

# reciamuc



**DOI:** 10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.317-327

**URL:** <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1116>

**EDITORIAL:** Saberes del Conocimiento

**REVISTA:** RECIAMUC

**ISSN:** 2588-0748

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Artículo de revisión

**CÓDIGO UNESCO:** 3310 Tecnología Industrial

**PAGINAS:** 317-327



## El desafío de la Industria 4.0 en la educación superior de Ingeniería Industrial: Una revisión sistemática de la literatura

The challenge of Industry 4.0 in higher education in Industrial Engineering: A systematic review of the literature

O desafio da Indústria 4.0 no ensino superior em Engenharia Industrial: Uma revisão sistemática da literatura

**Pilar Tatiana Macías-Suárez<sup>1</sup>; Luis Manuel Pilacuan-Bonete<sup>2</sup>; José Willian Ugalde Vicuña<sup>3</sup>**

**RECIBIDO:** 23/02/2023 **ACEPTADO:** 12/03/2023 **PUBLICADO:** 15/05/2023

1. Licenciada en Periodismo; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; pilar.maciass@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8401-0067>
2. Magíster en Administración de Empresas; Ingeniero Industrial; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; luis.pilacuanb@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-6625-0905>
3. Magíster en Seguridad Higiene Industrial y Salud Ocupacional; Diploma Superior en Seguridad Higiene y Salud Ocupacional; Ingeniero Industrial; Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador; jose.ugaldevi@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-1240-7804>

### CORRESPONDENCIA

**Pilar Tatiana Macías-Suárez**

pilar.maciass@ug.edu.ec

**Guayaquil, Ecuador**

## RESUMEN

Con la llegada de la Industria 4.0, se está impactando la educación superior en el campo de la Ingeniería Industrial. La Industria 4.0 representa una nueva era de digitalización y automatización en la fabricación y producción, lo que requiere habilidades y competencias actualizadas por parte de los ingenieros industriales. El estudio realiza una revisión sistemática de la literatura de los últimos 10 años en las bases de datos de Scopus y Web Of Scienc, identificando por medio de un modelado de tópicos de Asignación Latente de Dirichlet (LDA) los desafíos claves que enfrentan las instituciones educativas, las organizaciones y los profesionales de la ingeniería industrial en este contexto. Entre los 8 tópicos encontrados, se visualizaron algunos desafíos destacados, como la necesidad de actualizar los planes de estudio para incluir temas relevantes como Procesos Productivos Inteligentes, Aprendizaje de destrezas digitales, Desarrollo de habilidades digitales en las organizaciones, entre otras, así como la importancia de fomentar habilidades transversales como el pensamiento crítico. Se concluye resaltando la importancia de abordar estos desafíos mediante la colaboración entre la industria y las instituciones educativas, para mantener actualizadas las habilidades de los ingenieros industriales en el entorno de la Industria 4.0.

**Palabras clave:** Industria 4.0, Educación Superior, LDA, Modelado de Temas.

## ABSTRACT

With the arrival of Industry 4.0, higher education in the field of Industrial Engineering is having an impact. Industry 4.0 represents a new era of digitization and automation in manufacturing and production, which requires up-to-date skills and competencies on the part of industrial engineers. The study performs a systematic review of the literature of the last 10 years in the Scopus and Web Of Scienc databases, identifying through Dirichlet Latent Assignment (LDA) topic modeling the key challenges faced by educational institutions, organizations and industrial engineering professionals in this context. Among the 8 topics found, some outstanding challenges were visualized, such as the need to update study plans to include relevant topics such as Intelligent Production Processes, Learning digital skills, Development of digital skills in organizations, among others, as well as the importance to promote transversal skills such as critical thinking. It concludes by highlighting the importance of addressing these challenges through collaboration between industry and educational institutions, to keep the skills of industrial engineers up to date in the Industry 4.0 environment.

**Keywords:** Industry 4.0, Higher Education, LDA, Topic Model.

## RESUMO

Com o advento da Indústria 4.0, o ensino superior no domínio da Engenharia Industrial está a ser afectado. A Indústria 4.0 representa uma nova era de digitalização e automação na fabricação e produção, o que requer habilidades e competências atualizadas dos engenheiros industriais. O estudo efectua uma revisão sistemática da literatura dos últimos 10 anos nas bases de dados Scopus e Web Of Scienc, identificando através da modelação de tópicos Latent Dirichlet Assignment (LDA) os principais desafios enfrentados pelas instituições de ensino, organizações e profissionais de engenharia industrial neste contexto. De entre os 8 tópicos encontrados, foram visualizados alguns desafios de relevo, como a necessidade de actualizar os currículos para incluir tópicos relevantes como os Processos de Produção Inteligentes, a Aprendizagem de Competências Digitais, o Desenvolvimento de Competências Digitais nas organizações, entre outros, bem como a importância de fomentar competências transversais como o pensamento crítico. Conclui-se salientando a importância de abordar estes desafios através da colaboração entre a indústria e as instituições de ensino, a fim de manter as competências dos engenheiros industriais actualizadas no ambiente da Indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Ensino Superior, LDA, Modelação de Tópicos.

## **Introducción**

La industria 4.0 implica una profunda transformación en la forma en que se hacen las cosas, y esta transformación se está produciendo a un ritmo acelerado, necesitando una gran cantidad de innovación y disrupción en la educación superior a nivel mundial (AlMalki y Durugbo 2023a). El término Industria 4.0 acuñado por primera vez en la feria de Hannover en el 2021, bajo el concepto de producción inteligente (Baygin et al. 2016). Wee la define como la digitalización del sector de manufactura mediante sensores integrados en prácticamente todos los componentes del producto y equipos de fabricación, sistemas ciber físicos y tratamiento de datos industriales (Wee et al. 2015).

Revisiones previas, como (Rana y Rathore 2023), (Liao et al. 2017) y (AlMalki y Durugbo 2023b) generan análisis detallados de la necesidad de la integración en los modelos educativos de conceptos como; internet de las cosas (IoT), Smart Factory, Inteligencia Artificial (IA), robótica y conocimiento de la nube, argumentando que la fuerza laboral con frecuencia no está alineada con las estrategias organizacionales. Rotatori concluyó que la educación es el principal enfoque para que la fuerza laboral logre satisfacer las necesidades innovadoras de los mercados actuales (Rotatori, Lee, y Sleeva 2020). Los actuales mercados requieren procesos ágiles donde los empleados necesitan nuevas habilidades emergentes relacionadas a la revolución provocada por la industria 4.0; donde los trabajadores deben estar familiarizados con los procesos, equipos y tecnologías aplicadas (Mourtzis et al. 2020). En el campo de la Ingeniería la industria 4.0 ha influido en diferentes sectores, como en aplicaciones en la cadena de suministro (Dilberoglu et al. 2017), en procesos de manufactura (Dillinger, Bernhard, y Reinhart 2022), proceso de materiales inteligentes aplicados en el área médica (Rouf et al. 2022).

Havle conceptualiza en tres dimensiones principales, como: “Humano”, “Organización” y “Tecnología”, la industria 4.0 (Havle y Ucler 2018). Es así como la dimensión humana, se centra en el conjunto de habilidades y la conciencia tecnológica de la fuerza laboral. Dada estas nuevas tecnologías y la necesidad de adecuar el sistema educativo, para que se adapte a las nuevas competencias surgen principios dirigidos a una educación dirigida a la industria 4.0 (Castro Benavides et al. 2020). Varias investigaciones han revisado diferentes enfoques de la transformación en las Instituciones de Educación Superior (IES) en referencia a los procesos de la Industria 4.0, donde Mahlow, indica que la tecnología esta interconectada con los procesos de aprendizaje digital en las IES (Mahlow Cerstin y Hediger Andreas 2019), y Oliver indica en su estudio que las IES deben formar universitarios con una gama de habilidades colaborativas e interdisciplinarias que permitan desarrollar competencias en las tecnologías de comunicación (TIC), y aplicarlas en la Industria 4.0 (Oliver y Jorre de St Jorre 2018).

Es así, que la Ingeniería Industrial, la cual es ampliamente demandada en diferentes partes del mundo, siendo en EE. UU una de las nueve profesiones de ingeniería con mayor aceptación (Roy 2019), debe de ser evaluados y revisados los componentes de aprendizaje, de acuerdo con las nuevas tendencias de la Industria 4.0. Este estudio busca realizar un análisis sistemático de la literatura, relacionada a los modelos educativos en instituciones de educación superior y la industria 4.0 y poder ilustrar las tecnologías y habilitadores de varios sectores industriales, estableciendo la brecha entre la industria y la academia, estableciendo los desafíos.

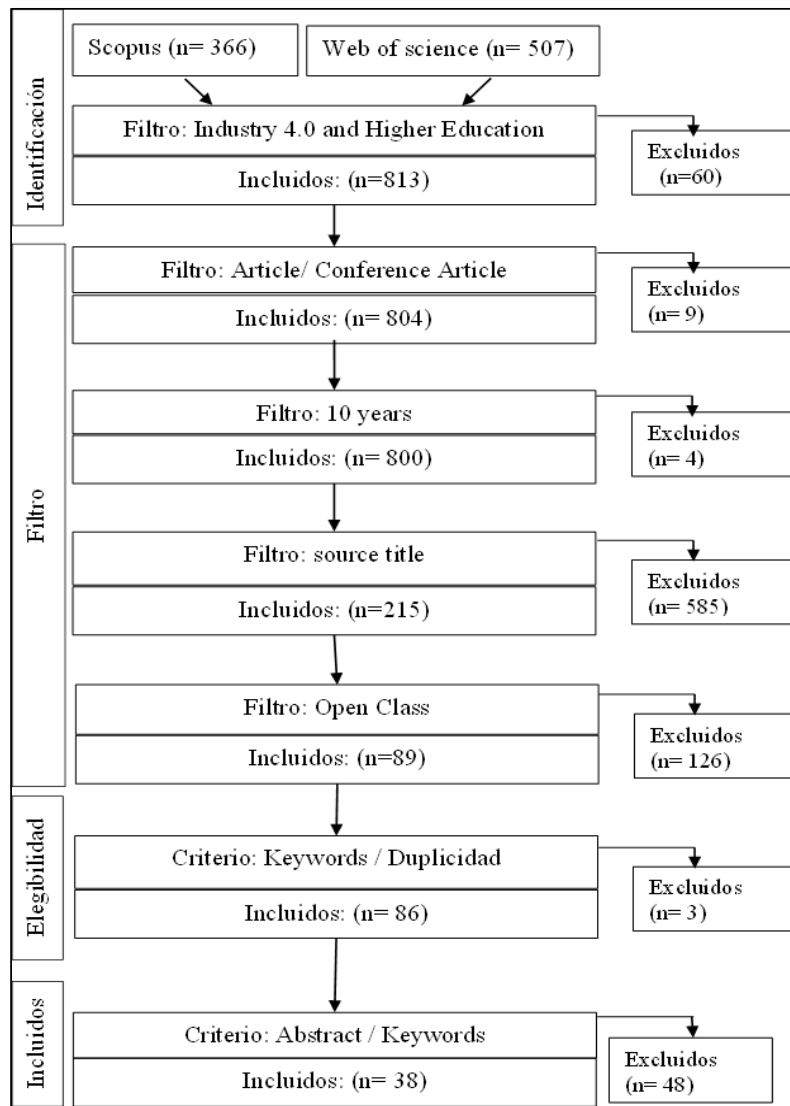
## **Materiales y métodos**

Este estudio es una revisión sistemática de la literatura (SLR), diseñada en base al “Preferred Reporting Item for Systematic Review and Meta-Analyses (Prisma), que es un método ampliamente aplicado en la SLR, que

permite orientarse en la selección de las publicaciones que contribuyen a la investigación, basado en cuatro etapas como; la estrategia de búsqueda, limpieza, elegibilidad e inclusión de los textos a analizar (Liberati et al. 2009; Page et al. 2021)

La selección e identificación de artículos se realizó al 4 de mayo del 2023, en las bases de datos de la web of scienc (WOS), y de Scopus, las cuales son altamente reconocidas por tener artículos de alta rigurosidad técnica y científica (Gorraiz et al. 2016). En la figura 1 se observa el proceso de obtención de artículos, usando las palabras “Industry” and “Higher Education”, se

obtuvieron 873 artículos. Para el proceso de cribado o limpieza, se consideró solo los de revistas y conferencias de acceso abierto en los últimos 10 años de revistas cuyas temáticas estén alineadas a investigaciones en educación superior e industria 4.0. Para el proceso de elegibilidad se escogió a los artículos con las palabras claves industria 4.0 y educación superior quitando los duplicados. Finalmente, para evaluar el criterio de inclusión se consideraron estudios aplicados en la educación superior e industria 4.0 evaluando los títulos y abstractos, quedando 38 artículos para ser analizados.

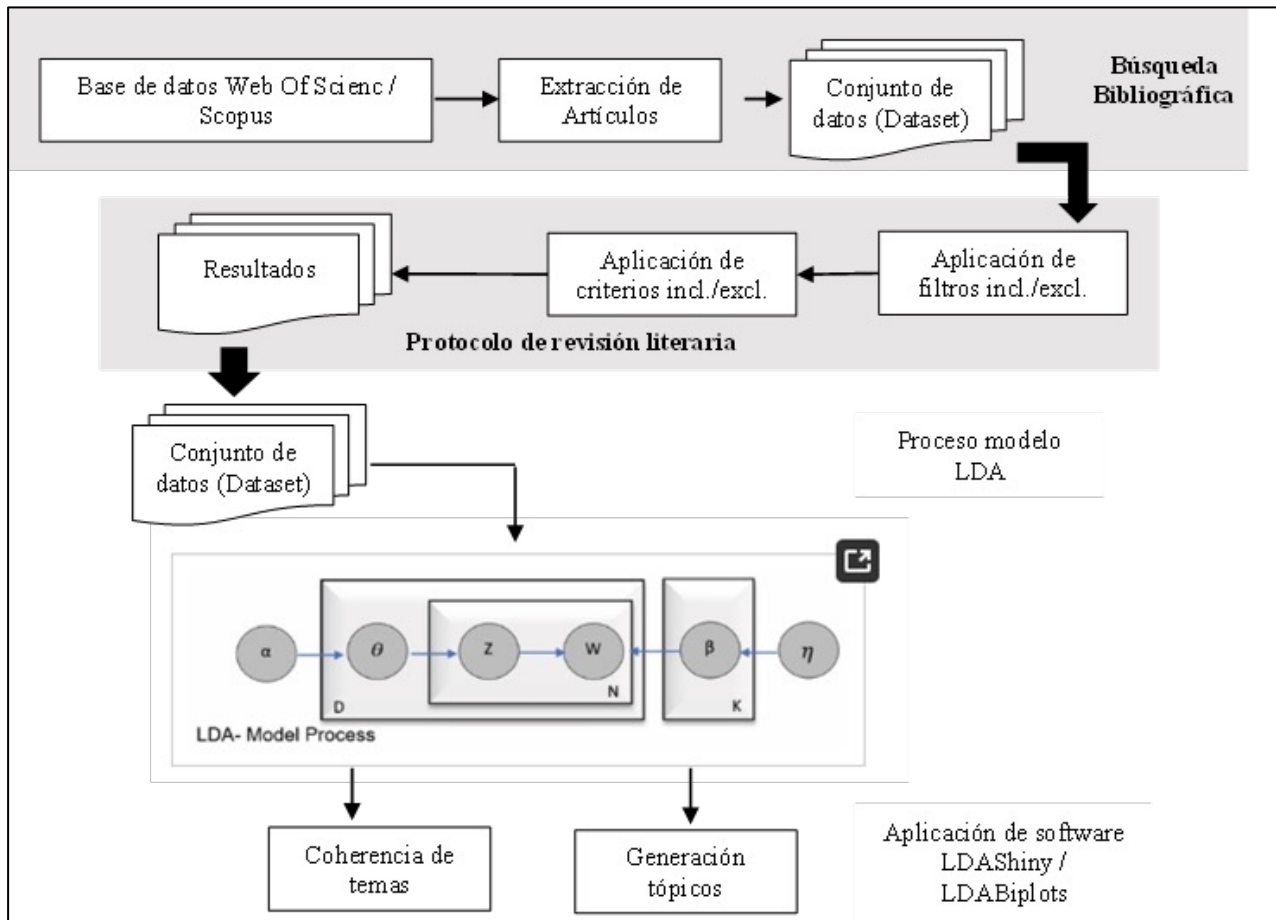


**Figura 1.** Diagrama Metodología Prisma

**Fuente:** Adaptado de Liberati. (Liberati et al. 2009)

Para el proceso de análisis se utilizó dos paquetes del software RStudio (Posit Software 2023), LDAShiny (De la Hoz-M, Fernández-Gómez, y Mendes 2021) y LDABiplot (Luis Pilacuan-Bonete et al. 2022), generando el proceso detallado en la figura 2, donde se observa la metodología usada para el análisis. Dentro del proceso se generó un análisis de descubrimiento de los temas

ocultos en los artículos analizados mediante un modelado de tópicos descrito por Blei (Blei, Ng, y Jordan 2003; Steyvers y Griffiths 2007), siguiendo el proceso de análisis descrito por Pilacuan (L. Pilacuan-Bonete, Galindo-Villardón, y Delgado-Álvarez 2022) para el descubrimiento y visualización gráfica de los resultados.



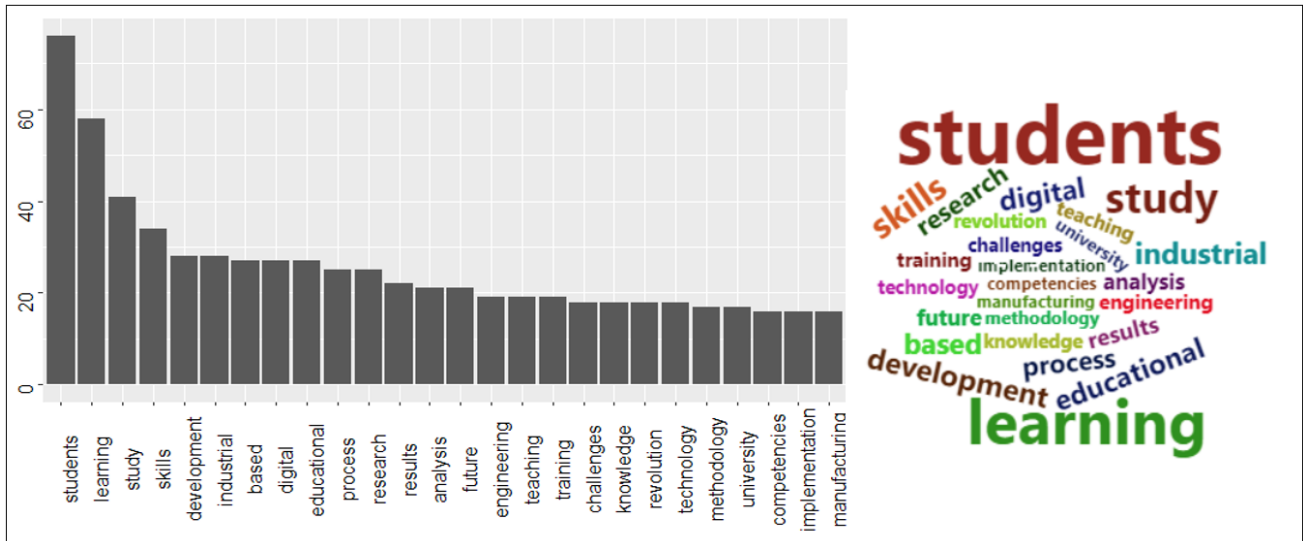
**Figura 2.** Proceso Modelado de Tópicos LDA

**Fuente:** Adaptado de Blei y Steyvers (Blei, Ng, y Jordan 2002; Steyvers y Griffiths 2007)

Los artículos también fueron sometidos a un proceso de visualización de tópicos por medio del paquete LDavis, propuesto por Stievert, donde se genera una representación gráfica a partir del Multidimensional Scaling (MDS) (Sievert y Shirley 2014)

### Resultados y discusión

Se encontró que los términos o palabras más relevantes encontrados son 2523, en la figura 3 se observa las 25 palabras más frecuentes de la matriz términos por Documento (TDM).

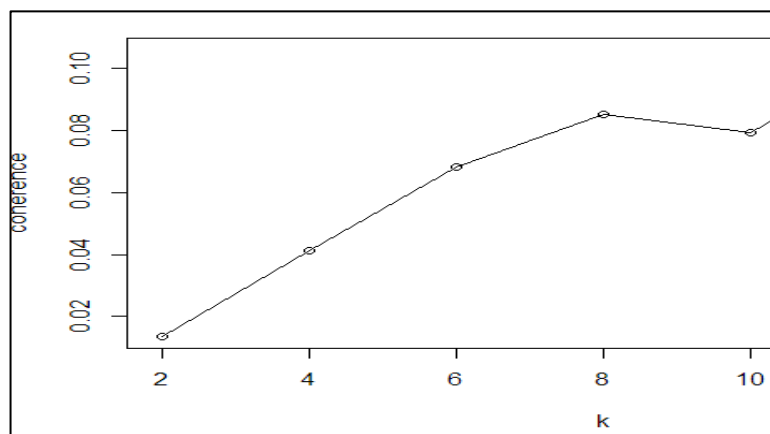


**Figura 3.** Top 25 palabras más frecuentes

**Fuente:** Adaptado de Blei y Steyvers (Blei, Ng, y Jordan 2002; Steyvers y Griffiths 2007)

Para la obtención del Modelado de tópicos, se aplica la Distribución de Dirichlet Allocation (LDA), de acuerdo con el modelo de Blei, adaptado por Steyvers (Steyvers y Griffiths 2007), se generó un modelo de cohe-

rencia, para encontrar un K obtenido predefinido para la obtención de los tópicos. En la figura 4 se observa que el resultado con mayor coherencia es de 8 tópicos.



**Figura 4.** Coherencia de inferencia de Tópicos

**Fuente:** Adaptado de Blei y Steyvers (Blei, Ng, y Jordan 2002; Steyvers y Griffiths 2007)

Generada la inferencia en el paquete LDAShiny, se determinó que el K óptimo de tópicos es de 8, generando el modelo LDA, se encontraron los resultados detallados en la tabla 1 por medio del Paquete LDABiplot.

Generando una etiqueta recomendada de acuerdo con la probabilidad de cada palabra al tópico.



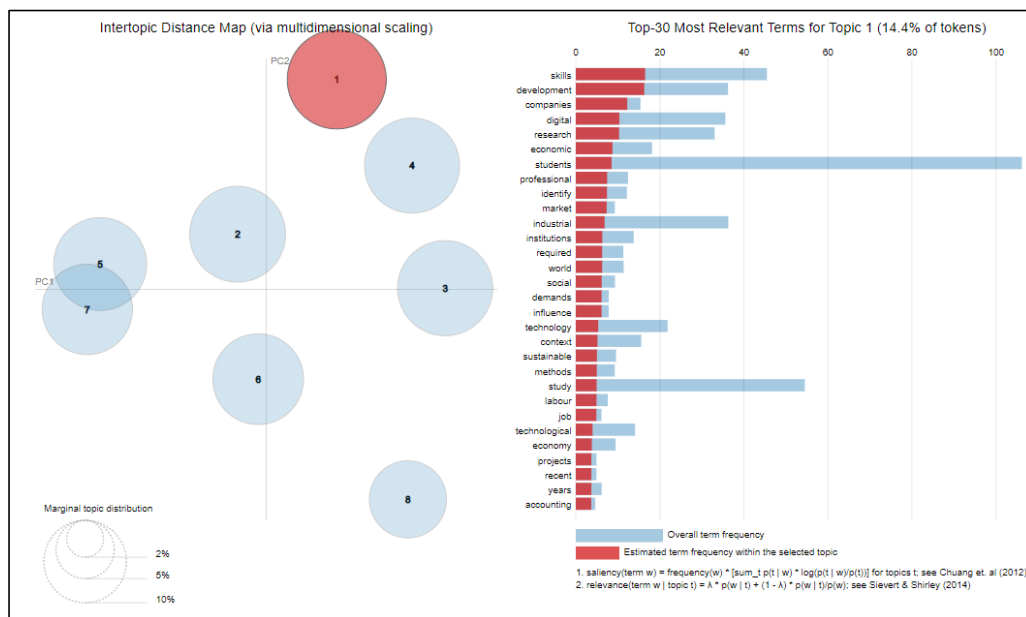
**Tabla 1.** Listado de Tópicos con palabras que lo conforman

Tópico	Etiqueta del Tópico	coherencia	prevalencia	Términos
t_1	Desarrollo de Habilidades Digitales de Compañías	0,088	15,832	skills, development, companies, digital, research, economic, students, professional, identify, market, industrial, institutions, required, world, social, demands, influence, technology, context, sustainable, methods, study, labour, job, technological, economy, projects, recent, years, accounting, area, people, relationship, educational, learning, analysis, teaching, methodology, work, production
t_2	Sistemas de Manufactura Industrial	0,176	15,2	manufacturing, industrial, challenges, systems, published, students, learning, future, revolution, human, elsevier, technology, paper, challenge, game, based, process, current, economic, technologies, context, article, focus, information, major, discussed, lca, analysis, competencies, design, develop, data, authors, high, advanced, concept, economy, essential, presented
t_3	Políticas de Revolución Industrial	0,154	9,517	students, policies, study, response, government, revolution, transformed, era, time, process, processes, limited, policy, demoralization, illustrates, morality, industrial, educational, learning, teaching, paper, approach, institutions, case, studies, universities, covid, innovation, qualitative, pi, author, interviews, previous, products, shown, constructive, online, reflection, access, applies
t_4	Aprendizaje de Destrezas Industria 4.0	0,019	13,458	students, learning, skills, implementation, analysis, cbl, development, process, future, teaching, curricula, based, work, develop, opportunities, strategies, including, century, components, problem, solving, st, results, methodology, competencies, system, presents, project, impact, study, undergraduate, implemented, frameworks, educational, training, challenges, university, paper, technologies, findings
t_5	Aprendizaje Educación Digital	0,046	11,517	learning, digital, educational, students, innovative, university, activities, teaching, readiness, transformation, experiences, process, results, approach, approaches, identified, achieve, ats, tlas, based, engineering, work, context, develop, article, professional, identify, traditional, literature, dimensions, goals, outcomes, scientific, institution, provide, support, individuals, suitable, actions, core

t_6	Formación en procesos productivos inteligentes	0,139	11,236	safety, study, based, process, learning, management, level, skills, training, paper, production, aims, making, furniture, research, teaching, methodology, current, design, processes, case, identified, outcomes, framework, leadership, malaysian, analysis, knowledge, university, implementation, proposed, covid, students, specific, transversal, digitalization, ensure, master, accident, malaysia
t_7	Investigación en la organización de la industria.	0,092	10,842	students, knowledge, related, study, readiness, organizational, research, data, future, revolution, technologies, findings, factors, infrastructure, items, preparedness, industrial, technology, curriculum, keywords, academic, programs, learning, analysis, challenges, focus, information, studies, fourth, characteristics, purpose, cyber, skilled, consisted, dimension, significantly, development, based, results, training
t_8	Industria 4.0 desarrollo del aprendizaje	0,054	12,399	students, study, learning, engineering, results, level, developed, educational, training, courses, model, student, industrial, based, research, knowledge, methodology, competencies, design, traditional, showed, applied, tablet, innovative, technological, proposed, activities, high, computer, evaluation, <del>vr</del> , electronics, levels, partner, solutions, virtual, development, challenge, application, project

El LDavis nos permite generar la representación en un espacio vectorial de cada uno de los tópicos, donde los diámetros de las circunferencias es la distribución marginal

de cada uno de estos. Así mismo, se puede observar por cada tópico la frecuencia de cada una de las palabras descritas en la tabla 1.



**Figura 5.** Representación de Tópicos con LDavis



Con el LDABiplot, se generó el mapa de calor de la figura 6, el cual permite observar por cada año con que frecuencia estos tópicos se han generado en las diferentes publicaciones. Adicionalmente la posición de las circunferencias nos muestra el grado de relación que tienen entre si los tópicos. Por

ejemplo, se observa que el numero 1 (Desarrollo de Habilidades Digitales de Compañías) tiene una mayor relación con el tópico 4 (Aprendizaje de Destrezas en la Industria 4.0) que con el 8 (Industria 4.0 desarrollo del aprendizaje).

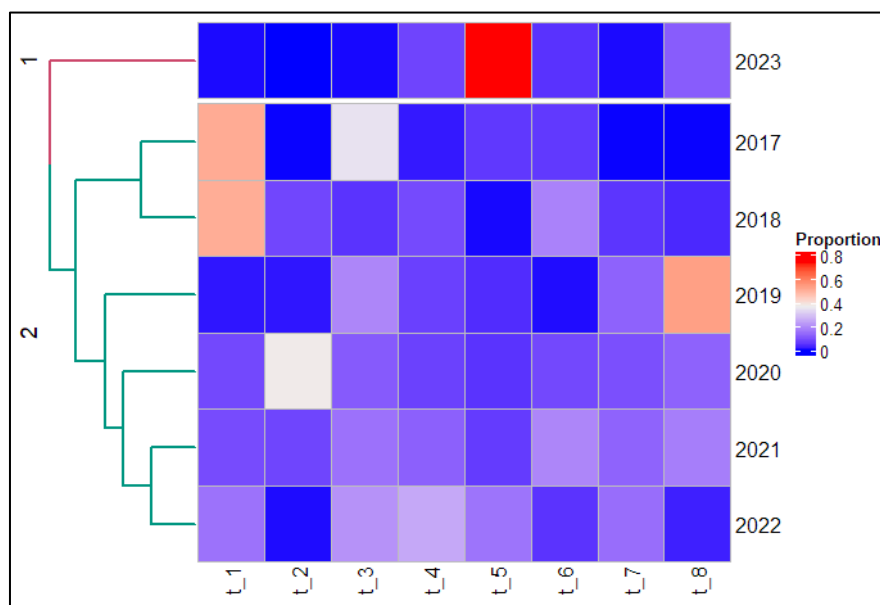


Figura 6. Representación de Tópicos por Año

Se puede Observar que mientras más intenso es el color a rojo, mayor es el tipo de publicación que han tratado de este tema en sus resúmenes, observándose que al 2023, existe una mayor intensidad del tópico 5 relacionado a los modelos de aprendizaje de la educación digital, mientras que al 2021 y 2022 existe mayor cantidad de publicaciones relacionadas al desarrollo de habilidades digitales en las compañías.

### Conclusión

La revisión sistemática de la literatura, basada en un modelado de tópicos mediante la técnica de Asignación Latente de Dirichlet (LDA), ha identificado los principales desafíos que enfrentan las instituciones educativas, las organizaciones y los profesionales de la ingeniería industrial en este contexto. Entre los desafíos destacados se encuentra la necesidad de actualizar los planes de estudio para incorporar temas cruciales

como los Procesos Productivos Inteligentes, el Aprendizaje de destrezas digitales y el Desarrollo de habilidades digitales en las organizaciones. Además, se destaca la importancia de fomentar habilidades transversales como el pensamiento crítico.

Así mismo, se resalta la importancia de abordar estos desafíos a través de la colaboración entre la industria y las instituciones educativas, asegurando la actualización constante de las habilidades de los ingenieros industriales en el entorno de la Industria 4.0. Los resultados obtenidos del análisis de los tópicos y su representación gráfica proporcionan información adicional sobre la relación entre ellos y su frecuencia en las publicaciones a lo largo de los años.

Este estudio subraya la necesidad de adaptar la educación superior en Ingeniería Industrial para satisfacer las demandas de la Industria 4.0, y destaca la importancia de la



colaboración y el desarrollo continuo de habilidades para garantizar que los ingenieros industriales estén preparados para enfrentar los desafíos de esta nueva era tecnológica.

## Bibliografía

- AlMalki, Hameeda A., y Christopher M. Durugbo. 2023a. «Evaluating critical institutional factors of Industry 4.0 for education reform». *Technological Forecasting and Social Change* 188:122327. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2023.122327.
- AlMalki, Hameeda A., y Christopher M. Durugbo. 2023b. «Evaluating critical institutional factors of Industry 4.0 for education reform». *Technological Forecasting and Social Change* 188:122327. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2023.122327.
- Baygin, Mehmet, Hasan Yetis, Mehmet Karakose, y Erhan Akin. 2016. «An effect analysis of industry 4.0 to higher education». 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2016. doi: 10.1109/ITHET.2016.7760744.
- Blei, David M., Andrew Y. Ng, y Michael I. Jordan. 2002. «Latent Dirichlet allocation». Pp. 601-8 en *Advances in Neural Information Processing Systems*. Vol. 14.
- Blei, David M., Andrew Y. Ng, y Michael I. Jordan. 2003. «Latent Dirichlet allocation». *Journal of Machine Learning Research* 3(4-5):993-1022. doi: 10.1016/b978-0-12-411519-4.00006-9.
- Castro Benavides, Lina María, Johnny Alexander Tamayo Arias, Martín Darío Arango Serna, John William Branch Bedoya, y Daniel Burgos. 2020. «Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review». *Sensors* 2020, Vol. 20, Page 3291 20(11):3291. doi: 10.3390/S20113291.
- Dilberoglu, Ugur M., Bahar Gharehpapagh, Ulas Yaman, y Melik Dolen. 2017. «The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0». *Procedia Manufacturing* 11:545-54. doi: 10.1016/J.PROMFG.2017.07.148.
- Dillinger, Fabian, Olivia Bernhard, y Gunther Reinhart. 2022. «Competence Requirements in Manufacturing Companies in the Context of Lean 4.0». *Procedia CIRP* 106:58-63. doi: 10.1016/J.PROCIR.2022.02.155.
- Gorraiz, Juan, David Melero-Fuentes, Christian Gumpenberger, y Juan Carlos Valderrama-Zurián. 2016. «Availability of digital object identifiers (DOIs) in Web of Science and Scopus». *Journal of Informetrics* 10(1):98-109. doi: 10.1016/J.JOI.2015.11.008.
- Havle, Celal Alpay, y Caglar Ucler. 2018. «Enablers for Industry 4.0». *ISMSIT 2018 - 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Proceedings*. doi: 10.1109/ISMSIT.2018.8567293.
- De la Hoz-M, Javier, Ma José Fernández-Gómez, y Susana Mendes. 2021. «LDAShiny: An R Package for Exploratory Review of Scientific Literature Based on a Bayesian Probabilistic Model and Machine Learning Tools». *Mathematics* 2021, Vol. 9, Page 1671 9(14):1671. doi: 10.3390/MATH9141671.
- Liao, Yongxin, Fernando Deschamps, Eduardo de Freitas Rocha Loures, y Luiz Felipe Pierin Ramos. 2017. «Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal». <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576> 55(12):3609-29. doi: 10.1080/00207543.2017.1308576.
- Liberati, Alessandro, Douglas G. Altman, Jennifer Tetzlaff, Cynthia Mulrow, Peter C. Gøtzsche, John P. A. Ioannidis, Mike Clarke, P. J. Devereaux, Jos Kleijnen, y David Moher. 2009. «The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration». *Annals of Internal Medicine* 151(4). doi: 10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00136/SUPPL\_FILE/PRISMA\_FIGURE-S1.DOC.
- MahlowCerstin, y HedigerAndreas. 2019. «Digital Transformation in Higher Education—Buzzword or Opportunity?». *eLearn* 2019(5). doi: 10.1145/3329488/3331171.
- Mourtzis, Dimitris, Vasilis Siatras, John Angelopoulos, y Nikos Panopoulos. 2020. «An Augmented Reality Collaborative Product Design Cloud-Based Platform in the Context of Learning Factory». *Procedia Manufacturing* 45:546-51. doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.04.076.
- Oliver, Beverley, y Trina Jorre de St Jorre. 2018. «Graduate attributes for 2020 and beyond: recommendations for Australian higher education providers». *Higher Education Research & Development* 37(4):821-36. doi: 10.1080/07294360.2018.1446415.

- Page, Matthew J., Joanne E. McKenzie, Patrick M. Bossuyt, Isabelle Boutron, Tammy C. Hoffmann, Cynthia D. Mulrow, Larissa Shamseer, Jennifer M. Tetzlaff, Elie A. Akl, Sue E. Brennan, Roger Chou, Julie Glanville, Jeremy M. Grimshaw, Asbjørn Hróbjartsson, Manoj M. Lalu, Tianjing Li, Elizabeth W. Loder, Evan Mayo-Wilson, Steve McDonald, Luke A. McGuinness, Lesley A. Stewart, James Thomas, Andrea C. Tricco, Vivian A. Welch, Penny Whiting, y David Moher. 2021. «The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews». *International Journal of Surgery* 88:105906. doi: 10.1016/J.IJSU.2021.105906.
- Pilacuan-Bonete, L., P. Galindo-Villardón, y F. Delgado-Álvarez. 2022. «HJ-Biplot as a Tool to Give an Extra Analytical Boost for the Latent Dirichlet Assignment (LDA) Model: With an Application to Digital News Analysis about COVID-19». *Mathematics* 10(14). doi: 10.3390/math10142529.
- Pilacuan-Bonete, Luis, Purificación Galindo-Villardón, Francisco Delgado-Álvarez, y Javier De La Hoz Maestre. 2022. «Package LDABiplots». 1-11.
- Posit Software. 2023. «RStudio».
- Rana, Bharti, y Sanjay S. Rathore. 2023. «Industry 4.0 – Applications, challenges and opportunities in industries and academia: A review». *Materials Today: Proceedings* 79:389-94. doi: 10.1016/J.MATPR.2022.12.162.
- Rotatori, Denise, Eun Jeong Lee, y Sheryl Sleeva. 2020. «The evolution of the workforce during the fourth industrial revolution». <https://doi.org/10.1080/13678868.2020.1767453> 24(1):92-103. doi: 10.1080/13678868.2020.1767453.
- Rouf, Saquib, Abrar Malik, Navdeep Singh, Ankush Raina, Nida Naveed, Md Irfanul Haque Siddiqui, y Mir Irfan UI Haq. 2022. «Additive manufacturing technologies: Industrial and medical applications». *Sustainable Operations and Computers* 3:258-74. doi: 10.1016/J.SUSOC.2022.05.001.
- Roy, Joseph. 2019. *Engineering by the numbers*.
- Sievert, Carson, y Kenneth E. Shirley. 2014. «LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics». Pp. 63-70 en *Proceedings of the workshop on interactive language learning, visualization, and interfaces*. Baltimore, Maryland: Association for Computational Linguistics.
- Steyvers, Mark, y Tom Griffiths. 2007. «Probabilistic Topic Models». Pp. 427-48 en *Handbook of Latent Semantic Analysis*, editado por T. Landauer, D. McNamara, S. Dennis, y W. Kintsch. New York: Taylor and Francis.
- Wee, Dominik, R. Kelly, J. Cattell, y Matthias Breunig. 2015. «Industry 4.0-how to navigate digitization of the manufacturing sector». *McKinsey & Company* 58:7-11.

### **CITAR ESTE ARTICULO:**

Macías-Suárez, P. T., Pilacuan-Bonete, L. M., & Ugalde Vicuña, J. W. (2023). El desafío de la Industria 4.0 en la educación superior de Ingeniería Industrial: Una revisión sistemática de la literatura. *RECIAMUC*, 7(2), 305-327. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.305-327](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.305-327)



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.