

Hacia un currículo de ingeniería basado en microcredenciales para la era de la inteligencia artificial

Towards a Micro-credential-based Engineering Curriculum for the Age of Artificial Intelligence

Juan Carlos Jáuregui Correa ¹
Mihir Sen ²

¹ Universidad Autónoma de Querétaro,
Facultad de Ingeniería,
MÉXICO
ORCID: 0000-0002-8961-103X
jc.jauregui@uaq.mx

² University of Notre Dame,
ESTADOS UNIDOS
ORCID: 0000-0002-5136-7940
Mihir.Sen.1@nd.edu

<https://cientifica.site>

Recibido 20/05/2026, aceptado 28/06/2026, publicado 30/06/2026.



Resumen

La educación superior en ingeniería enfrenta una transformación sin precedentes, impulsada por la rápida evolución de las tecnologías digitales, la disponibilidad masiva de información y la incorporación creciente de sistemas de inteligencia artificial (IA) en prácticamente todos los ámbitos del conocimiento. Los modelos curriculares tradicionales, estructurados mediante asignaturas de duración fija y secuencias rígidas de aprendizaje, muestran dificultades para adaptarse a la velocidad con la que evolucionan las competencias requeridas por la industria y la sociedad. En este trabajo se analiza críticamente la estructura actual de los programas de ingeniería y se propone un nuevo paradigma educativo basado en nodos de conocimiento y certificación de competencias. El modelo sustituye la organización tradicional por asignaturas por una red de certificaciones teóricas, prácticas y de proyectos que los estudiantes pueden completar de acuerdo con su ritmo de aprendizaje. Asimismo, se propone la microcredencialización como mecanismo natural para implementar esta estructura, permitiendo la acumulación progresiva de competencias verificables y favoreciendo el aprendizaje permanente. Se discute el papel de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo al aprendizaje autónomo y se analizan las implicaciones de esta propuesta para la formación de ingenieros en el siglo XXI.

2

Palabras clave: educación en ingeniería, inteligencia artificial, currículo basado en competencias, microcredenciales, aprendizaje permanente.

Abstract

Engineering higher education is currently experiencing an unprecedented transformation driven by the rapid evolution of digital technologies, the widespread availability of information, and the growing incorporation of artificial intelligence (AI) systems into nearly every domain of knowledge. Traditional curricula, organized into fixed-duration courses and rigid learning sequences, face increasing difficulties adapting to the pace at which industry and society require new competencies. This paper critically analyzes the current structure of engineering programs and proposes a new educational paradigm based on competency certification nodes. The proposed model replaces traditional course-based structures with a network of theoretical, practical, and project certifications that students may complete at their own pace. Furthermore, micro-credentialing is proposed as the natural implementation mechanism for this framework, enabling the accumulation of verifiable competencies and supporting lifelong learning. The role of artificial intelligence as a tool for self-directed learning is discussed, and the implications of this proposal for engineering education in the twenty-first century are analyzed.

Index terms: engineering education, artificial intelligence, competency-based curriculum, micro-credentials, lifelong learning.

I. INTRODUCCIÓN

La educación universitaria ha permanecido relativamente estable durante más de un siglo. A pesar de las profundas transformaciones tecnológicas ocurridas desde la segunda mitad del siglo XX, la estructura fundamental de los programas académicos continúa organizada alrededor de asignaturas independientes impartidas durante períodos semestrales o trimestrales, evaluadas mediante sistemas de calificación y agrupadas en planes de estudio rígidos.

Se han escrito numerosos libros sobre el desperdicio de tiempo y dinero que supone cursar estudios universitarios [1]. No obstante, a veces se tiene la errónea impresión de que este fenómeno se da en disciplinas que podrían denominarse, en términos generales, «ciencias sociales», pero no necesariamente en las «ciencias exactas» (incluida la ingeniería). Los autores temen que la tendencia actual de reducción de la matrícula de pregrado continúe y conduzca a una situación drástica que nadie desea [2], [3]. La reforma curricular en las universidades debe surgir desde dentro; de lo contrario, será impuesta por otros factores [4], como la elección de carreras [5] y otras posibles características. Por lo tanto, es importante actuar de inmediato para remediar la situación y hacer planteamientos disruptivos que se adapten al nuevo orden social y la disponibilidad de las nuevas tecnologías.

Las ideas sobre el proceso educativo han cambiado en los últimos años, y la mayoría de las modificaciones provienen de teorías como la formación por competencias y el constructivismo, entre otras. Todas proponen nuevas interacciones entre docente y estudiante para mejorar el proceso de aprendizaje, pero no ofrecen recomendaciones específicas para una perspectiva diferente. Independientemente de la pedagogía o el modelo educativo, los estudiantes siempre construyen su base de conocimientos y habilidades de forma individual y se adaptan al entorno por sí mismos. La pandemia por COVID-19 evidenció muchas de las limitaciones del modelo educativo actual. La rápida transición hacia modalidades remotas demostró que la transmisión de contenidos puede realizarse mediante múltiples medios digitales sin requerir necesariamente la presencia física simultánea de profesores y estudiantes. Paralelamente, el desarrollo reciente de sistemas de inteligencia artificial generativa ha modificado radicalmente los mecanismos de acceso, búsqueda y organización del conocimiento.

La pregunta fundamental se centra en entender si los modelos curriculares actuales siguen siendo adecuados para formar a los ingenieros que demandará la sociedad durante las próximas décadas. Hasta ahora, el conocimiento y las habilidades que debe tener un estudiante al terminar sus estudios de ingeniería se ha dividido en un número finito de cursos, estructurados intercaladamente en semestres, con un número fijo de horas por semana. Sin embargo, este modelo deja de tener un fundamento sostenible en las estructuras sociales y las herramientas tecnológicas del presente [6].

Los programas tradicionales presentan ventajas evidentes. El conjunto fijo y finito de asignaturas y la duración específica de cada curso han demostrado tener un marco de aprendizaje progresivo, cierto nivel de calidad y coherencia en la educación, un cronograma explícito para cubrir el material y el cumplimiento de los plazos académicos. Un currículo estructurado garantiza que los estudiantes se familiaricen con los fundamentos teóricos y las aplicaciones prácticas, preparándolos para los desafíos de la ingeniería en el mundo real y la práctica profesional:

- Organización progresiva del aprendizaje.
- Estandarización de contenidos.
- Control institucional de la calidad.
- Procesos de acreditación consolidados.

Últimamente, se han producido cambios significativos en las tecnologías de la información que también deben tenerse en cuenta. Internet ha redefinido los canales de comunicación, el almacenamiento de información y la búsqueda. La

inteligencia artificial (IA) se centra en la búsqueda de información, y su fácil acceso genera la necesidad de un cambio en el proceso educativo formal. Esto pone de manifiesto que los programas tradicionales presentan limitaciones importantes que se discuten a continuación:

A. *Limitantes de los currículos tradicionales*

A continuación se listan algunas de las deficiencias que tiene el sistema educativo actual. La mayoría se ha tratado de subsanar aplicando nuevas técnicas pedagógicas o modelos educativos, pero no han desaparecido y están vigentes desde hace más de cincuenta años.

- Fragmentación del conocimiento

La división en asignaturas genera barreras artificiales entre disciplinas que en la práctica profesional aparecen profundamente interconectadas.

- Ritmos de aprendizaje uniformes

Todos los estudiantes deben avanzar a la misma velocidad independientemente de sus capacidades, experiencia previa o intereses particulares.

- Obsolescencia curricular

Los procesos de actualización curricular suelen requerir varios años, mientras que tecnologías como IA, manufactura avanzada, gemelos digitales o ciberseguridad evolucionan en cuestión de meses.

- Evaluación basada en tiempo y no en competencia y conocimiento

La aprobación de una asignatura frecuentemente refleja la permanencia durante un período académico más que la demostración efectiva de competencias profesionales y la adquisición del conocimiento.

- Formación en un lugar fijo que y con profesores asignados sin que los estudiantes puedan escoger las mejores opciones a nivel nacional o internacional.

Además, en la formación global de un ingeniero, la ausencia de un tema o la falta de desarrollo de una habilidad de pensamiento no se subsanan en los cursos siguientes. Así por ejemplo, si un profesor no se aseguró que todos los alumnos construyeran el conocimiento necesario para los cursos subsiguientes, se forman lagunas en la evolución constructiva que cuestan mucho trabajo remediar.

Ante estas condiciones, la pregunta fundamental se hace más evidente con la masificación del uso de la inteligencia artificial. A pesar de que su uso generalizado tiene muy poco tiempo, el impacto en la transformación de la sociedad ha sido abismal. Los sistemas educativos, además de los procesos productivos y empresariales, han tenido que replantear nuevos esquemas de enseñanza y evaluación del aprendizaje, además de tener que definir procedimientos para garantizar que los procesos fundamentales de las universidades e instituciones de educación superior se lleven a cabo dentro de los marcos de la ética. Por tanto, es importante referenciar el impacto de las nuevas herramientas de la inteligencia artificial que están al alcance de todas las personas que tienen acceso a internet.

Existen muchas maneras de responder a estas y otras preguntas relacionadas. Para empezar, el sistema educativo debe definir primero los conocimientos y las habilidades que una persona debe poseer para ser ingeniero. Nos referimos al sistema universitario a nivel mundial; todos los estudiantes de ingeniería son similares o aspiran a serlo en cualquier parte del mundo.

B. La inteligencia artificial como catalizador del cambio

Sin embargo, los planes tradicionales enfrentan muchas limitaciones, sobre todo en el contexto de las nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) y la abundancia de información en internet. La IA y otras tecnologías emergentes avanzan rápidamente, a menudo superando los ciclos tradicionales de desarrollo curricular. Esta rápida evolución puede dificultar que los marcos estructurados se mantengan actualizados con los últimos avances tecnológicos y sus implicaciones para la práctica de la ingeniería. Muchos problemas de ingeniería actuales requieren conocimientos y habilidades interdisciplinarios que pueden no encajar fácilmente en los límites tradicionales de las asignaturas. Por ejemplo, las aplicaciones de IA en ingeniería a menudo requieren conocimientos de informática, matemáticas y disciplinas específicas de ingeniería, lo que exige un enfoque más integrado que los marcos tradicionales pueden tener dificultades para abarcar. La formación en ingeniería está evolucionando hacia modelos más flexibles y adaptables en respuesta a estos desafíos. La inteligencia artificial modifica profundamente el proceso educativo y se convierte en una herramienta que permite a los estudiantes y profesores [7]:

- Obtener explicaciones personalizadas
- Resolver problemas complejos
- Generar simulaciones
- Acceder a bibliotecas virtuales
- Traducir documentación técnica
- Desarrollar prototipos de software

Todo ello sin necesidad de esperar la intervención directa de un instructor o una guía. Ha sido notorio, desde hace varios años, que los estudiantes, cuando tienen que resolver alguna duda, prefieren revisar videos de corta duración, que recurrir a las fuentes originales de información (tradicionalmente publicada en libros) o consultar a un profesor. Este nuevo esquema de consulta, se fortalece cuando las herramientas de búsqueda son más ágiles y no sólo resuelven la duda, sino que producen material con las respuestas (documentos de texto, videos, presentaciones, entre muchos formatos).

Desde el punto de vista del aprendizaje, los planes de estudio de ingeniería actuales presentan varias limitaciones e inconvenientes. Impone plazos rígidos para el aprendizaje de temas específicos, lo que conduce a una comprensión superficial o a la memorización en lugar de un aprendizaje profundo y un dominio conceptual. Los estudiantes pueden sentirse limitados en su capacidad para profundizar en temas que les interesan o que son cruciales para sus aspiraciones profesionales. Necesitan ayuda para conectar conocimientos que representan diferentes aspectos de la ingeniería con fundamentos y modelos matemáticos similares, por ejemplo. La ingeniería es un campo donde el aprendizaje permanente es esencial debido a los rápidos avances tecnológicos; por lo tanto, los planes de estudio de ingeniería actuales pueden no preparar adecuadamente a los estudiantes para el aprendizaje continuo y la adaptación a lo largo de sus vidas profesionales, ya que podrían centrarse más en completar programas predefinidos en lugar de desarrollar habilidades para el aprendizaje auto-dirigido, o podrían limitar las oportunidades para que los estudiantes exploren soluciones creativas e innoven en sus cursos. Existe un movimiento creciente hacia modelos educativos más flexibles en ingeniería, como cursos modulares, aprendizaje basado en competencias, aprendizaje basado en proyectos y programas interdisciplinarios. Estos enfoques buscan brindar a los estudiantes mayor autonomía en sus trayectorias de aprendizaje, adaptarse a diversos estilos y ritmos de aprendizaje, fomentar una comprensión más profunda y el

pensamiento crítico, y prepararlos mejor para los desafíos dinámicos y complejos que enfrentarán en sus carreras de ingeniería. [8], [9], [10], [11].

Sin embargo, la IA no reemplaza la capacidad de razonamiento ingenieril. Por el contrario, lo limita y es por ello que se crea la necesidad de generar nuevas estrategias para que los ingenieros aumenten su capacidad de desarrollar pensamiento crítico, modelado matemático, validación experimental y capacidad de síntesis.

La educación debe evolucionar desde la transmisión de información y la capacidad de realización evaluación hacia la certificación de capacidades.

II. NUEVO PARADIGMA CURRICULAR BASADO EN NODOS DE CERTIFICACIÓN

En esencia, las actividades educativas siguen un ciclo evolutivo, como se muestra en la Figura 1. Este ciclo comienza con deducciones basadas en conocimientos previos, utiliza analogías para comprender modelos físicos con matemáticas similares y refuerza el conocimiento mediante repeticiones. Por ejemplo, en el caso específico de la industria minera en México, el Real Tribunal de Minas designó expertos y el Colegio de Minería inició cursos formales para la formación de futuros expertos en minería. El proceso de designación de expertos finalizó cuando un jurado académico examinó a cada candidato y decidió nominar a uno o más. Con el paso de los años, el procedimiento para nombrar a los expertos ha cambiado, pero este es el origen de los títulos de ingeniería actuales.

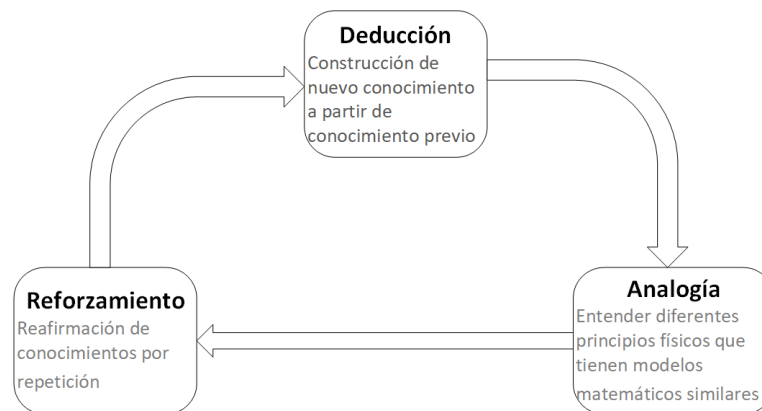


Fig. 1. Esquema conceptual de ciclos de aprendizaje [12].

Tras la Segunda Guerra Mundial, se produjo una importante «revolución» (por llamarla de alguna manera) en la enseñanza de la ingeniería. El currículo pasó de centrarse en geometría, medición, topografía y topología a incorporar cálculo y mecánica basada en la física. Este enfoque ha sido útil durante las décadas siguientes, pero es hora de otra revolución. Lattuca et al. [13] afirman que «en la década de 1980... los recién graduados estaban bien preparados técnicamente, pero carecían de las habilidades profesionales necesarias para el éxito». Por otro lado, la tecnología impulsa cambios sociales, o quizás sea al revés; en cualquier caso, están estrechamente relacionadas.

Para impulsar una mejora en el proceso formativo de los ingenieros, es importante establecer un vínculo más sólido entre la formación en ingeniería y la actividad profesional del egresado. Rara vez un egresado de un programa de este tipo, después de, digamos, 20 años de trabajo, afirma: «Realmente he utilizado toda mi formación en algún momento de mi carrera». Y si no ha utilizado un curso en particular, parece que se puede eliminar sin mucha discusión. ¿Por qué está ahí? Sin embargo, el problema no es tan simple: nos parece que cierta madurez intelectual está asociada con el tiempo dedicado a asistir a clases y seguir un hilo argumental, sin mencionar otros beneficios como realizar exámenes con regularidad o hacer las tareas asignadas, que forman habilidades de pensamiento que un ingeniero necesitará toda su vida profesional. Sin embargo, gran parte de esto se puede asimilar sin hacer hincapié en, por ejemplo, las Leyes del Movimiento de Newton. De hecho, el estudiante llega a creer que lo que enseñamos son las leyes de Newton y su aplicación, cuando en realidad se trata de pensar con claridad sobre los procesos mecánicos y relacionar causa y efecto. Lo cierto es que los ingenieros en formación aprenden a usar la ecuación de Newton sin comprender todo su significado físico. Más aún, deberían comprender que cualquier fuerza produce una aceleración, independientemente de la relación cuantitativa entre ellas. La estática es, por supuesto, un caso especial de esta dinámica. Si realizar pequeños ajustes o cambios en el currículo no mejora el sistema educativo, ¿qué lo hará? Si cada uno de nosotros tuviera una hoja en blanco para escribir la base de conocimientos que creemos que debería tener un graduado en ingeniería mecánica, seguramente todas serían diferentes, y la mayoría diferirían de lo que se enseña actualmente. Para un enfoque novedoso de la educación, hay que empezar por preguntarse qué utilizan los estudiantes en su trabajo. Sin embargo, también existen muchas dificultades con el cambio curricular. A los docentes les gusta enseñar lo que aprendieron como estudiantes y lo que ya han enseñado. Por lo general, sus preferencias se forman al inicio de su carrera y no cambian a lo largo de su trayectoria profesional. Por diversas razones, no se puede esperar que los docentes que actualmente forman parte del sistema educativo lo transformen radicalmente, y resulta más fácil para quienes están fuera hacer sugerencias que, lamentablemente, pueden resultar hirientes.

7

Lo primero que hay que averiguar es qué necesitan saber realmente los estudiantes. Es lógico que los ingenieros deban tener los conocimientos y las habilidades suficientes para resolver problemas en su campo. Sin embargo, ¿qué se les debe enseñar para lograrlo? Muchos estudiantes se enorgullecen de no utilizar todas las matemáticas que se les enseñan («Soy hábil con las manos, pero no con las matemáticas», pueden decir, «por eso estudio ingeniería»). Entonces, ¿deberían eliminarse las matemáticas del currículo? Es más fácil decir que es superfluo en el currículo que qué debería incluirse. Algunos aspectos, sin embargo, son obvios. Los estudiantes necesitan saber pensar racionalmente, lo cual es realmente difícil de enseñar. Sin embargo, eso es lo que se asume cuando se enseña en los cursos tradicionales, aunque el mensaje principal para el estudiante sea más bien un método práctico, es decir, cómo resolver problemas específicos que se les plantean en las tareas o los exámenes. Los ingenieros deben desarrollar la capacidad de resolver problemas con las herramientas disponibles en un tiempo limitado. Las matemáticas desempeñan un papel crucial en el desarrollo de esta habilidad. Lo sucedido en el pasado sirve de base para predecir el futuro. En cambio, los estudiantes de ingeniería no tienen conocimientos previos sobre lo que les espera. Por lo tanto, para el estudiante, cualquier respuesta será correcta, incluso si ha introducido una función errónea en un sistema de búsqueda de la IA.

Otras técnicas han intentado resolver problemas de aprendizaje modificando el proceso de enseñanza (sin cuestionar la raíz del problema ni siquiera identificarla). Ejemplos de ello son el modelo educativo basado en competencias y la inclusión del aprendizaje orientado a proyectos, entre otros. Ninguna de ellas ha cuestionado la necesidad de modificar todo el currículo y disolver la estructura rígida de un número fijo de cursos con un número fijo de clases y un número específico de horas semanales. Además, está el tema de la acreditación y la calificación.

La tarea principal es desarrollar la capacidad de razonamiento, de modo que los estudiantes puedan analizar, evaluar y sintetizar cualquier problema (que pueda resolverse utilizando habilidades de ingeniería) independientemente del plazo. La propuesta recopila diferentes ideas y reflexiones discutidas en nuestras comunidades y presentadas en otros foros [14] (Berlanga et al. 2022). La eficacia de la educación no sincrónica y la aplicación de pruebas de evaluación

han demostrado ser efectivas en muchos sistemas educativos; por lo tanto, esta propuesta es una evolución de las experiencias de enseñanza de la ingeniería que han roto el marco tradicional. En el nuevo modelo, los profesores ya no serían necesarios para instruir a los estudiantes; su función consistirá en seleccionar el material de lectura y las fuentes de información adecuadas. También deberán preparar ejercicios de laboratorio para reforzar el conocimiento teórico, y la relación con los estudiantes se basará en el acompañamiento y la orientación para la preparación de los exámenes. El modelo propuesto se fundamenta en la idea de la autoformación. En lugar de dividir el conocimiento de ingeniería en un número fijo de cursos, cada estudiante deberá aprobar un conjunto de exámenes, procedimientos de laboratorio y el desarrollo de proyectos para obtener el diploma de ingeniería. Las pruebas se organizarán de forma secuencial y podrán presentarse en cualquier momento; de esta manera, cada estudiante determinará su propio ritmo en función de sus habilidades y necesidades. Las universidades se convertirán en espacios para compartir conocimientos y experiencias, ofrecer tutorías (si la tutoría en línea no resulta suficientemente eficaz) y servir como laboratorios para el trabajo práctico y la investigación.

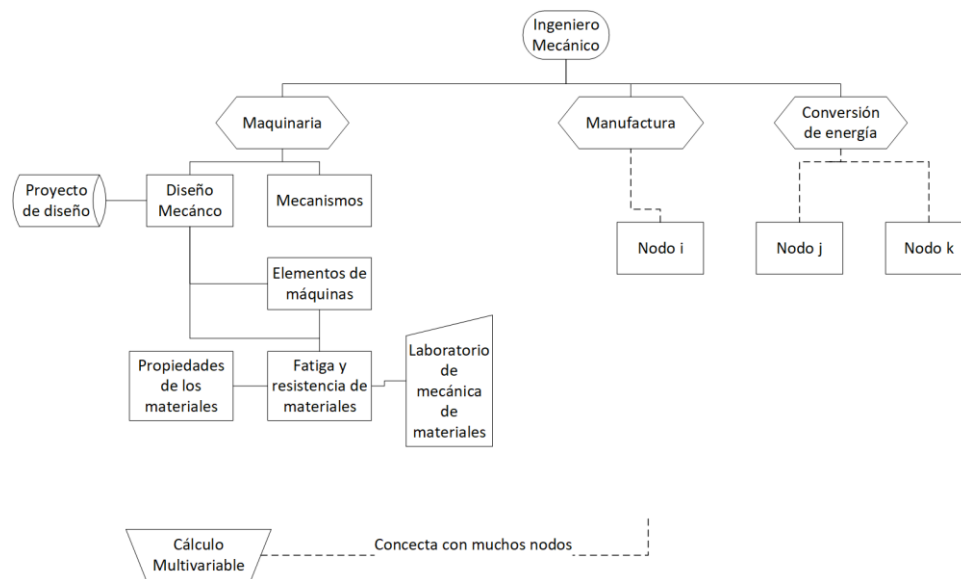


Fig. 2. Esquema conceptual del nuevo modelo curricular [6].

El nuevo proceso de aprendizaje de ingeniería que aquí se propone se basa en un nuevo paradigma [15], [16]. Los roles de quienes participan en el proceso educativo difieren de los anteriores; los estudiantes deberán adquirir nuevos conocimientos y desarrollar habilidades de pensamiento por sí mismos. Tendrán que leer libros de texto, ver videos y realizar ejercicios a su propio ritmo. No tendrán que asistir a clases. Avanzarán en el programa a su propio ritmo. La idea se representa en la Figura 2, donde se muestra la estructura de las microcredenciales que deberán ir adquiriendo progresiva y evolutivamente. Cada nodo representa una microcredencial de certificación de un conjunto de conceptos y habilidades comunes y es un requisito previo para los nodos siguientes. Por otro lado, la evaluación de las asignaturas se ha convertido en un tema complejo; la primera cuestión es la calificación. ¿Qué significa la calificación? Cada país tiene su propio sistema de calificación, que distingue a cada estudiante individualmente; sin embargo, el sistema de calificación no puede determinar el conocimiento individual; por lo tanto, los estudiantes deben demostrar su conocimiento y las habilidades de ingeniería que adquirieron durante sus estudios. En el método propuesto, no hay

calificación; cada nodo debe ser aprobado, y la distinción entre los estudiantes radica en el tiempo que dedican a aprobar todas las certificaciones (nodos).

Cada nodo se agrupa a partir de conocimientos y habilidades técnicas que cada estudiante debe cubrir a su ritmo personal. Una vez que el estudiante demuestra que ha logrado asimilar el conocimiento y las habilidades definidas para un nodo obtendrá un certificado (microcredencial) que le permitirá evolucionar y al completar todos los nodos podrá obtener el título de ingeniero. Los nodos se agrupan de acuerdo con los conocimientos cuya similitud permiten definir los requisitos para que se puedan certificar y son los prerrequisitos de los siguientes nodos definidos en la red (Fig. 2). Estos se agrupan de acuerdo con la clasificación mostrada en la Tabla 1:

TABLA 1
DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE NODOS.

Tipo de nodo	Competencia que califican	Ejemplo
Nodos teóricos	Conceptos de física, matemáticas e ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> - Matemáticas. - Física. - Mecánica. - Termodinámica. - Ciencia de materiales. - Control automático. - Inteligencia artificial.
Nodos prácticos	Capacidades relacionadas con: <ul style="list-style-type: none"> - Instrumentación. - Laboratorios. - Metrología. - Experimentación. - Elaboración de reportes técnicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorio de máquinas herramientas - Laboratorio de fluidos
Nodos de proyecto	Capacidades propias del desarrollo de proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Integración multidisciplinaria. - Innovación - Diseño - Gestión tecnológica - Resolución de problemas reales

Los módulos teóricos están estrechamente relacionados con el desarrollo del pensamiento crítico y los conceptos básicos de ingeniería, desde la física y las matemáticas hasta temas específicos de ingeniería. Los módulos prácticos se diseñan como actividades de laboratorio con experimentos bien definidos y resultados específicos; los estudiantes deben completar un conjunto de actividades de laboratorio con sus correspondientes informes técnicos. Las actividades de laboratorio deben diseñarse para desarrollar habilidades de ensayo, utilizando cuadernos de bitácora, redacción de informes técnicos, uso de instrumentos especializados, etc. Antes de cualquier módulo práctico, los estudiantes deben haber aprobado los módulos teóricos prerrequisito. Los módulos de proyecto se diseñan como actividades complementarias, donde los estudiantes combinan conocimientos teóricos y prácticos previos para resolver problemas reales y aprenden a trabajar en equipo, bajo presión y condiciones similares a la práctica profesional.

Los roles en el proceso enseñanza-aprendizaje cambian. Los docentes ya no impartirán clase, pero podrán organizar cursos cortos para reforzar los estudios individuales, además de la impartición de tutorías o asesorías especializadas. Estas clases no deben ser obligatorias; deben estar diseñadas para apoyar el proceso de aprendizaje y pueden impartirse en cualquier momento. La duración de los cursos debe adaptarse a las necesidades y requisitos específicos de los estudiantes. La Tabla 2 resume las funciones en este nuevo plan de estudios de ingeniería

TABLA 2
NUEVOS ROLES EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.

Actor	Rol
Estudiante	Autoaprendizaje - Preparación para exámenes - Asistencia a sesiones de tutoría cuando sea necesario - Realización de proyectos conjuntos y actividades de laboratorio. Participación en actividades extracurriculares dentro de la universidad - Creación de redes con otros estudiantes
Profesor	Elaboración de material de certificación - Diseño y actualización de exámenes de certificación. Tutoría a estudiantes en materias específicas. Seguimiento del progreso de los estudiantes - Preparación y coordinación de proyectos y actividades de laboratorio. Organización de cursos cortos
Administración	-Organización y apoyo de actividades culturales - Gestión de la matrícula estudiantil - Adquisición de materiales para laboratorios y proyectos. Coordinación de exámenes y certificaciones

10

Este método propuesto se refuerza con los conceptos más recientes de la microcredencialización.

III. MICROCREDENCIALIZACIÓN COMO MECANISMO DE IMPLEMENTACIÓN

Las microcredenciales constituyen certificaciones verificables de competencias específicas adquiridas por un estudiante o profesional. A diferencia de los métodos tradicionales, una microcredencial representa evidencia concreta de una habilidad particular [17], [18], [19], [20]. Este concepto complementa la propuesta de la certificación por nodos, de manera que:

En la estructura planteada:

- Cada nodo teórico puede generar una microcredencial
- Cada laboratorio aprobado puede generar una microcredencial práctica
- Cada proyecto puede generar una microcredencial profesional

El conjunto de estas credenciales forma un ecosistema de aprendizaje evolutivo que al final asegura que el futuro ingeniero ha acumulado los conocimientos y habilidades necesarias para su desempeño profesional.

Las microcredenciales pueden agruparse progresivamente y se acumulan (Stackable Credentials) conforme se van cubriendo los prerrequisitos de cada una hasta lograr todas las credenciales necesarias para obtener el título de ingeniero.

Por ejemplo:

Nivel 1. Fundamentos Matemáticos

- Álgebra
- Cálculo diferencial
- Cálculo integral
- Ecuaciones diferenciales

Nivel 2. Modelado Físico

- Mecánica
- Termodinámica
- Transferencia de calor

Nivel 3. Diseño y Simulación

- CAD
- Elementos Finitos
- Manufactura Digital

Nivel 4 Área de especialidad del Ingeniero Mecánico Integración de todas las credenciales previas.

La velocidad actual del desarrollo tecnológico obliga a considerar que ningún programa de licenciatura puede preparar completamente a un profesional para toda su vida laboral. La propuesta permite que un ingeniero regrese periódicamente a la universidad para obtener nuevas certificaciones en:

- Inteligencia Artificial
- Gemelos Digitales
- Industria 5.0
- Manufactura Inteligente
- Ciberseguridad Industrial
- Computación Cuántica Aplicada

Esto transforma la relación universidad-egresado en un vínculo permanente.

La microcredencialización requiere una infraestructura tecnológica que permita almacenar y verificar las competencias adquiridas. Los elementos de acreditación (insignias) se deberán estandarizar de manera que puedan ser transferibles entre distintas instituciones de educación superior. Esta estandarización permitirá que los estudiantes acrediten sus conocimientos y habilidades en cualquier institución nacional o internacional. Por lo que, la propuesta que se presenta en este artículo el certificado de acreditación de un nodo deberá contener, además de los datos del estudiante:

- Competencia certificada
- Evidencia de evaluación
- Fecha de emisión

- Institución emisora
- Profesor responsable
- Nivel de dominio
- Enlace a evidencias digitales
- Insitución emisora

Con el seguimiento a las certificaciones de los nodos, en lugar de un currículum vitae estático, cada estudiante dispondría de un portafolio digital actualizado permanentemente.

IV. IMPLICACIONES PARA LA ACREDITACIÓN Y EVALUACIÓN

Uno de los principales desafíos será adaptar el modelo propuesto a los procesos de acreditación. Sin embargo, organismos internacionales como:

- ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology)
- European Commission
- UNESCO

Estas organizaciones han comenzado a reconocer esquemas basados en competencias verificables y aprendizaje a lo largo de la vida. Las micro-credenciales ofrecen evidencia más precisa de las capacidades reales de los egresados que las calificaciones tradicionales. Una crítica inmediata que probablemente harán los revisores es: "¿Cómo puede acreditarse un programa sin asignaturas?" Por ello es importante demostrar que la propuesta no contradice a ABET, sino que puede satisfacer sus criterios mediante un mecanismo diferente. La acreditación moderna de ABET ya no está basada en horas de clase sino en resultados de aprendizaje.

La Tabla 3 muestra la relación entre los resultados de aprendizaje de ABET y los nodos de certificación propuestos.

TABLA 3
CORRESPONDENCIA ENTRE ABET Y EL MODELO DE NODOS.

Resultado ABET	Evidencia en el modelo propuesto
Resolver problemas complejos de ingeniería	Nodos teóricos y proyectos integradores
Aplicar diseño de ingeniería	Nodos de proyectos
Comunicación efectiva	Reportes técnicos y defensa de proyectos
Responsabilidad ética y profesional	Nodos específicos de ética profesional
Trabajo en equipo	Nodos colaborativos de proyectos
Experimentación y análisis de datos	Nodos prácticos de laboratorio
Aprendizaje autónomo permanente	Eje central del modelo

En consecuencia, el cumplimiento de los resultados ABET no requiere necesariamente cursos semestrales tradicionales, sino mecanismos verificables de evaluación de competencias.

A. Ventajas frente a modelos tradicionales acreditados

El modelo propuesto ofrece tres ventajas principales:

- Trazabilidad. Cada competencia queda asociada a una evidencia específica

- Actualización continua. Es posible modificar un nodo individual sin rediseñar todo el programa
- Evaluación directa. Las competencias son evaluadas explícitamente y no inferidas a partir de una calificación global de una asignatura

B. Hacia una acreditación basada en competencias verificables

La tendencia internacional se dirige hacia sistemas donde:

- lo importante no es cuánto tiempo estudió una persona;
- sino qué sabe hacer realmente.

El modelo de microcredenciales permite documentar con precisión la adquisición de competencias, alineándose con la filosofía moderna de ABET y de los marcos europeos de aprendizaje permanente.

V. RUTA DE IMPLEMENTACIÓN A CINCO AÑOS

Una crítica frecuente a los modelos disruptivos es que parecen imposibles de implementar. Por ello se propone una transición gradual. La tabla 4 muestra un plan preliminar de implantación, considerando que el proceso estaría listo en cinco años, que es el tiempo promedio en el que un estudiante logra obtener el título de ingeniero

TABLA 4
PLAN DE IMPLANTACIÓN A CINCO AÑOS.

Año	Objetivos	Entregables
Primero: Diseño y validación conceptual	<ul style="list-style-type: none"> - Definir competencias. - Identificar nodos. - Construir mapas de dependencias. - Diseñar mecanismos de evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Catálogo inicial de nodos. - Catálogo de credenciales de certificación. - Marco de certificación.
Año 2: Programa piloto	Implementación parcial. Posibles áreas: <ul style="list-style-type: none"> - Matemáticas. - Física. - Programación. 	Implementación parcial. Posibles áreas: <ul style="list-style-type: none"> - Matemáticas. - Física. - Programación.
Año 3: Expansión a laboratorios	Incorporación de: <ul style="list-style-type: none"> - prácticas; - reportes técnicos; - proyectos cortos. 	Se inicia la generación de certificados de acreditación digitales verificables.
Año 4: Integración con la industria	Participación de empresas. Las empresas: <ul style="list-style-type: none"> - definen competencias; - validan certificados de acreditación; - proponen proyectos. 	Se inicia el reconocimiento externo de las micro-credenciales.
Año 5: Programa completo	El programa opera bajo un esquema híbrido: <ul style="list-style-type: none"> - asignaturas tradicionales; - certificaciones por nodos; - Certificados de acreditación digitales. 	Al final del año se realiza la evaluación para migrar completamente al nuevo modelo.

VI. CONCLUSIONES

La revolución tecnológica impulsada por la inteligencia artificial obliga a replantear profundamente los modelos tradicionales de educación en ingeniería. El sistema universitario se encuentra en una encrucijada, donde deberá tomar decisiones importantes. La pandemia ha dejado dolorosamente claro que seguir como hasta ahora no funcionará y que es necesario encontrar una alternativa. Cuándo sucederá esto es una incógnita. La estructura organizativa de las universidades actuales no es lo suficientemente flexible para adaptarse a las necesidades. Este, por supuesto, no es el único sector en crisis. En el sector de la restauración, por ejemplo, la gente se ha dado cuenta de que va a los restaurantes no solo por la comida, y los camareros tampoco quieren trabajar por una miseria.

El modelo propuesto sustituye la estructura rígida de asignaturas por una red de nodos de certificación basada en competencias verificables, aprendizaje autónomo y experiencias prácticas. Este artículo propone un nuevo paradigma para preparar a las escuelas de ingeniería para la revolución tecnológica. El nuevo modelo curricular eliminaría la necesidad de clases, cursos y calificaciones, y obligaría a los estudiantes a adquirir conocimientos teóricos y de ingeniería de forma autónoma. El nuevo currículo se organiza en nodos de conocimiento que guían y apoyan a los estudiantes en la construcción de habilidades y conocimientos de ingeniería para la práctica profesional. En estos nodos, los profesores tendrán nuevas funciones. En lugar de impartir clases, ayudarán a los estudiantes, individualmente o en grupo, a desarrollar las habilidades necesarias para cumplir con los requisitos de certificación, seleccionarán el material de estudio y actualizarán los exámenes. Organizarán actividades de laboratorio y diseñarán proyectos específicos. La creación de redes es fundamental para los ingenieros; por lo tanto, los estudiantes participarán plenamente en el desarrollo de proyectos y prácticas de laboratorio, sin necesidad de asistir a otras clases simultáneamente. La metodología utilizará tecnologías de reciente desarrollo y aprovechará la IA, internet y la experiencia del teletrabajo durante la pandemia. Si bien no es específica de la ingeniería, ofrecemos estrategias prácticas para evaluar y mejorar el aprendizaje de los estudiantes, incluyendo el desarrollo de competencias y habilidades [21].

La micro-credencialización emerge como el mecanismo natural para implementar esta transformación, permitiendo trayectorias personalizadas de aprendizaje, certificaciones acumulables y actualización profesional continua. Más que una reforma curricular incremental, esta propuesta representa un cambio de paradigma que redefine el papel de profesores, estudiantes y universidades en la formación de los ingenieros del futuro.

CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

Contribuciones de los autores: Conceptualización, Metodología, Investigación, Redacción y preparación del borrador original, Redacción, revisión y edición del manuscrito, Supervisión, Análisis formal, Administración del proyecto: JJC, MS.

Financiamiento: Los autores declaran no haber recibido financiación externa.

Declaración de la disponibilidad de datos: Los datos se encuentran en el artículo y pueden ser solicitados.

Agradecimientos: Los autores agradecen las facilidades otorgadas.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] B. Caplan, *The Case Against Education: Why the Education System Is a Waste of Time and Money*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2018.

- [2] J. J. Aguilar, "High school students' reasons for disliking mathematics: The intersection between teacher's role and student's emotions, belief and self-efficacy," *Int. Electron. J. Math. Educ.*, vol. 16, no. 3, Art. no. em0658, pp. 1–11, Oct. 2021. doi: <https://doi.org/10.29333/iejme/11294>
- [3] National Student Clearinghouse Research Center, "Current term enrollment estimates: Fall 2022," Feb. 2023. [Online]. Disponible en: <https://nscresearchcenter.org/current-term-enrollment-estimates/>. [Accedido: jun. 26, 2023].
- [4] O. Adepoju, "The Economist this weekend: A special edition on universities," *USA Africa Dialogue Series*, 2023. [Online]. Disponible en: <https://groups.google.com/g/usaafriadiologue/c/gmjlpQeijTc>. [Accedido: jun. 26, 2023].
- [5] B. C. Devereaux, "Colleges should be more than just vocational schools," *The New York Times*, 2 de abril de 2023. [Online]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2023/04/02/opinion/humanities-liberal-arts-policy-higher-education.html>. [Accedido: jun. 26, 2023].
- [6] J. C. Jauregui-Correa, M. Sen, "Revolutionizing engineering education: Adapting curricula to address artificial intelligence challenges and opportunities," *ASEAN J. Eng. Educ.*, vol. 8, no. 1, pp. 64–69, 2024.
- [7] M. Khalil, E. Er, "Artificial intelligence and personalized learning in higher education," *Comput. Educ.: Artif. Intell.*, vol. 6, Art. no. 100201, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100201>
- [8] T. K. F. Chiu, "Future research recommendations for transforming higher education with generative AI," *Comput. Educ.: Artif. Intell.*, vol. 6, Art. no. 100197, pp. 1–9, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100197>
- [9] T. K. F. Chiu, Q. Xia, X. Zhou, C. S. Chai, M. Cheng, "Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education," *Comput. Educ.: Artif. Intell.*, vol. 4, Art. no. 100118, pp. 1–15, 2023. doi: [10.1016/j.caeai.2022.100118](https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118).
- [10] M. Gunawardena, P. Bishop, K. Aviruppola, "Personalized learning: The simple, the complicated, the complex and the chaotic," *Teach. Teacher Educ.*, vol. 139, Art. no. 104429, pp. 1–11, Mar. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104429>
- [11] M. Tavakoli, A. Faraji, J. Vrolijk, M. Molavi, S. T. Mol y G. Kismihók, "An AI-based open recommender system for personalized labor market driven education," *Adv. Eng. Inform.*, vol. 52, Art. no. 101508, pp. 1–15, Abr. 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101508>
- [12] J. C. Jauregui-Correa, "Flipped learning applied to machine design," en *Trends in Educational Activity in the Field of Mechanism and Machine Theory (2018–2022)*, J. C. García Prada, C. Castejón y J. I. Pedrero Moya, Eds. Cham, Suiza: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 55–63. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22232-0_6
- [13] L. R. Lattuca, P. T. Terenzini, J. F. Volkwein, G. D. Peterson, "The changing face of engineering education," *The Bridge*, vol. 36, no. 2, pp. 6–44, Jun. 2006.
- [14] F. A. Berlanga, M. C. Vallejo, J. L. Borrego, J. C. García-Prada, "Influence of continuous assessment test methodology on the learning of basic mechanical physics knowledge," en *International Symposium on the Education in Mechanism and Machine Science*, J. C. García-Prada y C. Castejón, Eds. Cham, Suiza: Springer, 2022, pp. 103–109. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22232-0_11
- [15] J. González, R. Wagenaar, "Developing competency-based learning in higher education: Evidence from the tuning approach," en *Tuning Educational Structures in Europe: Universities' Contribution to the Bologna Process. An Introduction*, 2.^a ed. Bilbao, España: Universidad de Deusto, 2008, pp. 33–41.
- [16] M. Mina, "Liberating engineering education: Engineering education and pragmatism," en *Proc. IEEE Front. Educ. Conf. (FIE)*, Oklahoma City, OK, USA, 2013, pp. 832–837. doi: <https://doi.org/10.1109/FIE.2013.6684943>
- [17] B. Oliver, *Making Micro-Credentials Work for Learners, Employers and Providers*. Melbourne, Vic., Australia: Deakin University, 2019.

- [18] M. Brown, M. Nic Giolla Mhichíl, E. Beirne, C. Mac Lochlainn, "The global micro-credential landscape: Charting a new credential ecology for lifelong learning," *J. Learn. Develop.*, vol. 8, no. 2, pp. 228–254, Jul. 2021. doi: <https://doi.org/10.56059/jl4d.v8i2.525>
- [19] L. Wheelahan, G. Moodie, S. Billett, A. Kelly, "Higher education, microcredentials and lifelong learning," *J. Higher Educ. Policy Manage.*, vol. 44, no. 6, pp. 593–607, 2022. doi: <https://doi.org/10.1080/1360080X.2022.2123587>
- [20] J. Finkelstein, E. Knight, S. Manning, *The Potential and Value of Using Digital Badges for Adult Learners* (Final Report). Washington, DC, USA: American Institutes for Research, 2013.
- [21] R. Marzano, D. Pickering, J. McTighe, *Assessing and Improving Student Learning in College: A Practical Guide*. Aurora, CO, USA: Mid-Continent Regional Educational Lab., 1993.