspectos como la implementación efectiva, el rendimiento, y la gestión de procesos. Inicialmente, la investigación se centraba en la eliminación de desperdicios y la mejora de la eficiencia operativa. Sin embargo, con el tiempo, el enfoque se ha ampliado para abarcar la integración de tecnologías avanzadas y la sostenibilidad, reflejando una comprensión más holística y estratégica del Lean Manufacturing (Wahid & Dawood, 2024). Esta evolución destaca la adaptabilidad y relevancia continua de LM en respuesta a las demandas cambiantes del entorno industrial.

La variación en la producción científica entre diferentes países puede explicarse por factores como el nivel de industrialización, la inversión en investigación y desarrollo, y la existencia de programas académicos y profesionales enfocados en Lean Manufacturing. Países como India y Estados Unidos lideran la producción de artículos debido a sus robustas industrias manufactureras y fuertes ecosistemas de investigación (Wahid & Dawood, 2024). Por otro lado, países con menores recursos pueden mostrar una menor producción científica, aunque esto no necesariamente implica una menor calidad de investigación.

CONCLUSIONES

Desde 2010 hasta 2023, la investigación en Lean Manufacturing ha mostrado una tasa de crecimiento anual del 8,15%. Este aumento puede atribuirse a la necesidad de las empresas de mejorar la eficiencia operativa y reducir costos en un entorno de competencia global intensificada. La adopción de tecnologías de la Industria 4.0 ha renovado el interés en Lean Manufacturing, destacando su relevancia contemporánea.

El notable incremento en la producción de artículos científicos a partir de 2017 refleja la integración de Lean Manufacturing con tecnologías emergentes y la transformación digital en la manufactura. Estos avances, junto con las crisis económicas, han resaltado la importancia de metodologías eficientes y adaptables, impulsando tanto la investigación académica como su aplicación práctica.

La convergencia de Lean Manufacturing con tecnologías de la Industria 4.0, como IoT, realidad aumentada y ERP, ofrece nuevas oportunidades para optimizar procesos de manera más precisa y eficiente. Esta integración no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad al reducir el uso de recursos y minimizar el desperdicio. La investigación futura debe explorar estas sinergias para maximizar sus beneficios.

La investigación en Lean Manufacturing ha evolucionado desde la eliminación de desperdicios y la mejora de la eficiencia operativa hacia la integración de tecnologías avanzadas y la sostenibilidad. Esta evolución refleja una comprensión más holística y estratégica de Lean Manufacturing, adaptándose a las demandas cambiantes del entorno industrial y subrayando su relevancia continua.

La colaboración internacional, evidenciada por el 12,09% de los artículos resultantes de colaboraciones transnacionales, sugiere una creciente globalización de los esfuerzos de investigación. Esta tendencia mejora la calidad y diversidad de la investigación, aunque plantea desafíos en términos de coordinación y gestión de proyectos internacionales. Es crucial fomentar estas colaboraciones para avanzar en el campo.

Países como India y Estados Unidos lideran la producción científica debido a sus robustas industrias manufactureras y fuertes ecosistemas de investigación. Las principales fuentes y autores, como el "International Journal of Lean Six Sigma" y Vinodh. S., desempeñan un papel crucial en el desarrollo del campo, estableciendo agendas de investigación y estándares metodológicos, reflejando su autoridad y relevancia en la comunidad académica.

Las variaciones en el promedio de citas por artículo están relacionadas con la relevancia y novedad del tema en el momento de la publicación. Los artículos publicados en años con avances tecnológicos significativos tienden a recibir más citas, reflejando el ciclo de vida de la investigación académica donde ciertos temas ganan y pierden relevancia con el tiempo.

El enfoque metodológico basado en herramientas avanzadas como Bibliometrix y Biblioshiny, y la integración de datos de Scopus y Web of Science, proporciona una base robusta y representativa para el análisis. Sin embargo, la posible subrepresentación de investigaciones en idiomas distintos del inglés y la eliminación de documentos duplicados son limitaciones que futuras investigaciones deben abordar mediante la inclusión de bases de datos adicionales y la consideración de publicaciones en múltiples idiomas.

La integración de tecnologías de la Industria 4.0 con prácticas lean puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y la sostenibilidad (Costa et al., 2024). Las

organizaciones deben enfocarse en desarrollar una cultura de mejora continua y adoptar un enfoque holístico que incluya la optimización de procesos y la gestión estratégica. La formación y el desarrollo profesional en Lean Manufacturing son esenciales para asegurar una implementación efectiva y sostenible.

Las áreas emergentes, como la combinación de Lean Manufacturing con la Industria 4.0, ofrecen prometedoras direcciones para futuras investigaciones. Los estudios futuros deben enfocarse en desarrollar modelos teóricos que integren prácticas lean con tecnologías avanzadas y evaluar su impacto en la eficiencia operativa y la sostenibilidad. Además, la investigación sobre la implementación de Lean Manufacturing en diferentes contextos industriales y culturales proporcionará insights valiosos para adaptar estas prácticas a diversas realidades empresariales.

Lineas futuras de investigacion y oportunidades

El análisis bibliométrico del Lean Manufacturing ha revelado varias áreas prometedoras para futuras investigaciones. En primer lugar, la integración de Lean Manufacturing con tecnologías emergentes de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), la automatización y la robótica, presenta una gran oportunidad. Estas tecnologías permiten una implementación más precisa y eficiente de las prácticas lean, potenciando la optimización de los procesos y la reducción del desperdicio. Futuras investigaciones podrían centrarse en desarrollar modelos y marcos que maximicen los beneficios de esta convergencia tecnológica, evaluando su impacto en la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

La sostenibilidad se está convirtiendo en un tema crucial en el Lean Manufacturing. Investigar cómo las prácticas lean pueden contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica, a través de la reducción del uso de recursos y la minimización del desperdicio, es una dirección importante. Se podrían explorar nuevas metodologías que integren Lean Manufacturing con enfoques sostenibles, evaluando su efectividad en diferentes contextos industriales.

La implementación efectiva de Lean Manufacturing en pequeñas y medianas empresas (PYMEs). A pesar de los beneficios comprobados de Lean, su adopción en PYMEs enfrenta desafíos específicos debido a limitaciones de recursos y conocimientos. Futuras investigaciones podrían enfocarse en desarrollar guías y marcos adaptados a las necesidades y capacidades de estas empresas, facilitando la adopción de prácticas lean.

La colaboración internacional en la investigación sobre Lean Manufacturing ha sido limitada. Promover proyectos de investigación conjunta entre instituciones de diferentes países podría enriquecer el conocimiento existente y permitir el intercambio de mejores prácticas. Además, investigar las diferencias culturales y organizativas en la implementación de Lean Manufacturing podría proporcionar insights valiosos para adaptar estas prácticas a diversos contextos globales.

REFERENCIAS

- Alsadi, J., Antony, J., Mezher, T., Jayaraman, R., & Maalouf, M. (2023). Lean and Industry 4.0: A bibliometric analysis, opportunities for future research directions [Article]. *Quality Management Journal*, 30(1), 41-63. <https://doi.org/10.1080/10686967.2022.2144785>
- Anand, G., & Kodali, R. (2009). Development of a framework for lean manufacturing systems [Article]. *International Journal of Services and Operations Management*, 5(5), 687-716. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2009.025121>
- Bilancia, A., Costa, F., & Staudacher, A. P. (2024). How Industry 4.0 and Lean Management Are Interrelated with Green Paradigm. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*,
- Costa, F., Alemsan, N., Bilancia, A., Tortorella, G. L., & Portioli Staudacher, A. (2024). Integrating industry 4.0 and lean manufacturing for a sustainable green transition: A comprehensive model [Article]. *Journal of Cleaner Production*, 465, Article 142728. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142728>
- Gama, M. S. B., & Bonamigo, A. (2024). Sustainable lean manufacturing as long-term strategy: performance framework development and prioritization [Article]. *Journal of Strategy and Management*, 17(2), 205-221. <https://doi.org/10.1108/JSMA-05-2023-0104>
- Hingrajiya, P., Mewada, B., & Tomar, P. (2024). A Literature Review on the Implementation of Lean Manufacturing Approach in Industry to Enhance Productivity of Hydraulic Filter Head. *AIP Conference Proceedings*,
- Jombo, S., & Adelabu, S. A. (2022). A Bibliometric Review And Analysis of Modis Land Surface Temperature Data Application In Africa. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*,
- Kahm, T., & Ingelsson, P. (2017). Lean from the First-line Managers' Perspective - Assuredness about the Effects of Lean as a Driving Force for Sustainable Change [Article]. *Management and Production Engineering Review*, 8(2), 49-56. <https://doi.org/10.1515/mper-2017-0017>
- Khalifah, M. H., Savaşan, F., Khan, N. U., & Khan, S. (2024). The metamorphosis of the Islamic political economy publications (1980-2021) – a bibliometric analysis [Article]. *Qualitative Research in Financial Markets*, 16(3), 527-547. <https://doi.org/10.1108/QRFM-08-2022-0126>
- Kumar, A. S., Babu, R. V., Paranitharan, K. P., & Kumar, K. S. (2024). Lean implementation in manufacturing SMEs: A systematic review. *AIP Conference Proceedings*,
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2013). A framework for lean manufacturing implementation [Article]. *Production and Manufacturing Research*, 1(1), 44-64. <https://doi.org/10.1080/21693277.2013.862159>

- Pawlak, S. (2024). The Impact of Selected Lean Manufacturing Tools on the Level of Delays in the Production Process. A Case Study [Article]. *Management Systems in Production Engineering*, 32(1), 103-107. <https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0011>
- Powell, D. J., Laubengaier, D. A., Tortorella, G. L., Saabye, H., Antony, J., & Cagliano, R. (2024). Digitalization in lean manufacturing firms: a cumulative capability development perspective [Article]. *International Journal of Operations and Production Management*, 44(6), 1249-1278. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2023-0414>
- Rafique, M. Z., Ab Rahman, M. N., Saibani, N., & Arsad, N. (2019). A systematic review of lean implementation approaches: a proposed technology combined lean implementation framework [Review]. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(3-4), 386-421. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1308818>
- Sergeeva, S., Belova, N., Shichiyakh, R., Bobrova, A., Vaslavskaya, I., Bankova, N., Vetrova, E., & Hajiyevev, H. (2024). Implementation of Lean Manufacturing Principles and Fast Structured Logic Methods in the Organizational Culture: Addressing Challenges and Maximizing Efficiency [Article]. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(3), 1195-1201. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190337>
- Terelak-Tymczyna, A., & Niesterowicz, B. (2024). Lean Manufacturing in Digital Transformation of Manufacture. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*,
- Ullah, R., Asghar, I., & Griffiths, M. G. (2023). An Integrated Methodology for Bibliometric Analysis: A Case Study of Internet of Things in Healthcare Applications [Article]. *Sensors (Switzerland)*, 23(1), Article 67. <https://doi.org/10.3390/s23010067>
- Wahid, M. K. A., & Dawood, L. M. (2024). Lean, agile, leagile manufacturing systems pros and cons: A literature survey. *AIP Conference Proceedings*,
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization [Article]. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>