

# Roles and challenges of innovation, industry 4.0, and sustainability competencies development in engineering students

## Roles y retos en el desarrollo de competencias de innovación, industria 4.0 y sostenibilidad en estudiantes de ingeniería

Maria De Los Ángeles Ortega Del Rosario, PhD<sup>1,2\*</sup>, Antonio Alberto Jaén Ortega, Engineering MSc<sup>1</sup>, Dayra Del Rosario, Mathematics BSc, MEd<sup>1,3</sup>, Grethel Ducreux, Engineering BSc<sup>3</sup>, MEd, René Chan, Physics BSc, MEd<sup>1,3</sup>, Eustacio Ortega, BSc<sup>4</sup>,

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, maria.ortega@utp.ac.pa antonio.jaen@utp.ac.pa, dayra.delrosario@utp.ac.pa, rene.chan@utp.ac.pa

<sup>2</sup>Sistema Nacional de Investigación (SNI), Clayton Ciudad de Panamá, Panamá

<sup>3</sup>Escuela Secundaria Pedro Pablo Sánchez, Panamá Oeste, Panamá

<sup>4</sup>Centro de Educación Básica General José María Barranco, Panamá Oeste, Panamá, eustacio.ortega@meduca.gob.pa

\*Corresponding author: maria.ortega@utp.ac.pa

**Abstract**— *The graduate competencies of students must frequently adapt to the needs of the market so that they can increase the competitiveness of countries. In the case of engineering students, these competencies are changing ever faster. Including Industry 4.0 technologies and innovation in different fields implies a multidisciplinary development of these students. This work has focused on the available literature answering what competencies and methodological strategies are used in the training of engineers. In addition, it has sought to understand the role of the actors of the educational systems and other factors that influence them. In this sense, the competencies related to sustainability, innovation, and Industry 4.0 have recently presented an essential development in the training of engineers since it allows them to face present and future social, economic, and technological challenges. These paradigms reveal that both teachers and students are immersed in a continuous and changing training system. In turn, it shows the challenges of current educational systems at the university level and from K-12 in executing the appropriate instruments for developing and evaluating these competencies.*

**Resumen**— *Las competencias de egreso de los estudiantes deben adaptarse frecuentemente a las necesidades del mercado en el cual se desempeña, para que pueda aumentar la competitividad de los países. En el caso de los estudiantes de ingeniería, estas competencias están cambiando a ritmos cada vez más acelerados. La inclusión de tecnologías de la Industria 4.0 e innovación en diferentes campos implica una multidisciplinariedad en el desarrollo de estos estudiantes. Este trabajo se ha centrado en la literatura disponible respondiendo qué competencias y estrategias metodológicas son utilizadas en la formación de ingenieros. Además, ha buscado entender el rol de los actores de los sistemas educativos y otros factores que influyen en estas. En este sentido, las competencias relacionadas con sostenibilidad, innovación e industria 4.0 han presentado un desarrollo importante en la formación de ingenieros recientemente, ya que les permite afrontarse a retos sociales, económicos y tecnológicos presentes y futuros. Estos paradigmas revelan que tanto docentes, como estudiantes se encuentran inmersos en un sistema de formación*

*continua y cambiante. A su vez, revela los retos de los sistemas educativos actuales, no solo a nivel universitario, sino también de K-12 en ejecutar los instrumentos adecuados para el desarrollo y evaluación de estas competencias.*

**Keywords**— *competencies, engineering, engineering education, higher education institutes, sustainability, innovation, industry 4.0.*

**Palabras clave**— *competencias, ingeniería, educación en ingeniería, instituciones de educación superior sostenibilidad, innovación, industria 4.0.*

### I. INTRODUCCIÓN

La educación en todos sus niveles, tanto en ámbitos nacionales, como internacionales, enfrenta grandes retos que son un reflejo del desarrollo de mercado, necesidades y demás, asociadas a las economías, emergentes y desarrolladas, y retos globales, como los enmarcados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible [1]. Estos cambios en los contextos de desarrollo mundial han generado una necesidad de adaptación rápida de cada uno de los actores que intervienen, reflejando una necesidad en desarrollar en los egresados habilidades y competencias que les permitan afrontar estos retos de manera satisfactoria. Según Novy et al. [2], para lograr líderes que puedan afrontar estos retos, es necesario que posean un entendimiento de la complejidad de los sistemas socioambientales, que puedan diseñar de manera innovadora produciendo impactos a diferentes escalas, y que puedan entender e involucrarse en la toma de decisiones y las estrategias que se lleven a cambios.

En diversas disciplinas de formación en la educación superior se han estado implementando cambios en los programas que permitan pasar de modelos de educación tradicional a otros que provean a los estudiantes con una serie de habilidades y competencias para su desarrollo profesional [3]. Esto se refleja en una la implementación de estrategias metodológicas y enfoques

pedagógicos que permiten a sus egresados afrontar las necesidades actuales en cuanto a innovación [4], sostenibilidad [5], uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) [6], pensamiento computacional [7], diversidad [8], entre otros, clave para el desarrollo económico, social, ambiental de educación, entre otros [9]. En el contexto educativo, el pensamiento innovador permite a los futuros profesionales enfrentar desafíos en su quehacer cotidiano con respuestas alternativas mediante la creación, generación, transformación y adaptación a cada nuevo contexto con soluciones novedosas y eficaces [10].

En general, la realidad de la formación de un ingeniero es que, además de las diversidades de formaciones que pueden estar asociadas, también se encuentra con una pluralidad de competencias básicas, genéricas y específicas de dinámica cambiante. Las competencias asociadas a los ingenieros han sido recolectadas en diversas fuentes, así como también, los criterios de evaluación para acreditación de programas de ingeniería, como por ejemplo el ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) en los Estados Unidos. Sumado a esto, se espera que el ingeniero pueda adaptarse a las realidades del mercado, tales como liderazgo, la sostenibilidad, el aprendizaje para toda la vida, el enfoque global, las habilidades de comunicación, entre otras competencias aparecen como esenciales en esos estudios prospectivos [11].

Las formaciones en ingeniería han utilizado las TICs como una herramienta básica de formación. Sin embargo, el uso de las TICs no solo se limita al actuar del estudiante dentro del aula, sino que también es parte de la vida personal de los involucrados. Tal como expresa Silva [12], las TICs no vienen a modificar las metodologías, sino a potenciarlas. Esto cambia el rol del docente como único proveedor de conocimientos y permite una apropiación más activa de la generación de nuevos conocimientos por parte del estudiante.

Este artículo busca entender el contexto actual de desarrollo de competencias que permitan a ingenieros y otros profesionales afines enfrentar los retos cambiantes de la actualidad. Para ello, se ha propuesto una búsqueda en la literatura en las bases de Scopus, Web of Science y Latindex, a partir del uso de palabras clave que permita entender los factores clave en el desarrollo de estas competencias, sus estrategias metodológicas asociadas y otros, de forma tal que pueda generar currículos adaptados a estas necesidades. Además, esta búsqueda ha arrojado perspectivas que han sido recolectadas de cada uno de los participantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como realimentación a la efectividad de este.

## II. EDUCACIÓN POR COMPETENCIAS

### A. Principios básicos de la Educación por Competencias

Según el informe de Tuning [13] el interés de desarrollar competencias en programas educativos está derivado de tres factores:

- Mejorar la empleabilidad de los graduados en la actual sociedad del conocimiento.
- Creación de un espacio, esto en el contexto europeo (Espacio Europeo de Educación Superior).
- Generación de un nuevo paradigma educativo centrado en el estudiante.

De acuerdo con Axley [14], la definición del término competencia ha sido ampliamente abordado en la literatura. Sin embargo, esto no indica que la misma sea clara y depende en gran parte del contexto en el cual se analiza y las expectativas que se tienen. Según Strebler et al. [15] las competencias pueden ser “expresadas como comportamientos que un individuo necesita demostrar”, o pueden ser “expresados como estándares mínimos de desempeño”. Esto lleva según Gómez et al. [16] a una necesidad de repensar las estrategias metodológicas encaminadas al desarrollo de competencias.

### B. Marco Teórico del Aprendizaje basado en Competencias

La educación basada en competencias es definida por Weise & Christenser [17] como “una convergencia crítica de múltiples vectores: el modelo de aprendizaje correcto, las tecnologías correctas, los clientes correctos y el modelo de negocios correcto”. Las competencias están basadas según McIntyre-Hite, [18] un marco contextual fundamentado en el constructivismo social de Vygostsky [19] y la teoría andragógica de Knowles [20], Holton y Swanson [21].

También puede expresar su base en teorías del aprendizaje modernas conductistas, funcionalistas y humanísticas [22]. Según Carrol [23] la forma en que y como los estudiantes aprenden está ligado al tiempo que les tome el aprendizaje, las oportunidades de aprendizaje brindadas para aprender las tareas, la cantidad de tiempo que el estudiante está dispuesto a aprender y lo que los estudiantes entienden de la tarea. Por ello, Le et al. [24] citando a Tyler [25] expresa que “el currículo debe ser dinámico, siempre bajo evaluación y revisión, en vez de ser un programa estático”.

En diversas disciplinas de formación en la educación superior se han estado llevando cambios en los programas que permitan pasar de modelos de educación tradicional a otros que provean a los estudiantes con una serie de habilidades y competencias para su desarrollo profesional [3]. En el campo de la ingeniería, estos cambios se han estado llevando activamente desde la última década del siglo pasado [26]. Por ello la adaptación y aparición de programas basados en competencias han sido una nota común en los últimos años de desarrollo en la educación superior y continúan en aumento [27] en todo el mundo.

La situación particular de la educación en ingeniería demanda una formación de competencias básicas, genéricas y específicas de dinámica cambiante, las cuales deben rápidamente irse adaptando al mercado del cual es objetivo [28], producto de la globalización y de la digitalización [29]. Este campo demanda cada día más que los ingenieros sean capaces de trabajar con personas pertenecientes a distintas disciplinas, lo cual está generando cambios en los programas educativos. Los ingenieros participan actualmente en todas las fases del ciclo de vida de productos, procesos y sistemas, con diversos grados de complejidad [30].

Uno de los roles de la educación superior es crear los medios para generación de investigación e innovación, por lo que las competencias del egresado en ingeniería deberían incluir aspectos de formación investigadora e innovadora. Ha sido previamente expresado que la educación superior no alcanza en un sentido completo estos propósitos, como infiere en su estudio [31], el cual sustenta que las estrategias metodológicas tradicionales en el estudio de la ingeniería muestran una relación negativa con la capacidad de aplicar la creatividad en la resolución de problemas. Estos planteamientos hacen necesario pensar en un cambio en los

currículos tradicionales, para que se puedan adaptar a estas competencias [32].

Tal como previamente mencionado, las competencias asociadas a los ingenieros han sido ampliamente estudiadas y recolectadas en diversos organismos e iniciativas de acreditación como ABET [26], [33], CDIO (*Conceive, Design, Implement, Operate*) [30], [34], [35], entre otras. También se han diversificado los estudios que proponen una solución a un programa de carrera o asignatura específica a través de una evaluación de las competencias que requiere el egresado para su desarrollo profesional [26], [36]–[39].

Diversos estudios han abordado diferentes metodologías para integrar aspectos como innovación [3], [4], sostenibilidad [5], [40], investigación [41], uso de TICs [6], y pensamiento computacional [7], diversidad [8], y metodologías activas dentro del campo de la ingeniería. Los mismos han respondido tanto al contexto de una asignatura, como un área o programa de estudio. La definición de las competencias y de las estrategias metodológicas usualmente son el reflejo de la percepción de las partes interesadas, como estudiantes, docentes y empleadores las cuales generalmente son abordadas a través de encuestas [5], [42]–[44]. En algunos casos, la percepción de las necesidades está basada en una búsqueda bibliométrica profunda, que permite definir cuales competencias y estrategias metodológicas se adaptan al contexto del programa [5], [45].

El desarrollo de estas competencias entonces exige un contexto amplio que incluya a los principales actores que inciden sobre el programa formativo y sus resultados. En las siguientes secciones detallaremos algunas de las perspectivas encontradas en la literatura respecto al desarrollo competencial en ingeniería, particularmente ingeniería mecánica.

### C. *Perspectiva de los estudiantes*

Los estudiantes ingresan a una carrera por diversos motivos ya sea de superación personal o profesional. También se puede considerar a los estudiantes como los clientes o una parte de los “stakeholders” en el proceso formativo, particularmente si se evalúa a la universidad como un sistema de mercado.

Para conocer las salidas existentes de cada carrera, el estudiante puede remitirse a los perfiles de egreso y posibles salidas profesionales planteadas en el programa curricular. En este el contexto de la ingeniería, la disponibilidad de ingenieros bien entrenados es un asunto de creciente preocupación, ya que influye sobre el progreso y crecimiento económico en las sociedades de hoy [46].

Malechwanz et al. [47] describen que los estudiantes perciben un proceso de enseñanza como uno de los puntos más importantes para lograr los objetivos de aprendizaje trazados. El diseño que se tenga de los ambientes adaptados al aprendizaje presenta una gran influencia en los resultados del proceso de enseñanza aprendizaje determinan en gran manera [48].

Un aspecto de importancia mencionado desde la perspectiva de los estudiantes es la realimentación. Esta estrategia permite la interacción entre el docente y estudiantes, así como entre pares estudiantes [49] como estrategia de evaluación y desarrollo de las competencias. De acuerdo con el estudio realizado por Neupane Bastola & Hu, [50], existe una necesidad general de mejoramiento en las prácticas de tutoría y supervisión, así como

la realimentación que debe darse de estos, de acuerdo con la perspectiva de los estudiantes.

De acuerdo con el estudio realizado por Chan & Yeung [51], los estudiantes perciben la evaluación como un valor añadido para si carrera prefiriendo que la misma sea de pase o falla en la evaluación de las competencias, en vez de una medición cuantitativa.

### D. *Percepción de los empleadores*

Una adaptación de la educación superior en universidades, cada día más afín con modelos de mercado implica un aporte considerable de los empleadores como actor en el proceso de enseñanza – aprendizaje, alimentando las necesidades al egreso de las carreras. Los empleadores requieren que los graduados cuenten con habilidades técnicas mínimas para el desarrollo de su profesión y de habilidades blandas que le permitan una buena integración en las organizaciones.

En este sentido, ya desde Markes [52], se expresaba una creciente preocupación en el desarrollo de habilidades en los egresados de carreras de ingeniería y manufactura. Esta preocupación incluye tanto competencias [53] y habilidades técnicas como las no técnicas que generen una empleabilidad en los egresados [54].

La opinión de los empleadores entonces alimenta los procesos de enseñanza- aprendizaje. Sin embargo, según Henrich [55] quien realizó una encuesta a los empleadores, la mayoría de ellos desconoce o cuenta con muy poca relación con el concepto de aprendizaje basado en competencias. Esto le sugiere al autor una necesidad de que la academia involucre más activamente a los empleadores como parte de sus diseños curriculares, logrando también una mejor preparación en el conjunto de conocimientos y habilidades requeridas para cada carrera.

Los abordajes y percepciones de las competencias por parte de las organizaciones empleadoras tienden a ser más bajas que la de los estudiantes, según Pang et al. citando a Mamun [56]. Es deseable hoy en día en diversos contextos mundiales que los graduados cuenten con una amplia gama de habilidades y competencias, que les permitan adaptarse de manera adecuada al panorama de cambio continuo en la ingeniería [56].

### E. *Perspectiva de los docentes*

Para que los estudiantes puedan lograr el desarrollo de las competencias constantemente cambiantes en las carreras de ingeniería, es necesario que los docentes provean los marcos conceptuales, currículos, estrategias didácticas y otros que alcancen los objetivos de aprendizaje [57]. En un estudio desarrollado por Macmahon et al. [58] los docentes entrevistados identificaron que lo más importante para ser un educador en ingeniería es ser un docente efectivo, seguido de las competencias en su propia disciplina, en segundo lugar, y la capacidad de demostrar fuertes habilidades en ingeniería que le permita ser un rol para los estudiantes, en tercer lugar.

### F. *Perspectiva de la calidad*

Una forma de describir la calidad es a través de como evaluamos esta, como lidiamos con ella en el contexto de las IES. En este sentido, entonces se hace necesario contar con indicadores que permitan la evaluación y el seguimiento de la calidad a través de indicadores [59]. En este contexto, la evaluación y el seguimiento de la calidad a través de indicadores son herramientas

de gestión necesarias. Entonces, al igual que en otros sectores industriales y económicos o de procesos desempeño de cada uno de los procesos llevados a cabo en las IES se puede medir a través de indicadores clave de desempeño (KPI) [60].

En este sentido, Neeta & Michael [61] enumeran ocho principios en el cual se retrata la gestión de calidad en las IES como un mercado personalizado en donde los servicios ofrecidos a los clientes son similares al de otros sectores económicos. En estos se tienen en cuenta tanto los procesos como las personas involucradas a estos como claves para el desarrollo de la gestión de calidad. Para ello, el autor destaca normativas y estrategias como la ISO, 5S, QM, TQM, entre otros, que básicamente se centra en los intereses del cliente y los resultados del liderazgo y el grado en que se involucren los actores del proceso.

Overberg [62] expresa que para que esta gestión de calidad se dé de manera efectiva es necesario que el personal académico apoye completamente las acciones que son planteadas por parte de los gestores. Sin embargo, se puede tener una resistencia del sector docente a realizar los cambios pertinentes para lograr la calidad, en parte por las altas cargas de funciones que pueden tener, como también las exigencias asociadas a los procesos de gestión de la calidad. En este sentido, Seyfried [63] expresa que en algunos casos esto puede llevar a relaciones inestables entre los participantes, pudiendo así poner en peligro la calidad, debido al daño que puede causar en las salidas o productos. Epifanić et al. [60] definen la calidad de acuerdo a: calidad como excelencia, calidad como cumplimiento de estándares, calidad como conveniencia, calidad como relación calidad-precio y calidad como transformación. Además, expresa que cada grupo de beneficiarios y partes interesadas de la educación: estudiantes, padres, academia, empleadores y el estado, tiene una perspectiva diferente de la calidad. La medición de la calidad, no solo en las IES, sino a nivel general es en gran parte, como muchos otros procesos, una función de las herramientas utilizadas para medirlas. Esto se ve complementado con la medición de la percepción de los actores claves.

Por ejemplo, Prakash [64] realizó una búsqueda bibliográfica alrededor de preguntas de investigación concerniente a la medición de la calidad en las IES para 40 países. Su estudio encontró que en muchos casos la calidad es medida de acuerdo con la perspectiva del usuario. Por ejemplo, desde el punto de vista del estudiante, esta debe medirse en términos de aprendizaje, compromiso, satisfacción y servicio de calidad. De la misma manera el autor menciona que en cuanto a la medición de la calidad, algunos enfoques propios del sector productivo tales como TQM [65] método Kaizen, Six Sigma [66] Business intelligence [67] seguridad en la calidad, entre otros son apropiados como métodos y generadores de KPI en la medición de la [68].

Dicker et al. [69] expresa que hay cuatro actores clave en la medición de la calidad de la educación: las instituciones e involucrados en el financiamiento; los usuarios del producto, es decir, los estudiantes; los usuarios del producto, es decir, los empleadores y los empleados de la educación, es decir el cuerpo docente y de gestión en las IES.

En el contexto del análisis surge entonces la pregunta de si nuestras instituciones hacen un correcto uso de los instrumentos de medición y que la misma es realizada a todos los sectores involucrados. Además, como expresa Broshkov et al. [70], estos

indicadores no deben ser seleccionados aleatoriamente. Los mismos deben incluir en sus mediciones la relevancia, cuantificación y mensurabilidad, capacidad de gestión, especificación, referencia temporal y capacidad de alcance. Esto sin dejar de lado los retos organizativos, epistemológicos y éticos que enfrentas las IES al momento de medir la calidad de su gestión de recursos, creatividad en generación y difusión de conocimientos, así como la mejora de sus modelos educativos [65].

### III. COMPETENCIAS IDENTIFICADAS DE LA LITERATURA

Diversas competencias han sido identificadas a través de las lecturas de estos artículos y las necesidades de estrategias metodológicas que las comenten. Por razones de priorizar aquellas dimensiones que se hacen más necesarias en la formación de ingenieros describiremos aquí aquellas que fortalezcan el comportamiento y acciones que puedan ejecutar los egresados frente a innovación, desarrollo sostenible e industria 4.0.

#### A. Innovación y emprendimiento (IRC, Innovation-related competences) e industria 4.0

De acuerdo con Edwards-Schachter et al. [32], la creatividad, innovación u emprendimiento: “son cruciales para albergar una cultura de emprendurismo, pero las relaciones con los enfoques basados en competencias aun no son lo suficientemente entendidos”. También en su trabajo muestra que el emprendimiento involucra aspectos, tópicos y dimensiones como competencia.

Para el desarrollo del emprendimiento, las habilidades o competencias de resolución de problemas son clave para lograr satisfacer los desafíos de la innovación. Sin embargo, Bayhan & Karaca [8] muestran en su estudio que las diferencias generacionales pueden influir en cuales son las competencias que mejor y más comúnmente son desarrolladas por los estudiantes respecto a innovación y emprendimiento.

En este mismo sentido, Bjornali & Støren [71] ya habían presentado un estudio en donde los egresados identificaron la creatividad y el profesionalismo como competencias que inciden mayormente en el desarrollo de la innovación. En este mismo estudio, se mostró que aquellas competencias relacionadas con la productividad y la eficiencia, tradicionalmente deseables en los egresados de ingeniería, no tienen un efecto en la innovación. Esto puede coincidir con los resultados del estudio propuesto por Kopelyan et al. [44], quienes midieron las percepciones de dos actores del proceso: estudiantes y docentes. Según el estudio, las percepciones de los logros del proceso de aprendizaje por parte de los docentes fueron más alta que aquella de los estudiantes. En particular, hay una discrepancia entre la evaluación propuesta para competencias de liderazgo, donde los estudiantes perciben que se deben mejorar las estrategias, si se compara con otras competencias como trabajo colaborativo, la cual es satisfactoria por ambas partes.

Keinänen et al. [4] presentan una taxonomía de las competencias de innovación, las cuales las clasifica en individuales, interpersonales y colaborativas o de networking. En el primer grupo identifica como competencias: la capacidad creativa de resolución de problemas, pensamiento sistemático, orientación a las metas. En el segundo grupo identifica como

competencia el trabajo en equipo y en el tercer grupo las redes o networking.

Las estrategias metodológicas con mayor asociación a lograr este tipo de competencias son el aprendizaje basado en proyectos [37], [72]–[78], el aprendizaje basado en desafíos, aunque otros como el aula invertida [79], [80], también son recomendaciones encontradas en la literatura.

Existe una similitud en cuanto al desarrollo de competencias de innovación y aquellas dirigidas a afrontar la industria 4.0. La mayor cantidad de competencias encontradas en la lectura de la literatura están relacionadas con competencias de liderazgo y gestión. Esto debido a que de por sí, la industria 4.0 también contribuye a un cambio de paradigma en el contexto industrial que incide sobre el contexto académico [81].

Cada día los ambientes son más dinámicos, disruptivos y un rol de liderazgo transversal se hace necesario, en donde los egresados de las carreras de ingeniería puedan cumplir con las tareas que se demande a partir de un conjunto de competencias técnicas y blandas [82]. Habilidades como el modelado 3D, prototipado rápido, manufactura aditiva, entre otros se hace necesario en los planes formativos de los estudiantes de ingeniería [83], particularmente en aquellos de ingeniería mecánica.

Otras competencias encontradas en la literatura relacionadas con industria 4.0 son [84]: trabajo colaborativo, innovación, adaptabilidad, resolución de problemas, organización personal, visión estratégica del conocimiento, proactividad, creatividad, trabajo en equipo, iniciativa, comunicación, preparación a la globalización, entre otras [74], [85]–[87].

### *B. Sostenibilidad y desarrollo*

La sostenibilidad implica una preparación ante el futuro y abordar de manera efectiva las actividades que se realicen en todas sus etapas. Este enfoque está siendo ejecutado desde distintas perspectivas y sectores [88]. Esto supone para el ingeniero un cambio de paradigma en su educación tradicional, en donde no solo debe lograr un desarrollo eficiente y de alto desempeño de los productos, procesos y sistemas en los que trabaje, sino que debe medir el impacto en cada etapa del ciclo de vida de estos. Esta sostenibilidad no solo se traduce en el impacto ambiental, sino económico, social y otros, agregándole complejidad al desarrollo profesional al momento del egreso.

El enfoque de sostenibilidad está siendo abordado ampliamente y masivamente en los últimos años, particularmente en la docencia en que la educación en ingeniería contribuya al desarrollo sostenible, teniendo en cuenta que este es un proceso de desarrollo continuo y no una meta [89]. En su estudio, [88] ha recopilado los enfoques en estudios más recientes, revelando que la mayoría entre ellos se han concentrado en aspectos competenciales y de estrategias educacionales.

Las competencias encontradas en los estudios consultados guardan aspectos similares con los mencionados para innovación e industria 4.0 [5], [90], ya que requiere de trabajo colaborativo, visión de futuro, liderazgo, comunicación, pensamiento crítico,

empatía y evaluación del entorno como parte de lo necesario para poder incluir estrategias de desarrollo sostenible en las acciones de ingeniería. Algunos estudios sugieren como bases teóricas al conectivismo y la ingeniería de neurocompetencia como aspectos a considerar en el desarrollo del ingeniero para la sostenibilidad [91].

Estas competencias han sido bien definidas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [92]. Este enfoque de sostenibilidad también debe incluir la satisfacción del egresado, una vez empleado, en donde las acciones que este realice produzcan satisfacción, remuneración positiva y mejor calidad de vida [93]. Un resumen de estas competencias y sus estrategias metodológicas asociadas puede observarse en la Tabla I, basado en las literaturas aquí recopiladas.

## IV. ROL DE LA FORMACIÓN K-12

Aunque los esfuerzos en la educación superior están logrando cambios en los paradigmas y desarrollo, se hace necesario que esta transformación se dé desde las etapas tempranas de la formación para lograr el desarrollo económico, social y ambiental deseado [9], [94] que les permita ser agentes de cambio en el futuro [95]. Las competencias que los estudiantes puedan desarrollar en el periodo K-12 son clave en su selección de carrera, en particular de aquellas en áreas STEM [96], vitales para lograr afrontar los retos actuales y venideros. Los docentes y los estudiantes, actualmente, se encuentran en condiciones que los llevan a una adaptación rápida; y por ende, que deberían transformarse rápidamente en el modo habitual de trabajo en las instituciones de educación superior y el surgimiento de formas y enfoques modernos para la educación innovadora en una escuela secundaria [97].

Un aspecto que llama la atención, de cara a abordar estrategias que permitan a estudiantes de Premedia y media el desarrollo de estas competencias son las diferencias generacionales en la forma de aprender, sobre la cual influyen los diferentes contextos de desarrollo de cada generación; Bayhan y Karaca, [8] muestra en su estudio que las diferencias generacionales pueden influir en cuales son las competencias que mejor y más comúnmente son desarrolladas por los estudiantes respecto a innovación y emprendimiento. En su estudio llevado en las generaciones X, Y y Z, encontró que las dos primeras le daban prioridad al desarrollo de las competencias relacionadas con la resolución de problemas (más adaptado a un enfoque tradicional), mientras que la generación Z, prefiere el diseño, creatividad, imaginación y comunicación visual como competencias para lograr la innovación y el emprendimiento. Esta tendencia se espera también se vea en la generación alfa.

Diversos estudios encontrados en la literatura abordan la necesidad y ventajas de incluir currículos basados en metodologías activas que promuevan las competencias en innovación. Estas incluyen el desarrollo de comunidades educativas entre docentes [98], [99], desarrollo de aulas de clases inclusivas [100], [101], entre otros. La literatura muestra que la mayoría de estos estudios han sido enfocados en la perspectiva de los docentes, y las

TABLA I

RELACIÓN ENTRE COMPETENCIAS Y ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS IDENTIFICADAS DE LA LITERATURA PARA LA INNOVACIÓN, INDUSTRIA 4.0 Y SOSTENIBILIDAD

|                     | Innovación  | Industria 4.0 | Sostenibilidad  |
|---------------------|---|---------------|---|
| Competencia         | Capacidad creativa de resolución de problemas<br>pensamiento sistemático<br>orientación a las metas<br>trabajo en equipo<br>trabajo colaborativo<br>liderazgo<br>esarrollo de redes o networking. |               | Trabajo colaborativo<br>visión de futuro<br>liderazgo<br>comunicación<br>pensamiento crítico<br>empatía<br>evaluación del entorno |
| Metodología         | Aprendizaje basado en proyectos<br>Aprendizaje basado en problemas<br>Aprendizaje cooperativo<br>Aprendizaje basado en desafíos<br>Aula invertida   |               |   |
| Tipo de Aprendizaje | Activos centrados en el estudiante<br>Presencial y en línea (a distancia sincrónico y asincrónico)<br>Enfocado al uso de TICs   |               |   |

estrategias que pueden ser aplicadas por estos para lograr estas competencias en los estudiantes [100], [102]–[104].

#### IV. DESAFÍOS DEL COVID-19

La situación de pandemia por COVID-19 nos ha hecho rediseñar nuestros modos sociales, educativos y económicos. Los efectos de esta pandemia impactan negativamente en el cumplimiento de las metas establecidas [105]. El confinamiento y las limitadas interacciones ha llevado a realizar una transición de los métodos usuales de enseñanza, a aquellos que pudiesen estar adaptados a la educación a distancia, como la educación en línea [106]. La utilización de metodologías de “e-learning” de emergencia, ha permitido una adaptación rápida y una transición que en la mayoría de los casos ha sido lograda, en la educación [107]. Es por lo que aprovechando las TICs y demás tecnologías con las que contamos, debemos doblegar los esfuerzos, procurando no dejar ningún sector por fuera para poder alcanzar las metas de desarrollo sostenible.

Sin embargo, a pesar de esta adaptación que ha sido logrado de manera bastante rápida, también ha sugerido un cambio de las metodologías aplicadas al proceso de enseñanza-aprendizaje. En este aspecto, ha sido influyente sobre todas en aquellas carreras en donde parte de las competencias presentadas en sus perfiles de egreso, presenta aspectos interactivos y de competencias manuales, sociales o de interacción, que requieren de una evaluación que usualmente se adapta a metodologías en su mayoría presenciales. De la literatura consultada, se han registrado algunas experiencias recopiladas en este aspecto, sobre todo en el estudio de ciencias médicas y afines. Las teleoperaciones, simulaciones quirúrgicas y webinaros en donde se detallan las técnicas y demás, han sido parte de las estrategias metodológicas para la enseñanza [108].

En el caso de aquellas carreras técnicas, la adaptación de las competencias del egresado generalmente va acorde con los mercados industriales. En este sentido, la educación hoy es un fenómeno que responde a las necesidades de la revolución industrial con nuevos ajustes curriculares de acuerdo con la situación del COVID-19. El plan de estudios puede abrir la

ventana del mundo a través de su comprensión, por ejemplo, utilizando Internet de las cosas (IoT) [109].

Sumado a esto, en sí se espera un cambio en los diseños curriculares. Para ello, debemos aprender de las experiencias vividas en la pandemia e incluir en las mismas competencias de preparación ante situaciones como esta, y otras como desastres naturales. Ante esta situación algo común que ha ocurrido es la presencia de currículos priorizados, en donde se trata de abarcar lo que es importante, dejando por fuera lo que no es esencial. Sin embargo, el reto aquí es definir qué es esencial. Cahapay, [110], sugiere estos tres puntos para analizar los cambios curriculares: significancia, relevancia y utilidad.

Las clases remotas durante los periodos más difíciles de la pandemia generó brechas de distintas índoles, relacionadas con las competencias digitales de los docentes [104]. Sin embargo, también abrió puertas a oportunidades ligadas a esta conectividad también. Starks [111] expresa que las clases a distancia y de manera virtual, ofrecieron una oportunidad a aquellos estudiantes con discapacidades de mejorar competencias digitales a través del uso de la tecnología. La pandemia por COVID-19 ha brindado la oportunidad de Re imaginar procesos de índoles económicos, políticos, industriales, sociales, y la educación es también uno de estos [112].

#### IV. CONCLUSIONES

La elaboración de programas curriculares y planes de acción de seguimiento a la gestión y orientación pueden resultar tareas complejas ya que deben adaptarse a los contextos de desarrollo del programa e involucra una gran cantidad de actores en su ejecución. Estas necesidades son cambiantes, ya que responden a los diferentes sectores económicos, industriales o de desarrollo, y debido a los retos que enfrentamos como humanidad, los periodos entre cambios significativos cada vez se hacen más cortos.

De allí que sea necesario realizar un estudio diagnóstico exhaustivo de las necesidades para las distintas carreras y programas. Estos estudios ya representan una actividad en desarrollo continuo para poder proveer al estudiante la preparación adecuada para

poder responder a las cambiantes necesidades del mercado. Las necesidades no solo parten de la formación ofrecida, las metodologías y herramientas utilizadas. También es necesario que los instrumentos institucionales, así como la gestión, permitan la creación de los espacios adecuados para que se de este proceso.

Los modelos de necesidades de los programas formativos hoy requieren de un equipo de gestión y docencia que cuenten con competencias de adaptación rápida, visión de entorno, empatía, entre otras, de manera muy similar a las competencias que se espera formar en los estudiantes. Desde la globalización, y actualmente, con la visión de integrar la sostenibilidad en todas nuestras actividades, así como la innovación, se requiere de un ingeniero que pueda abordar fuertes habilidades técnicas, pero también un conjunto robusto de habilidades blandas.

Esto presenta un cambio de paradigma, y si agregamos a la industria 4.0, implica que tanto docentes como estudiantes deben estar en formación continua y cambiante. Esto nos lleva a preguntarnos si la formación continua en la docencia universitaria del programa se adapta a estas necesidades. Para ir más allá del contexto de este trabajo, se analizó este punto y se observa que una parte importante de la planta docente aborda proyectos representativos de estas áreas. Puede ser esto un indicio que las competencias están siendo desarrolladas por los docentes. La observación clave que queda de este análisis es que debemos reforzar los instrumentos con los cuales podemos evaluar que las competencias están siendo transmitidas de manera adecuada.

Un aspecto que se encontró en la literatura es que las competencias que requieren los estudiantes para afrontar sus salidas laborales son muy similares. Si bien algunas competencias pueden tener mayor afinidad con una dimensión, su desarrollo puede lograrse de manera integral, en algunos casos, a través del seguimiento de una misma estrategia metodológica. Observamos que el aprendizaje basado en proyectos es la estrategia más utilizada en general para el desarrollo activo de ingenieros. Esto es entendible, ya que, como estrategia, permite un seguimiento a lo largo del periodo académico del desarrollo de las habilidades del estudiante, además que una gran parte de la responsabilidad reposa sobre el estudiante. El docente pasa a tener un papel de guía y consultor acerca de las decisiones que los estudiantes, ya sea individualmente o de manera grupal deben tomar.

Los aprendizajes basados en proyectos también facilitan el abordaje de competencias colaborativas y de liderazgo. Además, si los grupos son manejados y tutorizados adecuadamente, permite a los estudiantes autoidentificar fortalezas en sus competencias dentro de un entorno colaborativo. Este tipo de habilidades son vitales hoy, una razón para que el mismo se aborde de manera amplia. Este análisis también lleva a plantear que existe una necesidad formativa en los docentes, para que

puedan acompañar mejor al alumno. Esto podría resultar en un mejoramiento de los currículos actuales, más allá de identificar las competencias necesarias y observar si el currículo actual se adapta a este.

#### ACKNOWLEDGMENT

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de Panamá y la Facultad de Ingeniería Mecánica (<https://fim.utp.ac.pa/>, accessed on 10 December 2022) por su colaboración a este estudio y a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) (<https://www.senacity.gob.pa/>, consultado el 27 febrero de 2023) por su financiamiento dentro del proyecto PFIA-IACP-39-2022, en conjunto con el Sistema Nacional de Investigación (SNI).

#### REFERENCES

- [1] ONU, «Objetivos y metas de desarrollo sostenible – Desarrollo Sostenible», 2021. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (accedido 24 de junio de 2021).
- [2] J. W. Novy, B. Banerjee, y P. Matson, «A Core Curriculum for Sustainability Leadership», *Sustainability*, vol. 13, n.º 19, p. 10557, sep. 2021, doi: 10.3390/su131910557.
- [3] R. E. Vásquez, F. Castrillón, S. Rúa, N. L. Posada, y C. A. Zuluaga, «Curriculum change for graduate-level control engineering education at the Universidad Pontificia Bolivariana», *IFAC-Pap.*, vol. 52, n.º 9, pp. 306-311, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.08.225.
- [4] M. Keinänen, J. Ursin, y K. Nissinen, «How to measure students' innovation competences in higher education: Evaluation of an assessment tool in authentic learning environments», *Stud. Educ. Eval.*, vol. 58, pp. 30-36, sep. 2018, doi: 10.1016/j.stueduc.2018.05.007.
- [5] O. L. G. Quelhas *et al.*, «Engineering education and the development of competencies for sustainability», *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 20, n.º 4, pp. 614-629, may 2019, doi: 10.1108/IJSHE-07-2018-0125.
- [6] G. J. Costello, «More than just a game: the role of simulation in the teaching of product design and entrepreneurship to mechanical engineering students», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 42, n.º 6, pp. 644-652, nov. 2017, doi: 10.1080/03043797.2016.1211992.
- [7] J. Bilbao, E. Bravo, O. García, C. Rebollar, y C. Varela, «Study to find out the perception that first year students in engineering have about the Computational Thinking skills, and to identify possible factors related to the ability of Abstraction», *Heliyon*, vol. 7, n.º 2, p. e06135, feb. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06135.
- [8] H. G. Bayhan y E. Karaca, «Technological innovation in architecture and engineering education - an investigation on three generations from Turkey», *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 17, n.º 1, p. 33, dic. 2020, doi: 10.1186/s41239-020-00207-0.
- [9] L. Elbaek y R. E. Hansen, «Innovation camp as 21st century skill learning game in K12 PE teaching», 2020, pp. 142-150. doi: 10.34190/GBL.20.041.
- [10] «¿Cómo medir el aprendizaje en innovación? Análisis factorial confirmatorio del Innovator's Behavior Questionnaire (i)BQ en universitarios chilenos | Editorial Octaedro». <https://octaedro.com/libro/innovacion-educativa-en-contextos-inclusivos-de-educacion-superior-16183-06/>, <https://octaedro.com/libro/innovacion-educativa-en-contextos-inclusivos-de-educacion-superior-16183-06/> (accedido 15 de marzo de 2022).
- [11] J. Vélez, P. Benjumea, y K. Castro, «Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería», Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2017.

- [12] J. Silva, «Metodologías centradas en el alumno: la llave para innovar con TIC en Educación Superior», 2016, doi: 10.13140/RG.2.2.34654.64329.
- [13] Universidad de Deusto y Universidad de Groningen, «Tuning Educational Structures in Europe», 2003. [En línea]. Disponible en: [http://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningEUI\\_Final-Report\\_SP.pdf](http://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningEUI_Final-Report_SP.pdf)
- [14] L. Axley, «Competency: A Concept Analysis», *Nurs. Forum (Auckl.)*, vol. 43, n.º 4, pp. 214-222, oct. 2008, doi: 10.1111/j.1744-6198.2008.00115.x.
- [15] M. Strebler y And Others, *Getting the Best Out of Your Competencies*. Grantham Book Services, Isaac Newton Way, Alma Park Industrial Estate, Grantham NG31 9SD, England, United Kingdom., 1997. Accedido: 10 de octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=ED409440>
- [16] M. Gómez, E. Aranda, y J. Santos, «A competency model for higher education: an assessment based on placements», *Stud. High. Educ.*, vol. 42, n.º 12, pp. 2195-2215, dic. 2017, doi: 10.1080/03075079.2016.1138937.
- [17] M. R. Weise y C. M. Christensen, *Hire Education: Mastery, Modularization, and the Workforce Revolution*. Clayton Christensen Institute for Disruptive Innovation, 2014. Accedido: 10 de octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=ED561277>
- [18] L. McIntyre-Hite, «A Delphi study of effective practices for developing competency-based learning models in higher education», *J. Competency-Based Educ.*, vol. 1, n.º 4, pp. 157-166, 2016, doi: 10.1002/cbe2.1029.
- [19] L. S. Vygotsky, Michael Cole, Vera John-Steiner, Sylvia Scribner, y Ellen Soubberman, «Mind in Society», 1978. <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674576292> (accedido 10 de octubre de 2021).
- [20] A. Hartree, «Malcolm Knowles' Theory of Andragogy: A Critique», *Int. J. Lifelong Educ.*, vol. 3, n.º 3, pp. 203-210, abr. 1984, doi: 10.1080/0260137840030304.
- [21] Elwood F. Holton, Richard A. Swanson, y Sharon S. Naquin, «Andragogy in Practice: Clarifying the Andragogical Model of Adult Learning», 2008. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1937-8327.2001.tb00204.x> (accedido 10 de octubre de 2021).
- [22] J. Gervais, «The operational definition of competency-based education», *J. Competency-Based Educ.*, vol. 1, n.º 2, pp. 98-106, 2016, doi: 10.1002/cbe2.1011.
- [23] N. M. Seel, «Carroll's Model of School Learning», en *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, N. M. Seel, Ed., Boston, MA: Springer US, 2012, pp. 501-503. doi: 10.1007/978-1-4419-1428-6\_980.
- [24] C. Le, R. E. Wolfe, y A. Steinberg, *The Past and the Promise: Today's Competency Education Movement. Students at the Center: Competency Education Research Series*. Jobs for the Future, 2014. Accedido: 10 de octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=ED561253>
- [25] R. W. Tyler, *Perspectives on American Education: Reflections on the Past...Challenges for the Future*. Science Research Associates, 259 East Erie Street, Chicago, Illinois 60611 (order no, 1976).
- [26] M. Palma, I. de los Ríos, y E. Miñán, «Generic competences in engineering field: a comparative study between Latin America and European Union», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 15, pp. 576-585, 2011, doi: 10.1016/j.sbspro.2011.03.144.
- [27] T. r. Nodine, «How did we get here? A brief history of competency-based higher education in the United States», *J. Competency-Based Educ.*, vol. 1, n.º 1, pp. 5-11, 2016, doi: 10.1002/cbe2.1004.
- [28] M. P. Lama, «Hacia un Nuevo Modelo desde las Competencias: la Ingeniería Industrial en el Perú», p. 11, 2012.
- [29] D. Pittich, R. Tenberg, y K. Lensing, «Learning factories for complex competence acquisition», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 45, n.º 2, pp. 196-213, mar. 2020, doi: 10.1080/03043797.2019.1567691.
- [30] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur, y K. Edström, «Rethinking Engineering Education The CDIO Approach», en *Rethinking Engineering Education*, Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 11-45. doi: 10.1007/978-3-319-05561-9\_2.
- [31] A. Virtanen y P. Tynjälä, «Factors explaining the learning of generic skills: a study of university students' experiences», *Teach. High. Educ.*, vol. 24, n.º 7, pp. 880-894, oct. 2019, doi: 10.1080/13562517.2018.1515195.
- [32] M. Edwards-Schachter, A. García-Granero, M. Sánchez-Barrioluengo, H. Quesada-Pineda, y N. Amara, «Disentangling competences: Interrelationships on creativity, innovation and entrepreneurship», *Think. Ski. Creat.*, vol. 16, pp. 27-39, jun. 2015, doi: 10.1016/j.tsc.2014.11.006.
- [33] R. M. Felder y R. Brent, «Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria», *J. Eng. Educ.*, vol. 92, n.º 1, pp. 7-25, ene. 2003, doi: 10.1002/j.2168-9830.2003.tb00734.x.
- [34] K. Edström, «The role of CDIO in engineering education research: Combining usefulness and scholarliness», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 45, n.º 1, pp. 113-127, ene. 2020, doi: 10.1080/03043797.2017.1401596.
- [35] M. Vargas, S. Vargas, M. Alfaro, G. Millan, G. Fuertes, y R. Carrasco, «PBL and CDIO for engineering education: A polynesian canoes case study», en *2018 IEEE International Conference on Automation/XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA)*, Concepcion: IEEE, oct. 2018, pp. 1-5. doi: 10.1109/ICA-ACCA.2018.8609709.
- [36] C.-J. Asplund y L. Bengtsson, «Knowledge spillover from Master of Science Theses in Engineering Education in Sweden», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 45, n.º 3, pp. 443-456, may 2020, doi: 10.1080/03043797.2019.1604632.
- [37] D. Guerrero, M. Palma, y G. La Rosa, «Developing Competences in Engineering Students. The Case of Project Management Course», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 112, pp. 832-841, feb. 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.01.1239.
- [38] M.-D. Jean, J.-B. Jiang, y J.-Y. Chien, «Identification and assessment of professional competencies for implementation of nanotechnology in engineering education», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 42, n.º 6, pp. 701-711, nov. 2017, doi: 10.1080/03043797.2016.1216522.
- [39] H. Li, A. Öchsner, y W. Hall, «Application of experiential learning to improve student engagement and experience in a mechanical engineering course», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 44, n.º 3, pp. 283-293, may 2019, doi: 10.1080/03043797.2017.1402864.
- [40] M. Friman, D. Schreiber, R. Syrjänen, E. Kokkonen, A. Mutanen, y J. Salminen, «Steering sustainable development in higher education – Outcomes from Brazil and Finland», *J. Clean. Prod.*, vol. 186, pp. 364-372, jun. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.090.
- [41] E.-P. Heikkinen, J. Jaako, y J. Hiltunen, «A triangular approach to integrate research, education and practice in higher engineering education», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 42, n.º 6, pp. 812-828, nov. 2017, doi: 10.1080/03043797.2016.1226779.
- [42] M. L. Cruz, G. N. Saunders-Smits, y P. Groen, «Evaluation of competency methods in engineering education: a systematic review», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 45, n.º 5, pp. 729-757, sep. 2020, doi: 10.1080/03043797.2019.1671810.
- [43] D. W. Holmes, M. Sheehan, M. Birks, y J. Smithson, «Development of a competency mapping tool for undergraduate professional degree programmes, using mechanical engineering as a case study», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 43, n.º 1, pp. 126-143, ene. 2018, doi: 10.1080/03043797.2017.1324404.
- [44] S. Kopelyan, A. Godonoga, I. Güney, y N. Yasmin, «Assessing Innovation-related Competences in the MaRIHE Program: Teacher and Student Perceptions», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 228, pp. 553-560, jul. 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.07.085.
- [45] J. Chen, A. Kolmos, y X. Du, «Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 46, n.º 1, pp. 90-115, ene. 2021, doi: 10.1080/03043797.2020.1718615.
- [46] K. Kövesi y A. Kálmán, «How to manage the study-to-work transition? a comparative study of Hungarian and French graduate engineering students' perception of their employability», *Eur. J.*

- Eng. Educ., vol. 45, n.º 4, pp. 516-533, jul. 2020, doi: 10.1080/03043797.2019.1622654.
- [47] J. M. Malechwanz, H. Lei, y L. Wang, «Students' Perceptions and Faculty Measured Competencies in Higher Education», *Int. J. High. Educ.*, vol. 5, n.º 3, p. p56, jun. 2016, doi: 10.5430/ijhe.v5n3p56.
- [48] M. I. González, «LA EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS GENÉRICAS DE INNOVACIÓN Y COMUNICACIÓN EN EL PRIMER CICLO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS: UNA INTEGRACIÓN CURRICULAR COMPLEJA», *Educere Educ.*, p. 10.17648/educare.v15i35.23971-10.17648/educare.v15i35.23971, jun. 2020, doi: 10.17648/educare.v15i35.23971.
- [49] S. N. Uribe y M. Vaughan, «Facilitating student learning in distance education: a case study on the development and implementation of a multifaceted feedback system», *Distance Educ.*, vol. 38, n.º 3, pp. 288-301, sep. 2017, doi: 10.1080/01587919.2017.1369005.
- [50] M. Neupane Bastola y G. Hu, «"Chasing my supervisor all day long like a hungry child seeking her mother!": Students' perceptions of supervisory feedback», *Stud. Educ. Eval.*, vol. 70, p. 101055, sep. 2021, doi: 10.1016/j.stueduc.2021.101055.
- [51] C. K. Y. Chan y N. C. J. Yeung, «To assess or not to assess holistic competencies – Student perspectives in Hong Kong», *Stud. Educ. Eval.*, vol. 68, p. 100984, mar. 2021, doi: 10.1016/j.stueduc.2021.100984.
- [52] I. Markes, «A review of literature on employability skill needs in engineering», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 31, n.º 6, pp. 637-650, dic. 2006, doi: 10.1080/03043790600911704.
- [53] Low, Mary, Botes, Vida, De La Rue, David, y Alle, Jackie, «Accounting employers' expectations - the ideal accounting graduates», *e-Journal of Business Education and Scholarship of Teaching*, pp. 36-57, 2016.
- [54] C. Stewart, A. Wall, y S. Marciniak, «Mixed Signals: Do College Graduates Have the Soft Skills That Employers Want? », *undefined*, 2016, Accedido: 10 de octubre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mixed-Signals%3A-Do-College-Graduates-Have-the-Soft-Stewart-Wall/2964bcf1300000c23ddccb77b1833373a19607b5>
- [55] J. Henrich, «Competency-based education: The employers' perspective of higher education», *J. Competency-Based Educ.*, vol. 1, n.º 3, pp. 122-129, 2016, doi: 10.1002/cbe2.1023.
- [56] E. Pang, M. Wong, C. H. Leung, y J. Coombes, «Competencies for fresh graduates' success at work: Perspectives of employers», *Ind. High. Educ.*, vol. 33, n.º 1, pp. 55-65, feb. 2019, doi: 10.1177/0950422218792333.
- [57] E. Forcael, G. Garcés, y F. Orozco, «Relationship Between Professional Competencies Required by Engineering Students According to ABET and CDIO and Teaching-Learning Techniques», *IEEE Trans. Educ.*, pp. 1-10, 2021, doi: 10.1109/TE.2021.3086766.
- [58] C. Macmahon, O. McConnell, B. Bowe, y F. Cranley, *Teaching and Learning Competencies Valued by Engineering Educators: A Pilot Study*. 2019.
- [59] Z. Lazić, A. Djordjevic, y A. Gazizulina, «Improvement of Quality of Higher Education Institutions as a Basis for Improvement of Quality of Life», *Sustainability*, vol. 13, pp. 1-33, abr. 2021, doi: 10.3390/su13084149.
- [60] V. Epifanić, S. Urošević, A. Dobrosavljević, G. Kokeza, y N. Radivojevic, «Multi-criteria ranking of organizational factors affecting the learning quality outcomes in elementary education in serbia», *J. Bus. Econ. Manag.*, vol. 22, pp. 1-20, oct. 2020, doi: 10.3846/jbem.2020.13675.
- [61] B. Neeta y S. Michael, *Quality Management Principles and Policies in Higher Education*. IGI Global, 2019.
- [62] J. Overberg, «"Skipping the quality abracadabra": academic resistance to quality management in Finnish higher education institutions and quality managers' strategies to handle it», *Qual. High. Educ.*, vol. 25, n.º 3, pp. 227-244, sep. 2019, doi: 10.1080/13538322.2019.1685656.
- [63] M. Seyfried, «Undisclosed desires: quality managers' normative notions regarding the implementation of quality management», *Assess. Eval. High. Educ.*, vol. 44, n.º 7, pp. 1106-1119, oct. 2019, doi: 10.1080/02602938.2019.1573970.
- [64] G. Prakash, «Quality in higher education institutions: insights from the literature», *TQM J.*, vol. 30, n.º 6, pp. 732-748, sep. 2018, doi: 10.1108/TQM-04-2017-0043.
- [65] T. Leiber, B. Stensaker, y L. C. Harvey, «Bridging theory and practice of impact evaluation of quality management in higher education institutions: a SWOT analysis», *Eur. J. High. Educ.*, vol. 8, n.º 3, pp. 351-365, jul. 2018, doi: 10.1080/21568235.2018.1474782.
- [66] V. Sunder M. y J. Antony, «A conceptual Lean Six Sigma framework for quality excellence in higher education institutions», *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 35, n.º 4, pp. 857-874, abr. 2018, doi: 10.1108/IJQRM-01-2017-0002.
- [67] Y. M. Pérez-Pérez, A. A. Rosado-Gómez, y A. M. Puentes-Velásquez, «Application of business intelligence in the quality management of higher education institutions», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1126, p. 012053, nov. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1126/1/012053.
- [68] V. Sunder M, «Constructs of quality in higher education services», *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 65, pp. 1091-1111, oct. 2016, doi: 10.1108/IJPPM-05-2015-0079.
- [69] R. Dicker, M. Garcia, A. Kelly, y H. Mulrooney, «What does 'quality' in higher education mean? Perceptions of staff, students and employers», *Stud. High. Educ.*, vol. 44, n.º 8, pp. 1425-1441, ago. 2019, doi: 10.1080/03075079.2018.1445987.
- [70] M. Broshkov, O. Forostian, Y. Kichuk, M. Liapa, M. Horbashevskaya, y Y. Kakhiani, «Management of Key Performance Indicators by Heads of Higher Education Institutions», Social Science Research Network, Rochester, NY, SSRN Scholarly Paper ID 3629108, jun. 2020. Accedido: 15 de julio de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=3629108>
- [71] E. S. Bjornali y L. Anne Støren, «Examining competence factors that encourage innovative behaviour by European higher education graduate professionals», *J. Small Bus. Enterpr. Dev.*, vol. 19, n.º 3, pp. 402-423, ago. 2012, doi: 10.1108/14626001211250135.
- [72] M. R. Forte-Celaya, A. Sandoval-Correa, y L. F. Resendez-Maqueda, «Perdurable and long-term knowledge retention using project-based learning», 2020, pp. 1428-1433. doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125365.
- [73] C. Galarce-Miranda, D. Gormaz-Lobos, H. Hortsch, y S. Kersten, «Design and Implementation of the International Center of Engineering Education at the University of Talca (Chile) Under IGIP and the Dresden School of Engineering Pedagogy Tradition», *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 1329, pp. 11-23, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-68201-9\_2.
- [74] H. A. López, P. Ponce, A. Molina, M. S. Ramírez-Montoya, y E. Lopez-Caudana, «Design framework based on tec21 educational model and education 4.0 implemented in a capstone project: A case study of an electric vehicle suspension system», *Sustain. Switz.*, vol. 13, n.º 11, 2021, doi: 10.3390/su13115768.
- [75] J. Miranda *et al.*, «The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education», *Comput. Electr. Eng.*, vol. 93, 2021, doi: 10.1016/j.compeleceng.2021.107278.
- [76] P. Pavlasek, «Competency-based automotive/mobility engineering education: Implementation of creative project in modular model», 2020. doi: 10.1109/ELEKTRO49696.2020.9130344.
- [77] I. de los Ríos, A. Cazorla, J. M. Díaz-Puente, y J. L. Yagüe, «Project-based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments», *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 2, n.º 2, pp. 1368-1378, 2010, doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.202.
- [78] J. G. Sandland, A. Wankerl, A. Q. Termini, A. J. C. Capetillo, y D. S. Flores, «Collaborative learning for innovation education», 2020, pp. 630-637. doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125403.
- [79] Ambiyar, R. Efendi, Waskito, I. Rojiyyah, y R. A. Wulandari, «Need Analysis for Development of Web-Based Flipped Classroom Learning Models in Vocational Education», 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012103.

- [80] E. B. Blazquez-Parra, I. L. D. G. Lopez, F. D. T. Aguilera, P. M. Segado, y L. M. Garret, «Development of flipped classroom model applied to Graphic Engineering», 2021, pp. 100-102. doi: 10.1109/Engineering47629.2021.9470648.
- [81] S. V. Shet y V. Pereira, «Proposed managerial competencies for Industry 4.0 – Implications for social sustainability», *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 173, p. 121080, dic. 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2021.121080.
- [82] A. Ribeiro, A. Amaral, y T. Barros, «Project Manager Competencies in the context of the Industry 4.0», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 181, pp. 803-810, ene. 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.01.233.
- [83] B. Mrugalska *et al.*, «Open source systems and 3D computer design applicable in the dental medical engineering Industry 4.0 – sustainable concept», *Procedia Manuf.*, vol. 54, pp. 296-301, ene. 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2021.09.002.
- [84] L. M. Kipper *et al.*, «Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0», *Technol. Soc.*, vol. 64, p. 101454, feb. 2021, doi: 10.1016/j.techsoc.2020.101454.
- [85] M. Ali, «Vocational students' perception and readiness in facing globalization, industry revolution 4.0 and society 5.0», 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1833/1/012050.
- [86] G. Dieck-Assad, A. Ávila-Ortega, y O. I. G. Peña, «Comparing competency assessment in electronics engineering education with and without industry training partner by challenge-based learning oriented to sustainable development goals», *Sustain. Switz.*, vol. 13, n.º 19, 2021, doi: 10.3390/su131910721.
- [87] J. J. Yoo, E. E. Günay, K. Park, S. Tahamtan, y G. E. Okudan Kremer, «An intelligent learning framework for Industry 4.0 through automated planning», *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 29, n.º 3, pp. 624-640, 2021, doi: 10.1002/cae.22376.
- [88] G. Tejedor, M. Rosas-Casals, y J. Segalas, «Patterns and trends in engineering education in sustainability: A vision from relevant journals in the field», *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 20, n.º 2, pp. 360-377, feb. 2019, doi: 10.1108/IJSHE-07-2018-0131.
- [89] A. Takala y K. Korhonen-Yrjänheikki, «A decade of Finnish engineering education for sustainable development», *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 20, n.º 1, pp. 170-186, ene. 2019, doi: 10.1108/IJSHE-07-2018-0132.
- [90] T. Stock y H. Kohl, «Perspectives for International Engineering Education», *Procedia Manuf.*, vol. 21, pp. 10-17, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.089.
- [91] S. S.-F. de Miranda, A. Córdoba-Roldán, F. Aguayo-González, y M. J. Ávila-Gutiérrez, «Neuro-competence approach for sustainable engineering», *Sustain. Switz.*, vol. 13, n.º 8, 2021, doi: 10.3390/su13084389.
- [92] UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, «CORE COMPETENCY FRAMEWORK», 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/Careers/undp-hr-core-competency-2016.pdf>
- [93] F. Melosi, G. Campana, y B. Cimatti, «Competences Mapping as a Tool to increase Sustainability of Manufacturing Enterprises», *Procedia Manuf.*, vol. 21, pp. 806-813, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.187.
- [94] A. N. Kosarikov y N. G. Davydova, «Extracurricular activities programs as a resource for sustainable development», *Prospects*, 2021, doi: 10.1007/s11125-021-09583-5.
- [95] L. Rusyati, N. Y. Rustaman, A. Widodo, y M. Ha, «Development of questionnaire instrument to assess students' transformative competencies in science learning», 2021. doi: 10.1088/1742-6596/2098/1/012035.
- [96] M. E. O. Luna y J. O. Arce, «Competencies e-portfolio construction and defense influence on STEM career choice», 2021. doi: 10.1109/iSTEM-Ed52129.2021.9625127.
- [97] M. Dushkevych, H. Barabashchuk, y N. Hutsuliak, «Peculiarities of Student Distance Learning in Emergency Situation Condition», *Romanian J. Multidimens. Educ. Rev. Romaneasca Pentru Educ. Multidimens.*, vol. 12, pp. 71-77, jun. 2020, doi: 10.18662/rrem/12.1sup2/248.
- [98] J. Zhang, *Teachers' Professional Learning Communities in China: A Mixed-Method Study on Shanghai Primary Schools*. London: Routledge, 2022. doi: 10.4324/9781003286141.
- [99] R. E. Ayers y E. K. Laursen, «Strengthening Experiential Learning: Innovative Virtual Engagement Strategies of Community Education Organizations», *Curric. Teach.*, vol. 36, n.º 2, pp. 73-85, dic. 2021, doi: 10.7459/ct/36.2.06.
- [100] K. Davis, B. Twarek, D. Becton-Consuegra, y S. Koshy, «The Needs of K-12 Computer Science Educators towards Building an Inclusive Classroom: Implications for Policy, Practice, and Research», en *Proceedings of the 53rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 2*, Providence RI USA: ACM, mar. 2022, pp. 1041-1042. doi: 10.1145/3478432.3499229.
- [101] S. O. Fakayode, J. J. Davis, L. Yu, P. A. Meikle, R. Darbeau, y G. Hale, «Transforming STEM Departments for Inclusion: Creative Innovation, Challenges, Adaptation, and Sustainability at the University of Arkansas-Fort Smith», en *Broadening Participation in STEM*, en Diversity in Higher Education, vol. 22. Emerald Publishing Limited, 2019, pp. 73-105. doi: 10.1108/S1479-364420190000022004.
- [102] J. Breddermann, J.-F. Martínez, y J. Torrent-Sellens, «A model for teacher training to improve students' 21st century skills in online and blended learning: An approach from film education», en *Teacher Training and Professional Development: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 2018, pp. 399-427. doi: 10.4018/978-1-5225-5631-2.ch018.
- [103] «Development of CDIO-Based Programs from the Teacher Training Perspective - M&#228;lardalens universitet». <https://mdh.primo.exlibrisgroup.com> (accedido 28 de febrero de 2023).
- [104] A. ElSayary, «The impact of a professional upskilling training programme on developing teachers' digital competence», *J. Comput. Assist. Learn.*, 2023, doi: 10.1111/jcal.12788.
- [105] J. Chukwunyere Iwuoha y A. Ukamaka Jude-Iwuoha, «COVID-19: Challenge to SDG and Globalization», *Electron. Res. J. Soc. Sci. Humanit.*, vol. 2, n.º 3, sep. 2020, [En línea]. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=3670330>
- [106] Dr. L. Mishra, Dr. T. Gupta, y Dr. A. Shree, «Online Teaching-Learning in Higher Education during Lockdown Period of COVID-19 Pandemic», *Int. J. Educ. Res. Open*, p. 100012, sep. 2020, doi: 10.1016/j.ijedro.2020.100012.
- [107] M. P. A. Murphy, «COVID-19 and emergency eLearning: Consequences of the securitization of higher education for post-pandemic pedagogy», *Contemp. Secur. Policy*, vol. 41, n.º 3, pp. 492-505, jul. 2020, doi: 10.1080/13523260.2020.1761749.
- [108] H. ElHawary, A. Salimi, P. Alam, y M. S. Gilardino, «Educational Alternatives for the Maintenance of Educational Competencies in Surgical Training Programs Affected by the COVID-19 Pandemic», *J. Med. Educ. Curric. Dev.*, vol. 7, p. 238212052095180, ene. 2020, doi: 10.1177/2382120520951806.
- [109] D. C. Darma, Z. Ilmi, S. Darma, y Y. Syaharuddin, «COVID-19 and its Impact on Education: Challenges from Industry 4.0», *Aquademia*, vol. 4, n.º 2, p. ep20025, ago. 2020, doi: 10.29333/aquademia/8453.
- [110] M. B. Cahapay, «Rethinking Education in the New Normal Post-COVID-19 Era: A Curriculum Studies Perspective», *Aquademia*, vol. 4, n.º 2, p. ep20018, jun. 2020, doi: 10.29333/aquademia/8315.
- [111] A. Starks, «Serving students with disabilities in K-12 online learning: daily practices of special educators during the COVID-19 pandemic», *Distance Educ.*, vol. 43, n.º 4, pp. 596-620, 2022, doi: 10.1080/01587919.2022.2144138.
- [112] Dishon, Gideon, «What kind of revolution? Thinking and rethinking educational technologies in the time of COVID-19 - M&#228;lardalens universitet», *The journal of the learning science*, 2022. Acceido: 28 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://mdh.primo.exlibrisgroup.com>