

Competencias del Ingeniero Industrial en la era de la Industria 4.0

Gómez, Mónica C.

monica.gomez@unc.edu.ar

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba (Argentina).

Cocci Olea, Nazareno N.

nazareno.cocci@unc.edu.ar

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba (Argentina).

Deschutter, Nahuel E.

nahueldeschutter001@mi.unc.edu.ar

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba (Argentina).

Jara, Facundo M.

facundo.jara@mi.unc.edu.ar

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba (Argentina).

Fecha de recepción RIII: 24/09/2025

Fecha de aprobación RIII: 29/05/2026

RESUMEN

La formación por competencias implica un desafío para la educación superior en la era de la Industria 4.0. A partir de actividades de investigación y extensión realizadas desde la Carrera de Ingeniería industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo se ha observado una mayor necesidad de competencias vinculadas a la transformación digital. Este artículo hace referencia a la primera etapa de un proyecto de investigación cuyo objetivo principal es relacionar competencias en la formación académica y necesidades de las empresas en relación a la transformación digital. Se desarrolla el marco conceptual y metodológico para llevar a cabo un estudio del estado del arte en la temática y el planteo de una herramienta de relevamiento para explorar el perfil profesional de los graduados a fin de descubrir sus conocimientos en nuevas tecnologías, a la vez que explorar las necesidades de las empresas en el manejo de estas tecnologías. También, se realiza un análisis de los programas del plan de estudios para identificar las brechas entre los contenidos desarrollados y los asociados a esta nueva era. Por último, se presenta el diseño de la encuesta y las conclusiones sobre los avances conceptuales y las etapas a seguir.

Palabras Claves: competencias; ingeniería industrial; industria 4.0; transformación digital.

Industrial engineering competencies in the era of Industry 4.0

ABSTRACT

Competency-based education poses a challenge for higher education in the era of Industry 4.0. Based on research and extension activities conducted within the Industrial Engineering program at the academic unit where this work was carried out, an increasing need for competencies related to digital transformation has been identified. This article presents the first stage of a research project whose main objective is to relate competencies developed through academic education to the needs of companies regarding digital transformation. The paper develops the conceptual and methodological framework for conducting a state-of-the-art review on the subject and for designing a survey instrument to explore graduates' professional profiles, with the aim of identifying their knowledge of emerging technologies while also examining companies' needs concerning the use of these technologies. In addition, an analysis of the curriculum is carried out to identify gaps between the course contents currently offered and those associated with this new technological era. Finally, the survey design is presented, together with the conclusions regarding the conceptual advances achieved and the subsequent stages of the project.

Keywords: competencies; industrial engineering; Industry 4.0; digital transformation.

Competências do engenheiro industrial na era da Indústria 4.0

RESUMO

A formação baseada em competências representa um desafio para o ensino superior na era da Indústria 4.0. A partir de atividades de pesquisa e extensão desenvolvidas no curso de Engenharia Industrial da unidade acadêmica onde este trabalho foi realizado, observou-se uma crescente necessidade de competências relacionadas à transformação digital. Este artigo apresenta a primeira etapa de um projeto de pesquisa cujo principal objetivo é relacionar as competências desenvolvidas na formação acadêmica com as necessidades das empresas no contexto da transformação digital. Desenvolve-se o referencial conceitual e metodológico para a realização de um estudo do estado da arte sobre o tema e para a elaboração de um instrumento de levantamento de dados destinado a explorar o perfil profissional dos egressos, a fim de identificar seus conhecimentos sobre novas tecnologias e, ao mesmo tempo, investigar as necessidades das empresas quanto ao domínio dessas tecnologias. Além disso, realiza-se uma análise dos programas do currículo com o objetivo de identificar as lacunas entre os conteúdos desenvolvidos e aqueles associados a essa nova era. Por fim, apresenta-se o desenho do questionário e as conclusões sobre os avanços conceituais alcançados e as etapas subsequentes do projeto.

Palavras chave: competências; engenharia industrial; Indústria 4.0; transformação digital.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se presenta una de las partes constitutivas de un proyecto de investigación en proceso, enmarcado en el campo de las competencias de los ingenieros industriales. A partir del libro Rojo del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) y de los nuevos estándares de ingeniería aprobados por el Ministerio de Educación, se considera interesante profundizar en el análisis de las competencias de los estudiantes y los egresados. También, analizar las necesidades de las organizaciones del medio donde luego se desempeñarán los graduados de la carrera de Ingeniería Industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo.

Esta inquietud dio origen a un primer proyecto, ya concluido, cuyo objetivo fueron las competencias de gestión (Cocci Olea, Ciuffolini, Deschutter, & Gómez, 2023). Como su continuación, surge el actual proyecto, orientado a las competencias en “nuevas tecnologías” vinculadas a la nueva revolución industrial. En la actualidad, se considera que el aporte de las tecnologías de la información a la productividad y competitividad de las empresas resulta fundamental para su crecimiento y sostenibilidad a largo plazo. Este paradigma, englobado en términos como “Industria 4.0” o “Transformación digital” supone la necesidad de incorporar nuevos perfiles profesionales que tengan la capacidad de gestionar dichos recursos y la innovación empresarial que su implementación conlleva.

La importancia e impacto de este trabajo, remarca la necesidad actual que tiene la matriz productiva mundial, y sobre todo la de Argentina, de desarrollar e incorporar a profesionales que posean las habilidades competentes para la gestión de tecnologías innovadoras dentro del campo industrial, como herramienta principal para la conducción y desarrollo de la transformación digital de dicha matriz, que incipientemente ha comenzado hace algunos años (Gomez, 2022). Cada vez se hace más notable la relación directa entre la dinámica económica y el nivel de innovación de las empresas, las regiones y los países. Sin embargo, una de las principales restricciones que tiene el sector tecnológico argentino para seguir creciendo es la disponibilidad de personal capacitado (Deschutter, Ciuffolini, Cocci Olea, Gómez, & Rigazio, 2021). Algunos informes señalan que más del 70 % de los ejecutivos encuestados coincide en que la falta de personal capacitado es un desafío relevante para alcanzar la Industria 4.0 en Argentina (Nieponice, Rivera, Tfeli, & Drewanz, 2018).

En función de lo expuesto, particularmente este artículo presenta un análisis del estado del arte de las competencias del ingeniero industrial vinculadas a las tecnologías de la Industria 4.0, y resalta la importancia de profundizar antecedentes de investigaciones relacionados, con el fin de obtener una visión amplia pero profunda de dicha vinculación. A la vez, también presenta el desarrollo teórico de una herramienta de relevamiento de información sobre competencias tecnológicas en graduados de la Carrera de Ingeniería Industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo.

El objetivo de este relevamiento es estudiar el perfil real de los egresados en la actualidad y descubrir los conocimientos vinculados a las nuevas tecnologías faltantes en la carrera. Se espera que este relevamiento suministre datos actuales sobre las tecnologías que usan los graduados en su labor profesional diaria. De esta misma información en función del ámbito de desempeño, se explorarán las necesidades de las empresas u organizaciones.

Paralelamente, se realiza un análisis de los programas de las materias de la currícula, identificando las competencias que debieran adquirir los estudiantes en el cursado y la bibliografía utilizada. Para luego seguir con la implementación de la herramienta de relevamiento, el estudio de los resultados y la comparación posterior con la propuesta académica, lo cual es objeto de otro artículo.

Este artículo presenta hallazgos encontrados sobre avances conceptuales, dificultades en la búsqueda y reflexiones sobre la temática en estudio y el desarrollo de la herramienta de relevamiento, su discusión y los pasos que se propone este equipo de trabajo para continuar la exploración y análisis.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

La transformación digital representa un cambio paradigmático en la forma en que las organizaciones operan, impulsado por la convergencia de tecnologías como el internet, los datos masivos y la inteligencia artificial (Schwab, 2017). Este proceso ha dado lugar a nuevos modelos de negocio y ha transformado industrias enteras, demandando un nuevo perfil profesional.

Dentro de este contexto, la Industria 4.0 y la Industria 5.0 representan etapas sucesivas de esta transformación. La Industria 4.0 se caracteriza por la fusión de tecnologías digitales y físicas en los procesos de producción, lo que permite una mayor automatización, personalización y eficiencia (Lee & Lee, 2015). El Foro Económico Mundial define la Industria 4.0 como la cuarta revolución industrial, basada en tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el big data y la robótica (World Economic Forum, 2023). Por su parte, la Industria 5.0 busca humanizar la producción y poner a las personas en el centro de los procesos industriales, fomentando la sostenibilidad y la ética (Rifkin, 2014).

En cuanto a las tecnologías comprendidas en la transformación, existen diversos puntos de vista y muchas discusiones al respecto por lo que es oportuno tomar como referencia el planteo de Basco (2018) de 10 pilares tecnológicos de la Industria 4.0 (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018):

- Sistemas de Integración de Información
- Máquinas y sistemas autónomos
- Internet de las cosas (IoT)
- Manufactura Aditiva
- Big Data y análisis de Datos
- Computación en la nube
- Simulación de entornos Virtuales
- Inteligencia Artificial
- Ciberseguridad
- Realidad Aumentada

En continuidad con este encuadre conceptual, un informe del BID (Albrieu, y otros, 2019) presentó un trabajo realizado sobre 307 empresas argentinas cuyos resultados identificaron tres grupos de empresas:

- Un pequeño conjunto de 6% que a pesar de no ser enteramente 4.0 se encuentran próximas a la cima tecnológica, denominados Cóndores.
- Un grupo intermedio de 45% que se caracteriza por emplear tecnologías de desarrollo medio y ser activas para cerrar las brechas que las separan de las fronteras tecnológicas. Los que se denominan en este informe como Alpinistas.
- Por último, en la cola tenemos casi el 50% de empresas que usan tecnologías de primera y segunda generación y parecen inactivas frente al cambio tecnológico. Que serían los Trekkers.

Dicho informe evidenció que, en términos de adopción tecnológica, la travesía hacia la industria 4.0 en Argentina estaba dando sus primeros pasos, y que se esperaba una demanda de habilidades para los siguientes cinco años.

Por su parte, el trabajo de Hirs-Garzón y Vargas (2023) expone que el aprovechamiento de las tecnologías digitales es una oportunidad para que la región de América Latina y el Caribe, pueda comenzar a cerrar la brecha de ingresos y productividad que tiene respecto de los países de mayor ingreso de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (Hirs-Garzón & Vargas, 2023).

La naturaleza disruptiva de los cambios tecnológicos del momento aumenta la importancia de contar con capacidades para adaptarse, colaborar con equipos de trabajo y pensar en forma creativa sobre nuevos problemas, entre otras habilidades blandas que ayudan a las personas a reaprender ante los cambios en el trabajo (Albrieu, y otros, 2019).

Por otro lado, Martha Alles, reconocida experta en gestión del talento, propone un modelo de competencias que se alinea perfectamente con las necesidades de los ingenieros industriales en la era digital. Según esta autora, las competencias se dividen en tres grandes categorías (Alles, 2019):

- Competencias técnicas: Conocimientos específicos de la disciplina, como la Ingeniería Industrial, y habilidades técnicas relacionadas con las tecnologías digitales.
- Competencias comportamentales: Habilidades sociales, emocionales y de comunicación que permiten trabajar en equipo, resolver conflictos y liderar.
- Competencias conceptuales: Capacidad para comprender el contexto empresarial, analizar situaciones complejas y tomar decisiones estratégicas.

Estas competencias son fundamentales para que los ingenieros industriales puedan adaptarse a los cambios constantes del entorno y desempeñar un papel protagónico en la transformación digital de las organizaciones.

Esta sección pretende plantear el enfoque conceptual de las nuevas tecnologías y su integración con el concepto de competencias. A continuación, se presenta el marco metodológico para la exploración en el campo. El encuadre conceptual se profundiza luego, con un mayor grado de especificidad, en las fases 3 y 4 del diseño de la investigación, en la sección 4, desarrollo.

3. METODOLOGÍA

En cuanto al marco metodológico, se propone un proceso de investigación de enfoque cuantitativo, en términos generales, lo cual conlleva a la necesidad de plantear un problema concreto y acotado de estudio, construyendo un marco teórico mediante la revisión de la literatura ad hoc. Para llevar a cabo este tipo de investigación, Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018) sugieren 10 pasos o fases a seguir:

Fase 1. Descripción de la idea y contextualización.

Fase 2. Planteamiento del problema: es decir proceso por el cual se debe afinar, precisar y estructurar la idea de investigación, lo cual involucra mayor formalización y delimitación en el caso del enfoque cuantitativo. Para llevar a cabo esta fase se planteará una pregunta problema y objetivos para delimitar el estudio.

Fase 3. Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico.

Fase 4. Visualización del alcance del estudio: en función del planteamiento del problema, definir si el alcance será de tipo: exploratorio, descriptivo, correlacional-causal, o explicativo.

Fase 5. Elaboración de hipótesis y definición de variables: que se establecerá en función del alcance definido.

Fase 6. Desarrollo del diseño de investigación: este se puede clasificar en investigaciones experimentales y en investigaciones no experimentales. A su vez, esta última puede clasificarse en transversal (recolección de datos en un solo momento determinado) y longitudinal, siendo su característica la recolección de información en varios momentos. Los diseños de investigaciones no experimentales transversales pueden clasificarse en correlaciones-causales, descriptivos y/o exploratorios, siendo este último aquellos que tienen como fin comenzar a familiarizarse con un fenómeno en un momento específico (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Fase 7. Definición y selección de la muestra: en esta etapa, se debe determinar la unidad de muestreo, delimitar la población o universo, seleccionar la estrategia de muestreo adecuada para mantener su representatividad estadística, calcular el tamaño de la muestra adecuada y seleccionar las unidades de muestreo a analizar, es decir lograr inmersión inicial en el campo.

Fase 8. Recolección de los datos: cualquier método o táctica de investigación necesita, en última instancia, reducir constructos, conceptos, ideas o hipótesis a datos. En este proceso de operativización entran de lleno las técnicas. Estas técnicas van a estar muy relacionadas con todo aquello que tenga que ver con instrumentos y procedimientos para transformar hechos concretos en datos significativos.

Fase 9. Análisis de los datos obtenidos

Fase 10. Elaboración de reporte de resultados.

En la siguiente sección se desarrollan estas fases profundizando cada una de ellas e introduciendo la investigación.

4. DESARROLLO

Esta sección se propone describir el trabajo que está llevando a cabo este equipo de investigación, para el armado de la herramienta de relevamiento. Se explica la estrategia de investigación y sus pasos para determinar el diseño más apropiado.

Fase 1 y 2: Idea y Planteamiento del problema

Como ya se mencionó en la introducción el aporte de las tecnologías de la información a la productividad y competitividad de las empresas es de gran importancia. Por tanto, hablar de “Industria 4.0” o “Transformación digital” supone la necesidad de nuevos perfiles profesionales (Gómez, 2023).

La idea de este estudio también presenta antecedentes en las charlas y trabajos realizados por la Asociación Argentina de Estudiantes de Ingeniería Industrial y carreras afines (AAREII) que a través de distintas actividades establece contacto fluido con estudiantes, academia e industria. El Congreso Argentino de Estudiantes de Ingeniería Industrial y carreras afines (CAEII) es el evento más convocante organizado por AAREII, el cual reúne anualmente a estudiantes de Ingeniería Industrial y diversas carreras de todo el país con el fin de complementar la formación de los futuros ingenieros. Para cumplir con esta premisa, durante el desarrollo del mencionado congreso se llevan a cabo talleres, visitas

técnicas y conferencias sobre temáticas que normalmente no se tratan en los planes de estudios de la carrera. Con el objetivo de detectar qué temas son relevantes para el estudiantado, año tras año, desde AAREII se realiza un relevamiento a través de los representantes de cada universidad, para luego, a partir de ello, plantear los pilares académicos a utilizar en los diferentes eventos. Particularmente, desde la primera edición post pandemia en 2022, hasta la reciente en 2025, predominaron temáticas referidas a la Industria 4.0, la sostenibilidad, la salud mental y la innovación. Se trabajaron pilares como: logística 4.0, evolución tecnológica en los ámbitos de trabajo, construcción de un futuro sostenible, innovación y futuro, liderazgo transformacional, equilibrio mental en la ingeniería. Es relevante destacar que, de los últimos 12 pilares trabajados, seis tienen relación con la Industria 4.0, repitiendo conceptos como Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas, robótica o big data. El resto de los pilares se relacionan con las demás temáticas mencionadas previamente.

En este contexto y con estos antecedentes, se ha propuesto profundizar sobre las actividades de los profesionales de Ingeniería Industrial (II) egresados de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo y su vinculación con las tecnologías de la Industria 4.0:

¿La formación actual, brindada en la carrera de grado, permite el desempeño habitual del Ingeniero Industrial en entornos donde se utilicen tecnologías 4.0?

Para responder esta pregunta, se han propuesto los siguientes objetivos:

- Determinar si actualmente, los egresados de la carrera de Ingeniería Industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo utilizan tecnologías de la Industria 4.0 en su actividad profesional.
- Determinar cuál es el grado y/o frecuencia de uso de dichas tecnologías en su actividad profesional.
- Establecer cuál es el conocimiento brindado en la carrera de Ingeniería Industrial en estudio respecto a las tecnologías de la Industria 4.0.
- Contrastar los conocimientos necesarios para explotar las tecnologías de la Industria 4.0 con los conocimientos aprendidos en la carrera de grado.

El propósito de este estudio es evaluar, de manera objetiva, si la formación actual brindada por la carrera de Ingeniería Industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo condice con el cambio de paradigma dentro de la industria, brindando herramientas que permitan a los actuales y futuros profesionales el desempeño de las actividades profesionales que demanda actualmente el mercado, vinculado a las tecnologías de la digitalización y la Industria 4.0.

Fase 3 y 4: Elaborar el marco teórico y Visualización del alcance del estudio

La transformación digital que experimenta el mundo ha redefinido los perfiles profesionales y las competencias requeridas en diversos sectores industriales. En este contexto, los ingenieros industriales se enfrentan al desafío de adaptarse a un entorno laboral cada vez más complejo y dinámico; por lo que se vuelve necesario contar con investigaciones rigurosas que permitan identificar las competencias clave para el éxito.

En ese sentido, el proyecto de investigación se propone contribuir al conocimiento existente sobre las competencias de los ingenieros industriales en la Industria 4.0, partiendo de una revisión sistemática de la literatura científica que logre establecer un marco de referencia acerca de las tendencias actuales y las necesidades futuras del mercado laboral. Esta revisión se desarrolló a nivel internacional, regional y nacional, entre los años 2001 y 2023.

La búsqueda internacional se centró en identificar estudios que abordan la relación entre las competencias del ingeniero industrial y las tecnologías de la Industria 4.0. Utilizando una cadena de términos clave exhaustiva, se consultó la base de datos Web of Science, delimitando la búsqueda a documentos publicados en inglés debido a la predominancia de este idioma en las bases de datos académicas, lo que garantiza un acceso más amplio a información actualizada y relevante, simplificando el análisis y la comparación de estudios.

A continuación, se muestra la cadena de búsqueda que se utilizó, donde el término TS establece que la búsqueda de las palabras especificadas se realice tanto en el resumen, como en el título y en las palabras claves de los artículos de la base de datos.

TS=((("information system*" OR "information technolog*" OR "information and communication* technolog*" OR "digital technolog*" OR ict OR "technological innovation" OR "internet of things" OR iot OR cloud OR web OR e-business OR e-commerce OR "enterprise resource planning" OR erp OR "material* requirement* planning" OR mrp OR "electronic data interchange" OR edi OR "radio-frequency identification" OR rfid OR "business intelligence" OR software OR "artificial intelligence" OR "big data" OR "industry* 4.0" OR e-procurement OR "cyber physical system*" OR blockchain OR "augmented reality" OR "virtual reality" OR "additive manufacturing" OR robotic* OR "3D print*" OR cybersecurity OR "industrial simulation" OR "warehouse management system" OR "transportation management system") AND ("skill*") AND ("Industrial engineer*" OR "Industrial organization"))

A pesar de la amplitud de la búsqueda, el corpus inicial de 46 documentos se redujo significativamente tras un proceso de selección basado en títulos, resúmenes y contenido, resultando en solo dos estudios que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos, uno enfocado en el contexto sudafricano y otro en las instituciones estadounidenses acreditadas por la Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET).

"Industrial Engineering Curriculum in Industry 4.0 in a South African Context" publicado en el journal Sudafricano de Ingeniería Industrial, por los autores Samuel Mensah Sackey y Andre Bester de las universidades Kwame Nkrumah University Of Science and Technology y Academic Institute of Excellence, respectivamente (Sackey & Bester, 2016).

"Status Quo of Smart Manufacturing Curricula offered by ABET accredited Industrial Engineering programs in the US" publicado en la revista Manufacturing Letters de septiembre de 2022, por los autores Milica Babica, Anna Billeya, Mike Nagerb, Thorsten Wuesta, de la Universidad de West Virginia (Babica, Billeya, Nagerb, & Wuesta, 2022).

Al comparar ambos estudios, se observa que, a pesar de las diferencias geográficas y contextuales, existen tendencias comunes en cuanto a las competencias requeridas por los ingenieros industriales en la Industria 4.0, tales como el análisis de datos, la simulación, la automatización, internet de las cosas y la integración de sistemas ciberfísicos. Otro punto en común entre ambas investigaciones es la necesidad imperiosa de adaptar los planes de estudio de II para responder a los desafíos y oportunidades de la Industria 4.0. Tanto en Sudáfrica como en Estados Unidos, se observa una brecha entre las competencias requeridas por el mercado laboral y las habilidades impartidas en las universidades.

Ambos artículos, constituyen un punto de partida para una revisión de la literatura existente y permiten identificar las principales tendencias y debates en torno a las competencias profesionales del ingeniero industrial en la era digital, entre las cuales se menciona:

Ciencia de Datos y Análisis Avanzado (Big Data)

- Habilidad para evaluar grandes conjuntos de datos de múltiples fuentes.
- Uso de técnicas de inteligencia artificial y machine learning para el análisis de datos.
- Métodos de análisis de datos y técnicas de visualización de datos.

Simulación Avanzada y Modelado Virtual de Plantas

- Capacidad para utilizar datos en tiempo real para crear modelos virtuales de plantas.
- Optimización de operaciones y toma de decisiones en tiempo real mediante simulación.

Automatización y Redes de Comunicación de Datos

- Conocimientos en la automatización de sistemas y redes de comunicación de datos.
- Controladores lógicos programables (PLC) y sistemas interoperables.

Interfaces Hombre-Máquina Novedosas

- Diseño y optimización de sistemas de realidad aumentada y colaboración humano-robot.
- Uso de tecnologías como la realidad aumentada y virtual para mejorar la interacción hombre máquina.

Tecnologías de Transferencia Digital a Física (Impresión 3D)

- Conocimiento en sistemas de impresión 3D y evaluación de la calidad de salida y capacidad del proceso.
- Aplicación de tecnologías de manufactura aditiva.

Sistemas de Control de Calidad Integrados en Bucle Cerrado

- Gestión de sistemas de control de calidad basados en datos en tiempo real.
- Implementación de sistemas de control de calidad automatizados y adaptativos.

Optimización de Inventarios y Logística en Tiempo Real

- Uso de tecnologías como sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) para optimizar la logística y el inventario.
- Monitoreo y optimización del consumo de energía en procesos de manufactura.

Conectividad y Control

- Conocimientos en sistemas interoperables y control de dispositivos.
- Integración de sistemas ciberfísicos y el Internet de las Cosas (IIoT).

Particularmente, el artículo "Industrial Engineering Curriculum in Industry 4.0 in a South African Context" analiza las competencias necesarias para los ingenieros industriales en la era de la Industria 4.0 y resalta la importancia de actualizar los planes de estudio, pero se enfoca en el impacto de la Industria 4.0 en la Ingeniería Industrial en Sudáfrica.

El artículo "Status Quo of Smart Manufacturing Curricula offered by ABET accredited Industrial Engineering programs in the US" analiza la oferta educativa de manufactura inteligente en programas de Ingeniería Industrial acreditados por ABET e identifica los principales temas cubiertos en los currículos y la proporción de universidades que los ofrecen, pero enfoca la investigación en EEUU.

A nivel regional, se encontraron artículos de México, Chile y Colombia orientados a la Industria 4.0 y su tratamiento en sectores industriales, educación y formación profesional en general. Simplificando la cadena de búsqueda a ((ingeniero industrial) AND (industria 4.0)) AND (competencias), se detectaron tres artículos más específicos:

- “Competencias del ingeniero industrial en la Industria 4.0” publicado en la Revista electrónica de investigación educativa, México, por los autores Isidro Jesús González-Hernández y Rafael Granillo-Macías de la Universidad de Quintana Roo (Gonzalez-Hernandez & Granillo-Macías, 2020).
- “Competencias profesionales e Industria 4.0: análisis exploratorio para Ingeniería Industrial y administrativa en Medellín” publicado en Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía, Colombia, por los autores Iván Darío Rojas Arenas y Elizabeth Jiménez Medina de la Universidad Pascual Bravo, Colombia y René Yepes Callejas de la Universidad Pontificia Bolivariana (Rojas-Arenas, Jiménez-Medina, & Yepes-Callejas, 2021)
- “Industria 4.0: retos en la formación universitaria del ingeniero industrial”, publicado en la Revista Ingeniun, Venezuela, por Adolfo José Pérez Perdomo de la Universidad Yacambú (Perez Perdomo, 2023).

Del análisis de estas tres publicaciones, se encontró que todas coinciden en que la educación universitaria superior debe dar un giro en sus metodologías de enseñanza y en los contenidos de sus currículas, adaptándolos a las nuevas tendencias de la Industria 4.0 requeridas en el actual ámbito laboral. También, que los ingenieros industriales deben manejar herramientas tecnológicas como big data, cloud computing, robots colaborativos, realidad virtual y aumentada, impresión 3D e inteligencia artificial.

En el contexto nacional, se buscaron publicaciones de diferentes fuentes que correspondan a grupos de investigación de universidades o instituciones argentinas. Con este fin, se ejecutó la búsqueda en diversas bases de datos como el Repositorio Digital UNC (RDU), el Repositorio Institucional Abierto de la UTN (RIA), el reservorio de publicaciones de Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA), ResearchGate, el Sistema Nacional de Repositorios Digitales y SciELO, poniendo como condición que los artículos sean de origen argentino.

En primer lugar, se procedió a utilizar la cadena de búsqueda presentada previamente en la búsqueda internacional, la cual únicamente era admitida en las páginas ResearchGate y SciELO, obteniendo “sin resultados” en ambas. Los repositorios nacionales como: Repositorio Digital UNC (RDU), Repositorio Institucional Abierto de la UTN (RIA), Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA) y el Sistema Nacional de Repositorios Digitales, permiten las búsquedas a través de filtros, por lo que se utilizó “Ingeniería Industrial” (o “Ingeniero Industrial”), “Competencias” (o “Habilidades”) e “Industria 4.0” (o “Digitalización” o “Transformación Digital”), encontrando tres artículos relacionados con la Industria 4.0 y solo uno integrando con la II.

Los artículos encontrados vinculan la Industria 4.0 y la formación de ingenieros en general, más enfocados en la utilización de herramientas y el diseño e implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje en alguna materia en particular o de un rubro específico de la industria, (Cabaña, 2019) (Haustein & Doria, 2022) (Trigueros, Compagnoni, Toro, & Gómez, 2020). Solo uno hace referencia a la articulación entre las nuevas tecnologías y la II, donde se plantean habilidades vinculadas con inteligencia artificial, impresión 3D, computación en la nube, sensores inteligentes, internet de las cosas y realidad aumentada (Gómez, 2023)

Por último, en el contexto local, se realizó el análisis de los programas de Ingeniería Industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo. En función de lo identificado previamente en los planos

internacional, regional y nacional como competencias necesarias, se planteó la revisión de los programas de las materias de la carrera de II para evaluar cuánto se ajustan a las nuevas tendencias a partir de la referencia bibliográfica propuesta. De esta manera, buscando detectar contenidos de Industria 4.0 en la bibliografía y la antigüedad de la misma, se utilizó la propuesta metodológica planteada por García Milián (García Milián, y otros, 2015).

Para ello, se llevó a cabo el análisis de la bibliografía de 22 asignaturas de los años más avanzados. En primera instancia, se observa a nivel general que esta no se encuentra actualizada. La mayoría corresponde a ediciones comprendidas entre los años 1990 y 2014, prácticamente sin existencia de material vinculado a Industria 4.0 o conceptos relacionados. Dentro de las asignaturas analizadas, cuatro corresponden al bloque de tecnologías básicas, 16 al bloque de tecnologías aplicadas y dos al bloque de tecnologías complementarias. En el primer bloque, únicamente la materia “Organizaciones e Industrias” contiene dos libros relacionados a conceptos de Industria 4.0, siendo uno de ellos del año 2016. Respecto al bloque de tecnologías aplicadas, la mayoría de las materias no cuentan con bibliografía relacionada con la Industria 4.0, siendo las únicas que sí lo hacen Mercadotecnia, que incluye un libro que habla sobre el marketing 4.0, Costos Industriales, con material sobre la utilización de Excel para la confección de presupuestos y Gestión de Servicios, con un libro relacionado con datos digitales, sin embargo, con fecha de edición del año 2001. Dentro del último bloque, se encuentra la asignatura “Innovación Tecnológica en Ingeniería Industrial”, la cual cuenta con bibliografía diversa y actualizada sobre Industria 4.0, destacándose como la única en hacerlo.

A partir de lo anterior puede inferirse que la formación de los actuales estudiantes en conceptos de la era digital es mínima, contando con escaso contenido y pocas horas de tratamiento del tema.

Fase 5 y 6: Elaboración de hipótesis, definición de variables y desarrollo del diseño de investigación

Los estudios exploratorios se llevan a cabo cuando el propósito es examinar un fenómeno o problema de investigación nuevo o poco estudiado, sobre el cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), como es este caso. Los estudios exploratorios tienen la característica de no necesitar el planteamiento de una hipótesis debido a su naturaleza.

Debido a que no se realizan manipulaciones de las variables que influyen en la investigación, y se limitará a observar la utilización de las tecnologías de la industria 4.0 en los entornos profesionales de los Ingenieros Industriales egresados de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo, y la formación recibida en dicha institución, se puede afirmar que se realizará una investigación no experimental transversal (los datos a analizar son recogidos en un momento determinado y no a lo largo del tiempo, con el fin de estudiar el estado de una o más poblaciones).

El diseño transversal-exploratorio es el plan o estrategia para responder a la pregunta problema, incluye actividades tendientes a encontrar respuesta a la pregunta de investigación. Al haber definido un diseño no-experimental transversal recolectamos datos en un solo momento en un tiempo único. Al ser exploratorio comenzamos a conocer el fenómeno.

En primer lugar, para poder analizar cuáles tecnologías de la industria 4.0 son utilizadas por los profesionales graduados de Ingeniería Industrial, es necesario listar aquellas sobre las que se los consultará.

Combinando las que surgen de la contextualización, planteadas por Basco, y aquellas señaladas en los dos artículos internacionales, a continuación de enumeran y se describe brevemente el posible uso de ellas:

- Big Data y Análisis Avanzado: evaluación y análisis de grandes conjuntos de datos, uso de inteligencia artificial y machine learning.
- Simulación y Modelado Virtual: creación de modelos virtuales de plantas y optimización de operaciones en tiempo real.
- Automatización y Control: automatización de sistemas y redes de comunicación, uso de PLC y sistemas interoperables.
- Impresión 3D: conocimiento y aplicación de tecnologías de manufactura aditiva.
- Control de Calidad en Tiempo Real: gestión de sistemas de control de calidad automatizados.
- Optimización de Inventarios y Logística: uso de RFID y monitoreo del consumo de energía.
- Conectividad y IoT: integración de sistemas ciberfísicos y el Internet de las Cosas.
- Sistemas de Integración de Información: integración de datos y sistemas para mejorar la eficiencia.
- Máquinas y Sistemas Autónomos: uso de robots y sistemas autónomos, y colaboración humano robot.
- Computación en la Nube: uso de servicios en la nube para almacenamiento y procesamiento de datos.
- Inteligencia Artificial: implementación de algoritmos de IA para mejorar procesos.
- Ciberseguridad: medidas de seguridad para proteger datos y sistemas.
- Realidad Aumentada: uso de tecnologías de realidad aumentada para capacitación y operación.

Una vez definidas las tecnologías, se han agrupado para su análisis, conformándose 9 grupos:

- Big Data y Análisis Avanzado de Datos
- Simulación, realidad aumentada y/o Gemelos Digitales
- Fabricación Aditiva e Impresión 3D
- Cloud Computing
- Conectividad e IoT
- Ciberseguridad
- Máquinas o Sistemas Autónomos y Vehículos no Tripulados
- Inteligencia Artificial y Automatismos
- Integración de Información

A partir de ello, considerando que se requiere establecer el grado de utilización de cada una de ellas en la vida profesional de la población indicada, mediante preguntas directas de frecuencia de uso. Para ello, los autores definen un conjunto de variables ordinales en función del tiempo que los encuestados utilizan alguna de las tecnologías mencionadas en su labor diaria. Una vez recolectada esta información, se contrasta con el contenido académico brindado en la carrera. Las encuestas tienen por objetivo medir el promedio de la frecuencia de uso de las tecnologías de la Industria 4.0, mediante cinco categorías definidas como:

- Diaria (al menos una vez al día)
- Semanal (al menos una vez a la semana)
- Mensual (al menos una vez al mes)
- Anual (al menos una vez al año)
- Nunca

Esta pregunta se repite para cada una de las tecnologías mencionadas con anterioridad, siendo complementada con otras variables que permiten analizar en profundidad la muestra censada, como, por ejemplo, edad, género, tamaño de la empresa donde trabajan, rubro, área donde desempeñan su actividad dentro de la empresa, etc.

Fases 7 y 8: Definición y selección de la muestra y Recolección de los datos

La muestra que se utilizará está constituida por egresados de la carrera en los últimos cinco años, desde el año 2016 a 2025, ambos inclusive. Los datos son obtenidos de la Carrera de Ingeniería Industrial de la unidad académica donde se desarrolla el trabajo.

Para ello, se utilizará la fórmula de cálculo de muestras para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N^2 z_a^2 q}{e^2 (N-1) + z_a^2 p q} \quad (1)$$

Considerando que los registros indican 450 egresados durante el periodo de tiempo mencionado, con un error del 5%, el tamaño de la muestra mínima era de 121 graduados.

En caso de no alcanzar una participación de esa cantidad de personas, es posible realizar el mismo cálculo, con un criterio más pesimista, disminuyendo los niveles de confianza, y teniendo en cuenta los mismos parámetros antes mencionados.

Tabla 1 Ejemplo de Tabla insertada en el Texto.

Nivel de confianza (%)	Muestra Mínima
80	121
85	143
90	170
95	208

Para llevar a cabo la recolección de los datos se utilizará la herramienta “Google Forms” que permite construir y adaptar las encuestas en función de la necesidad del estudio y se puede vincular a hojas de cálculo de manera simple y sencilla para llevar a cabo un análisis de estadística descriptiva.

Fases 9 y 10: Análisis de los datos obtenidos y Elaboración de reporte de resultados.

No se desarrolla en este trabajo ya que se encuentra en proceso de análisis, para la presentación en un artículo posterior.

5. CONCLUSIONES

La revisión de la literatura pone de manifiesto la importancia de las nuevas tecnologías y la necesidad de desarrollar habilidades acordes. A la vez, respecto al objeto de estudio, es decir, la vinculación con las competencias de los ingenieros industriales específicamente, se detectó escaso material, tanto a nivel internacional como nacional. A pesar de ello y las diferencias contextuales, estas investigaciones ponen de relieve la necesidad de adaptar los planes de estudio y las metodologías de enseñanza, también desafíos comunes como la falta de recursos y la importancia de fomentar una cultura de aprendizaje continuo. Además, el análisis de la bibliografía del plan de estudios del contexto local reveló contar con escaso contenido relacionado. En una primera instancia, a partir de lo presentado en este trabajo se puede suponer que hoy existe una brecha significativa entre las competencias requeridas por la industria y las que se imparten en las aulas.

Por otro lado, respecto a las nuevas tecnologías, estrictamente hablando, es necesario también resaltar la dinámica cambiante de las mismas, dentro de la denominada cuarta revolución industrial. Es por esta razón que, para el análisis llevado a cabo en este documento, se hayan valorado únicamente aquellas que actualmente se encuentran en una etapa de gran expansión, dejando de lado aquellas que, si bien no han tomado gran relevancia dentro del campo, parecen ser prometedoras en un futuro cercano, como los gemelos digitales o los vehículos no tripulados.

Para finalizar, se establecieron las tecnologías más relevantes para consultar en la encuesta, sus definiciones y la operatividad de la herramienta, fases 5, 6, 7 y 8. En este momento, el relevamiento diseñado se encuentra en etapa de procesamiento y análisis de resultados, cuya presentación será objeto de un artículo posterior. Se espera que esta instancia empírica permita contrastar de manera objetiva las competencias efectivamente adquiridas por los graduados con las demandas actuales del mercado laboral, aportando evidencia concreta para orientar tanto la actualización curricular como las estrategias de vinculación con el sector productivo. De este modo, la investigación busca generar insumos valiosos para la toma de decisiones académicas e institucionales, y contribuir a la formación de profesionales capaces de liderar los desafíos de la transformación digital en la industria.

6. REFERENCIAS

- Albrieu, R., Basco, A., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., & Vienni, G. (2019). Travesía 4.0. Hacia la Transformación Industrial Argentina. Argentina: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Alles, M. (2019). Desarrollo del talento humano. Buenos Aires: Granica.
- Babica, M., Billea, A., Nagerb, M., & Wuesta, T. (2022). Status Quo os Smart Manufacturing Curricula offered by ABET accredited Industrial Engineering programs in the US. *Manufacturing Letters*, 944-951.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). Industria 4.0: Fabricando el Futuro. Argentina: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cabaña, A. G. (2019). Industria 4.0: Competencias en carreras de ingeniería.
- Cocci Olea, N., Ciuffolini, L., Deschutter, N., & Gómez, M. (2023). Competencias de gestión estratégica en estudiantes de Ingeniería Industrial. En A. Neuenfeldt Júnior, Report, Anais XXI SEPROSUL. Technical. Santa María: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Brasil.
- Deschutter, N., Ciuffolini, L., Cocci Olea, N., Gómez, M., & Rigazio, R. (2021). La Vinculación Universidad, Empresa Y Estado, Como Marco Para El Desarrollo De Competencias Profesionales. En L. Fernández Luco, Actas Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería 2021: CADI CLADI CAEDI 2021. Buenos Aires: CADI CLADI CAEDI 2021.
- García Milián, A., Alonso Carbone, L., López Puig, P., Leon Cabrera, P., Segredo Perez, A., & Calvo Barbado, D. (2015). Propuesta metodológica para el análisis crítico a un programa de estudio. En *Educación Medica Superior*, 29.
- Gomez, M. (2022). El conocimiento organizacional como base del desarrollo productivo. XV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial y Afines. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.

- Gómez, M. (2023). Competencias de los ingenieros industriales en la era de la transformación digital. En F. R. San Nicolás UTN, Libro de resúmenes del XVI Congreso Internacional de Ingeniería Industrial – COINI 2023. (pág. 140). San Nicolás: AJEA (Actas De Jornadas Y Eventos Académicos De UTN), (AJEA 30).
- Gonzalez-Hernandez, I., & Granillo-Macías, R. (2020). Competencias del Ingeniero Industrial en la Industria 4.0. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22.
- Haustein, M., & Doria, M. F. (2022). Formación de los ingenieros 4.0 en las cátedras de Ingeniería de Software I, II y III. JAIIO.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas. McGraw-Hill.
- Hirs-Garzón, J., & Vargas, F. (2023). Prioridades para la digitalización empresarial en América Latina y el Caribe. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lee, J., & Lee, B. (2015). Industry 4.0 and smart factories: Key technologies and trends. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 303-310.
- Nieponice, G., Rivera, R., Tfelti, A., & Drewanz. (2018). Acelerando el desarrollo de la Industria 4.0 en Argentina. The Boston Consulting Group.
- Perez-Perdomo, A. (2023). Industria 4.0: retos en la formación universitaria del ingeniero industrial. *Revista Ingenium*.
- Rifkin, J. (2014). The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism. Palgrave Macmillan.
- Apellido1, Inicial1.; Apellido2, Inicial2.; Apellido3, Inicial3.; Apellido4, Inicial4.
- Rojas-Arenas, I., Jiménez-Medina, E., & Yepes-Callejas, R. (2021). Competencias profesionales e Industria 4.0: análisis exploratorio para ingeniería industrial y administrativa en Medellín. *Revista Interamericana de Investigación, educación y Pedagogía*, V14, n.2.
- Sackey, S., & Bester, A. (2016). Industrial Engineering Curriculum in Industry 4.0 in a South African Context. *South African Journal of Industrial Engineering*, 101-114.
- Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business. Trigueros, E., Compagnoni, M., Toro, L., & Gómez, S. (2020). Formación de competencias de la Industria 4.0 en estudiantes de primer año de ingeniería. XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, (págs. 113-122).
- World Economic Forum. (2023). Future of Jobs. Ginebra: World Economic Forum.