

# MÉTODOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN EL CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 4.0 MEDIANTE BIBLIOMETRÍA

## TEACHING AND LEARNING METHODS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 THROUGH BIBLIOMETRY

N. Rigaud Téllez<sup>1</sup>  
R. Blanco Bautista<sup>2</sup>

### RESUMEN

La Industria 4.0 impulsada por la creciente disponibilidad de datos y por el aumento de avances tecnológicos, representa un gran reto para la educación en ingeniería, debido a que, el entorno es cada vez más globalizado, automatizado y virtualizado, lo cual, ha favorecido nuevas representaciones del conocimiento, autoexpresión y colaboración. Sin embargo, hay una brecha entre enfoques y estrategias de aprendizaje y la implementación real en una perspectiva de aprendizaje en temas de industria 4.0. Los sistemas educativos tienden a preocuparse más en la definición de planes de estudio y de objetivos educacionales y no tanto, en mecanismos efectivos para la enseñanza que queda en un nivel secundario. El objetivo es analizar el estado actual de la literatura especializada, en términos de distinguir métodos exitosos de enseñanza en Industria 4.0, mediante una revisión bibliométrica y análisis sistemático de enfoques y métodos educativos en este campo. En el estudio se identifican ideas novedosas de estrategias educativas exitosas, lo cual proporciona una brújula para cumplir con competencias propuestas por marcos de competencias actuales. En la investigación se realiza un análisis de desempeño y, con ello, se construye un modelo con el patrón de comportamiento general para el aprendizaje, que constituyen un punto de referencia y una pauta para evaluar la adecuación de los propios instrumentos.

### ABSTRACT

Industry 4.0 represents a great challenge for engineering education due to the growing availability of data and technological advances, also, because the environment is increasingly globalized, automated, and virtualized. The advent of this technological context has furthered new ways of knowledge representation, self-expression, and collaboration. However, there is a gap between approaches and strategies to learning and the real implementation in an Industry 4.0 learning perspective. Educational systems tend to be more concerned with defining curricula and educational objectives and less with defining effective approaches and methods for teaching Industry 4.0 topics. The objective is to analyze the current state of the specialized literature, in terms of distinguishing successful teaching methods in Industry 4.0, through a bibliometric review and systematic analysis of educational approaches and methods in this field. It is identified innovative trends of successful learning strategies that provide a compass for Industry 4.0 themes for educational development to be implemented to meet competencies proposed by actual frameworks for skills. In the research, a performance analysis is carried out, that aims to build a behavior pattern for learning model. This constitutes a reference point and a guideline to evaluate the adequacy of the instruments themselves.

### ANTECEDENTES

La Industria 4.0 impulsada por innovaciones tecnológicas, como el Internet de las Cosas y los sistemas ciberfísicos, ha traído cambios disruptivos a redes de valor, operaciones y modelos comerciales en la fabricación (Motyl et al., 2017), cuya vinculación entre el mundo físico y entidades digitales, permiten una producción en masa altamente personalizada (Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET], 2021).

<sup>1</sup> Profesora. Facultad de Estudios Superiores Aragón. UNAM. nerigaud@unam.mx

<sup>2</sup> Profesor. Facultad de Estudios Superiores Aragón. UNAM. robertoblancobautista42@gmail.com

Las aplicaciones en la Industria 4.0 son amplias en sus áreas, por ejemplo, se encuentran la fabricación inteligente, robótica, *big data* y analítica y ciberseguridad industrial, por mencionar algunas de ellas (Cabaña et al., 2019). Su implementación exitosa se considera como un factor que conduce a ventajas de costos y de producto (satisfacción de clientes y mejoras en la efectividad y calidad de la producción) (LACCEI, 2017).

Lo anterior, desde una perspectiva laboral, representará dos retos para estudiantes de ingeniería: (1) cada día habrá menos puestos de trabajo en el ambiente manufacturero clásico, y (2) cada día se requerirán de más puestos en campos de ingeniería que incluyan conocimiento basado en la conectividad, digitalización, ciberseguridad, *sensorización* e integración de la industria, entre otros.

Ante tales perspectivas, las universidades afrontan desafíos educativos en la enseñanza y aprendizaje de lo que estudiantes de hoy, como ingenieros de la Industria 4.0 del mañana, van a necesitar. Por ejemplo, las universidades deberán contemplar una enseñanza del proceso de transformación en las organizaciones, mediante la aplicación de Internet de las Cosas (IoT) y con potenciales tecnologías del llamado ecosistema 4.0 que incluye, impresión 3D, *big data*, robótica, blockchain y ciberseguridad (Acevedo et al., 2017 y Daun et al., 2023).

El problema se refiere a la necesidad de identificar enfoques y estrategias educativas exitosas para la formación de estudiantes que no necesariamente trabajarán en ambientes industriales y tradicionales y cuyas competencias les permitan adaptarse adecuadamente a trabajos mexicanos e internacionales.

Al respecto, se considera que la importancia de realizar revisiones de la literatura reciente, mediante bibliometría, permite identificar enfoques, metodologías, métodos, prácticas, procedimientos, y en general, medios y desarrollos de temas educativos innovadores para la formación del estudiantado de ingeniería.

El objetivo es analizar el estado actual de la literatura especializada para distinguir métodos de enseñanza exitosos en Industria 4.0, mediante una revisión bibliométrica de enfoques y métodos educativos en este campo. Lo anterior, permite alinear estrategias actuales de enseñanza con requerimientos de la industria 4.0, lo cual proporciona un patrón de comportamiento general para su aprendizaje.

El estudio consiste en explorar la estructura conceptual del dominio de la industria 4.0, en otras palabras, es descifrar en la literatura existente, ideas novedosas de estrategias educativas y el favorecimiento de qué competencias se manifiestan para la formación de ingenieros en el contexto de la Industria 4.0. Las preguntas de investigación son: ¿qué métodos de enseñanza se identifican para la educación de ingeniería en Industria 4.0? y ¿cuáles son los principales hallazgos, así como, las carencias educativas en la enseñanza-aprendizaje de áreas de la Industria 4.0?

La investigación se llevó a cabo en dos niveles de análisis. El primero, descriptivo, sobre la base de indicadores bibliométricos de tipo analítico y exploratorio. En este primer nivel de análisis se identificaron 1030 documentos con temas relacionados con educación en el sitio

de Web of Science, lo cual proporciona un panorama educativo. La segunda parte del análisis correspondió a un nivel profundo, que permitió distinguir diseños instruccionales que desarrollan competencias en estudiantes de ingeniería en Industria 4.0. Lo anterior sintetiza hallazgos y carencias que constituyen un punto de referencia y una pauta para evaluar la adecuación de los propios instrumentos.

El alcance del estudio es un análisis bibliométrico, base para un estado del arte que fundamenta una estructura sobre las perspectivas de enseñanza- aprendizaje para la Industria 4.0, en una o varias de sus áreas

A través de la presente investigación, las contribuciones se dirigen a cuatro grupos de usuarios: investigadores, para mostrar *gaps* de estrategias, lo cual apoya en la definición de acciones de investigación. Para administrativos, en referencia a la orientación a su cuerpo docente sobre estrategias educativas que mejoran la experiencia de aprendizaje. A los propios académicos, al distinguir enfoques para la aplicación y adaptación a sus propias necesidades de enseñanza. A los egresados de ingeniería, ya que cuentan con una fuente de información que les indique puntualmente qué tipos de enfoques y qué tipos de competencias se analizan en distintos países.

## **METODOLOGÍA**

Marco teórico. Las personas aprenden por muchas razones, aprender es una cualidad evolutiva. El aprendizaje es un procedimiento individual y continuo de procesamiento de la información, a conocimiento y a sabiduría (Richert et al., 2016).

Con la llegada de nuevas herramientas multimedia, el aprendizaje ha cambiado en muchos sentidos, comenzando por sus alcances a ser abierto, sin fronteras, con posibilidades temporales de asincronía (Acevedo et al., 2017). Actualmente, el aprendizaje se soporta de innovaciones, intercambio de ideas y autoaprendizaje para preparar a personas, de acuerdo con sus propósitos, a una autorrealización, pero también a una exitosa integración a la sociedad (Muñoz et al., 2021).

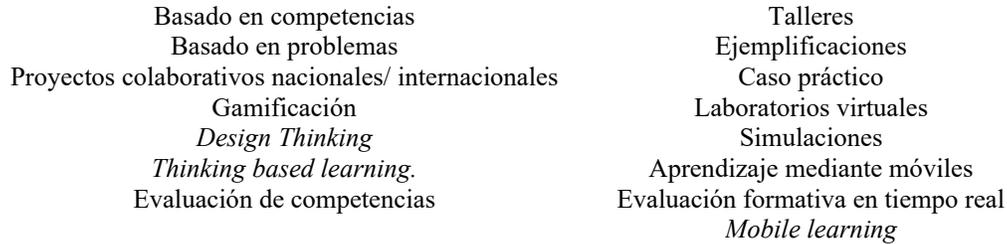
En la investigación educativa se realizan esfuerzos para comprender a nuevas generaciones y su relación con pedagogía en el aprendizaje en el aula, pero al mismo tiempo, los modelos educativos requieren seguir el apremiante ritmo de las demandas, en este caso, para la Industria 4.0, que deben traducirse en el desarrollo de habilidades, tanto técnicas; por ejemplo, en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, como interpersonales (Cabaña et al., 2019).

Consecuentemente, las escuelas de Ingeniería han entretendido el desarrollo del currículo para responder a las necesidades del entorno, pero, no siempre se elige de manera relevante el conjunto de métodos de enseñanza disponibles para ellas. Entre las pedagogías avanzadas, se suelen centrar en la resolución de problemas, la personalización y la conexión de comunidades para el desarrollo social (Rojas et al., 2021).

Con ello, no solo se pretende la adquisición y desarrollo de competencias, también se mejora el compromiso de estudiantes, con mejores métodos, retroalimentación que favorece motivación emocional y social que pueden inspirar a un contexto inmersivo donde el

estudiante mejore su aprendizaje. A continuación, en la figura 1, se presentan estrategias de aprendizaje actuales (Dowdeswell et al., 2020).

**Figura 1. Estrategias de aprendizaje centradas en el estudiante**



En la Figura 1, cada método requiere de sus particulares actividades que proporcionan a estudiantes oportunidades de aprender en diferentes momentos y en diferentes lugares (Grodozki et al, 2018). Por ejemplo, en la estrategia basada en evaluaciones formativas, los *chatbots* y tutores inteligentes favorecen la retroalimentación en tiempo real.

Metodología, procedimiento de búsqueda y análisis- La investigación está organizada en dos etapas, como se muestra Tabla 1.

**Tabla 1. Etapas de la investigación**

ETAPA	ACTIVIDADES	MEDIOS
1. Panorama educativo: Análisis de impacto por autores, citas y medidas en referencia a estrategias de aprendizaje en temas de Industria 4.0.	+Identificación de documentos en la base Web of Science.	Con el software R: Identificación granular de documentos Nube de palabras Mapa de árbol Red de co-ocurrencia
2. Síntesis en una estructura biométrica sobre estrategias efectivas: hallazgos y carencias.	+Revisión manual de artículos relevantes. +Agrupación en categorías: por hallazgos de enfoques, por distribución de métodos de enseñanza y por autores. +Generación del patrón de comportamiento.	+Diagramas de frecuencia. +Modelo de patrón de comportamiento.

En la primera etapa (Tabla 1), para la muestra que corresponde a la identificación de publicaciones, se empleó la base de datos Web of Science, con las palabras clave “learning methods” AND “teaching methods” AND “Industry 4.0” (Wanner et al., 2023).

En el procedimiento de selección se consideró el análisis de datos que incluye investigación científica y académica con acceso a múltiples datos de tipo interdisciplinario, la cual se indexa en Web of Science (Dresch et al, 2015). Se codificaron algoritmos en el software R y apoyado por biblioshiny-bibliometrix, para contar con las características de las publicaciones, en este sentido el procesamiento de documentos se categorizó conforme a;

+ un mapa de árbol, que permite visualizar datos como rectángulos jerarquizados, es decir, cuanto mayor sea el rectángulo, más alto será el valor numérico de publicaciones para ese tema.

+ gráficos de frecuencias sobre el desarrollo de publicaciones y citas por año, con el fin de ubicar el estado de documentos indexados a la Web of Science, así como, las citas recibidas.  
 + un mapa temático, en el cual se realiza una clasificación por cuadrantes. En el primero, “investigación de motor”, se refiere a temas relevantes y reconocidos en el quehacer científico, en el segundo, la “investigación por nicho” son propuestas puntuales para contextos muy específicos. En el tercer cuadrante, el análisis comprende la densidad de publicaciones, esto es, por investigaciones emergentes (exploración de temas) y el cuarto cuadrante, “investigación básica” se refiere a fundamentos, bases de conocimiento y conceptos.

+ un mapa de co-ocurrencia, en esta categoría, el resultado se observa como una red semántica. En su análisis se observan vectores o *n-grams* de dos o más palabras clave emparejadas dentro de los textos analizados. Su finalidad es la de identificar clústeres por temas de un dominio científico.

La segunda parte del método de investigación corresponde a la extracción de las publicaciones de mayor relevancia y su correspondiente análisis manual, para (a) construir una aproximación de un modelo en el que se relacionan estrategias de aprendizaje exitosas con manifestaciones de competencias aplicados a temas de Industria 4.0, y con ello, (b) identificar la distribución de métodos de aprendizaje.

Esto permite determinar hallazgos y carencias en la aplicación de esas estrategias en entornos educativos de ingeniería.

## RESULTADOS

Con la base de datos Web of Science, en el primer nivel de análisis de tipo granular se identificaron 1033 artículos sin auto citas (Figura 2) que, por su número, denota una fase de crecimiento.

**Figura 2. Análisis de Web of Science**

<b>Publications</b> <b>92</b> Total From 1900 to 2023	<b>Citing Articles</b> <b>1,044</b> Analyze Total <b>1,033</b> Analyze Without self-citations	<b>Times Cited</b> <b>1,092</b> Total <b>1,078</b> Without self-citations	<b>11.87</b> Average per item	<b>16</b> H-Index
<input type="checkbox"/> 4.224 Design & Manufacturing 23 <input type="checkbox"/> 6.11 Education & Educational Research 8 <input type="checkbox"/> 7.227 Manufacturing 7 <input type="checkbox"/> 4.61 Artificial Intelligence & Machine Learning 6 <input type="checkbox"/> 7.215 Friction & Vibration 5 <input type="checkbox"/> 4.17 Computer Vision & Graphics 4 <input type="checkbox"/> 4.29 Automation & Control Systems 2 <input type="checkbox"/> 4.48 Knowledge Engineering & Representation 2	<input type="checkbox"/> 6.115 Sustainability Science 2 <input type="checkbox"/> 7.12 Metallurgical Engineering 2 <input type="checkbox"/> 1.7 Neuroscanning 1 <input type="checkbox"/> 2.244 Chemometrics 1 <input type="checkbox"/> 2.296 Textile Chemistry 1 <input type="checkbox"/> 4.116 Robotics 1 <input type="checkbox"/> 4.13 Telecommunications 1 <input type="checkbox"/> 4.18 Power Systems & Electric Vehicles 1	<input type="checkbox"/> 4.183 Transportation 1 <input type="checkbox"/> 4.237 Safety & Maintenance 1 <input type="checkbox"/> 4.322 Remote Research & Education 1 <input type="checkbox"/> 6.10 Economics 1 <input type="checkbox"/> 6.223 Hospitality, Leisure, Sport & Tourism 1 <input type="checkbox"/> 6.317 Risk Assessment 1 <input type="checkbox"/> 7.251 Electrical - Harvesting & Discharging 1 <input type="checkbox"/> 9.92 Statistical Methods 1		

Asimismo, en la Figura 2, los documentos identificados se distinguen por grupos de los más citados, los más consultados, de revisión y de acceso abierto.

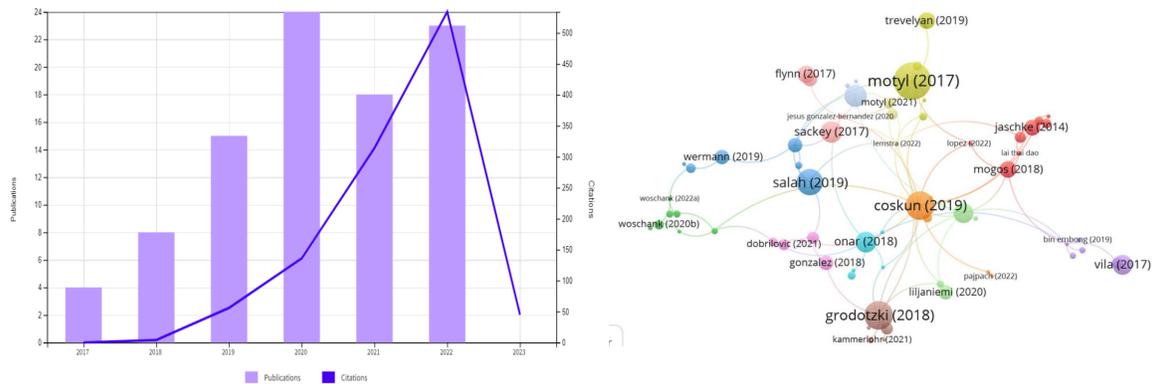
En el procesamiento de documentos, se generó la representación de un mapa de árbol (Figura 3). Se observa que los autores implementan temas educativos de Industria 4.0, en las áreas dominantes de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Ciencias de Computación y de Manufactura.

**Figura 3. Mapa de árbol**



Sobre la categoría de desarrollo de publicaciones, en la Figura 4, se observan las indexadas hasta inicio de enero de 2023. En esa misma figura, en el gráfico de frecuencias se observa una tendencia creciente, tanto de publicaciones, como de citas (en color azul).

**Figura 4. Publicaciones y citas**



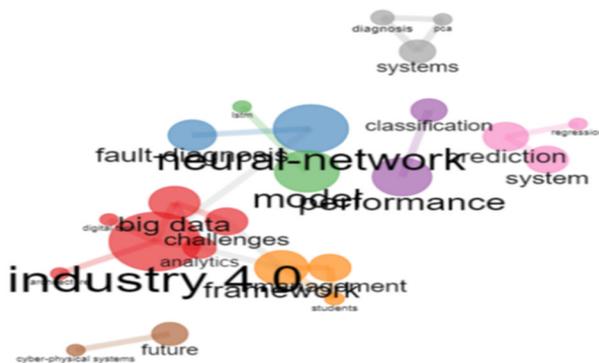
También, en la Figura 4, el creciente número de citas, indica el impacto que han tenido autores diversos en temas de aprendizaje en Industria 4.0. El tamaño de círculo se refiere a la calidad e impacto de las contribuciones. Los códigos de color representan la fuerza de vinculación entre autores, esto permite ubicar clústeres de investigadores que coinciden en sus posturas académicas.

En un nivel más profundo de análisis, en la Figura 5, se tiene un mapa de co-ocurrencia. Destacan ocho nodos. El correspondiente a “big data-retos” incluye la perspectiva de

“Industria 4.0” para la analítica del aprendizaje, en tanto el clúster de “estructura”, también comprende al n-gram “Industria 4.0”, pero desde la perspectiva de “estudiantes”, que se refiere a la integración de métodos y enfoques educativos.

Estas palabras clave están semánticamente relacionadas, y funcionan como tendencias. También, en la Figura 5, la normalización de valores de coocurrencia entre términos pareados para el agrupamiento de “sistemas” en color gris, es el de menor peso.

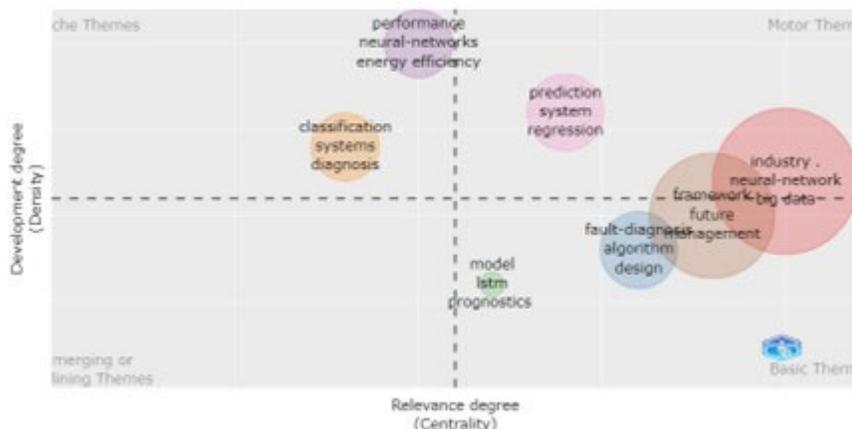
Figura 5. Mapa de co-ocurrencia



A continuación, se presenta la Figura 6, con un mapa temático. De acuerdo con su morfología por cuadrantes, existe un vínculo fuerte entre el cuadrante uno (motor) para temas de mayor trabajo científico, y el de fundamentos/ conceptos básicos, en el cuadrante 4, con los rubros de “redes neuronales”, “datos masivos” y “estructuras de gestión futuras”, que se refiere a que los autores están favoreciendo la automatización y virtualización de pedagogías y estrategias educativas para la formación de estudiantes en Industria 4.0.

Esto se ejemplifica con aplicaciones de tutores inteligentes, evaluación automática y sistemas de gestión del aprendizaje (con analítica del aprendizaje), que tiene en su dominio, mecanismos para la predicción del comportamiento del estudiante en un entorno educativo, por ejemplo, el rezago y abandono.

Figura 6. Mapa temático

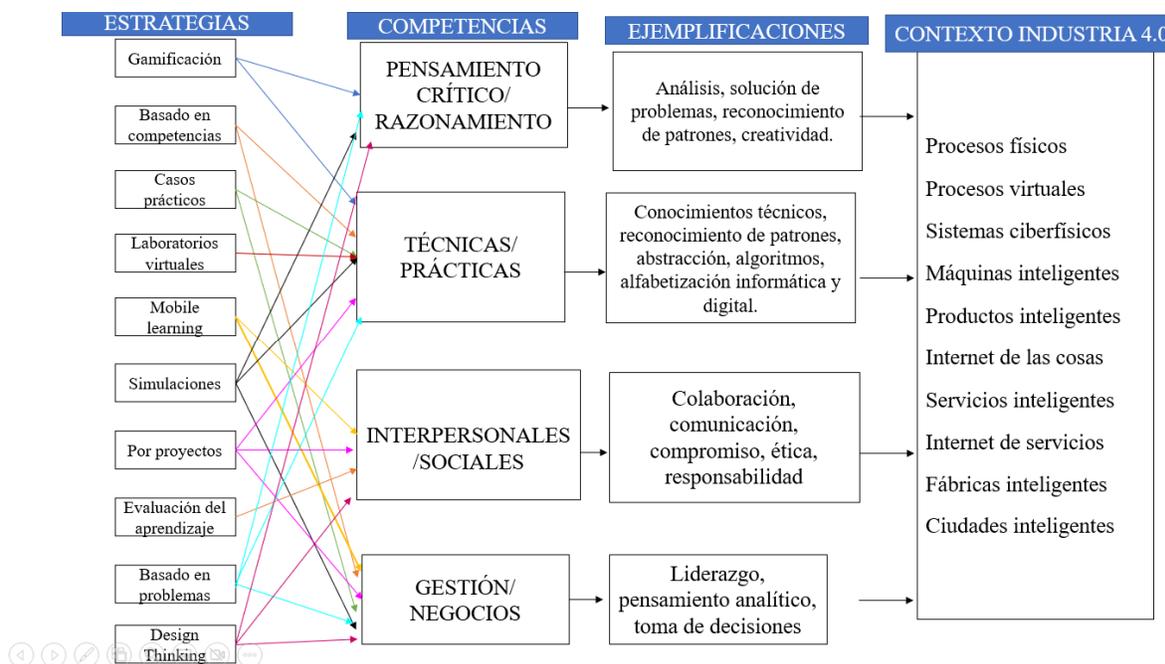


En estos mismos cuadrantes, 1 y 4, existe un paralelismo, ya que se ubican los conceptos de “predicción-sistemas de regresión”, coincidente con “modelos de redes neuronales recurrentes (lstm)-pronósticos”, lo cual revela un interés en el desarrollo de estructuras, modelos y algoritmos para soportar propuestas didácticas que logren mantener la motivación del estudiantado, al mismo tiempo permitan alcanzar objetivos educacionales.

Siguiendo las etapas de la investigación, se procedió a la revisión, uno a uno, de 92 documentos, identificados como los de mayor relevancia.

A partir de los antecedentes descritos en la revisión de literatura, se construyó un modelo que contiene temas de Industria 4.0, estrategias educativas para la formación de estudiantes de ingeniería y hallazgos de competencias, esto es, qué estrategias desarrollan qué competencias, las cuales adquieren un rol de impacto en la formación de estudiantes de ingeniería en la Industria 4.0 (Figura 7).

**Figura 7.** Modelo de integración de estrategias educativas, competencias y temas de Industria 4.0



El esquema de integración de la Figura 7 identifica categorías de competencias de pensamiento crítico/ razonamiento, las de tipo técnico/ práctico, interpersonales/ sociales, y de gestión/negocios en el contexto de Industria 4.0 que desarrollaron los sustentantes cuando se les aplicó alguna de las estrategias mencionadas. Se deduce de estas, que pueden ser aplicadas en México y en cualquier área disciplinar de ingeniería, dado que la Industria 4.0 y el contexto de desafíos actuales educativos impactan en todos los sectores productivos.

Se observa en la Figura 7 un “vacío”, en el que las estrategias educativas de Thinking based learning, Acciones formativas, Talleres y Ejemplificaciones no se encuentran entre las publicaciones.

Con base en lo anterior, otros hallazgos son la frecuencia de “éxitos” que representan las estrategias educativas, en donde el proceso de aprendizaje basado en competencias resulta ser el más empleado (Figura 8).

Se considera por este análisis que la didáctica por competencias apunta a un desempeño exitoso del estudiante, conforme se observa en la Figura 8.

**Figura 8.** Estrategias de aprendizaje



En el análisis por métodos de problemas y de simulación tiene una frecuencia de 13 y 14, respectivamente, siendo inferiores a la mitad del método por competencias. Los métodos por proyecto, gamificación y laboratorio coinciden en una frecuencia de 7, lo que genera un factor de aproximadamente 5 con respecto a competencia.

Es de notar que las cantidades mostradas no coinciden con el número de artículos, debido a que en un documento aparecen varias veces diferentes estrategias, los cuales se tomaron como base de la frecuencia.

**CONCLUSIONES**

En el análisis de la literatura, las universidades están conscientes de la importancia de la industria 4.0, pero en ocasiones la base de ajustes suelen relacionarse con requisitos empíricos y en otras ocasiones, se considera la visión de un número limitado de socios industriales para actualizaciones de programas de estudio, consecuentemente, las mejoras quedan ubicadas a un nivel local, en el mejor de los casos, a un nivel regional, cuando se podrían incorporar mecanismos avanzados de bibliometría para la identificación de enfoques educativos mundiales.

En la investigación se han identificado estrategias de aprendizaje en un mundo global de Industria 4.0, con proyecciones efectivas y exitosas en el aula. Para cumplir con los requisitos de una educación preparada para el futuro, los educadores y las instituciones no solo deberán enfocarse en la definición de planes de estudio de ingeniería, sino también en recomendaciones prácticas para ayudar a los estudiantes a desarrollar competencias marcadas en marcos de referencia educativos, pero también por las necesidades laborales de la Industria 4.0.

Se ha construido un modelo, como una representación concreta que permite integrar estrategias con competencias en un contexto de la Industria 4.0. Esto apuntala a fortalecer el proceso de formación de estudiantes en ingeniería. Entre los hallazgos destaca que la estrategia de aprendizaje por competencias genera los mejores resultados, conforme la evidencia. También es de llamar la atención que el aprendizaje por proyectos se implementa actualmente, tanto a nivel nacional, como internacional, esto es, un estudiante trabaja con estudiantes internacionales en un mismo proyecto.

Esta investigación representa un punto de partida para que, en diseños curriculares, también se contemplen estrategias educativas en el proceso formativo con relación a las competencias, lo cual permitirá alinear y sistematizar de una mejor forma, el seguimiento al perfil de egreso.

El artículo ha sido posible gracias al apoyo recibido de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del proyecto PAPIME PE112723.

## BIBLIOGRAFÍA

- Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET] (2021). *Criteria for accrediting engineering technology programs, 2018 - 2019*. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-technology-programs-2018-2019/#GC3>
- Acevedo, N., Jiménez, L. y Rojas, M. (2017). Análisis bibliométrico sobre indicadores de innovación. *Revista Espacios*, vol. 38(8). <https://www.revistaespacios.com/a17v38n08/a17v38n08p10.pdf>
- Cabaña, A., Galbusera, L. y Fornari, J. (26-27 septiembre, 2019). *Industria 4.0: Competencias en carreras de ingeniería*. JIT 2019 - Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos. Facultad Regional de Rosario, Argentina. <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/article/view/522>
- Daun, M., Grubb, A., Stenkova, V., & Tenbergen, B. (2023). A systematic literature review of requirements engineering education. *Requirements Engineering*, vol. 28, pp. 145–175. <https://doi.org/10.1007/s00766-022-00381-9>
- Dowdeswell, B., Sinha, R., & MacDonell, S. (2020). Finding faults: A scoping study of fault diagnostics for industrial cyber-physical systems. *Journal of Systems and Software*, vol. 168. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.05451>

- Dresch, A., Pacheco, D., & Valle, J. (2015). *Design Science Research. A Method for Science and Technology Advancement*. Springer International Publishing. <https://www.springerprofessional.de/design-science-research/2152212>
- Grodzki, J., Ortelt, T., & Tekkaya, A.E. (2018). Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. *Procedia Manufacturing*, vol. 26, pp. 1349-1360. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918308023>
- Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions [LACCEI] (19-21 July 2017). *The Fifteen LACCEI International Multi-Conference for engineering, education, and technology. Global Partnerships for Development and Engineering Education*. Boca Raton, Florida – USA. <https://laccei.org/laccei-proceedings/>
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., & Filippi, S. (2017). How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey. *Procedia Manufacturing*, vol. 11, pp. 1501-1509. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304900>
- Muñoz, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J. y Echeverría, D. (2021). Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Formación universitaria*, vol. 14(2), pp. 75-84. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062021000200075>
- Rojas, I. Jiménez, E. y Yepes, R. (2021). Competencias Profesionales e Industria 4.0: Análisis Exploratorio para Ingeniería Industrial y Administrativa en Medellín. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, vol. 14(2). <https://www.redalyc.org/journal/5610/561070063007/html/>
- Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns, L., Groß, K., Schuster, K., and Jeschke, S. (10-13 April 2016). *Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age*. 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Abu Dhabi, United Arab Emirates. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7474545>
- Rojas, I. Jiménez, E. y Yepes, R. (2021). Competencias Profesionales e Industria 4.0: Análisis Exploratorio para Ingeniería Industrial y Administrativa en Medellín. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, vol. 14(2). <https://www.redalyc.org/journal/5610/561070063007/html/>
- Wanner, J., Wissuchek, C., Welsch, G., & Janiesch, C. (2023). A taxonomy and archetypes of business analytics in smart manufacturing. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, vol. 54(1), pp. 11 - 45. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3583581.3583584>