

LSS E I4.0 EN LAS PYMES MANUFACTURERAS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA*

LSS AND INDUSTRY 4.0 IN MANUFACTURING PYMES: A
PAPER REVIEW

LSS E I4.0 NAS PMES MANUFACTUREIRAS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

LSS ET I4.0 DANS LES PME MANUFACTURIÈRES: UNE REVUE
DE LA LITTÉRATURE

OSCAR M. CASTAÑEDA-VALENCIA†

ALEXANDER A. CORREA-ESPINAL‡

Fecha de recepción: 28 de abril de 2022

Fecha de aprobación: 18 de mayo de 2022

RESUMEN

Lograr el mejoramiento de la productividad en las operaciones de las Pymes mediante el uso de metodologías que los soporten es el desafío que tienen los líderes empresariales, por esta razón se emprende una investigación para identificar los estudios que han sido abordados sobre el *Lean Six Sigma* (LSS) y la Industria 4.0 (I4.0) en las pequeñas y medianas empresas manufactureras (Pymes) publicados entre los años 2005 y 2020 en idioma inglés, como un insumo preliminar para el desarrollo de futuros trabajos investigativos en el área.

Este artículo busca determinar, con base en una revisión de la literatura científica, cuáles son las tendencias, países, autores y factores metodológicos de mayor y menor participación, a través del análisis del LSS, la I4.0 y las Pymes de modo que se identifiquen futuras oportunidades de investigación.

* Artículo de revisión de la literatura.

† Ingeniero industrial, Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombia; Esp. Gerencia Financiera y Mercados, de la misma universidad; maestrante en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín, Colombia. ocastanedav@unal.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-0918-470X>

‡ Ingeniero industrial, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín; magíster en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes (Colombia); Ph.D. en Estadística e Investigación Operativa, Universidad Politécnica de Catalunya (España); profesor titular, investigador senior, Departamento de Ingeniería de la Organización, Universidad Nacional de Colombia. alcorrea@unal.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-3154-8365>

Para el desarrollo del estudio se hace una revisión sistemática de la literatura (RSL), la cual orienta la formulación de las preguntas de investigación, la definición de los criterios de búsqueda, la definición de criterios de inclusión y exclusión, la evaluación de la calidad de los artículos y la identificación de oportunidades de investigación. Para complementar el trabajo se realiza un análisis taxonómico de la literatura, con el objetivo de caracterizar y ponderar elementos de la revisión sistemática que permitan identificar factores metodológicos clave para establecer investigaciones futuras.

Después de hacer la búsqueda a través de la RSL se seleccionan 105 artículos, donde se logró identificar el porcentaje de participación de los mismos en las agrupaciones temáticas estudiadas: 58% de los artículos hallados están relacionados con el LSS-Pymes, seguidos de 29% de artículos relacionados con la I4.0-Pymes; con 12% están el LSS-I4.0 y, finalmente, Pymes-LSS-I4.0 con 1%. Derivado del análisis se identifica que las temáticas estudiadas tienen interés creciente en la comunidad científica de acuerdo con el comportamiento evidenciado en las publicaciones entre 2005 y 2020. Además, se identifican los autores y países representativos en las temáticas LSS-Pymes y I4.0-Pymes, destacándose autores como Jiju Antony y Erwin Rauch y países como Reino Unido, India, Italia, Estados Unidos y Alemania. También se identifica que las metodologías que integran las temáticas de estudio simultáneo de las Pymes, LSS e I4.0 son pertinentes pero han sido poco exploradas, convirtiéndose así estas en una oportunidad de investigación que debe ser abordada para ampliar la frontera de conocimiento en esta temática.

PALABRAS CLAVE

industria 4.0, Lean Six Sigma, Pymes.

CLASIFICACIÓN JEL:

L6, L16, L25.

ABSTRACT

Achieving productivity improvement in the operations of SMEs through the use of methodologies is the challenge that business leaders have, it is for this reason that an investigation is undertaken to identify the studies that have been addressed on the Lean Six Sigma (LSS) and Industry 4.0 (I4.0) in small and medium-sized manufacturing companies (SMEs) published between 2005 and 2020 in English as a preliminary input for the development of future research work in the area.

The objective of the article is to determine, based on a review of the scientific literature, which are the trends, countries, authors and methodological factors with greater and lesser participation, through the simultaneous analysis of the LSS, the I4.0 and the SMEs to identify future research opportunities.

For the development of the study, a Systematic Review of the Literature (RSL) is carried out, which guides the formulation of the research questions, the definition of the search criteria, the definition of inclusion and exclusion

criteria, the evaluation of the quality of the articles and the identification of research opportunities. To complement the work, a taxonomic analysis of the literature is carried out, with the aim of characterizing and weighing elements of the systematic review, which allow the identification of key methodological factors to establish future research.

After carrying out the search through the RSL, 105 articles are selected, where it is possible to identify the percentage of their participation in the thematic groups studied: 58% of the articles found are related to the LSS-Pymes; followed by 29% related to I4.0- SMEs; with 12% are the LSS-I4.0; and finally, SMEs-LSS-I4.0 with 1%. Derived from the analysis, it is identified that the topics studied have a growing interest in the scientific community according to the behavior evidenced in the publications between 2005 and 2020. Additionally, the authors and representative countries in the LSS-SMEs and I4.0-SMEs topics are identified, the relevant authors are Jiju Antony and Erwin Rauch and countries such as United Kingdom, India, Italy, United States and Germany. It is also identified that methodologies that integrate the SMEs, LSS and I4.0 study topics are relevant, but have been little explored, becoming a research opportunity that must be addressed to expand the frontier of knowledge on this topic.

Keywords: industry 4.0, Lean Six Sigma, SMEs.

JEL Classification: L6, L16, L25.

RESUMO

Os líderes empresariais são desafiados a alcançar a melhoria da produtividade nas operações das PME através da utilização de metodologias que as apoiem; por esta razão, é realizada uma investigação para identificar os estudos que foram abordados sobre Lean Six Sigma (LSS) e Indústria 4.0 (I4.0) em pequenas e médias empresas de manufatura (PME) publicados entre 2005 e 2020 em inglês, como um contributo preliminar para o desenvolvimento de futuros trabalhos de investigação na área.

Este artigo procura determinar, com base numa revisão da literatura científica, quais são as tendências, países, autores e factores metodológicos de maior e menor participação, através da análise da LSS, I4.0 e PME, a fim de identificar futuras oportunidades de investigação.

Para o desenvolvimento do estudo, é realizada uma revisão sistemática da literatura (SLR), que orienta a formulação de questões de investigação, a definição de critérios de pesquisa, a definição de critérios de inclusão e exclusão, a avaliação da qualidade dos artigos e a identificação de oportunidades de investigação. Para complementar o trabalho, é realizada uma análise taxonómica da literatura a fim de caracterizar e ponderar elementos da revisão sistemática para identificar factores metodológicos chave para o estabelecimento de investigação futura.

Após pesquisa através do SLR foram seleccionados 105 artigos, onde foi possível identificar a percentagem de participação destes nos agrupamentos temáticos estudados: 58% dos artigos encontrados estão relacionados com LSS-PME, seguidos de 29% dos artigos relacionados com I4.0-SME; com 12% são LSS-I4.0 e, finalmente, PME-LSS-I4.0 com 1%. A análise mostra que os temas estudados são de interesse crescente para a comunidade científica de acordo com o comportamento das

publicações entre 2005 e 2020. Além disso, são identificados os autores e países representativos dos temas LSS-SMEs e I4.0-SMEs, destacando-se autores como Jiju Antony e Erwin Rauch e países como o Reino Unido, a Índia, a Itália, os Estados Unidos e a Alemanha. Também se identifica que as metodologias que integram os temas de estudo simultâneo das PME, LSS e I4.0, são relevantes mas têm sido pouco exploradas, pelo que esta se torna uma oportunidade de investigação que deve ser abordada para expandir a fronteira do conhecimento nesta área.

Palavras-chave: indústria 4.0, Lean Six Sigma, PME.

Classificação JEL: L6, L16, L25.

RÉSUMÉ

Les chefs d'entreprise sont mis au défi de parvenir à une amélioration de la productivité dans les opérations des PME grâce à l'utilisation de méthodologies qui les soutiennent; pour cette raison, une recherche est entreprise pour identifier les études qui ont été abordées sur Lean Six Sigma (LSS) et l'Industrie 4.0 (I4.0) dans les petites et moyennes entreprises manufacturières (PME), publiées entre 2005 et 2020 en anglais, comme un apport préliminaire pour le développement de futurs travaux de recherche dans le domaine.

Cet article cherche à déterminer, sur la base d'une revue de la littérature scientifique, quelles sont les tendances, les pays, les auteurs et les facteurs méthodologiques d'une plus ou moins grande participation, à travers l'analyse des LSS, I4.0 et des PME afin d'identifier les futures opportunités de recherche.

Pour le développement de l'étude, une revue systématique de la littérature (SLR) est effectuée, qui guide la formulation des questions de recherche, la définition des critères de recherche, la définition des critères d'inclusion et d'exclusion, l'évaluation de la qualité des articles et l'identification des opportunités de recherche. Pour compléter ce travail, une analyse taxonomique de la littérature est réalisée afin de caractériser et de pondérer les éléments de la revue systématique pour identifier les facteurs méthodologiques clés pour établir les recherches futures.

Après une recherche dans le SLR, 105 articles ont été sélectionnés, où il a été possible d'identifier le pourcentage de participation de ceux-ci dans les regroupements thématiques étudiés: 58% des articles trouvés sont liés aux LSS-PME, suivis de 29% d'articles liés aux I4.0-PME; avec 12% sont des LSS-I4.0 et, enfin, des PME-LSS-I4.0 avec 1%. L'analyse montre que les sujets étudiés présentent un intérêt croissant pour la communauté scientifique, conformément au comportement des publications entre 2005 et 2020. En outre, les auteurs et les pays représentatifs des thèmes LSS-PME et I4.0-PME sont identifiés, avec des auteurs comme Jiju Antony et Erwin Rauch et des pays comme le Royaume-Uni, l'Inde, l'Italie, les États-Unis et l'Allemagne. On constate également que les méthodologies qui intègrent les thèmes de l'étude simultanée des PME, des systèmes d'information géographique et de l'I4.0 sont pertinentes, mais qu'elles ont été peu explorées.

Mots clés: industrie 4.0, Lean Six Sigma, PME.

Classification JEL: L6, L16, L25.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la productividad es en esencia uno de los principios fundamentales para la supervivencia de las empresas en el tiempo, donde el uso eficiente de los recursos, la disminución del desperdicio, el uso adecuado de la tecnología, el control de la producción, la cultura organizacional, la entrega oportuna del producto con una excelente calidad, son algunos de los elementos fundamentales en la gestión de toda empresa. Para obtener mayor información, se sugiere consultar: (Ramkumar *et al.*, 2019), (Mittal *et al.*, 2018), (Moeuf *et al.*, 2018), (Fuentes *et al.*, 2021), (Park *et al.*, 2020).

El entorno competitivo a nivel mundial ha hecho que cada vez tomen más importancia las temáticas relacionadas con el *Lean Manufacturing*, el *Six Sigma*, la *I4.0* y las *Pymes*, las cuales representan un mecanismo para generar ventajas en la productividad organizacional desde la gestión, estructura e investigación para el mejoramiento (Huang *et al.*, 2019), representando uno de los criterios fundamentales dentro de los objetivos de mejoramiento continuo en el mundo empresarial. El éxito de encontrar una metodología que integre las tres temáticas de estudio constituye una ventaja competitiva a las Pymes que la implementen en sus sistemas de producción.

Como antecedentes para llegar a las temáticas de investigación de este estudio, se inició un ejercicio exploratorio en el que se buscó en bases de datos científicas como: Listado de recursos electrónicos UNAL, Google Académico, Taylor and Francis, Springer Journals, Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore, Proquest, Scopus, Jstor. Los elementos combinados como el *Lean Manufacturing* y *Six Sigma*, donde se obtuvieron 800 resultados; el *Lean Manufacturing* y *Pymes*, 329 resultados, el *Six Sigma* y *Pymes*, 175 resultados; las *Pymes* y desperdicio, 305 resultados; el *Six Sigma* y desperdicio, 508 resultados; el *Lean Manufacturing* y pérdidas, 1.722 resultados y, finalmente, el *LSS*, 2.170 resultados. Estas características permitieron dar orientación al estudio y determinar que los temas de interés para llevar a cabo la investigación están basados en el *LSS*, la *I4.0* y las *Pymes*.

Este estudio es novedoso, por la búsqueda de una relación entre tres componentes que individualmente se utilizan en el mundo empresarial para el mejoramiento del desempeño de los procesos productivos de las empresas. Por esta razón se hace interesante conocer cómo los componentes han evolucionado en el tiempo, cuáles son los autores y países que cuentan con mayor participación

en publicaciones científicas, cuáles son los factores de estudio con mayor y menor interés en las publicaciones e implementaciones empresariales, para finalmente lograr la identificación de oportunidades que permitan desarrollar nuevo conocimiento.

La metodología que se utilizará para el desarrollo del trabajo está enmarcada en la revisión sistemática de la literatura (RSL), tomando como referencia los principios de varios autores como David Tranfield (Tranfield *et al.*, 2003) y Helen Thomas (Thomas *et al.*, 2004), los cuales dan una orientación desde el punto de vista de la planeación, ejecución e informe de la revisión. También se tendrán presentes los componentes metodológicos de Barbara Kitchenham (Kitchenham & Charters, 2007), la cual orienta la formulación de la pregunta de investigación, la definición de los criterios de búsqueda, la definición de criterios de inclusión y exclusión, la evaluación de la calidad de los artículos y la identificación de oportunidades de investigación. Esta guía metodológica permitirá explorar el material científico publicado entre 2005 y 2020 con relación a las temáticas de estudio definidas.

En resumen, podríamos decir que con este estudio se pretende entender de manera específica los avances científicos y técnicos relacionados con el estudio del *LSS*, la *I4.0* y las *Pymes*, a través de los hallazgos de una RSL y un análisis taxonómico de la literatura, para identificar oportunidades de investigación.

Para el desarrollo de este trabajo se tiene las siguientes secciones: en la sección de Metodología (2), se presenta la ejecución de las diferentes etapas de la RSL y el análisis taxonómico; luego en la sección de Resultados (3), se evidencian y consolida la información más relevante sobre los análisis previos realizados; para finalmente llegar a la sección de Conclusiones (4), en la que se presentan en forma resumida los hallazgos y las limitaciones en posibles investigaciones futuras.

1. METODOLOGÍA

La revisión sistemática de la literatura (RSL) se integra al trabajo como una guía metodológica para explorar el material científico publicado, con relación a las temáticas de estudio definidas. Las etapas que se ejecutaron en el proceso son las descritas en la Figura 1; como soporte teórico a los componentes metodológicos de planeación, ejecución y resultados, se tiene los trabajos de David Tranfield (Tranfield *et al.*, 2003) y B. H Thomas (Thomas *et al.*, 2004) y para

el desarrollo de las preguntas de investigación, definición de criterios de búsqueda, definición de criterios de inclusión y exclusión, evaluación de la calidad de los artículos e identificación de oportunidades de investigación se toman las propuestas de Barbara Kitchenham (Kitchenham & Charters, 2007); ver la Figura 1.

1.1 Planeación

1.1.1 Formulación de preguntas de investigación

Partiendo de la base de que las Pymes representan más de 90% de la malla empresarial en el mundo, generando más de la mitad de los empleos en actividades laborales (Valdés y Sánchez, 2012), se tiene un desafío especialmente para las Pymes, ya que se requiere hacer importantes inversiones en tecnología, tecnificación y conocimiento profesional, para su mejoramiento, competitividad y permanencia en el mercado. Para obtener mayor información, se puede consultar (Agostini & Nosella, 2019).

Por esta razón se define explorar el material científico publicado entre 2005 y 2020, donde se ha motivado el estudio de las Pymes con diferentes técnicas metodológicas para el mejoramiento de la productividad; en esta investigación se quiere determinar la participación de las metodologías LSS y la Industrial 4.0 en el mejoramiento del desempeño de las Pymes.

Con base en estos aspectos, se formulan las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Existen metodologías en la comunidad científica que integren las temáticas LSS, I4.0 y Pymes?
2. ¿Cómo han evolucionado las publicaciones científicas en Pymes con relación a la temática LSS entre los años 2005 y 2020?
3. ¿Cómo han evolucionado las publicaciones científicas en Pymes con relación a la temática I4.0 entre los años 2005 y 2020?
4. ¿Cómo han evolucionado las publicaciones científicas en LSS con relación a la temática I4.0 entre los años 2005 y 2020?
5. ¿Cuáles autores y qué países son los que más han investigado en el mundo sobre LSS con relación a las Pymes?
6. ¿Cuáles autores y qué países son los que más han investigado en el mundo sobre Pymes con relación a la I4.0?
7. ¿Cuáles autores y qué países son los que más han investigado en el mundo sobre LSS con relación a la I4.0?
8. ¿Cuáles factores de estudio relacionados con las temáticas Pymes, LSS e I4.0 se identifican en los artículos pertinentes para la investigación?
9. ¿Cuáles son los atributos de mayor interés para la comunidad científica tomando como base los factores de estudio de las temáticas y artículos científicos?
10. ¿Qué oportunidades de investigación futuras se identifican, a la luz de las temáticas Pymes, LSS e I4.0?

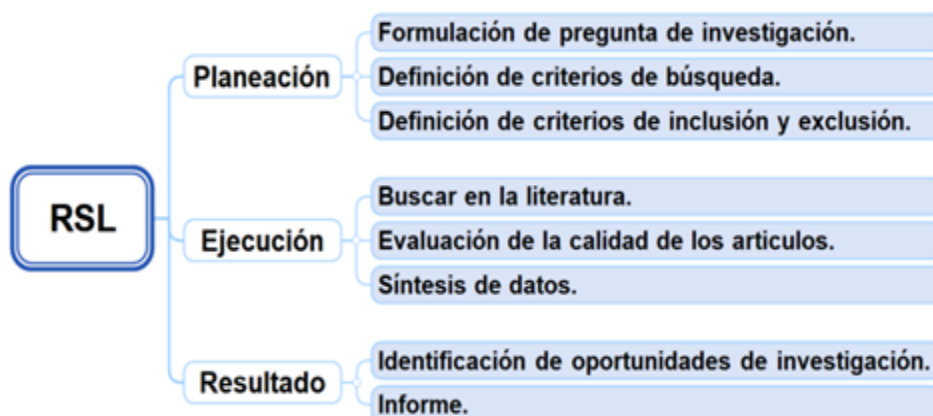


Figura 1. Protocolo revisión sistemática de la literatura. Basado en Tranfield et al., 2003, y Kitchenham & Charters, 2007.

Fuente: Elaboración propia usando MindMapper.

1.1.2 Definición de criterios de búsqueda

La búsqueda se hizo en bases de datos bibliográficas especializadas como: listado de recursos electrónicos UNAL, Google Académico, Taylor and Francis, Springer Journals, Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore, SCI-hub.tw, Mendeley, Proquest, Emerald, Scopus, Jstor, con un alcance de tiempo entre los años 2005 y 2020.

Como acercamiento a los temas de estudio se definieron las siguientes ecuaciones de búsqueda y sus respectivos resultados:

All (Lean Manufacturing) and All (Six Sigma): (800 resultados)

All (Lean Manufacturing) and All (Pymes): (329 resultados)

All (Six Sigma) and All (Pymes): (175 resultados)

All (Pymes) and All (Waste): (305 resultados)

All (Six Sigma) and All (Waste): (508 resultados)

All (Lean Manufacturing) and All (Waste): (1.722 resultados)

All (LSS): (2.170 resultados)

Posteriormente, cuando los criterios de trabajo investigativo estaban más claros se orientó la búsqueda mediante nuevas ecuaciones obteniéndose los siguientes resultados:

All (LSS) and All (I4.0) and All (Pymes): (1 resultado)

All (LSS) and All (Pymes): (97 resultados)

All (LSS) and All (I4.0): (31 resultados)

All (I4.0) and All (Pymes): (383 resultados)

En este ejercicio se identificaron 512 artículos científicos relacionados con las ecuaciones de búsqueda, los cuales fueron evaluados bajo el criterio de la RSL para determinar su pertinencia con el trabajo de investigación.

1.1.3 Definición de criterios de inclusión y exclusión

A partir de la identificación de los artículos relacionados con las ecuaciones de búsqueda, se emprende un ejercicio para validar la pertinencia de los registros con las temáticas en estudio; para esto se definen criterios de inclusión y exclusión, los cuales permiten encontrar los artículos de mayor pertinencia con el trabajo de investigación y descartar los que no aportan elementos de valor a la investigación con relación a las temáticas definidas.

Criterios de inclusión:

- Material bibliográfico que aborda los conceptos de LSS, I4.0 en las Pymes.
- Material bibliográfico que relaciona herramientas de LSS e I4.0 en la implementación de las Pymes.
- Artículos pertinentes publicados entre 2005 y 2020 en idioma inglés.
- Material que proporcione evidencias metodológicas de los temas LSS, I4.0 y Pymes.
- Material que relacione metodologías integradoras entre LSS, I4.0 y Pymes.

Criterios de exclusión:

- Material bibliográfico duplicado.
- Material bibliográfico que no se relacione en su título con los siguientes temas: LSS, I4.0, Pymes.
- Material bibliográfico que en su resumen y palabras clave no tenga relación entre LSS - I4.0, LSS - Pymes o Pymes - I4.0.

1.2 Ejecución

1.2.1 Buscar en la literatura

Con base en la definición de los temas por estudiar, las ecuaciones de búsqueda y la ayuda de los buscadores especializados, se consolidan 512 artículos científicos para dar respuesta a las preguntas de investigación.

1.2.2 Evaluación de los artículos

Los 512 artículos fueron consolidados para iniciar la aplicación de los elementos de calidad para su selección, donde se buscaba descartar inicialmente los escritos duplicados y los que a la luz de los criterios de exclusión no cumplen con los criterios necesarios para ser contemplados en el estudio. Posteriormente, se agruparon los artículos que aportarían a la investigación y que cumplieran con los criterios de inclusión. En el diagrama de flujo (Figura 2), se puede evidenciar la depuración de los artículos, donde quedan seleccionados 105 artículos para el análisis.

Clasificando los resultados de la búsqueda con base en las ecuaciones definidas, se determina que los 105 artículos seleccionados son aplicables para la investigación en las siguientes proporciones (Tabla 1), partiendo de los 512

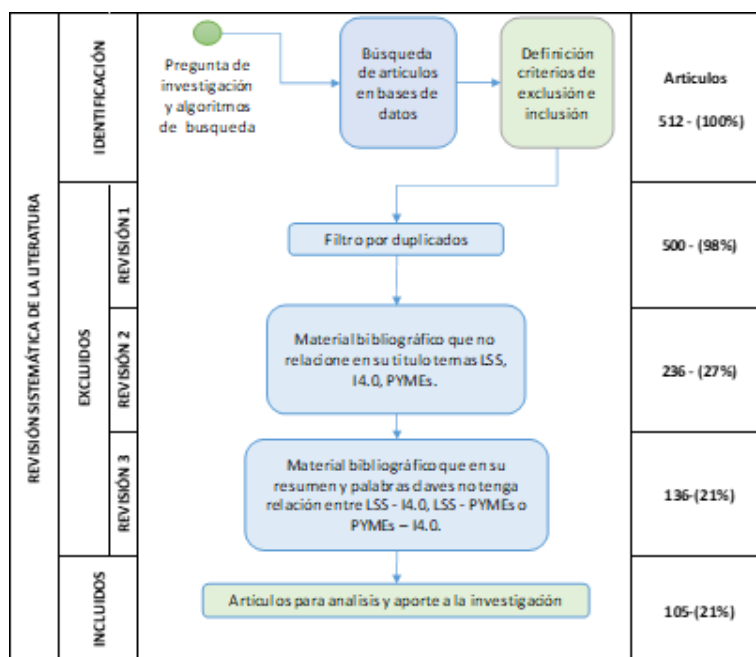


Figura 2. Proceso de selección de artículos científicos (Moher et al., 2014).

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Tabla 1. Artículos aplicables a la investigación.

Ecuaciones de búsqueda	Encontrados	Aplicables	%
All (LSS) and All (I4.0) and All (Pymes)	1	1	100
All (LSS) and All (Pymes)	97	61	63
All (LSS) and All (I4.0)	31	13	42
All (I4.0) and All (Pymes)	383	30	8
Total	512	105	21

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

artículos encontrados inicialmente. Se evidencia una participación muy limitada de artículos relacionados con la integración de LSS, I4.0 y Pymes con 1 solo artículo, el cual fue aplicado al estudio 100%; en las temáticas LSS y Pymes es donde se identifica una cantidad representativa de 91 artículos, de los cuales 61 son aplicables a la investigación, con una proporción de 63%; en las temáticas LSS e I4.0 se encuentran 31 artículos, de los cuales aplican a la investigación

13, con una proporción de 42% y, finalmente, se encuentran 383 escritos en las temáticas I4.0 y Pymes, de los cuales aplican a la investigación 30, con una participación de 8%.

En la Figura 3 se expresa gráficamente cómo participa porcentualmente cada temática en los 105 artículos aplicables a la investigación, donde 58% están relacionados con LSS-Pymes, seguido con 29% I4.0- Pymes, LSS-I4.0 con 12%

y finalmente, Pymes-LSS-I4.0 con 1%; de allí se infiere que emprender una investigación que lleve a la comunidad científica y académica conocimiento relacionado con estos tres elementos daría un gran aporte.

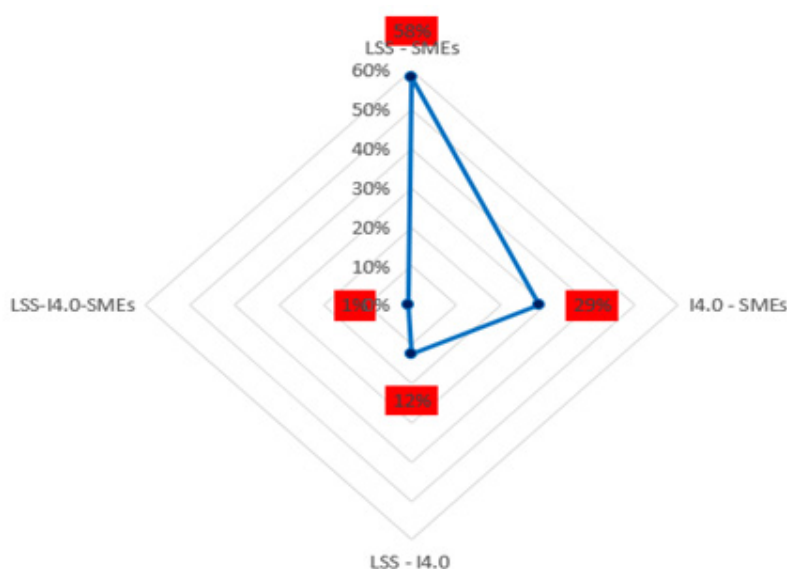
Con los resultados evidenciados en la Tabla 1 y la Figura 3, se da respuesta a la pregunta de investigación:

- ¿Existen metodologías en la comunidad científica que integren las temáticas LSS, I4.0 y Pymes?

No se identifican metodologías que integren estos tres elementos, se encuentra un escrito científico que entre sus palabras clave tenía los tres elementos, pero al revisar en lo relacionado

con LSS solo aplicó una herramienta que fue el "value stream mapping" y no una metodología integrada (Huang et al., 2019). Analizando la Tabla 1, se identifica claramente que emprender una investigación relacionada con la integración de LSS, I4.0, Pymes, tiene pocos antecedentes, por lo cual se orienta la investigación al estudio de las temáticas agrupadas por parejas así: LSS-Pymes, I4.0-Pymes, LSS-I4.0, con el fin de llegar a consolidar un marco conceptual que sirva de base para construir una metodología fundamentada en la unión de los tres elementos de la investigación.

La Figura 4 muestra las evidencias que dan fundamento para responder las siguientes tres preguntas de investigación:



Ecuaciones de búsqueda	Aplicables	%
All (LSS) and All (Pymes)	61	58
All (I4.0) and All (Pymes)	30	29
All (LSS) and All (I4.0)	13	12
All (LSS) and All (I4.0) and All (Pymes)	1	1
Total	105	100

Figura 3. Consolidado de las metodologías Pymes-LSS-I4.0.

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

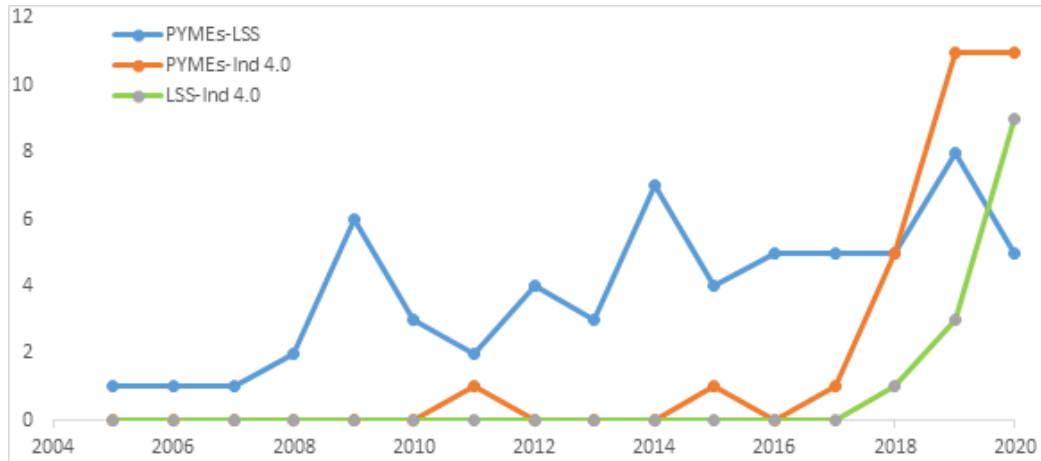


Figura 4. Evolución de las metodologías Pymes-LSS-I4.0.

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

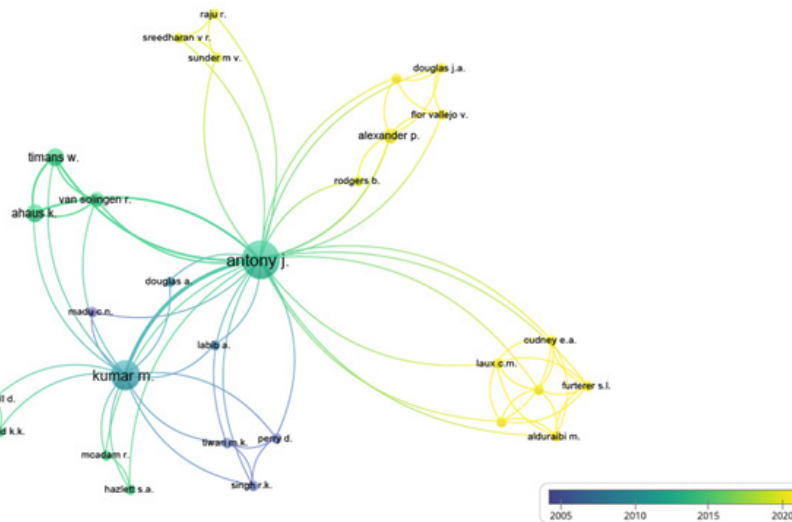


Figura 5. LSS-Pymes por autores. Scopus.

Fuente: Elaboración propia usando VOSviewer.

- ¿Cómo han evolucionado las publicaciones científicas en Pymes con relación a la temática LSS entre los años 2005 y 2020?
- ¿Cómo han evolucionado las publicaciones científicas en Pymes con relación a la temática I4.0 entre los años 2005 y 2020?
- ¿Cómo han evolucionado las publicaciones científicas en LSS con relación a la temática I4.0 entre los años 2005 y 2020?

En la Figura 4 se muestra una tendencia creciente en las publicaciones de las metodologías en el período de estudio definido.

Además, se evidencia que la conexión entre Pymes-LSS inicia su abordaje desde el año 2005 y que se ha mantenido con una línea de tendencia creciente hasta la fecha los escritos relacionados con Pymes-I4.0; aunque sus publicaciones inician en el año 2011, se evidencia un crecimiento muy marcado a partir del año 2017 hasta 2020; y por último, LSS-I4.0 ha iniciado sus publicaciones en 2018 con una tendencia muy marcada en el crecimiento de sus publicaciones hasta el año 2020.

Dentro de la evaluación de los artículos también se pretende identificar cuáles son los autores que más han aportado en la producción de

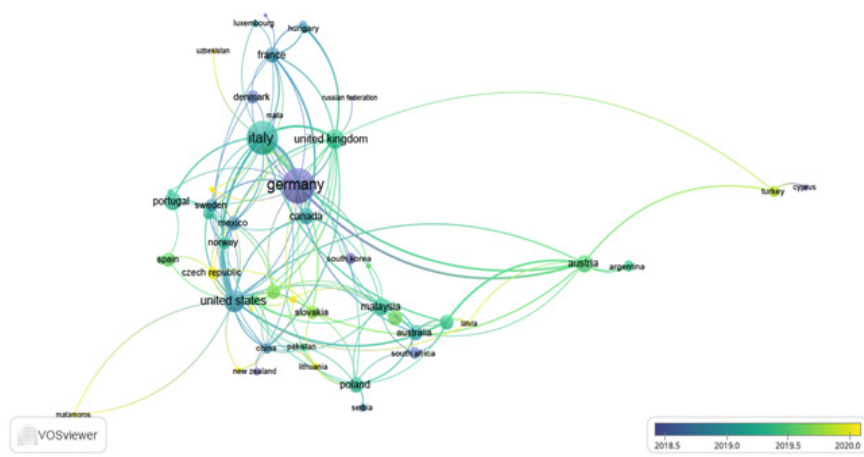


Figura 8. Pymes-I4.0 Autores. Scopus.

Fuente: Elaboración propia usando VOSviewer.

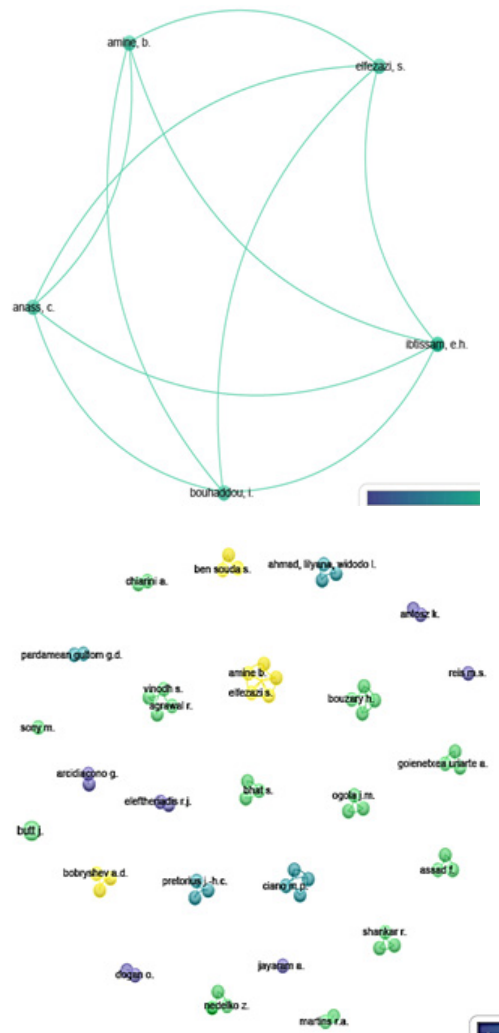


Figura 9. LSS-I4.0 Autores. Scopus.

Fuente: Elaboración propia usando VOSviewer.

Rauch, nacido en Italia y quien actualmente se desempeña como profesor adjunto de Tecnología y Sistemas de Fabricación en la Universidad Libre de Bolzano, en Italia; seguido por Dominik T. Matt, catedrático de Ingeniería de fabricación de la Universidad Libre de Bolzano, en Italia.

Geográficamente, los países que más han aportado a las publicaciones de Pymes-I4.0 son, en primer lugar Alemania, seguido por Italia, Reino Unido y Estados Unidos; ver la Figura 8.

En Figura 9, con relación a LSS-I4.0 no se identifica un autor relevante, lo cual se explica por el bajo número de artículos existentes.

En la Figura 10 se identifica que los países que vienen desarrollando publicaciones sobre LSS-I4.0 son: Reino Unido, India e Italia. A partir del resumen presentado en la Tabla 2, se pueden responder las siguientes tres preguntas

de investigación:

- ¿Cuáles autores y qué países son los que más han investigado en el mundo sobre LSS con relación a las Pymes?
- ¿Cuáles autores y qué países son los que más han investigado en el mundo sobre Pymes con relación a la Industria 4.0?
- ¿Cuáles autores y qué países son los que más han investigado en el mundo sobre LSS con relación a la Industria 4.0?

Con la Tabla 2 se puede concluir que en las temáticas LSS-Pymes y I4.0-Pymes los autores representativos son Jiju Antony, Maneesh Kumar y Erwin Rauch, Dominik T. Matt; con relación a LSS-I4.0 hay pocos artículos, lo que no permite identificar un autor representativo. Los países que más aportan a la investigación son: Reino Unido, India, Italia, Estados Unidos y Alemania.



Figura 10. LSS-I4.0 Países. Scopus.
Fuente: Elaboración propia usando VOSviewer.

Tabla 2. Temáticas, autores y países.

Temáticas	Autores representativos	Países con mayor aporte a la investigación
LSS – Pymes	Jiju Antony, Maneesh Kumar	Reino Unido, India, Estados unidos y Australia
I4.0 - Pymes	Erwin Rauch, Dominik T. Matt	Alemania, Italia, Reino Unido y Estados Unidos
LSS - I4.0	Aun no hay un autor representativo.	Reino Unido, India e Italia.
LSS-I4.0- Pymes	N.A	N.A

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

1.2.3 Síntesis de datos

En el desarrollo del estudio de los artículos se analizan de modo independiente las temáticas (Pymes-LSS-I4.0), evidenciándose las siguientes proporciones por temática, 56% de los autores publican sobre temas relacionados con las Pymes; 26% en temas relacionados con el LSS, y 18% en I4.0. En las Tablas 4, 5 y 6, se presenta la información con un nivel de detalle mayor.

Para el análisis de las Tablas 4, 5 y 6, se toma como base los criterios de calificación descritos en la Tabla 3. Donde se da respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

- ¿Cuáles factores de estudio relacionados con las temáticas Pymes, LSS e I4.0 se identifican en los artículos pertinentes para la investigación?

Con el estudio de los artículos se pudo hacer una caracterización, la cual se presenta en las Tablas 4, 5 y 6, donde se relacionan las temáticas con sus respectivos factores de estudio y autores; estas tablas a su vez servirán de insumo para el estudio taxonómico de la literatura y la identificación de futuras investigaciones.

Tabla 3. Criterio de calificación según la participación de los factores de estudio.

Rango	Criterio calificación
(> 6 %)	Mayor participación
(> 2 < 5 %)	Intermedia participación
(= 1%)	Poca participación

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Tabla 4. Criterio de calificación según la participación de los factores de estudio.

Factores de estudio	Autor - año	%
Encuestas	(M. Kumar & Antony, 2008), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2009), (A. Thomas <i>et al.</i> , 2009), (Alsmadi & Khan, 2010), (Timans <i>et al.</i> , 2012), (Grudowski <i>et al.</i> , 2014), (Shah & Shrivastava, 2013), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2014), (McAdam <i>et al.</i> , 2014), (A. J. Thomas <i>et al.</i> , 2014), (Grudowski <i>et al.</i> , 2015), (Iyede <i>et al.</i> , 2018), (Ahmad <i>et al.</i> , 2019), (Moya <i>et al.</i> , 2019), (Ramkumar <i>et al.</i> , 2019), (Ramkumar & Satish, 2020), (Müller & Voigt, 2018), (Pagliosa <i>et al.</i> , 2019), (Sahi <i>et al.</i> , 2020), (Garbellano & Da Veiga, 2019), (Adu-Amankwa <i>et al.</i> , 2019), (Agostini & Nosella, 2019), (Türkeş <i>et al.</i> , 2019), (Masood & Sonntag, 2020), (Dutta <i>et al.</i> , 2020), (Yadav <i>et al.</i> , 2020), (Michna & Kmiecik, 2020).	23
Factores críticos de éxito	(Antony <i>et al.</i> , 2005), (M. Kumar & Antony, 2008), (Antony <i>et al.</i> , 2008), (M. Kumar & Antony, 2009), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2009), (Jayaraman <i>et al.</i> , 2012), (Timans <i>et al.</i> , 2012), (Felizzola Jiménez & Luna Amaya, 2014), (Raghunath & Jayathirtha, 2014), (Albliwi <i>et al.</i> , 2014), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Alhuraish <i>et al.</i> , 2017), (Sreedharan <i>et al.</i> , 2018), (Ahmad <i>et al.</i> , 2019), (Ramkumar <i>et al.</i> , 2019), (Flor Vallejo <i>et al.</i> , 2020), (Moeuf <i>et al.</i> , 2018), (Huang <i>et al.</i> , 2019), (Bhat <i>et al.</i> , 2020), (Vigneshvaran & Vinodh, 2020), (Park <i>et al.</i> , 2020), (Khanzode <i>et al.</i> , 2021), (Sriram & Vinodh, 2020)	18
Programas de calidad	(Antony <i>et al.</i> , 2005), (Antony <i>et al.</i> , 2008), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (A. J. Thomas <i>et al.</i> , 2014), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (McAdam <i>et al.</i> , 2014), (Sreedharan <i>et al.</i> , 2018), (da Fonseca, 2017), (Rishi <i>et al.</i> , 2018), (Ramkumar <i>et al.</i> , 2019), (Yadav <i>et al.</i> , 2020), (Bhat <i>et al.</i> , 2020), (Park <i>et al.</i> , 2020).	11
Organigrama	(Antony <i>et al.</i> , 2005), (Antony <i>et al.</i> , 2008), (Jayaraman <i>et al.</i> , 2012), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Garbellano & Da Veiga, 2019), (Moeuf <i>et al.</i> , 2020), (Moeuf <i>et al.</i> , 2018), (Chiarini & Kumar, 2020), (Vigneshvaran & Vinodh, 2020).	7

Continuación Tabla 4.

ISO 9000	(M. Kumar & Antony, 2008), (M. Kumar & Antony, 2009), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2009), (M. Kumar & Antony, 2009), (Timans <i>et al.</i> , 2012), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2014), (da Fonseca, 2017).	5
Competitividad e Innovación	(A. J. Thomas <i>et al.</i> , 2014), (Müller <i>et al.</i> , 2018), (Garbellano & Da Veiga, 2019), (Huang <i>et al.</i> , 2019), (Zambon, Egidi, <i>et al.</i> , 2019), (Chen, 2020).	5
ERP	(A. Thomas <i>et al.</i> , 2009), (Jha & Saini, 2011), (Timans <i>et al.</i> , 2012), (Moeuf <i>et al.</i> , 2018), (Chiarini & Kumar, 2020)	5
Uso de Software SPSS 18 Windows	(Shah & Shrivastava, 2013), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2014), (Ahmad <i>et al.</i> , 2019), (Ramkumar & Satish, 2020), (Bhat <i>et al.</i> , 2020).	4
Gestión de la cadena de suministros	(Mehrerjedi, 2013), (Ramirez-Peña <i>et al.</i> , 2020), (Zambon, Cecchini, <i>et al.</i> , 2019), (Chen, 2020).	3
Entrevista	(Garbellano & Da Veiga, 2019), (Chiarini & Kumar, 2020)	2
Mejora operacional	(Moeuf <i>et al.</i> , 2018), (Sahi <i>et al.</i> , 2020).	2
Estándar proceso actual	(Mittal <i>et al.</i> , 2018), (Fantoni <i>et al.</i> , 2020).	2
Toma de decisiones multicriterio	(Sevinç <i>et al.</i> , 2018), (Uriarte <i>et al.</i> , 2018).	2
LSS gran empresa	(Raghunath & Jayathirtha, 2014)	1
Capacidad dinámica	(Garbellano & Da Veiga, 2019)	1
Agricultura	(Zambon, Cecchini, <i>et al.</i> , 2019)	1
Mantenimiento predictivo	(Adu-Amankwa <i>et al.</i> , 2019)	1
Networking	(Zambon, Egidi <i>et al.</i> , 2019)	1
Efecto de los recursos financieros invertidos en tecnología	(Agostini & Nosella, 2019)	1
Evaluación de proporcionalidad compleja	(Sriram & Vinodh, 2020)	1
Sistema modular con base a metamodelo	(Dassisti <i>et al.</i> , 2019)	1
Hojas de Ruta	(Mittal <i>et al.</i> , 2018)	1
Sistema polivalente	(Uriarte <i>et al.</i> , 2018)	1
Panel de expertos	(Moeuf <i>et al.</i> , 2018)	1
Ábaco de Regnier	(Moeuf <i>et al.</i> , 2020)	1
Capacitación y formación	(Moeuf <i>et al.</i> , 2020)	1
Control de la producción	(Moeuf <i>et al.</i> , 2018)	1
Sociotécnica	(Cimini <i>et al.</i> , 2020)	1
Implicaciones de adoptar I4.0	(Cimini <i>et al.</i> , 2020)	1
Modelo adopción tecnología	(Prause, 2019)	1

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

En la Tabla 4 se evidencian los factores con mayor participación en el estudio de las Pymes como: encuestas, identificación de factores críticos de éxito, programas de calidad, organigrama. También se puede evidenciar temas de participación intermedia como: ISO 9000, competitividad e innovación, ERP, Uso de *Software SPSS 18 Windows*, gestión de la cadena de suministros, entrevistas, mejora operacional, entre otras. Con participación intermedia están: el LSS en la gran empresa, capacidad dinámica, agricultura, mantenimiento predictivo, *networking*, entre otros.

En el análisis del LSS, se pueden identificar en la Tabla 5 una mayor participación de factores como: aplicación de herramientas estadísticas, metodología Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar (DMAIC), indicadores críticos del proceso (KPIs), eficiencia global del equipo (OEE), gestión de la calidad total (TQM), entre otras. Con participación intermedia se tienen los siguientes factores: mantenimiento productivo total (TPM), cartas de control, 5S, espina de pescado, 7 desperdicios, diseño de experimentos (DOE), Pareto, entre otras. Y con poca participación está la teoría de restricciones (TOC).

Tabla 5. Factores de estudio, autores, temática - LSS (26%).

Factores de estudio	Autor - año	%
Aplicaciones estadísticas	(Antony <i>et al.</i> , 2005), (Timans <i>et al.</i> , 2012), (Shah & Shrivastava, 2013), (Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (da Fonseca, 2017), (Ahmad <i>et al.</i> , 2019), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Ramkumar & Satish, 2020), (Ali <i>et al.</i> , 2020), (Müller & Voigt, 2018), (M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (Yadav <i>et al.</i> , 2020), (Park <i>et al.</i> , 2020), (Michna & Kmiecik, 2020).	26
DMAIC	(M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (A. Thomas & Lewis, 2007), (Gnanaraj <i>et al.</i> , 2012), (Dora & Gellynck, 2015), (Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Alshammari <i>et al.</i> , 2018), (Ramkumar <i>et al.</i> , 2019), (Titmarsh <i>et al.</i> , 2020), (Bhat <i>et al.</i> , 2020), (Vigneshvaran & Vinodh, 2020).	16
KPI's — OEE	(Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014), (da Fonseca, 2017), (Rishi <i>et al.</i> , 2018), (Moya <i>et al.</i> , 2019), (Huang <i>et al.</i> , 2019).	8
TQM	(A. Thomas & Lewis, 2007), (Antony <i>et al.</i> , 2008), (Antony <i>et al.</i> , 2008), (Alsmadi & Khan, 2010), (Sreedharan <i>et al.</i> , 2018).	8
VSM (Mapa de flujo de valor)	(M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (Bazan-Rios <i>et al.</i> , 2019), (Pagliosa <i>et al.</i> , 2019), (Huang <i>et al.</i> , 2019).	6
TPM	(M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (A. Thomas & Lewis, 2007), (Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014).	5
Cartas de control	(M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (Jayaraman <i>et al.</i> , 2012), (Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014)	5
5S	(da Fonseca, 2017), (Alshammari <i>et al.</i> , 2018), (Rishi <i>et al.</i> , 2018).	5
Espina de pescado	(M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014).	3
7 desperdicios	(Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Ramkumar <i>et al.</i> , 2019).	3
DOE	(A. Thomas & Lewis, 2007), (Bhat <i>et al.</i> , 2020).	3
Pareto	(M. Kumar <i>et al.</i> , 2006), (Albliwi <i>et al.</i> , 2014).	3
Kaizen	(da Fonseca, 2017), (Vinodh <i>et al.</i> , 2020).	3
Estandarización trabajo	(Nunes, 2015), (Fantoni <i>et al.</i> , 2020).	3
TOC	(Bazan-Rios <i>et al.</i> , 2019).	2

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Tabla 6. Factores de estudio, autores, temática - I4.0(18%).

Factores de estudio	Autor - año	%
Internet de las cosas	(Sommer, 2015), (Moeuf <i>et al.</i> , 2018), (Mittal <i>et al.</i> , 2018), (Müller & Voigt, 2018), (Müller <i>et al.</i> , 2018), (Tortorella <i>et al.</i> , 2019), (Li <i>et al.</i> , 2019), (Yıldızbaşı & Ünlü, 2020), (Yadav <i>et al.</i> , 2020)	21
Digitalización	(Sommer, 2015), (Müller <i>et al.</i> , 2018), (Huang <i>et al.</i> , 2019), (Zambon, Egidi <i>et al.</i> , 2019)	12
Sistemas ciber físicos	(Pagliosa <i>et al.</i> , 2019), (Huang <i>et al.</i> , 2019), (Yıldızbaşı & Ünlü, 2020), (Sony, 2020), (Chen, 2020)	9
Automatización	(Sommer, 2015), (Tortorella <i>et al.</i> , 2019), (Zambon, Egidi <i>et al.</i> , 2019), (Amjad <i>et al.</i> , 2020)	9
Smart Manufacturing	(Mittal <i>et al.</i> , 2018), (Ramirez-Peña <i>et al.</i> , 2020), (Park <i>et al.</i> , 2020)	7
Big Data	(Yıldızbaşı & Ünlü, 2020), (Park <i>et al.</i> , 2020), (Amjad <i>et al.</i> , 2020)	7
RFID	(Mehrerdi, 2013), (Huang <i>et al.</i> , 2019), (Fantoni <i>et al.</i> , 2020)	7
Robótica	(Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Shokri, 2019), (Yadav <i>et al.</i> , 2020)	7
Simulación	(Uriarte <i>et al.</i> , 2018), (Bhat <i>et al.</i> , 2020)	5
Ciberseguridad	(Türkeş <i>et al.</i> , 2019), (Shahin <i>et al.</i> , 2020)	5
Inteligencia artificial	(Yadav <i>et al.</i> , 2020), (Park <i>et al.</i> , 2020)	5
Sincronización de procesos autónomos	(Chiarini & Kumar, 2020)	2
Computación en la nube	(Yadav <i>et al.</i> , 2020)	2
Proceso de red analítica	(Sevinç <i>et al.</i> , 2018)	2
Realidad aumentada	No se identifica en los artículos	0
Manufactura aditiva	No se identifica en los artículos	0
Integridad horizontal y vertical del sistema	No se identifica en los artículos	0

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Con relación a la temática I4.0, presentada en la Tabla 6, se identifican factores asociados con el uso de tecnología; con mayor participación están: internet de las cosas, digitalización, sistemas ciber físicos, automatización, Smart Manufacturing, entre otras. Con participación intermedia están: simulación, ciberseguridad, inteligencia artificial, entre otros.

Además, se hace un análisis sobre dos aspectos; el primero es el Objetivo de la metodología

(Tabla 7); y el segundo es el Tipo de estudio realizado (Tabla 8), como elementos de valor que dan contexto a las temáticas abordadas.

En la Tabla 7 se encuentra que los objetivos con una mayor participación son: el ahorro en costos de producción, creación de valor sostenible, incrementar la productividad, entre otras.

En la Tabla 8, sobre el tipo de estudio realizado,

Tabla 7. Objetivo de la metodología.

Factores de estudio	Autor - año
Ahorro en costos de producción	(Jayaraman <i>et al.</i> , 2012), (Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014), (Dora & Gellynck, 2015), (Ramkumar & Satish, 2020), (Bazan-Rios <i>et al.</i> , 2019), (Dassisti <i>et al.</i> , 2019), (Adu-Amankwa <i>et al.</i> , 2019)
Creación de valor sostenible	(Müller & Voigt, 2018), (Müller <i>et al.</i> , 2018), (Ramirez-Peña <i>et al.</i> , 2020), (Titmarsh <i>et al.</i> , 2020), (Khazode <i>et al.</i> , 2021), (R. Kumar <i>et al.</i> , 2020)
Incremento de la productividad	(Jayaraman <i>et al.</i> , 2012), (Ramkumar <i>et al.</i> , 2019), (Bazan-Rios <i>et al.</i> , 2019), (Ramkumar & Satish, 2020), (Uriarte <i>et al.</i> , 2018), (Huang <i>et al.</i> , 2019)
Sostenibilidad ambiental	(Ali <i>et al.</i> , 2020), (Zambon, Egidi <i>et al.</i> , 2019), (Titmarsh <i>et al.</i> , 2020)
Rendimiento operativo	(Tortorella <i>et al.</i> , 2019), (Ramirez-Peña <i>et al.</i> , 2020)
Disminución de tiempos muertos	(Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014)
Reducir variabilidad del proceso	(Shokri <i>et al.</i> , 2016), (Shokri, 2019)
Disminución del desperdicio	(Bazan-Rios <i>et al.</i> , 2019)
Estandarización del proceso	(Mittal <i>et al.</i> , 2018)
Implementación de I4.0	(Mittal <i>et al.</i> , 2018)
Cultura organizacional	(Shokri <i>et al.</i> , 2016)
Intercambio de información	(Li <i>et al.</i> , 2019)

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Tabla 8. Tipo de estudio.

Factores de estudio	Autor - año
Revisión de la literatura	(Pepper & Spedding, 2010), (Albliwi <i>et al.</i> , 2014), (da Silva <i>et al.</i> , 2018), (Alexander <i>et al.</i> , 2019), (Sreedharan, V <i>et al.</i> , 2019), (Flor Vallejo <i>et al.</i> , 2020), (Sodhi <i>et al.</i> , 2020), (Pagliosa <i>et al.</i> , 2019), (Yıldızbaşı & Ünlü, 2020), (Dutta <i>et al.</i> , 2020), (Chiarini & Kumar, 2020), (Sony, 2020), (Vinodh <i>et al.</i> , 2020), (Amjad <i>et al.</i> , 2020)
Descriptivo (cualitativo y cuantitativo)	(Albliwi <i>et al.</i> , 2014), (Albliwi <i>et al.</i> , 2014), (Iyede <i>et al.</i> , 2018), (Ahmad <i>et al.</i> , 2019)
Exploratorio	(Prashar, 2018), (Garbellano & Da Veiga, 2019)

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

se destaca con una mayor participación la revisión de literatura.

El análisis de los factores en los 105 artículos relacionados con las temáticas en estudio se convierte en la materia prima para iniciar un ejercicio de clasificación taxonómica de la literatura de acuerdo con las recomendaciones de Reisman (2004). Además, según Eguren y Castán, de la naturaleza exploratoria de la literatura y de los modelos existentes se puede generar una métrica descriptiva para su categorización y definición que posibilite la construcción de futuras metodologías (Eguren & Castán, 2016).

Para lograr los propósitos definidos en el párrafo anterior, Según Gattoufi y otros, la taxonomía se debe detallar en términos de ramificación, desplegando niveles que aumenten su descripción, teniendo en cuenta parámetros de **exhaustividad**, que representa el espectro completo de investigación elegida para la categorización; de **parsimonia**, donde no debe incluir categorías innecesarias, y de **utilidad**, que representen un criterio útil; son elementos por tener en cuenta, con el fin de entender el contexto de las oportunidades metodológicas de las temáticas Pymes, LSS e I4.0.

2. RESULTADOS

Como se ha identificado en el transcurso del estudio, las temáticas son representativas cuando se abordan de esta forma: "LSS-PYMEs, LSS-I4.0, PYMEs-I4.0" y el abordaje simultáneo de las tres temáticas, LSS- PYMEs-I4.0, es aún inexplorado; por esta razón con la información registrada de los artículos se iniciará una construcción taxonómica con el objetivo de caracterizar y ponderar estos elementos, hasta llegar a condensar componentes clave para identificar investigaciones futuras dentro del sector empresarial.

Primero, se hará un análisis desde la perspectiva de "**exhaustividad**"; este criterio permite hacer un examen sistemático y exhaustivo, demostrando que se han tenido en cuenta todos los estudios previos, de modo que se tenga presente la reducción del desperdicio en investigaciones innecesarias, desperdicio en recursos e investigaciones erradas o mal enfocadas que pueden generar perjuicio a la comunidad científica; este criterio es indispensable aplicarlo previo al desarrollo de nuevas investigaciones (Richards *et al.*, 2018). También es indispensable determinar el espectro de investigación elegida para la caracterización de los componentes estudiados, con el fin de identificar oportunidades de investigación futuras. Por esta razón se toman como fuente para responder a esta perspectiva los factores de estudio identificados en las Tablas 4, 5 y 6, como también los factores de las Tablas 7 y 8.

El segundo parámetro del estudio taxonómico es el de "**parsimonia**", donde no se deben incluir categorías innecesarias; partiendo de la definición de los factores de estudio se fueron decantando sus categorías según los criterios de valor afines a la estructura administrativa y el mejoramiento del desempeño de las Pymes (Mercader y Santos, 1999). Por tal razón se definen tres categorías, tomando como fuente los factores de estudio identificados en los 105 artículos aplicables a la investigación.

Partiendo de los 73 factores de estudio encontrados en los artículos aplicables a la investigación, evidenciados en las Tablas 4, 5, 6, 7, 8, se definen las siguientes categorías: **categoría 1:** Métodos y Herramientas, **categoría 2:** Subprocesos Relevantes, **categoría 3:** Procesos de Valor. En estas categorías se ponderan los factores hasta identificar tendencias dentro de los criterios empresariales para futuras investigaciones. Los porcentajes de las categorías se calculan partiendo de la base del total de los factores de estudio, hasta

ir decantando por categorías; por ejemplo, 25% correspondiente a la metodología aplicada al proceso, corresponde a 18 factores de estudio, de los 73 en total y así, de esta forma se van ponderando todas las categorías, hasta llegar a la categoría de Procesos de Valor. Ver las Tablas 9, 10 y 11.

En la Tabla 9, al clasificar taxonómicamente los factores de estudio en las categorías definidas, se logra consolidar el atributo de Gestión, el cual representa 64% de los factores estudiados, de modo que constituye el mayor componente de interacción con la dinámica empresarial.

En la Tabla 10, el análisis taxonómico nos orienta a que el atributo Estructura representa 24% de los factores de estudio, por lo cual se hace interesante indagar sobre futuras investigaciones que ayuden a entender y construir nuevo conocimiento en el desarrollo y mejoramiento de la estructura empresarial.

En la Tabla 11, la ponderación taxonómica determina que el atributo investigación para el mejoramiento representa 12%; por tal razón este componente es de gran interés en el entorno empresarial y en el mejoramiento continuo de los procesos, para abordar futuras investigaciones.

Finalmente, el tercer parámetro del estudio taxonómico es "**utilidad**", que representa el criterio útil, en particular para nuestro caso la identificación de los componentes más relevantes para enfrentar futuras investigaciones.

Con la construcción taxonómica realizada se puede dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los atributos de mayor interés por la comunidad científica tomando como base los factores de estudio de las temáticas y artículos científicos?

A partir del análisis taxonómico efectuado se identifican como atributos de mayor interés los siguientes:

- La gestión (64%), conformada por los factores que incluyen metodologías y herramientas aplicadas al proceso, como también metodologías y herramientas aplicadas a la calidad.
- La estructura (24%), conformada por los factores estructurales que incluyen el objetivo metodológico y las condiciones emergentes internas y externas.

- La investigación para el mejoramiento (12%), conformada por la construcción de la data, que incluye herramientas de indagación y de tratamiento de la información.

Como resultado del análisis taxonómico se podría definir el alcance de una futura investigación basada en la gestión y la estructura, representando estas un desafío para el desarrollo de nuevo conocimiento, a la luz del sector empresarial y las temáticas estudiadas.

Para dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación, se tendrá como argumento lo registrado en los apartados de conclusiones y futuras investigaciones:

¿Qué oportunidades de investigación futuras se identifican a la luz de las temáticas Pymes, LSS e I4.0?

3. CONCLUSIONES

La aplicación de la RSL permitió el desarrollo ordenado y claro de la exploración, en la fase de planeación se logra: establecer diez preguntas de investigación, definir once ecuaciones de búsqueda; en la ejecución se identifican 512 artículos pertinentes, los cuales fueron evaluados según los criterios de inclusión y exclusión, para llegar finalmente a 105 artículos aplicables a la investigación; de los cuales 58% están relacionados con LSS-PYMEs, seguido con 29% I4.0- PYMEs, LSS-I4.0 con 12% y finalmente, PYMEs-LSS-I4.0 con 1%; de donde se infiere que emprender una investigación relacionada (PYMEs-LSS-I4.0) significaría un gran aporte, dado su incipiente desarrollo.

Se identifica que de los 105 artículos aplicables para la investigación, la tendencia que tienen las metodologías entre 2005 y 2020 es creciente; se evidencia que la conexión entre PYMEs-LSS tiene una tradición en sus publicaciones desde 2005 y que se ha mantenido con una línea de tendencia creciente hasta 2020, los escritos relacionados con PYMEs-I4.0 aunque sus publicaciones inician en el año 2011, se evidencia un crecimiento muy marcado a partir de 2017 hasta 2020 y por último, LSS-I4.0 ha iniciado sus publicaciones en 2018 con una tendencia muy marcada en el crecimiento de publicaciones hasta 2020. Este análisis da la seguridad de que al entablar una investigación enmarcada en las temáticas estudiadas sería de interés en la comunidad científica.

La investigación permitió la identificación de los autores y países más representativos en las

temáticas estudiadas, donde se evidencia que en el estudio del LSS-Pymes los autores que más publican son Jiju Antony, Maneesh Kumar y los países que tienen mayor participación en las publicaciones son Reino Unido, India, Estados Unidos y Australia. Con respecto a I4.0-Pymes, los autores más representativos son Erwin Rauch, Dominik T. Matt y los países Alemania, Italia, Reino Unido y Estados Unidos. Con respecto a LSS-I4.0, se observa un bajo nivel de desarrollo por lo reciente de su abordaje, con lo cual aún no hay un autor representativo, pero se identifican países con publicaciones como Reino Unido, India e Italia. Otro vacío de la literatura está enmarcado en la combinación de las temáticas LSS-I4.0-Pymes, que aún no tienen autores ni países representativos.

Del análisis de los factores de estudio se logra determinar con base en los 105 artículos, las siguientes proporciones: 56% de los autores publican temas relacionados con las Pymes, 26% temas de LSS y 18% en Industria 4.0. De esta construcción se viene trabajando en mayor proporción en líneas de investigación como: encuestas, identificación de Factores Críticos de Éxito, programas de calidad, organigrama, aplicación de herramientas estadísticas, metodología DMAIC, indicadores críticos del proceso KPIs – OEE, TQM, internet de las cosas, digitalización, sistemas ciber físicos, automatización, *Smart Manufacturing*. Las líneas de investigación con participación intermedia como ISO 9000, competitividad e innovación, ERP, uso de *software SPSS 18 Windows*, gestión de la cadena de suministros, entrevistas, mejora operacional, TPM, cartas de control, 5S, espina de pez, 7 desperdicios, DOE, Pareto, simulación, ciber seguridad, inteligencia artificial, disminución de tiempos muertos, reducir la variabilidad del proceso, disminuir del desperdicio y estandarización del proceso. Líneas de investigación poco trabajadas son: capacidad dinámica, agricultura, mantenimiento predictivo, *networking*, teoría de restricciones, realidad aumentada, manufactura aditiva e integración horizontal y vertical del sistema.

Se identifican aspectos importantes derivados del estudio de las temáticas como el objetivo de la metodología y el tipo de estudio realizado, donde se reconoce que en gran medida los artículos estudiados tienen como objetivo el ahorro en costos de producción, creación de valor sostenible, incrementar la productividad, disminución de tiempos muertos, reducir la variabilidad del proceso, disminuir el desperdicio y estandarización del proceso. En cuanto al tipo de estudio, la revisión de literatura es el más utilizado por la comunidad académica.

El estudio taxonómico de los factores de estudio permitió identificar que los atributos gestión (64%), estructura (24%), investigación para el mejoramiento (12%), son criterios relevantes para la comunidad científica. Lo que nos permitiría abordar una investigación soportada en la gestión y la estructura del entorno empresarial.

3.1 Limitaciones

En el desarrollo del manuscrito no se tomó como parámetro dentro del alcance de la investigación, material bibliográfico que no relacionara en su título, resumen y palabras clave, los temas de LSS, I4.0 y Pymes. Se hizo la exploración de material científico publicado, en la franja de tiempo corresponde a los años 2005 a 2020.

La exploración del material científico se realizó dentro del alcance del segmento de empresas Pymes, la gran empresa no se exploró en este estudio.

3.2 Futuras investigaciones

Desarrollar metodologías orientadas al mejoramiento de la productividad, enmarcadas en la integración de las temáticas de estudio Pymes, LSS e I4.0.

Desarrollar investigaciones complementarias a la luz del PYMEs-LSS, PYMEs-I4.0 o LSS-I4.0 tiene gran interés para la comunidad académica y científica, lo demuestran las líneas de tendencia creciente en las publicaciones en el período comprendido entre 2005 y 2020.

Construir conocimiento dentro del alcance de las temáticas LSS-I4.0 o LSS-I4.0-Pymes puede traer un gran impacto en la comunidad científica, ya que se identifican pocas publicaciones al respecto.

Desarrollo de nuevas metodologías en la implementación de I4.0, cultura organizacional, intercambio de Información, estudios descriptivos (cualitativo y cuantitativo) y estudios exploratorios, representan oportunidad en la construcción de nuevas contribuciones.

REFERENCIAS

- Adu-Amankwa, K.; Attia, A. K. A.; Janardhanan, M. N., & Patel, I. (2019). A predictive maintenance cost model for CNC PYMEs in the era of industry 4.0. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(9-12), 3567-3587. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04094-2>
- Agostini, L., & Nosella, A. (2019). The adoption of Industry 4.0 technologies in PYMEs: results of an international study. *Management Decision*, 58(4), 625-643. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-0973>
- Ahmad, M. F.; Zainudin, M. H. H.; Hamid, N. A.; Ahmad, A. N. A.; Rahman, N. A. A., & Nawi, M. N. M. (2019). Critical success factors of LSS and its relation on operational performance of PYMEs manufacturing companies: A survey result. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(1), 64-69.
- Albliwi, S.; Antony, J.; Lim, S. A. H., & van der Wiele, T. (2014). Critical failure factors of LSS: A systematic literature review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 31(9), 1012-1030. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2013-0147>
- Alexander, P.; Antony, J., & Rodgers, B. (2019). LSS for small- and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(3), 378-397. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2018-0074>
- Alhuraish, I.; Robledo, C., & Kobi, A. (2017). A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors. *Journal of Cleaner Production*, 164, 325-337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.146>
- Ali, Y.; Younus, A.; Khan, A. U., & Pervez, H. (2020). Impact of Lean, Six Sigma and environmental sustainability on the performance of PYMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management* 70(8), 2294-2318. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2019-0528>
- Alshammari, A.; Redha, S.; Hussain, S.M.; Nazzal, T.; Kamal, Z., & Smew, W. (2018). Quality improvement in plastic injection molding industry: Applying LSS to SME in Kuwait. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018-March, 2856-2865.
- Alsmadi, M., & Khan, Z. (2010). Lean sigma: The new wave of business excellence, literature review and a framework. 2010 2nd International Conference on Engineering System Management and Applications, ICESMA 2010
- Amjad, M. S.; Rafique, M. Z.; Hussain, S., & Khan, M. A. (2020). A new vision of LARG Manufacturing - A trail towards Industry 4.0. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 31(2019), 377-393. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.06.012>

Tabla 9. Taxonomía Gestión.

Factores de estudio	Métodos y herramientas	Subprocesos relevantes	Procesos de valor
ERP	(25%) Metodología aplicada al proceso		
Gestión de la cadena de suministros			
Toma de decisiones multicriterio			
LSS gran empresa			
Networking			
Evaluación de proporcionalidad compleja			
Hojas de ruta			
Sistema polivalente			
Control de la producción			
Implicaciones de adoptar I4.0			
Modelo adopción tecnología			
KPI's - OEE			
TPM			
5S			
TOC			
Smart Manufacturing			
Manufactura aditiva			
Implementación de I4.0			
Estándar proceso actual	(27%) Herramienta aplicada al proceso	(52%) Proceso	(64%) Gestión
Capacidad dinámica			
Mantenimiento predictivo			
VSM (Mapa de flujo de valor)			
Estandarización trabajo			
Internet de las cosas			
Digitalización			
Sistemas ciber físicos			
Automatización			
Big Data			
RFID			
Robótica			
Simulación			
Ciber seguridad			
Inteligencia artificial			
Computación en la nube			
Proceso de red analítica			
Realidad aumentada			
Integridad horizontal y vertical del sistema			
Estandarización del proceso	(5%) Metodología aplicada a la calidad		
Programas de calidad			
ISO 9000			
DMAIC			
TQM			
Kaizen	(7%) Herramienta aplicada a la calidad	(12%) Calidad	
Aplicaciones estadísticas			
Cartas de control			
Espina de pez			
DOE			
Pareto			

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Tabla 10. Taxonomía Estructura.

Factores de estudio	Métodos y herramientas	Subprocesos relevantes	Procesos de valor	
7 desperdicios	(16%) Objetivo Metodología	(16%) Variable estructural	(24%) Estructura	
Sincronización de procesos autónomos				
Ahorro en costos de producción				
Rendimiento operativo				
Disminución de tiempos muertos				
Factores críticos de éxito				
Organigrama				
Capacitación y formación				
Sociotécnica				
Cultura organizacional				
Intercambio de información				
Mejora operacional	(7%) Condiciones emergentes internas	(8%) Condiciones emergentes	(24%) Estructura	
Efecto de los recursos financieros invertidos en tecnología				
Creación de valor sostenible				
Incremento de la productividad				
Sostenibilidad ambiental	(1%) Condiciones emergentes externas			(24%) Estructura
Competitividad e innovación				

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

Tabla 11. Taxonomía de investigación.

Factores de estudio	Métodos y herramientas	Subprocesos relevantes	Procesos de valor
Encuestas	(6%) Herramienta de indagación	(12%) Construcción de la data	(12%) Investigación para el mejoramiento
Entrevista			
Panel de expertos			
Ábaco de Regnier			
Revisión de literatura			
Aplicaciones estadísticas	(6%) Herramienta tratamiento de la información		(12%) Investigación para el mejoramiento
DOE			
Uso de software SPSS 18 Windows			
Sistema modular con base en metamodelo			

Fuente: Elaboración propia usando Excel.

- Antony, J.; Kumar, M., & Labib, A. (2008). Gearing Six Sigma into UK manufacturing PYMEs: Results from a pilot study. *Journal of the Operational Research Society*, 59(4), 482-493. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602437>
- Antony, J.; Kumar, M., & Madu, C. N. (2005). 1. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22(8), 860-874. <https://doi.org/10.1108/02656710510617265>
- Bazan-Rios, K.; Chavez-Canales, C.; Ramos-Palomino, E.; Eyzaguirre-Munarriz, J., & Mesia, R. (2019). An integrated system: Lean, six sigma and theory of constraints, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru. *Proceedings - 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019*, 347-352. <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00070>
- Bhat, V. S.; Bhat, S., & Gijo, E. V. (2020). Simulation-based LSS for Industry 4.0: an action research in the process industry. *International Journal of Quality and Reliability Management* 38(5), 1215-1245. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2020-0167>
- Chen, C. L. (2020). Cross-disciplinary innovations by Taiwanese manufacturing PYMEs in the context of Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(6), 1145-1168. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2019-0301>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2020). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning and Control*, 31(13), 1084-1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Cimini, C.; Boffelli, A.; Lagorio, A.; Kalchschmidt, M., & Pinto, R. (2020). How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian PYMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(3), 695-721. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2019-0135>
- da Fonseca, L. M. C. M. (2017). In search of Six Sigma in Portuguese PYMEs. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(1), 31-38.
- da Silva, F. F.; Filser, L. D.; Juliani, F., & de Oliveira, O. J. (2018). Where to direct research in LSS?: Bibliometric analysis, scientific gaps and trends on literature. *International Journal of LSS*, 9(3), 324-350. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2017-0052>
- Dassisti, M.; Giovannini, A.; Merla, P.; Chimienti, M., & Panetto, H. (2019). An approach to support Industry 4.0 adoption in PYMEs using a core-metamodel. *Annual Reviews in Control*, 47, 266-274. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.11.001>
- Dora, M., & Gellynck, X. (2015). LSS Implementation in a Food Processing SME: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(7), 1151-1159. <https://doi.org/10.1002/qre.1852>
- Dutta, G.; Kumar, R.; Sindhwani, R., & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing PYMEs - a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review*, 30(3), 289-314. <https://doi.org/10.1108/CR-03-2019-0031>
- Eguren, M., & Castán, J. (2016). Análisis taxonómico de la literatura : herramientas metodológicas para la gestión y creación Estrategia y Organizaciones. *Revista Innovar*, 26(62), 41-56. <https://doi.org/10.15446/innovar.v26n62.59387>. CITACI
- Fantoni, G.; Al-Zubaidi, S. Q.; Coli, E., & Mazzei, D. (2020). Automating the process of method-time-measurement. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(4), 958-982. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-08-2019-0404>
- Felizola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). LSS en pequeñas y medianas empresas: Un enfoque metodológico. *Ingeniare*, 22(2), 263-277. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>
- Flor Vallejo, V.; Antony, J.; Douglas, J. A.; Alexander, P., & Sony, M. (2020). Development of a roadmap for LSS implementation and sustainability in a Scottish packing company. *TQM Journal*, 32(6), 1263-1284. <https://doi.org/10.1108/TQM-02-2020-0036>
- Fuentes, Y.; Barrientos, E., & Pabón, J. (2021). Liderazgo organizacional. una revisión sistemática y análisis bibliométrico. *Criterio Libre*, 19(35), 307-325. <https://doi.org/doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2021v19n35.7280>
- Garbellano, S., & Da Veiga, M. do R. (2019). Dynamic capabilities in Italian leading Pymes adopting industry 4.0. *Measuring Business Excellence*, 23(4), 472-483. <https://doi.org/10.1108/MBE-06-2019-0058>
- Gattoufi, S.; Oral, M., & Reisman, A. (2004). A taxonomy for data Development analysis. 38, 141-158. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(03\)00022-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(03)00022-3)

- Gnanaraj, S. M.; Devadasan, S. R.; Muruges, R., & Sreenivasa, C. G. (2012). Sensitisation of PYMEs towards the implementation of LSS-an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME. *Production Planning and Control*, 23(8), 599-608. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.572091>
- Grudowski, P.; Wisniewska, M., & Leseure, E. (2015). LSS in French and Polish small and medium-sized enterprises. The pilot research results. *Key Engineering Materials*, 637, 1-6. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.637.1>
- Grudowski, P.; Wiśniewska, M., & Zajkowska-Leseure, E. (2014). Needs and problems of Pymes in the context of LSS methodology. French and Polish perspective. 11th IMEKO TC14 Symposium on Laser Metrology for Precision Measurement and Inspection in Industry, LMPMI 2014, 78-81.
- Huang, Z.; Kim, J.; Sadri, A.; Dowey, S., & Dargusch, M. S. (2019). Industry 4.0: Development of a multi-agent system for dynamic value stream mapping in Pymes. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.05.001>
- Lyede, R.; Fallon, E. F., & Donnellan, P. (2018). An exploration of the extent of LSS implementation in the West of Ireland. *International Journal of LSS*, 9(3), 444-462. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2017-0018>
- Jayaraman, K.; Kee, T. L., & Soh, K. L. (2012). The perceptions and perspectives of LSS (LSS) practitioners: An empirical study in Malaysia. *TQM Journal*, 24(5), 433-446. <https://doi.org/10.1108/17542731211261584>
- Jha, R., & Saini, A. K. (2011). ERP redefined: Optimizing parameters with LSS for small & medium enterprises. *Proceedings - 2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies, CSNT 2011*, 683-687. <https://doi.org/10.1109/CSNT.2011.147>
- Khanzode, A. G.; Sarma, P. R. S.; Mangla, S. K., & Yuan, H. (2021). Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489>
- Kitchenham, B. (2017). Procedures for Performing Systematic Reviews. *Annals of Saudi Medicine*, 37(1), 79-83. <https://doi.org/10.5144/0256-4947.2017.79>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Performing systematic literature reviews in software engineering ICSE '06: Proceedings of the 28th international conference on Software engineering. 1-44. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- Kumar, M., & Antony, J. (2008). 4. Comparing the quality management practices in UK Pymes. *Industrial Management & Data Systems*, 108(9), 1153-1166. <https://doi.org/10.1108/02635570810914865>
- Kumar, M., & Antony, J. (2009). 6. Multiple case-study analysis of quality management practices within UK Six Sigma and non-Six Sigma manufacturing small- and medium-sized enterprises. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 223(7), 925-934. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM1288>
- Kumar, M.; Antony, J., & Douglas, A. (2009). 7. Does size matter for six sigma implementation? Findings from the survey in UK Pymes. *TQM Journal*, 21(6), 623-635. <https://doi.org/10.1108/17542730910995882>
- Kumar, M.; Antony, J.; Singh, R. K.; Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). 2. Implementing the lean sigma framework in an Indian SME: A case study. *Production Planning and Control*, 17(4), 407-423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Kumar, M.; Khurshid, K. K., & Waddell, D. (2014). Status of Quality Management practices in manufacturing Pymes: A comparative study between Australia and the UK. *International Journal of Production Research*, 52(21), 6482-6495. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.948574>
- Kumar, R.; Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in Pymes for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*, 275, 124063. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>
- Kumar Sharma, R., & Gopal Sharma, R. (2014). Integrating six sigma culture and TPM framework to improve manufacturing performance in Pymes. *Quality and Reliability Engineering International*, 30(5), 745-765. <https://doi.org/10.1002/qre.1525>
- Li, D.; Fast-Berglund, Å., & Paulin, D. (2019). Current and future Industry 4.0 capabilities for information and knowledge sharing: Case of two Swedish Pymes. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(9), 3951-3963. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03942-5>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for Pymes. *Computers in Industry*, 121, 103261. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>

doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261

- McAdam, R.; Antony, J.; Kumar, M. & Hazlett, S. A. (2014). Absorbing new knowledge in small and medium-sized enterprises: A multiple case analysis of Six Sigma. *International Small Business Journal*, 32(1), 81-109. <https://doi.org/10.1177/0266242611406945>
- Mehrjerdi, Y. Z. (2013). A framework for Six-Sigma driven RFID-enabled supply chain systems. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 30(2), 142-160. <https://doi.org/10.1108/02656711311293562>
- Mercader, R., & Santos, R. (1999). Modelo para la gestión del cambio organizacional en las pymes. Universidad de Murcia, 25.
- Michna, A., & Kmiecik, R. (2020). Open-Mindedness Culture, Knowledge-Sharing, Financial Performance, and Industry 4.0 in Pymes. *Sustainability*, 12(21), 9041. <https://doi.org/10.3390/su12219041>
- Mittal, S.; Khan, M. A.; Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (Pymes). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Moeuf, A.; Lamouri, S.; Pellerin, R.; Tamayo-Giraldo, S.; Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2020). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in Pymes. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384-1400. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323>
- Moeuf, A.; Pellerin, R.; Lamouri, S.; Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of Pymes in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2014). Preferred Reporting Items For Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Physical Therapy*, 89(9), 1-5. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moya, C. A.; Galvez, D.; Muller, L., & Camargo, M. (2019). A new framework to support LSS deployment in Pymes. *International Journal of LSS*, 10(1), 58-80. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-01-2018-0001>
- Müller, J. M.; Buliga, O., & Voigt, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How Pymes approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2018). Sustainable Industrial Value Creation in Pymes: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 5(5), 659-670. <https://doi.org/10.1007/s40684-018-0056-z>
- Nunes, I. L. (2015). Integration of Ergonomics and LSS. A Model Proposal. *Procedia Manufacturing*, 3, 890-897. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124>
- Pagliosa, M.; Tortorella, G., & Ferreira, J. C. E. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management* 32(39), 543-569. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2018-0446>
- Park, S. H.; Dhalgaard-Park, S. M., & Kim, D. C. (2020). New paradigm of LSS in the 4th industrial revolution era. *Quality Innovation Prosperity*, 24(1), 1-16. <https://doi.org/10.12776/QIP.V24I1.1430>
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of LSS. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 27(2), 138-155. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Prashar, A. (2018). Toward cycle time reduction in manufacturing Pymes: Proposal and evaluation. *Quality Engineering*, 30(3), 469-484. <https://doi.org/10.1080/08982112.2018.1460669>
- Prause, M. (2019). Challenges of Industry 4.0 technology adoption for Pymes: The case of Japan. *Sustainability*, 11(20), 5807. <https://doi.org/10.3390/su11205807>
- Vigneshvaran, R., & Vinodh, S. (2020). Development of a structural model based on ISM for analysis of barriers to integration of lean with industry 4.0. *TQM Journal*, 33(6), 1201-1221. <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2020-0151>
- Raghunath, A., & Jayathirtha, R. V. (2014). Six sigma implementation by Indian manufacturing Pymes - an empirical study. *Academy of Strategic Management Journal*, 13(1), 35-56.
- Ramirez-Peña, M.; Sánchez Sotano, A. J.; Pérez-Fernandez, V.; Abad, F. J., & Batista, M. (2020). Achieving a sustainable shipbuilding supply chain under I4.0 perspective. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118789. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118789>

- Ramkumar, P. N., & Satish, K. P. (2020). Statistical investigation of LSS for waste reduction in Indian Pymes by identify rank define analyse improve control model. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 30(2), 252-277. <https://doi.org/10.1504/IJQM.2020.107815>
- Ramkumar, P. N.; Satish, K. P., & Venugopal, P. V. (2019). Ranking of the seven wastes (Muda) for LSS implementation in indian Pymes. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(6), 1269-1274.
- Reisman, A. (2004). How can OR/MS Educators Benefit From Creating and Using Taxonomies? *INFORMS Transactions on Education*, 4(3), 55-65. <https://doi.org/10.1287/ited.4.3.55>
- Richards, D. A.; Hanssen, T. A., & Borglin, G. (2018). The Second Triennial Systematic Literature Review of European Nursing Research: Impact on Patient Outcomes and Implications for Evidence-Based Practice. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 15(5), 333-343. <https://doi.org/10.1111/wvn.12320>
- Rishi, J. P.; Srinivas, T. R.; Ramachandra, C. G., & Ashok, B. C. (2018). Implementing the Lean Framework in a Small & Medium & Enterprise (SME) - A case Study in Printing Press. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 376(1), 012126. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/376/1/012126>
- Sahi, G. K.; Gupta, M. C., & Cheng, T. C. E. (2020). The effects of strategic orientation on operational ambidexterity: A study of indian Pymes in the industry 4.0 era. *International Journal of Production Economics*, 220, 107395. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.014>
- Sevinç, A.; Gür, Ş., & Eren, T. (2018). Analysis of the difficulties of Pymes in industry 4.0 applications by analytical hierarchy process and analytical network process. *Processes*, 6(12), 264. <https://doi.org/10.3390/pr6120264>
- Shah, P. P., & Shrivastava, R. L. (2013). Identification of performance measures of LSS in small- and medium-sized enterprises: A pilot study. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8(1), 1-21. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2013.059768>
- Shahin, M.; Chen, F. F.; Bouzary, H., & Zarreh, A. (2020). Frameworks Proposed to Address the Threat of Cyber-Physical Attacks to Lean 4.0 Systems. *Procedia Manufacturing*, 51(2019), 1184-1191. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.166>
- Shokri, A. (2019). Reducing the scrap rate in manufacturing Pymes through LSS methodology: an action research. *IEEE Engineering Management Review*, 45(3), 104-117. <https://doi.org/10.1109/emr.2019.2931184>
- Shokri, A.; Waring, T. S., & Nabhani, F. (2016). Investigating the readiness of people in manufacturing Pymes to embark on LSS projects: An empirical study in the German manufacturing sector. *International Journal of Operations and Production Management*, 36(8), 850-878. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2014-0530>
- Sodhi, H. S.; Singh, D., & Singh, B. J. (2020). LSS practices a competitive priority in SME's: A critical review. *International Journal of Agile Systems and Management*, 13(1), 60-78. <https://doi.org/10.1504/IJASM.2020.105881>
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution - Industry 4.0: Are German manufacturing Pymes the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1512-1532. <https://doi.org/10.3926/jiem.1470>
- Sony, M. (2020). Design of cyber physical system architecture for industry 4.0 through LSS: conceptual foundations and research issues. *Production and Manufacturing Research*, 8(1), 158-181. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1774814>
- Sreedharan, R. V.; Sunder, V. M., & Raju, R. (2018). Critical success factors of TQM, Six Sigma, Lean and LSS: A literature review and key findings. *Benchmarking*, 25(9), 3479-3504. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2017-0223>
- Sreedharan V, R.; Raju, R.; Sunder M, V., & Antony, J. (2019). Assessment of LSS Readiness (LESIRE) for manufacturing industries using fuzzy logic. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(2), 137-161. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2017-0181>
- Sriram, R. M., & Vinodh, S. (2020). Analysis of readiness factors for Industry 4.0 implementation in Pymes using COPRAS. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 38(5), 1178-1192. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2020-0121>
- Thomas, A.; Barton, R., & Chuke-Okafor, C. (2009). 9. Applying LSS in a small engineering company - A model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 113-129. <https://doi.org/10.1108/17410380910925433>

- Thomas, A. J.; Ringwald, K.; Parfitt, S.; Davies, A., & John, E. (2014). An empirical analysis of LSS implementation in Pymes -a migratory perspective. *International Journal of Quality and Reliability Management* , 31(8), 888-905. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2013-0070>
- Thomas, A., & Lewis, G. (2007). 3. Developing an SME-based integrated TPM - Six Sigma strategy. 3(3), 228-247.
- Thomas, Ciliska, D.; Dobbins, M., & Micucci, S. (2004). A process for systematically reviewing the literature: Providing the research evidence for public health nursing interventions. *Worldviews on Evidence-Based Nursing* , 1(3), 176-184. <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2004.04006.x>
- Timans, W.; Antony, J.; Ahaus, K., & Van Solingen, R. (2012). Implementation of LSS in small-and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands. Source: *Journal of the Operational Research Society* , 63(3), 339-353. <https://doi.org/10.1057/jors.2012.01>
- Titmarsh, R.; Assad, F., & Harrison, R. (2020). Contributions of LSS to sustainable manufacturing requirements: An industry 4.0 perspective. *Procedia CIRP*, 90, 589-593. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.044>
- 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 and Production Management* , 39, 860-886. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0005>
- Tranfield, D.; Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review Introduction: the need for an evidence- informed approach. *British Journal of Management*, 14, 207-222.
- Türkeş, M. C.; Oncioiu, I.; Aslam, H. D.; Marin-Pantelescu, A.; Topor, D. I., & Căpuşeanu, S. (2019). Drivers and barriers in using industry 4.0: A perspective of Pymes in Romania. *Processes* , 7(3), 1-20. <https://doi.org/10.3390/pr7030153>
- Uriarte, A. G.; Ng, A. H. C., & Moris, M. U. (2018). Supporting the lean journey with simulation and optimization in the context of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing* , 25, 586-593. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.097>
- Valdés, J., & Sánchez, G. (2012). Las Pymes en el contexto mundial: Sus particularidades en México. *Iberóforum. Revista de Ciencias Sociales de La Universidad Iberoamericana*, VII, 126-156.
- Vinodh, S.; Antony, J.; Agrawal, R., & Douglas, J. A. (2020). Integration of continuous improvement strategies with Industry 4.0: a systematic review and agenda for further research. *TQM Journal* . 33(2), 441-472 <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2020-0157>
- Yadav, N.; Shankar, R. & Singh, S. P. (2020). Impact of Industry4.0/ICTs, LSS and quality management systems on organisational performance. *TQM Journal* , 32(4), 815-835. <https://doi.org/10.1108/TQM-10-2019-0251>
- Yıldızbaşı, A., & Ünlü, V. (2020). Performance evaluation of Pymes towards Industry 4.0 using fuzzy group decision making methods. *SN Applied Sciences*, 2(3), 355. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2085-9>
- Zambon, I.; Cecchini, M.; Egidi, G.; Saporito, M. G., & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for Pymes. *Processes* , 7(1), 36. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>
- Zambon, I.; Egidi, G.; Rinaldi, F., & Cividino, S. (2019). Applied research towards Industry 4.0: Opportunities for Pymes. *Processes* , 7(6), 1-7. <https://doi.org/10.3390/pr7060344>

