Autores

Clara Lucia Burbano González / Gustavo E. Constain M. /
Lorena Galeazzi / Cristian Barría Huidobro / Rafael Robayo-Salazar

El camino hacia la investigación: un enfoque en las ingenierías

Editora científica:
Clara Lucia Burbano González

EMAVI
SELLO EDITORIAL

Catalogación en la publicación - Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

El camino hacia la investigación: un enfoque en las ingenierías/ editor científico Clara Lucia Burbano González-- Santiago de Cali : Sello Editorial Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” EMAVI , 2023.

256 páginas : ilustraciones color y gráficos; 17x24 cm
Incluye referencias bibliográficas al final
ISBN (Impreso): 978-628-95947-6-8
ISBN (Digital): 978-628-95947-7-5

Colombia.Escuela Militar de Aviación (EMAVI) – 1.Proyectos en Ingeniería 2. Innovación Educativa – 3.Ingeniería Informática --i. Carrasco Sáez, José Luis (prólogo), ii. Burbano González, Clara Lucia (autor), iii. Constain Moreno, Gustavo Eduardo iv. Galeazzi, Lorena (autor), v. Barría Huidobro, Cristian (autor) vi. c (autor), vii. Colombia. Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI), viii. Colombia. Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC).

Registro Catalográfico SIBFuP 991283010407231
607.3 23

Archivo descargable en formato MARC en:
https://tinyurl.com/emavi 991283010407231

El camino hacia la investigación: un enfoque en las ingenierías

© Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” (EMAVI)
©EMAVI Sello Editorial
©Clara Lucia Burbano González, Gustavo Eduardo Constain Moreno, Lorena Galeazzi, Cristian Barría Huidobro y Rafael Andrés Robayo Salazar

Dirección
BG. Víctor Alexander Celis Herrera

Subdirección
CR. Fabián Andrés Salazar Ospina
Escuela de Formación y Jefe de Estado Mayor

Comando Grupo Académico
TC. Kenny Leonardo Moreno Delgado

Jefe Sección Investigación
MY. Héctor Fabio Calvo Valencia

1ra. Edición: 100 ejemplares
Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2023

Sección Investigación EMAVI
Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali–Colombia
Teléfono: +57 (2) 488 1000, Ext. 68841

Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas
PS. Diana María Mosquera Taramuel
diana.mosquerat@emavi.edu.co

Corrección de Estilo:
Raúl Eduardo Chacón Hernández

Diseño y Diagramación Editorial:
EF Business Outsourcing S.A.S
Publicado en Colombia–Published in Colombia

Contenido relacionado

https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

El camino hacia la investigación:
un enfoque en las ingenierías

Editora científica:

Clara Lucia Burbano González

Autores

Clara Lucia Burbano González

Gustavo E. Constain M.

Lorena Galeazzi

Cristian Barría Huidobro

Rafael Robayo-Salazar

FUERZA AEROESPACIAL COLOMBIANA
ASÍ SE VA A LAS ESTRELLAS

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN
LA CIENCIA MI RUTA MI META EL ESPACIO
EMAVI
SELLO EDITORIAL

Contenido

7 *Prólogo*

9 *Introducción*

13 *Capítulo I*

El quehacer de la investigación para el desarrollo de proyectos en ingeniería
Clara Lucia Burbano González / Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

51 *Capítulo II*

El proyecto de investigación en las ingenierías
Gustavo Eduardo Constain Moreno / Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD

Innovación educativa desde la investigación: tendencias en la práctica de las ingenierías

91 *Capítulo III*

Mecanismos de juego competitivo como herramienta educativa en ingeniería: el caso de los CTF como apoyo a la docencia
Cristian Barría Huidobro / Universidad Mayor

131 *Capítulo IV*

Revisión de metodologías utilizadas en Ingeniería Informática
Lorena Galeazzi Ávalos/ Universidad Mayor

167 *Capítulo V*

Desde la investigación formativa hacia la investigación aplicada en las ingenierías
Clara Lucia Burbano González / Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

187 *Capítulo VI*

Retos y oportunidades para las ingenierías en Colombia
Rafael Robayo-Salazar / Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"

253 *Información sobre los autores*

PRÓLOGO

Entre los roles de la ingeniería, está el de contribuir a que las organizaciones se mantengan en equilibrio con su entorno, adaptando su estructura, integrando tecnologías, innovando y gestionando conocimiento, para adaptarse a escenarios difíciles de predecir.

Al respecto, la academia tiene dos responsabilidades. La primera consiste en su constante reinvención, para comprender las necesidades de un ciudadano que interactúa con sistemas sociales, naturales y artificiales, compuestos por distintos niveles de interrelación e influencia; quien se vincula con el mundo y los objetos de conocimiento a través de ideas, sentidos y virtualidad; construyendo, transfiriendo y gestionando, mediante diversas expresiones del lenguaje, un conocimiento aproximado, subjetivo, adaptativo y distribuido; que reside en él, en sus redes de colaboración y en dispositivos no humanos. La segunda, es la evolución hacia la implementación de modelos educativos menos funcionales a los sistemas de producción; reconociendo la naturaleza compleja de los problemas, donde

las tecnologías estén al servicio de un desarrollo humano ético, tanto en el espacio físico como en el virtual.

Los ingenieros-investigadores por su parte, deben abrazar diversas posturas ante el conocimiento, para iniciar su independencia intelectual. Son surfistas que, aunque crean estar en la cresta de la ola, nunca olvidan lo frágil de su embarcación, reconociendo en la interacción entre el sujeto complejo y los sistemas sociales, humanos y artificiales, la convergencia de miríadas disímiles acerca de la realidad que intentan investigar.

Este libro invita a los lectores a reflexionar acerca de la importancia de la ingeniería en este convulsionado periodo de cambios tecnológicos y culturales; y de cómo abordar la investigación en esta rama del conocimiento, para contribuir al debate acerca de la manera en que los futuros ingenieros, ciudadanos y líderes, están siendo formados, para que no solo sean útiles a la producción de bienes y servicios, situados en la gestión pragmática del conocimiento empresarial o tecnocientífico, sino que, sean capaces de prefigurar cambios que contribuyan a revertir las acciones que están llevando a la tierra, a un punto sin retorno que hipoteca el patrimonio natural y ecológico de las futuras generaciones y de la propia especie humana.

Dr. José Luis Carrasco Sáez
Académico e Investigador

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de las ingenierías, la investigación es un pilar fundamental que impulsa el desarrollo de proyectos, la innovación y la formación de profesionales altamente capacitados. Este libro, titulado "El camino hacia la investigación: un enfoque en las ingenierías", tiene como objetivo guiar a estudiantes, docentes y profesionales del campo de las ingenierías en su travesía hacia la investigación de calidad y la producción de conocimiento aplicado.

La investigación en ingenierías es un campo apasionante y desafiante que requiere no solo un profundo conocimiento técnico, sino también habilidades específicas en métodos de investigación, gestión de proyectos y comunicación efectiva. A lo largo de las páginas de este libro, exploraremos un enfoque paso a paso que permitirá a los lectores comprender y aplicar los principios de investigación en el contexto de las ingenierías.

Nuestro viaje a través de este libro se divide en seis capítulos, cada uno de los cuales aborda un aspecto fundamental del

proceso de investigación en ingenierías. Estos capítulos proporcionan una hoja de ruta clara y detallada para aquellos que desean iniciar o mejorar su experiencia en la investigación en esta apasionante área. A continuación, un vistazo general de lo que se desarrolla en cada capítulo:

Capítulo I: El quehacer de la Investigación para el Desarrollo de Proyectos en Ingeniería. Este capítulo establece las bases de la investigación en ingeniería, destacando su importancia en el desarrollo de proyectos. Exploraremos las metodologías y enfoques clave que permiten a los ingenieros abordar desafíos de manera efectiva.

Capítulo II: El Proyecto de Investigación en las Ingenierías. Aquí nos adentramos en la planificación y ejecución de proyectos de investigación específicos en el ámbito de las ingenierías. Aprenderás a diseñar y gestionar proyectos que generen resultados significativos.

Capítulo III: Mecanismos de Juego Competitivo como Herramienta Educativa en Ingeniería: El Caso de los CTF como Apoyo a la Docencia. Este capítulo se centra en un enfoque innovador de la enseñanza en ingeniería mediante el uso de juegos competitivos, con un enfoque en los CTF (*Capture The Flag*) como herramienta educativa. Exploraremos cómo los desafíos competitivos pueden mejorar la educación en ingeniería.

Capítulo IV: Revisión de Metodologías Utilizadas en Ingeniería Informática. Aquí se realiza una revisión detallada de las metodologías utilizadas en la ingeniería informática. Exploraremos las tendencias y mejores prácticas en este campo en constante evolución.

Capítulo V: Desde la Investigación Formativa hacia la Investigación Aplicada en las Ingenierías. Este capítulo traza la transición desde la investigación formativa hacia la investigación aplicada en las ingenierías, destacando la importancia de llevar los hallazgos de investigación a la práctica y su impacto en la sociedad.

Capítulo VI: Retos y Oportunidades para las Ingenierías en Colombia. Finalmente, reflexionaremos sobre los retos y oportunidades específicos que enfrentan las ingenierías en Colombia. Este capítulo ofrece una mirada al panorama local, destacando los desafíos y las perspectivas de desarrollo en este contexto.

A lo largo de este libro, te acompañaremos en tu viaje hacia la investigación en ingenierías, proporcionando orientación práctica, ejemplos concretos y consejos útiles. Ya sea que estés comenzando tu carrera académica, busques mejorar tus habilidades de investigación o simplemente quieras explorar nuevas perspectivas en tu campo, este libro te brindará las herramientas y el conocimiento necesario para avanzar con confianza en el emocionante mundo de la investigación en Ingeniería Informática y Mecánica.

CAPÍTULO I.

El quehacer de la investigación para el desarrollo de proyectos en ingeniería

PhD. Clara Lucia Burbano González
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
https://orcid.org/0000-003-0266-2692

> "El científico encuentra su recompensa en lo que Henri Poincare llama el placer de la comprensión, y no en las posibilidades de aplicación que cualquier descubrimiento pueda conllevar".
>
> **Albert Einstein**

El desarrollo de proyectos en programas de ingeniería informática y sistemas surge de las necesidades tanto globales como locales, permitiendo la creación de soluciones tecnológicas enfocadas en I+D+I+C (investigación, desarrollo, innovación y creación artística y cultural). Esto implica la caracterización de métodos y metodologías orientadas a resolver problemas sociales en contextos específicos. En este capítulo, se busca establecer una relación entre los vacíos identificados, considerados como problemas actuales que, gracias al uso de tecnologías y recursos de información y comunicación, pueden ser abordados para beneficiar a la comunidad. Es crucial reflexionar sobre las nuevas formas de pensar y actuar que emergen en el ámbito de las comunicaciones y la informática.

El progreso técnico implica una reestructuración constante de los espacios geográficos, económicos y sociales. Esta reestructuración se manifiesta, en primer lugar, a través de la expansión de las vías de comunicación en todos los ámbitos, así como en la apertura y cierre de salidas industriales asociadas a la adopción de ciertos procedimientos. Además, los entornos laborales, intelectuales y comunicativos están igualmente

sujetos a las constantes transformaciones de las disposiciones y dispositivos informacionales presentes en todos los niveles.

La investigación científica depende cada vez más de un aparato técnico complejo que borra las antiguas divisiones entre experiencia y teoría. La técnica se convierte en una dimensión fundamental para la autotransformación del mundo humano al establecer conexiones más numerosas con el universo no humano, incluyendo la naturaleza, sus flujos, sus campos y fuerzas, así como la materia como fuente de energía o como sustrato de acciones.

Es indudable que, más allá de otros factores, la vida social se ve significativamente influenciada por el estado y los cambios en la tecnología. Con relación a este tema, Pierre Lévy (1998) afirma: "Una parte esencial de los problemas políticos de nuestro tiempo se juegan en el terreno de la técnica (...)". [1]

Una parte significativa de los proyectos científicos, tecnológicos y económicos están influenciados por intenciones políticas. Desde esta perspectiva, es crucial considerar el trabajo colaborativo equiparable al que realiza el ingeniero. Este profesional, al embarcarse en un proyecto específico, se apoya en conocimientos científicos de su campo y acepta someterse a un control de tipo científico. Sin embargo, al mismo tiempo, se ve enfrentado a trabajar con objetos más complejos que aquellos que son puramente científicos. En consecuencia, debe abordar, de manera práctica y con todos

1 Levy, P. (1998). "La técnica no es un ídolo. Siete tesis sobre la Tecnociencia", Rev. Electrónica TOPODRILO

los recursos disponibles, problemas que la ciencia no puede o no quiere abordar. Este planteamiento nos lleva a la siguiente interrogante:

¿Debe tener permiso para generarse cualquier tipo de investigación, por el solo hecho de ser técnicamente posible?

Plantear esta pregunta desde una perspectiva filosófica nos lleva a considerar la relación que existe a través de la mediación técnica en general: ¿No nos vemos obligados a reconocer que una serie de eventos, a menudo considerados como vacíos o áreas de interés en el desarrollo de propuestas de proyectos, están intrínsecamente ligados al avance de la tecnología y sus aplicaciones para el beneficio de la comunidad?

En consecuencia, se reconoce la importancia del fenómeno técnico como objeto de investigación filosófica, histórica y sociohumanista en general. La estructura de la globalización pone de manifiesto una falta de trabajos desarrollados en ingeniería, situación que ha comenzado a revertirse después de la pandemia. No obstante, es fundamental destacar la co-creación terminológica entre "Tecnología y Sociedad", donde se puede identificar una caracterización en tres momentos:

En primer lugar, se observa la marginación de la técnica como objeto de análisis sociohumanístico integral y esencial, percibida mayormente entre los profesionales en ingeniería, lo que limita su interacción con expertos en áreas de Ciencias Sociales y Humanidades.

En segundo lugar, se nota la marginación de las ciencias sociales por parte de profesionales en Ciencias Técnicas.

En tercer lugar, se destaca el desconocimiento de la historia de la Ciencia, la técnica y la tecnología, así como de sus implicaciones y desafíos actuales.

Históricamente, algunos filósofos griegos han enfocado el conocimiento teórico como la auténtica y racional sabiduría, relegando la técnica y el saber operativo a un plano de menor importancia, e incluso algunos argumentan que no merece atención filosófica. Esta percepción, sin embargo, no se alinea necesariamente con la vocación dialéctica filosófica.[2]

Para comprender las leyes y patrones que caracterizan la lógica del desarrollo técnico como fenómeno y para trazar las estrategias pertinentes en este importante ámbito de la actividad humana, es crucial consultar e investigar las regularidades que han surgido en la formulación de propuestas de investigación. Un antecedente relevante en este sentido es el enfoque de V.I. Lenin (1988) sobre la realidad:

> (...) No olvidarse de la concatenación histórica fundamental, considerar cada cuestión desde el punto de vista de cómo ha surgido el fenómeno histórico orientado, cuáles son las etapas principales por las que ha pasado en

2 Caballero, J. (1972). Tecnología y Sociedad, Ed. Félix completas, t. 2, Buenos Aires, p.141.

> su desarrollado y partiendo, desde esta perspectiva del desarrollo, ver en que se ha convertido en la actualidad.[3]

Una de las características observadas es el limitado énfasis en el concepto de técnica en sí misma desde la perspectiva dialéctica de su desarrollo, aparentemente relegando la emocionante tarea de desarrollar la dialéctica a través del estudio filosófico de la historia humana. V.I. Lenin (1972) enfatizó fuertemente esta tarea como la misión de las futuras generaciones de filósofos marxistas cuando escribió:

> "(...) La continuación de la obra de Hegel y de Marx, debe consistir en la elaboración dialéctica de la historia del pensamiento humano, la ciencia y la técnica". [4]

Por consiguiente, es fundamental para los profesionales orientados desde las Ciencias Técnicas comprender activamente la historia de la técnica, dado que esta constituye la base de los logros alcanzados y proporciona el fundamento para la reelaboración crítica de nuevas concepciones, así como para el desarrollo de productos y procesos que involucran recursos de información y comunicación (RIC). Se destacan dos conceptos clave para el desarrollo de proyectos: las regularidades dialécticas, que representan la forma específica en que se manifiestan las leyes y categorías de la dialéctica en el proceso evolutivo del concepto investigado o del dominio de la realidad que este refleja; y la periodización dialéctica, que

3 Lenin, V.I. (1998) Acerca, del Estado. Ed. Progreso Moscú, p. 6.
4 Lenin, V.I. (1972). Cuadernos filosóficos, obras completas, t, 2. Buenos Aires, p. 141.

se refiere a la sucesión de momentos o fases en el desarrollo de un objeto, proceso o fenómeno, en los cuales se presentan determinaciones cuantitativas y cualitativas que preparan el terreno para el tránsito hacia una etapa cualitativamente superior. En este sentido, se considera la contribución del F. Engels (1961), quien señaló:

> Con el hombre entramos en la historia. También los animales tienen una historia, la de su origen y desarrollo gradual hasta su estado presente. Pero, los animales son objetos de la historia y en cuanto toman parte en ella, esto ocurre sin su conocimiento o voluntad. Los hombres, por el contrario, a medida que se alejan más de los animales en el sentido estrecho de la palabra en mayor grado hacen su historia ellos mismos conscientemente, y tanto menor es la influencia que ejercen sobre esta historia las circunstancias imprevistas y las fuerzas incontroladas y tanto más exactamente se corresponde el resultado histórico con los fines establecidos de antemano. Pero si aplicamos este rasero a la historia humana, incluso a la historia de los pueblos más desarrollados de nuestro siglo, veremos que incluso aquí existe todavía una colosal discrepancia entre los objetivos propuestos y los resultados obtenidos, vemos que continúan prevaleciendo las influencias imprevistas, que las fuerzas incontroladas son mucho más poderosas que las puestas en movimiento de acuerdo con un plan".[5]

5 Engels, F. (1961). dialéctica de la Naturaleza, Ed. Grijalbo México, p. 6.

Comprender la incorporación de la tecnología en sus diversos vínculos con lo social, económico, político, cultural, psicológico y ambiental requiere un enfoque dialéctico, sistémico y complejo. En la etapa de apropiación de la técnica, es probable que se acentúe un fenómeno observado, específicamente la integración de las tecnologías de la información y comunicación.

Al abordar los términos relacionados con la investigación (como investigio del latín y "acoso" del griego *Epikeimai*, que se traduce como "yacer sobre", "imponer" o "instar a una actitud"), el acoso en el contexto tecnológico engloba una serie de situaciones repetitivas y no deseadas que implican imponer o instar a una actitud o estado hacia la tecnología que no se alinea con las necesidades esenciales para el desarrollo sostenible de una persona, organización o sociedad.

Es relevante resaltar que en el camino hacia el desarrollo de proyectos en Ingeniería se destaca la labor generada en los años ochenta. Esta visión se percibe como el medio para abordar dos preguntas cruciales en la sociedad de esa época:

1. ¿Cómo se orientan las relaciones entre la investigación y la acción en el sistema de aprendizaje y enseñanza en programas de Ingeniería?
2. ¿De qué manera la organización y participación entre las "realizaciones didácticas" en clase, por medio de una visión holística implementa metodologías en investigación orientadas hacia la didáctica?

Estos cuestionamientos refieren a preocupaciones que se manifestaron, por ejemplo, en el texto que preparó "Y. Chevallard" para la Segunda Escuela de Verano en Didáctica de las Matemáticas que se celebró en Orleáns en 1982 (Chevallard, 1982). Allí escribió, de forma notoria, con respecto al primer punto: "Definir el problema de la ingeniería didáctica es definir, en su relación con el desarrollo actual y el porvenir de la didáctica de las matemáticas, el problema de la acción y de los medios para la acción, sobre el sistema de enseñanza" (p. 28).

El devenir de la Investigación Científica en Colombia

Es crucial realizar un análisis histórico que sitúe a Colombia en el contexto del desarrollo de los programas de Ingeniería y su participación en proyectos de investigación. Una mirada hacia la historia de la investigación científica y la ciencia en Colombia revela que aún está por concretarse más que por escribirse.

Resulta innegable que Colombia ha sido un país en el cual el conocimiento científico ha sido adquirido en calidad de préstamo oneroso, trasplante mecánico o simplemente como una inversión altamente rentable para intereses extranjeros. Esta situación plantea el siguiente cuestionamiento:

¿Disponemos de una ciencia y una tecnología?

Sí, nuestra característica distintiva radica en la falta de diseños propios que se ajusten y surjan a partir de nuestras condiciones de vida y nuestra riqueza natural. Contamos con una ciencia y

una tecnología importadas. Esta situación da origen a un nuevo cuestionamiento:

¿Somos creadores de Ciencia y Tecnología?

Aunque una afirmación categórica puede impactar en la percepción de nuestros lectores, en los últimos años se han llevado a cabo campañas auspiciadas por el Gobierno, específicamente por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Estas campañas tienen como objetivo concienciar a nuestros líderes gubernamentales, empresarios y directivos de universidades e instituciones de educación superior sobre la importancia de vincular la cátedra, la docencia y la investigación.

Se ha promovido el concepto de investigación no como un componente ajeno y abstracto, sino como una actividad fundamental e integral, vinculada estrechamente a los planes de gestión. La idea es "Pensar en la investigación como una inversión", lo que plantea otra pregunta.

¿Es Importante para el estudiante universitario, para el alumno en la cátedra Metodología de la Investigación, para el participante en seminarios y preseminarios de investigación y proyectos de Grado, tener una visión retrospectiva y actual del estado de la investigación y la ciencia en Colombia?

El análisis histórico de la investigación y la ciencia en Colombia resulta fundamental, ya que son productos sociales

determinados históricamente. Es crucial reconocer que, a lo largo de la historia, la ciencia y la investigación han respondido a condiciones específicas de vida, siendo el resultado de un contexto gubernamental o de producción. Esta ciencia no es necesariamente contestataria, pero sí una actividad científica y técnica que se ajusta a las condiciones sociales existentes. Por ende, como investigadores, es importante interpretar la historia en relación con la ciencia, considerándola como parte intrínseca de la historia de la sociedad. La actividad en ciencia y tecnología está estrechamente ligada a las condiciones sociales, y los planes científicos y técnicos tienen vida en la medida en que se adaptan y se relacionan con la misma vida social.

Al desarrollar un análisis histórico en relación con el desarrollo de proyectos de investigación, se logra comprender la interrelación entre ciencia y tecnología como un instrumento de práctica. Esto nos permite ser conscientes de nuestras capacidades y limitaciones, generando un vínculo de acción entre la investigación y la ciencia que se ajuste a nuestras propias posibilidades. Esta reflexión previa nos conduce a plantear una pregunta.

¿Dispone el país en el momento actual de documentos que nos permitan un análisis histórico y coyuntural del desarrollo científico – tecnológico nacional?

En medio de todo el material documental existente hoy sobre ciencia y tecnología en nuestro país, se resaltan dos producciones que han sido ejes esenciales para el desarrollo de

propuestas y proyectos en relación con el concepto de ciencia y tecnología; como son:

1. Volumen cuarto de la nueva historia de Colombia, que contó como director científico y académico al profesor Álvaro Tirado Mejía, donde se evidencia una visión de la educación con la ciencia y la tecnología, se recomienda en este sentido completar la lectura con el ensayo denominado ***Cien años de Ciencia en Colombia;*** escrito por el maestro Gabriel Poveda Ramos.
2. La historia social de la ciencia en Colombia promovido por COLCIENCIAS y entregado en 1993, brinda por medio de diez volúmenes escritos por importantes autores de Ciencia en Colombia, un completo panorama sobre la relación de ciencia y tecnología.

Podemos afirmar que los cimientos de una postura científica, en relación con la investigación, la ciencia y la tecnología, se remontan al período colonial en Colombia. En este periodo, si bien no se configuraron elementos determinantes para el desarrollo de una ciencia propia, se realizaron aportes significativos en el contexto de la ruptura del colonialismo intelectual de la época. Esto se evidencia en la influencia de la "Ilustración en la nueva Granada", marcada por los planes de estudio establecidos por los autores Moreno y Escandón en 1774, así como en la expedición Botánica liderada por José Celestino Bruno Mutis. Estos eventos destacados marcaron un hito en el reconocimiento y la valoración del conocimiento científico en el territorio colonial.

Interpretación Teórica de la TECNOCIENCIA

Unas décadas atrás era fácil explicar, al menos, las diferencias esenciales existentes entre: Ciencia, Tecnología, Técnica e Ingeniería, como ámbitos del quehacer humano. El objetivo de la Ciencia era, reconociendo la existencia de enfoques no siempre coincidentes, el saber, la obtención de conocimientos fidedignos y su sistematización. A la Técnica le interesaba el saber para hacer cosas y la Tecnología se entendía como un saber sustentado en la ciencia para hacer cosas de manera organizada y la ingeniería como un saber hacer cosas organizadas y económicas[6].

En la actualidad, los cambios significativos en estos campos vitales de la actividad humana y su interrelación mutua plantean un desafío en las definiciones establecidas. Si se define la ciencia como la búsqueda de nuevos conocimientos, los ingenieros y técnicos podrían argumentar que también realizan actividades científicas en su labor profesional. Si se describe al ingeniero como alguien que utiliza el conocimiento para realizar actividades organizadas y económicas, el científico podría contrarrestar, argumentando que la ciencia se ha convertido en una fuerza productiva a lo largo del tiempo, dado que la investigación científica ha impulsado numerosos avances tecnológicos.

6 Díaz Caballero, J. R. y Isaac Borrero, S. (2011). ¿Hacia dónde va la Tecnología? Capítulo 1. Interpretación Teórica de la Tecnociencia. Editorial Científico – Técnica. Ciudad de la Habana, Cuba.

El uso extendido de términos como Tecnociencia, Innovación Tecnológica, Continuum-Técnico, entre otros, refleja fenómenos complejos en los que la Ciencia, la Técnica, la Tecnología y la Ingeniería convergen como parte de un proceso continuo y unificado. Estas ideas, como la de la Tecnociencia, adquieren complejidad cuando se analizan dentro del entorno sociocultural, la formación profesional y el sistema de valores inherentes.

Es crucial reflexionar sobre las dificultades actuales en las definiciones que los docentes y profesionales de la educación tienen respecto a la Ciencia, Técnica, Tecnología e Ingeniería, así como sobre los desafíos que enfrentan las Instituciones de Educación Superior para diferenciar y adaptar estos conceptos a sus especialidades dentro del ámbito formativo.

Identificación del Concepto de Ingeniería, desde la Interpretación Teórica una "Mirada hacia la Tecnociencia"

La comprensión del fenómeno Técnico, en un sentido amplio y la dinámica de su desarrollo es el de Ingeniería, este según el ingeniero peruano Héctor Gallego, nació con los primeros esfuerzos civilizatorios del hombre. Atravesar un tronco sobre el cauce de un rio para así poder cruzarlo, constituía una obra nacida de ese algo ingenieril que todos llevamos dentro. Sin embargo, los inicios formales de la ingeniería, entendida como disciplina son muy posteriores a esos comienzos primitivos.[7]

7 Gallegos, H. (1994). "Ciencia y tecnología. Las Gemelas espejo". *Revista el Ingeniero civil*, nº 89. Ed. Publicidad, Lima, p. 4.

La ingeniería como profesión, en opinión de Gallegos, nació apenas en el siglo XVIII, cuando la ciencia fue aplicada, por primera vez a los problemas técnicos[8]. De aquí que se define la ingeniería como un: "(...) **arte social,** [en términos actuales una tecnología] que se disputa con la política y con la economía el privilegio de ser el arte social por excelencia. Gallego, insistió en el hecho de que la ingeniería es tan antigua como la civilización la define como "arte social", porque, según él, si se acepta la tesis de que sin ciencia no hay ingeniería: a los ingenieros sumerios, que crearon la irrigación, el arco mampostería y la rueda, a los diseñadores de las pirámides, a los constructores romanos de caminos, así como a Newcomen y Watt, inventores de la máquina de vapor, por citar unos pocos ejemplos relevantes. Ello, en su opinión, será absurdo. "La ingeniería por su naturaleza incluye toda la actividad tecnológica del hombre". (Gallegos, 1994, p. 4)

Otros autores definen la ingeniería como el arte (técnica) de transformar materias primas y la fuente de energía de la naturaleza para la producción de bienes y servicios, así como el bienestar del hombre. Existen, asimismo, quienes sostienen que la ingeniería es la aplicación creativa de los principios científicos al diseño y desarrollo de estructuras, máquinas, aparatos y procesos de fabricación y su manejo, con un buen conocimiento de usos y propiedades, pudiendo predecir su funcionamiento bajo condiciones específicas de trabajo.

8 Las Fallas maestras de la Ingeniería, "Revista el Ingeniero civil", nº 89. Ed. PUBLICIDAD, Lima 1995, p.5

Una definición bastante lograda de lo que es Ingeniería la han aportado Vicente Ortega y Jorge Pérez: "Aplicación Creativa de los conocimientos científico-técnicos a la invención, desarrollo y producción de bienes y servicios transformando y organizando los recursos naturales para resolver necesidades del hombre haciéndolo de forma óptima tanto económica como socialmente". [9]

Si se considera la ingeniería en un sentido restringido, se la define como arte, técnica, artefacto, centrándose únicamente en habilidades, destrezas, su mecanismo y el objeto en sí. Sin embargo, en un sentido más amplio, es crucial adoptar la perspectiva de que la ingeniería es una profesión, lo que implica considerar al ingeniero como individuo, con sus propios valores y formas de actuar. Es fundamental señalar que la ingeniería abarca el arte y ha estado presente desde siempre, ya que implica el uso de instrumentos, normativas y procedimientos para satisfacer las necesidades más básicas del ser humano con el menor esfuerzo posible, fomentando así nuevas formas de producción y cambio. Desde esta óptica, la ingeniería está vinculada con la evolución de la técnica.

Para Ortega y Gasset, la técnica es lo que se hace para evitar total o parcialmente las labores impuestas por las circunstancias. Ante las necesidades básicas para la supervivencia, como el frío o el hambre, el ser humano busca soluciones: construye fuego, levanta viviendas, cultiva campos (estas actividades elementales no se asocian directamente con la ingeniería). La ingeniería

9 Ortega, V. y Pérez. (1989). Fundamentos y función de la Ingeniería. Ed. ETSI. Madrid, p. 7.

entra en juego cuando el ser humano intenta maximizar el rendimiento de una explotación agrícola, creando sistemas de riego, maquinaria de recolección, y elementos para almacenar y conservar los productos.

Hoy en día, el ingeniero debe dominar los Principios y Métodos Científicos básicos aplicables a cualquier disciplina de ingeniería, como la física, química, matemáticas e informática. Además, debe conocer los principios y métodos científicos específicos de su campo para aplicar ese conocimiento en la producción y construcción de máquinas, equipos, etc., utilizándolos como herramientas fundamentales en el diseño y desarrollo de bienes y servicios derivados de su uso. Aquí se vislumbran aspectos de la Convergencia Ciencia-Ingeniería, ya que la ingeniería no podría haber surgido como profesión sin la acumulación de conocimientos científicos.

Una de estas tendencias en boga por parte de los especialistas de ingeniería plantea que "La ingeniería produce la tecnología"; donde se organiza la estructura del concepto de "Ingeniería es el acto de crear y la tecnología es el resultado"; la técnica aparece aquí como un momento de la labor ingenieril; teniendo presente el postulado del autor Héctor Gallegos (1996) "La ingeniería incluye toda la actividad tecnológica del hombre" (p.6), esta surgió de la artesanía y de las técnicas. Su fin es utilizar la naturaleza en beneficio del hombre, la cual es tan antigua como la civilización, esto se corrobora en el fragmento siguiente:

> Así como la ciencia surgió de la filosofía, la ingeniería de la artesanía y las técnicas. En relación con un segmento de población de científicos que indican que su fin último, es entender cómo funciona la naturaleza: el ingeniero dirá que el suyo, es utilizar la naturaleza en beneficio de la humanidad.
>
> Así como es fácil descubrir casos de dependencia de la tecnología en la ciencia también lo es encontrarlos a la inversa. Los orígenes y los objetivos diferentes han producido dos mundos independientes, distintos y al mismo tiempo complementarios: son las gemelas – espejo, la ciencia y la tecnología. Ellas, en la medida en que realicen sus respectivas tareas creativamente, continuaran colaborando con – y acelerando – el proceso de desarrollo (p. 6) [10]

Otra característica notable en el ámbito de la ingeniería es el enfoque de algunos profesionales hacia los problemas sociales vinculados con la ciencia y la tecnología. Estos profesionales consideran que, a lo largo de su evolución histórica, la tecnología y la ingeniería tienden a integrarse. [11] Se evidencia que la tecnología no solo impulsa el desarrollo en organizaciones e industrias, sino que también redefine la ingeniería desde una perspectiva más amplia. En la actualidad, la

10 Gallegos, H. (1996). "Ciencia y tecnología: Las gemelas – espejo", Revista el Ingeniero Civil, N°89. Ed. PUBLICIVIL, Lima, p. 6.

11 Di Prisco, C. y Wagner, E. (1992). Visiones de la ciencia. Ensayos en honor a Marcel Roche, Monte Ávila Editores, Caracas, pp. 149-170.

técnica y la tecnología tienen cada vez más en cuenta aspectos como la eficiencia económica y el cuidado del medio ambiente, adquiriendo una visión más completa de la ingeniería.

La relación entre ciencia y tecnología se complementa de manera significativa en la estructura de la tecnociencia, donde los avances científicos y los progresos tecnológicos se alimentan mutuamente. Estos cambios han generado importantes transformaciones en la práctica tanto de científicos como de tecnólogos.[12]

En concordancia se identifica como la ciencia contemporánea está orientada cada vez a fines más prácticos, encaminados en lo fundamental al desarrollo tecnológico y con ello a la innovación tecnológica; del otro, la propia tecnología se torna cada vez más dependiente de la actividad y del conocimiento científico; esta unidad se presenta en la medida que se relaciona a formas más avanzadas de tecnología. La frontera entre ciencia y tecnología se difumina en los marcos de una actividad socialmente organizada, planificada hacia la práctica, donde el autor Núñez Jover (1999) escribe:

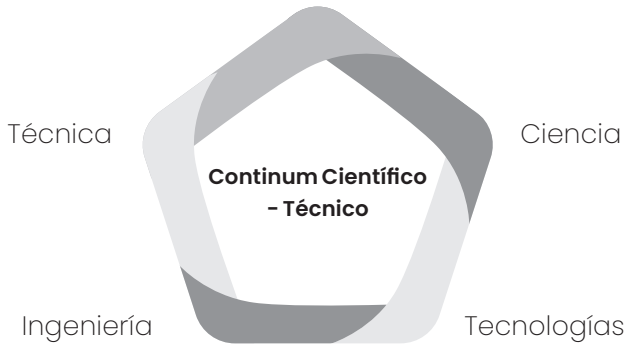
> El término tecnociencia es precisamente un recurso del lenguaje para denotar la íntima conexión entre ciencia y tecnología y el desdibujamiento de sus límites.
>
> El término tecnociencia no necesariamente conduce a cancelar las identidades de la ciencia y la tecnología,

12 Ibarra, A. y Lopez, J. (2001). Desafíos y tensiones actuales en ciencia tecnología y sociedad. Ed. Biblioteca Nueva, SL, Madrid, p. 137.

> pero si nos alerta que la investigación sobre ellas y las políticas prácticas que respecto a las mismas implementemos tienen que partir del tipo de conexión que el vocablo tecnociencia desea subrayar "Tecnociencia" y "Tecnocientífico", señalan a la vez, el entrelazamiento entre los dos polos y la preponderancia del polo técnico y, además, son apropiados para designar la actividad científica contemporánea en su complejidad y originalidad. [13]

Desde esta perspectiva y postulado el concepto, análogo al de tecnociencia mediante el cual se intenta captar teóricamente la estrecha interrelación ***ciencia – técnica – tecnología -ingeniería,*** es el de continuum científico – técnico (Figura 1).

Figura 1. Integración de la ingeniería en la ciencia



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 ofrece una representación visual que nos permite comprender la relación entre ciencia, técnica, tecnología

13 NUÑEZ, J: La ciencia y la tecnología como procesos sociales, Ed, Felix Varela, ciudad de la Habana 1999, pp.49-50.

e ingeniería. No solo muestra una convergencia entre estos elementos, sino que visualiza cómo sus funciones se entrelazan sistemáticamente, difuminando cada vez más las fronteras entre ellas. Esta relación se ha desarrollado a lo largo de la historia de la humanidad. En el siglo XIX, la ciencia empezó a estimular numerosas invenciones, lo que propició un crecimiento en proyectos que empleaban tecnologías de la información y la comunicación, redefiniendo la forma en que se utilizaban los recursos de información y comunicación y generando un traslado hacia la producción de conocimiento en la Sociedad del Conocimiento.

Al analizar e integrar estos tres componentes: ciencia, técnica, tecnología e ingeniería, se establece una relación que articula conceptos y conocimientos, eliminando las barreras en el desarrollo y la creación de proyectos que utilicen recursos de información y comunicación en la formación de ingenieros. Es crucial recordar que esta convergencia se ha construido a lo largo de la historia humana, especialmente a partir del siglo XIX, cuando la ciencia comenzó a impulsar invenciones y transformaciones en la tecnología e industria, siendo un ejemplo notable el desarrollo en el campo de la electricidad.

Una característica fundamental por considerar es la relación entre la práctica y la conceptualización, mediada por la organización de recursos e instrumentos tecnológicos que facilitan la comprensión y la interpretación de nuevos conocimientos por parte de los estudiantes de ingeniería. Aquí, la teoría cumple una doble función: teórica y metodológica,

al igual que el desarrollo del método, que se distingue de la metodología. Es importante diferenciar estos conceptos, tal como se señala:

"El concepto de método hace referencia a una lógica procedimental, que guía el proceso de construcción del conocimiento y, por consiguiente, la metodología es la parte de la epistemología que estudia las lógicas de producción del conocimiento" (Paramo, 2013).[14]

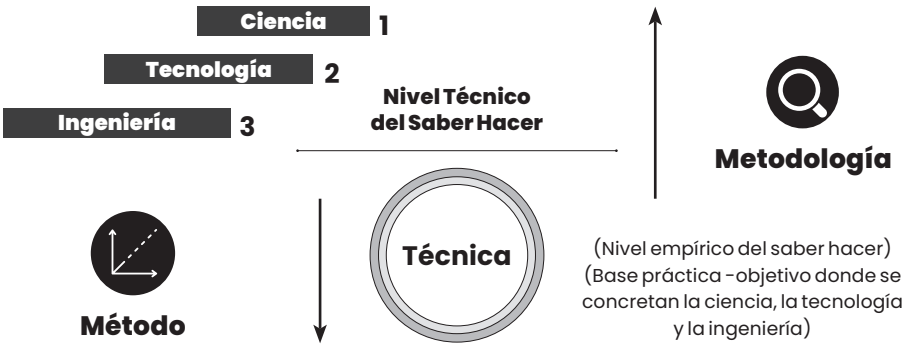
Desde esta perspectiva, cuando se emplea el método, se parte de conocimientos generales sobre las prácticas, los cuales orientan el desarrollo y el progreso de investigaciones científicas. En este contexto, la función teórica se entrelaza y estructura con la función metodológica. Se establece una relación interconectada entre ciencia, técnica, tecnología e ingeniería, donde se sostiene que la relación entre tecnología e ingeniería constituye una conexión metodológica. En este marco, la ciencia se organiza, y la tecnología actúa como nexo entre la ciencia e ingeniería. Asimismo, la tecnología desempeña un papel metodológico entre la técnica y se asocia con la ingeniería.

El desarrollo de la técnica se configura como una práctica objetivo, donde surgen los procedimientos que se convierten en la base para la tecnología y la ingeniería, funcionando como metodología. La técnica se visualiza como un nivel empírico y práctico en relación con el conocimiento práctico inherente a

14 La investigación en ciencias Sociales: Estrategias de Investigación. Compilador Pablo Paramo. 2ª ed. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia 2013.

la ciencia, la tecnología y la ingeniería, formando parte del nivel teórico del conocimiento práctico, la praxis, en relación con la técnica (ver Figura 2).

Figura 2. Características de la investigación en Ingeniería



Fuente: Elaboración propia.

Una de las oportunidades para organizar el conocimiento científico es su capacidad para reflejar la realidad de manera anticipada y transformarse en un saber técnico que permite, en esencia, proceder de forma técnica. Desde esta perspectiva, se reconoce que el concepto de ciencia implica un conocimiento y un procedimiento técnico, aprovechando los Recursos de Información y Comunicación (RIC), lo que estructura un enfoque organizado, efectivo y socializado en el ámbito de las ingenierías.

Una de las características inherentes de la técnica es su condición de ciencia implícita, que se internaliza en la tecnología como una técnica basada en la ciencia o una metodología técnica. De manera más específica para la ingeniería, se

manifiesta como una metodología técnico-científica operativa y un método técnico-científico. Al interpretar y relacionar la tecnología con la ingeniería, es necesario considerar el desarrollo y el concepto de la tecnología como una ciencia tecnificada, es decir, una ciencia trabajada para su aplicación técnica. En este contexto, se hace referencia al concepto de Ingeniería como un mediador o núcleo integrador, lo que permite caracterizar la relación entre técnica, ciencia, tecnología y los procesos técnicos. Esta integración genera un núcleo central denominado Tecnociencia o Continuum Científico-Técnico.

En consecuencia, se identifica la adopción y definición de conceptos clave en el desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería, lo que facilita su articulación con otros campos del conocimiento.

- **Postura Epistemológica o Paradigma:** Conjunto de Suposiciones de carácter filosófico que tienen presente los investigadores, la mayor parte de las veces se identifica de forma tácita, que permite la búsqueda de conocimiento; de igual manera se tiene en cuenta la noción que se comparte de realidad y de verdad, el papel que cumple el investigador en la búsqueda del conocimiento, al igual que la manera como se asume el sujeto estudiado en un contexto desde la mirada de una población.
- **Indagación:**[15] Identifica el enfoque general de la Investigación, teniendo presente un estudio de corte

15 Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (1998). The landscape of qualitative research. New Delhi: Sage Publications.

etnográfico, un trabajo orientado por el modelo de investigación – acción, un experimento, un estudio de caso o un análisis histórico, desde esta perspectiva se refiere a los investigadores al plan de ejecución de la investigación se especifican a los participantes, la forma de identificarlos o asignarlos a grupos y las fases de exploración.

- **Técnicas:** Son Instrumentos que se utilizan para capturar la información, como: los diarios de campo, las entrevistas, los cuestionarios, los mapas cognoscitivos entre otros.
- **Interpretación:** Manera de analizar la información es la manera de analizar la información recogida, que incluye el análisis del contenido o el empleo de algún tipo de recurso de información y comunicación (software), para facilitar la interpretación de los datos.

Lo anterior permite identificar la perspectiva de las Instituciones de Educación Superior, enfocadas en el desarrollo de proyectos interrelacionados y respaldados por tecnologías que profundizan en las necesidades de las comunidades, organizaciones y contextos locales. Esto se convierte en un compromiso social para capacitar a la juventud con las habilidades necesarias para afrontar los mercados globalizados y liderar auténticos procesos de cambio, donde la generación de valor a través del conocimiento adquiere una importancia vital. Abordar esto implica fortalecer los sistemas de aprendizaje mediante un enfoque en el análisis de casos en lugar de problemas o temas, y lograr estos nuevos esquemas implica cambiar las prácticas de investigación y mejorar la interconexión con otros actores de la sociedad, como la industria y el Estado.

Los procesos de investigación dirigidos a generar conocimiento deben surgir de la interacción de diversas fuerzas y disciplinas, combinando conocimientos de diferentes esferas para abordar los análisis de casos. Un aporte esencial es la Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología, donde la innovación debe desempeñar un papel fundamental, lo que conlleva transformaciones esenciales en la formación de jóvenes dedicados al desarrollo científico, tecnológico y técnico. Entre estos cambios se encuentran las nuevas y actuales relaciones entre el Gobierno, la Industria y la Universidad.

Estos cambios se enmarcan en lo que se ha denominado la "Innovación de la Globalización" o la teoría de la quíntuple hélice, que representa una interacción colectiva, un intercambio de conocimiento que incluye cinco subsistemas o hélices: (1) Sistema Educativo; (2) Sistema Económico; (3) Entorno Natural; (4) el Público basado en los medios de comunicación y en la cultura y/o sociedad civil y (5) el sistema político. Desde esta perspectiva, se identifica la globalización como un proceso que va más allá de la apertura de mercados y la internacionalización de la economía, representando uno de los principales desafíos de la humanidad desde finales del siglo XX y con repercusiones significativas en el presente siglo.

> La construcción de una sociedad global, que requiere una Institucionalidad y un marco normativo que complemente al Estado – Nación y los mecanismos intergubernamentales que han dominado históricamente el ámbito internacional. (Toynbee, 1934)

Se trata como lo dice Arnold Toynbee en su obra: A *Study of History*, citado por Chaparro (2006)[16], del surgimiento de la sociedad civil transnacional que se refleja en la globalización de los mercados de la producción y de los sistemas financieros. Pero igualmente este proceso se refleja en la globalización de la ciencia, en la cual la comunidad científica desempeña un papel clave en el desarrollo de propuestas de investigación mediadas por Recursos de Información y Comunicación que se ubican en las necesidades de los contextos.

En este sentido cuando hablamos o referimos el concepto de la Globalización y educación superior los programas se enfrentan a unos de los verdaderos restos de la sociedad actual. ***¿Cómo cerrar la brecha del conocimiento y la Tecnología?*** Existen diagnósticos sobre los programas en América Latina y para Colombia, que identifican aspectos interesantes, donde se destacan los siguientes:

- Es necesario seguir pensando en la **"*Economía del Conocimiento*"**, porque el conocimiento se está transformando en una mercancía especializada y en un capital invaluable para las sociedades.
- La acumulación, posesión y uso productivo del conocimiento genera cambios a nivel agregado, donde la acumulación y la transformación del conocimiento son el motor de cambio ***Social de la Economías***, desde este enfoque se generan las siguientes preguntas: ¿Cómo adquirirlo, como desarrollarlo, como asimilarlo, como

16 Chaparro, F. (2006) Apropiación social del Conocimiento, Aprendizaje y Capital social.

mantenerlo, como gestionarlo y como aplicarlo?; en la estructuración de actividades y desarrollo de proyectos en programas de Ingeniería.

Esto se refleja en la dinámica actual del info-capitalismo, que no depende de materias primas, mano de obra intensiva, grandes inversiones de capital o consumo energético elevado. Esta dinámica promueve cambios significativos en la Educación Superior a nivel global mediante la expansión de la investigación en programas de pregrado. Es una característica crucial en la renovación y adaptación a las demandas del mercado laboral en campos como la ingeniería, donde las disciplinas fomentan y permiten una educación continua a lo largo de la vida, tal como plantea Tunnerman (1998)[17]. El vertiginoso progreso científico y tecnológico del mundo moderno ha generado un volumen inédito de innovaciones tecnológicas, transformando radicalmente el entorno en el que vivimos. Esto ha dado lugar a la aparición de la Sociedad o Economía del Conocimiento, donde la capacidad de un país o región para generar y emplear conocimiento, la calidad de sus recursos humanos, la capacidad empresarial de su sector productivo y un marco institucional ágil y flexible se han convertido en elementos esenciales para la competitividad y la sostenibilidad en las sociedades contemporáneas.[18]

17 Tunnermann, C. (1998), "La educación permanente y su impacto en la Educación Superior" UNESCO, Nuevos Documentos sobre la Educación Superior, mimeo, Paris.

18 LASPAU; Colciencias. Programa de Formación de Alto Nivel en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Resumen Ejecutivo; Bogotá, septiembre del 2005.

Otra característica a tener presente es la **"*Capitalización del Conocimiento*"**, la cual representa una transformación del rol que juega la **"*Universidad en el concierto Social y Económico*"** comparable; con la primera revolución académica de finales de siglo XIX y comienzos del Siglo XX, cuando el proceso de investigación reflejado en el que hacer de proyectos mediados por el uso de tecnologías emergentes, es aceptada como una fuerza académica en las Universidades, retomando un artículos desarrollado por el autor Etzkowitz (2001),[19] donde la tesis central identifica "una segunda revolución académica estaba en camino", identificando que las Universidades combinan procesos de Aprendizaje Inteligente e Investigación con el de desarrollo de transferencia tecnológica, generando un papel importante y central en la Economía; de igual manera se identifica que la Universidad está tomando un camino de doble evolución con el desplazamiento de aspectos individuales hacia una perspectiva organizacional en cada una de sus misiones. El avance diario de la Universidad en la promoción de herramientas y fundamentos para el progreso económico facilita la creación de capital social e intelectual, junto con el capital humano, fortaleciendo su posición como un centro institucional clave en la sociedad.

Un análisis en relación con el que hacer de la Universidad en la segunda mitad del siglo pasado se caracteriza por sustentar su accionar en tres grandes pilares: **1. *Enseñanza*,**

19 H. Etzkowitz, "The second academic revolution and the rise of entrepreneurial science," in IEEE Technology and Society Magazine, vol. 20, no. 2, pp. 18-29, Summer 2001, doi: 10.1109/44.948843. keywords: {Educational institutions;Licenses;Intellectual property;Genetic engineering;Production;Economics;Mining industry;Protection;Europe;Publishing},

que básicamente refleja la transmisión del conocimiento existente; **2. *Investigación*,** que se orientaba a construir nuevo conocimiento o por lo menos a ampliar las fronteras del conocimiento existente; y **3. *Extensión*,** que se orientaba a retribuir a la comunidad o a compartir con ella parte de ese conocimiento que se había logrado en los laboratorios o en los centros de investigación, para el autor Etzkowitz (2001), la Universidad, ha experimentado grandes cambios desde su fundación hace más de mil años cuando apareció en Paris y Bolonia, entendiendo el que hacer de cómo se concibieron en instituciones bajo los conceptos y principios de: **1. *Conservar*, 2. *Preservar* y 3.*Trasnmitir*,** la cultura y ellos existieron únicamente con ese propósito por varios siglos.

Una caracterización en el desarrollo de proyectos a organizar en los programas de Ingeniería permite identificar nuevos roles en la Sociedad del conocimiento, lo que exige por parte de los docentes - investigadores una mayor formación y actualización del que hacer de las organizaciones para colocarlas a disposición de la sociedad permitiendo resolver problemas de la vida real desde esta perspectiva se identifica el concepto de competencial digital, la cual responde a constantes evoluciones, pasando de las habilidades en el uso de la tecnología a la adquisición de conocimiento y actitudes en el manejo critico de las TIC, lo cual va de la mano con la constante ***evolución de la tecnología*** y su alcance en todos los ámbitos de la humanidad, (Tabla 1). Dimensiones de la Competencia Digital, donde se comparan varas concepciones; algunos de esos autores agrupan el concepto de competencia digital

por componentes o dimensiones: I***nformacional, tecnológica, comunicacional y ciudadanía digital.***

Tabla 1. Dimensiones de la Competencia Digital[20]

Autor	Dimensiones de la Competencia Digital
Glister (1997)	Evaluación de la Información, búsqueda en Internet, conocimiento compartido y navegación.
Ministerio de Educación Pública y la fundación Omar Dengo (2004)	Estándares de desempeño de estudiantes en el aprendizaje con tecnologías Digitales.
	Resolución de Problemas de Investigación.
	Productividad.
	Ciudadanía y comunicación.
Adell (2008)	Competencia Informacional, compeftencia Tecnológica, alfabetizaciones múltiples, alfabetización cognitiva y ciudadanía digital.
Área (2008)	Dimensión instrumental. Dimensión socio comunicativa, dimensión cognitiva y dimensión axiológica.
Mir (2009)	Dimensión informacional. Dimensión tecnológica, dimensión comunicativa, dimensión de aprendizaje y dimensión de cultura digital.
Vivancos (2008)	Alfabetización informacional, alfabetización TIC y alfabetización en comunicación audiovisual.
OCDE (2010)	La dimensión de la información.
	La dimensión de la comunicación.
	Dimensión ética e impacto social.

20 Córchelo, C; Montenegro, F; Pinzón, S & Cantor, C. (2016). Desarrollo de la competencia Digital, en estudiantes de Pregrado, en la Universidad de la Sabana. Tesis de Maestría. Universidad de la Sabana Chía.

Autor	Dimensiones de la Competencia Digital
Larras (2011)	1. Competencia Informacional: gestión de la información digital.
	2. Competencia en comunicación Audiovisual: análisis y creación de mensajes multimedia.
	3. Competencia TIC: Tratamiento de Datos en diferentes Formatos.
	4. Competencia en comunicación: Participación, civismo e identidad digital.
Ministerio de Educación Gobierno de Chile (2013)	Información.
	Comunicación efectiva y colaboración.
	Convivencia Digital.
	Tecnología.
Gobierno Vasco (2012)	Fluidez Tecnológica
	Aprendizaje – conocimiento.
	Ciudadanía digital.

Fuente: Elaboración propia.

Una característica al comprender el concepto de competencia digital planteado por la Unión Europea (2006) refiere al desarrollo del aprendizaje permanente, entre las que definen la competencia digital como:

> El uso seguro y crítico de las tecnologías de la Sociedad de la Información (TSI) para el trabajo, el ocio y la comunicación se sustenta en las competencias básicas en materia de TIC: "El uso de ordenadores para obtener, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información, y comunicar y participar en redes de colaboración por medio de Internet [...]"

> Para esta competencia se incluyen conocimientos sobre la naturaleza, función y oportunidades de la TSI en situaciones cotidianas de la vida privada, social y profesional, capacidades en cuanto a la búsqueda, uso y evaluación de información, y actitudes críticas y reflexivas respecto a la información y los medios (p. 9).[21]

En concordancia para la participación plena de los estudiantes en la actual Sociedad de la Información y el conocimiento, deben desarrollar nuevas competencias y habilidades personales, profesionales y sociales como pilares fundamentales para la educación del siglo XXI, en esta postura se resalta autores como: Castell (1999)[22], Morin (1998)[23] y la OCDE (2010)[24], han dado diferentes clasificaciones y denominaciones de ellas, coinciden en lagunas, como: el aprendizaje con autonomía, el aprendizaje a lo largo de la vida, aprender a vivir en un mundo globalizado, saber trabajar en colaboración con otros y dispones de una formación ética.

Lo anterior nos permite identificar y comprender conceptos y posturas relacionadas con el tema de la: ***Dimensión***

21 Unión Europea. (2006). Competencias Clave para el Aprendizaje permanente, un marco de referencia europeo. Bruselas: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Recuperado de: http://www.med.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competencias.clave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1

22 Castells, M. (1999). La era de la Información: Economía, Sociedad y cultura: La sociedad red. México: siglo XXI. Madrid Alianza.

23 Morin, E, (1998). Los siete saberes necesarios para la Educación del futuro. Madrid: Alianza.

24 OCDE (2010). Habilidades y competencias del siglo XXI para los aprendices del milenio en los Países de la OCDE. Paris: Instituto de Tecnologías Educativas.

Informacional[25], refiere a comprender el avance y desarrollo que se genera por medio del uso de internet, la información circula por millones de sitios web en tiempo real, desbordando la cantidad de datos que cualquier persona puede consultar, y exigiendo cada vez más la capacidad para su análisis, autenticidad, validez y fiabilidad; en este sentido la dimensión informacional de la competencia digital aborta los procesos para: buscar, evaluar, comprender y utilizar la información de manera legal y ética de acuerdo a postura del autor (González, 2012)[26], que refiere discursos de los autores: Área, Gutiérrez y Vidal (2012)[27], han denominado alfabetización informacional, definida como: "el conjunto de conocimientos y habilidades y conductas que capacitan a los individuos, para reconocer cuando necesitan información, donde localizarla, como evaluar su idoneidad y darle el uso adecuado de acuerdo con el problema que se plantea" (p. 33).

Es importante considerar el aporte y desarrollo desde la Dimensión Tecnológica[28], que, según García-Vera (2007), [29] "promueve la utilización crítica de las tecnologías, así como los

25 Dentro de las acepciones del término, en la literatura se encuentran "Alfabetización de la información", "Information Literacy", "Alfabetización Informacional" y "ALFIN".

26 González, I. (2012). Necesidad de la alfabetización informacional en la Educación superior. Vivat Academia, XV (121): 65-76.

27 Área, M,; Gutiérrez, A. & Vidal, F. (2012). Alfabetización digital y competencias informacionales. Barcelona, España. Editorial Ariel, S. A. Recuperado de: http://www.observatioabaco.es/biblioteca/docs/147_FT_ALFABETIZACION_DIGITAL_2012.pdf.

28 Dentro de las acepciones del término en la Literatura se encuentra la "Dimensión tecnológica", "Alfabetización científica y tecnológica", "alfabetización digital", "digital literacy" y "technological literacy".

29 García – Vera, A. (2007). Alfabetización Tecnológica multimodal e intercultural. Revista de Educación, (343): 209-210.

conocimientos para aprovechar sus diversas potencialidades pedagógicas, educativas, sociales y comunicativas" (p. 6). Del mismo modo, autores como Área, Gutiérrez y Vidal (2012) conciben que el propósito de la alfabetización tecnológica es cultivar en las personas las habilidades para utilizar la informática en sus diferentes manifestaciones: desde el uso de computadoras personales hasta la navegación por internet y el manejo de software de diversas naturalezas. Esta masificación tecnológica en el Siglo XXI hace imprescindible la adquisición de nuevas competencias en los profesionales de Ingeniería, donde se destaca la habilidad para comprender y manipular adecuadamente la tecnología (ver Tabla 2).

Tabla 2. Conceptos de la dimensión Tecnológica[30]

Institución	Norma y/o Directriz	Concepto
El Ministerio de Educación Pública y la fundación Omar Dengo (2006)	Estándares de desempeño de estudiantes en el aprendizaje con tecnologías digitales	Desarrollo de competencias para el aprovechamiento de las tecnologías digitales, en aras de su integración exitosa al mundo laboral y al desarrollo económico y social (p.15).
Gobierno Vasco (2012)	Competencia en el uso de la información y competencia Digital	Se incluyen en esta Dimensión los aspectos relacionados con la compresión y el uso de dispositivos y herramientas tecnológicas, así como el desenvolvimiento eficaz en entornos digitales/virtuales para comunicarse y trabajar de forma colaborativa. Incorpora la gestión de la información para utilizarla en distintos contextos y con distintos formatos (p.18)

30 Córchelo, Montenegro, Pinzón y Cantor (2016)

Institución	Norma y/o Directriz	Concepto
Ministerio de Educación. Gobierno de Chile (2013)	Matriz de habilidades TIC, para el Aprendizaje	Esta dimensión define las habilidades funcionales y conocimientos necesarios para nombrar y resolver problemas y para operar y usar las TIC, en cualquier Tarea. Es importante considerar que, por la permanente creación de Software, hardware y programas, esta dimensión es particularmente dinámica (p. 21)
ISTE (2014)	NETS (National Educational Technology Standars for Students)	Students demostrate a solid understanding of technology concepts, system and operation (párr. 4)

El análisis revela tendencias tecnológicas globales que capacitan a los estudiantes para crear y desarrollar proyectos utilizando recursos de información y comunicación (RIC) en contextos académicos, personales y profesionales. Esto implica la integración de conceptos y saberes a través de tecnologías.

En la formación en investigación para programas de ingeniería, se busca comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y técnica en un continuo científico. El entorno actual demanda que las instituciones académicas preparen a los estudiantes para un entorno competitivo, marcado por la transformación digital y cultural. El surgimiento de nuevas tecnologías requiere habilidades profesionales reflejadas en los planes de estudio universitarios. Ante problemas complejos, se necesita un enfoque curricular inter y transdisciplinario.

Estos desafíos exigen una reevaluación de la universidad, fortaleciendo su capacidad para enfrentar tecnologías emergentes y contribuir a una sociedad del conocimiento sostenible y equitativa. En este contexto, los centros y grupos de investigación tienen un papel vital en la construcción de ciudades y regiones del conocimiento, colaborando estrechamente con la industria para diseñar programas y proyectos en ingeniería que aborden sus necesidades.

No se trata solo de participar en proyectos con financiamiento, sino de que la universidad comprenda las necesidades industriales y participe en la planificación de currículos e investigaciones. Se busca formar líderes capaces de analizar y resolver problemas reales, que puedan insertarse en diversos sectores laborales y contribuir con innovación y conocimiento en el ámbito regional y global.

AI

CAPÍTULO II.

El proyecto de investigación en las ingenierías

PhD. Gustavo E. Constaín M.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
https://orcid.org/0000-0003-4917-3618

> "No hay nada en lo que crea más firmemente que lograr que los jóvenes se interesen por la ciencia y la ingeniería, por un mañana mejor, para toda la humanidad."
>
> **– Bill Nye**

Resumen

La práctica de la ingeniería en el ámbito tecnológico implica el despliegue de las habilidades más relevantes por parte del profesional. Esto implica no solo generar nuevo conocimiento, sino también aplicarlo en beneficio de la comunidad. Para lograrlo, es fundamental dominar las técnicas, recursos y procedimientos de investigación específicos en ingeniería, abarcando sus diversos enfoques. Este enfoque fortalece las competencias esenciales del ingeniero.

En este capítulo se destacan particularidades del proceso de investigación en ingeniería, recopiladas de distintos autores. Además, se profundiza en las competencias de investigación que consideramos cruciales para un profesional en este campo. Finalmente, se presentan los tipos de investigación más comunes que cualquier profesional de ingeniería, independientemente de su especialidad, debería poder abordar.

Palabras clave:
Capacidades ingenieriles, competencias investigativas, investigación ingenieril, nuevo conocimiento.

Abstract

The practice of engineering in the technological field means for the professional who exercises it a scenario of application of the most relevant qualities that he or she must have to generate new knowledge, and finally, to put the results at the service of a community. In this sense, it is necessary to know the techniques, resources, and procedures to carry out research in the field of engineering with the different approaches that it may have, so that the professional skills of the engineer are strengthened.

In this chapter, some particularities about the research process in engineering that have been compiled from different authors are presented, to then delve into the research competencies that we consider should be the most important for a professional in this field, and finally to present the most recurrent types of research that should be able to be addressed by an engineering professional. whatever your branch of knowledge attained.

Keywords:
Engineering capabilities, engineering research, investigative skills, new knowledge.

El proceso de investigación en las ingenierías

El papel del ingeniero abarca la aplicación de un amplio conjunto de conocimientos técnicos y metodológicos, a menudo considerado como una forma de hacer ciencia. Desde el siglo

XIX, la ingeniería se ha concebido como parte de la ciencia aplicada, y el diseño en ingeniería ha sido percibido como una especie de investigación científica, hasta entonces vista como empírica y cíclica (Gallego-Torres & Gonzales-Crespo, 2017). En todas sus ramas, la ingeniería busca comprender los fenómenos naturales y evaluar el estado actual de la tecnología para avanzar en el desarrollo de aplicaciones beneficiosas para la sociedad (Zapatero Campos, 2010).

La formación del ingeniero debe comenzar con el desarrollo de competencias profesionales aplicables durante su carrera. Una de estas competencias fundamentales es la capacidad de 'investigación', entendida como la realización sistemática de actividades intelectuales y experimentales con el objetivo de ampliar el conocimiento sobre un área específica. Por lo tanto, para un ingeniero, investigar implica la habilidad de planificar y llevar a cabo actividades documentales, de campo o experimentales de forma sistemática para revisar el conocimiento y las teorías existentes y, a su vez, generar nuevo conocimiento o desarrollar tecnologías innovadoras.

El ingeniero como investigador

A lo largo de la historia, la investigación ha representado la búsqueda de la verdad a través de indagaciones que inevitablemente están moldeadas por las creencias éticas y morales del investigador. Esto conlleva a una interpretación personal de la realidad, coloreada por la perspectiva única a través de la cual el individuo percibe el mundo, definiendo

lo que es considerado real o verdadero. En el ámbito de la investigación, el ingeniero, como autor de un proyecto, debe ser consciente de cómo su condición como persona y su conjunto de conocimientos técnicos influyen constantemente en su rol como sujeto de la investigación. Estos factores pueden actuar como barreras que obstaculizan la capacidad para razonar de manera imparcial, libre de preferencias personales.

Ningún profesional, sin importar su campo, está exento de esta influencia, y, por lo tanto, es responsabilidad del ingeniero ser consciente de esta condición al emprender un proyecto de investigación. Desde el nacimiento, llegamos al mundo inmersos en un contexto cultural e histórico particular que influye en nuestras acciones (Pérez Rave, 2013), siendo la investigación una de estas manifestaciones. Así, a través de la reflexión y el estudio, se busca alcanzar un nivel de autenticidad en los proyectos. Para el ingeniero-investigador, surge el desafío de asumir su rol como sujeto de investigación, consciente de sus limitaciones como individuo y de la posibilidad de sesgos en sus estudios debido a sus conocimientos previos y habilidades técnicas predominantes.

Según Zapatero Campos (2010), algunas de las cualidades que un ingeniero debe poseer como investigador son:

1. **Capacidad para reconocer sus prejuicios personales :** En todos los tiempos han existido científicos de renombre, algunos profundamente religiosos y otros no religiosos, pero defensores de la existencia de una entidad superior,

como René Descartes, por ejemplo. Sin embargo, lograron desarrollar sus trabajos científicos evitando que sus prejuicios o creencias religiosas determinaran el rumbo de sus investigaciones y resultados, resistiendo así las críticas y juicios de las autoridades religiosas de su época. El riesgo es caer en la pseudociencia o en una ciencia influenciada por la ideología. La pseudociencia tiende a abrazar el pensamiento mágico (astrología, alquimia, etc.), y aunque existen teorías que pueden parecer razonables, en realidad son evidencia de que los prejuicios personales se imponen. Un ejemplo de esto es la eugenesia, una teoría desarrollada en el siglo XIX por Francis Galton que, basándose en la teoría evolucionista de Darwin, propuso la selección artificial y dirigida de seres humanos para mejorar la raza. Lo deseable es que la persona y el investigador coincidan en la medida de lo posible.

2. **Curiosidad intelectual**

   Aristóteles expresó que una de las principales características del filósofo o del científico es su capacidad para admirarse de los fenómenos que no comprende. La investigación surge del genuino interés intelectual por conocer, entender y desentrañar las causas de las cosas, incluso aquellas que se dan por conocidas y entendidas. La curiosidad intelectual no se conforma con las explicaciones aceptadas: mientras un trabajador del campo podría decir que la manzana cae porque está madura, quedando satisfecho, la curiosidad científica

se asombra por lo ordinario y lo obvio, percibiendo lo evidente como extraordinario.

3. **Capacidad de razonamiento lógico**
   El estudio de la lógica permite distinguir los razonamientos correctos de los incorrectos e identificar los vicios del pensamiento. Si bien la lógica, como ciencia formal, no proporciona conocimiento sobre el mundo, impone al razonamiento una disciplina que lo aleja de la racionalidad del sentido común. No sorprende que para los griegos fuera una materia fundamental en la formación de niños y jóvenes, ya que facilita la construcción de razonamientos válidos, de vital importancia en la investigación, donde se buscan relaciones de causalidad entre los fenómenos en su nivel más avanzado.

4. **Capacidad de razonamiento lateral**
   Es altamente beneficioso que un investigador pueda abordar los fenómenos que estudia desde perspectivas frescas y novedosas, siendo lo suficientemente perspicaz para cuestionar los enfoques tradicionales. El pensamiento lateral, también conocido como 'divergente', se caracteriza por estimular la creatividad y el ingenio intelectual como vías para abordar los problemas desde perspectivas diferentes y así hallar soluciones innovadoras.

5. **Capacidad de compromiso y ética profesional**
   El ingeniero-investigador debe ser motivado por un interés creativo inherente a su persona, que lo impulse

> a buscar que sus trabajos de investigación y desarrollo mejoren la calidad de vida de la sociedad, respeten los derechos intelectuales de terceros, respeten los méritos de las generaciones pasadas, y protejan los derechos de las generaciones futuras.

En concordancia con lo expuesto anteriormente y de acuerdo con Gallego-Torres & Gonzales-Crespo (2017), se afirma que la metodología de la investigación en el campo de la ingeniería posee una estructura propia, diferenciándose del diseño y desarrollo ingenieril, aunque comparten muchas similitudes con la ciencia y están entrelazados de manera fuerte y mutuamente dependiente. Por otro lado, existen diferencias fundamentales entre la investigación científica y el diseño de ingeniería, las cuales deben hacerse explícitas en un proyecto formulado y desarrollado desde este campo del saber.

Es esencial aplicar metodologías específicas para la investigación en las ingenierías, ya que son procesos basados en modelos estructurales. Estos modelos comprenden etapas dedicadas a la investigación y otras al diseño ingenieril, actividades que, en ocasiones, presentan similitudes en sus propósitos. Las actuales propuestas epistemológicas basadas en el socio-constructivismo plantean si las diferencias pudieran ser solo semánticas o si, por el contrario, representan diferencias de carácter más filosófico y epistémico, considerando la amplia gama de problemáticas inherentes a la ingeniería.

La metodología de la investigación en ingeniería puede ser muy diversa en función de sus objetos de conocimiento y métodos de investigación. Estos métodos se relacionan con la ingeniería de requisitos, configuración, gestión, análisis funcional, arquitectura de sistemas, diseño conceptual, evaluación y toma de decisiones en el diseño, gestión del cambio, ingeniería basada en modelos, escalabilidad, innovación y modelos educativos para la formación de ingenieros (Henao-Villa, et al., 2017).

Generalmente, el método de investigación debe plantearse al definir las preguntas de investigación, proponer un método sólido, abordar el problema y validar tanto el método de investigación como los resultados. Por ello, es necesario formular métodos, herramientas y fundamentos teóricos que se alejen de considerar el método científico como la "única" manera de resolver problemas científicos o de ingeniería.

Técnicas, recursos y procedimientos para la investigación

Tal como hemos estado mencionando, cuando un ingeniero decide plantear un proyecto de investigación, es crucial que defina claramente el tema de estudio que abordará y tenga un entendimiento claro de sus límites en cuanto a las capacidades disciplinarias. Esto le permitirá ser más específico en los objetivos e hipótesis planteados, así como determinar los recursos necesarios para llevar a cabo un trabajo técnico-metodológico efectivo. Por tanto, la gestión de proyectos se convierte en una competencia vital para los ingenieros, ya que deben definir los diversos mecanismos para llevar a cabo

una investigación, considerando la gestión de proyectos como una línea adicional de investigación vinculada a las ingenierías.

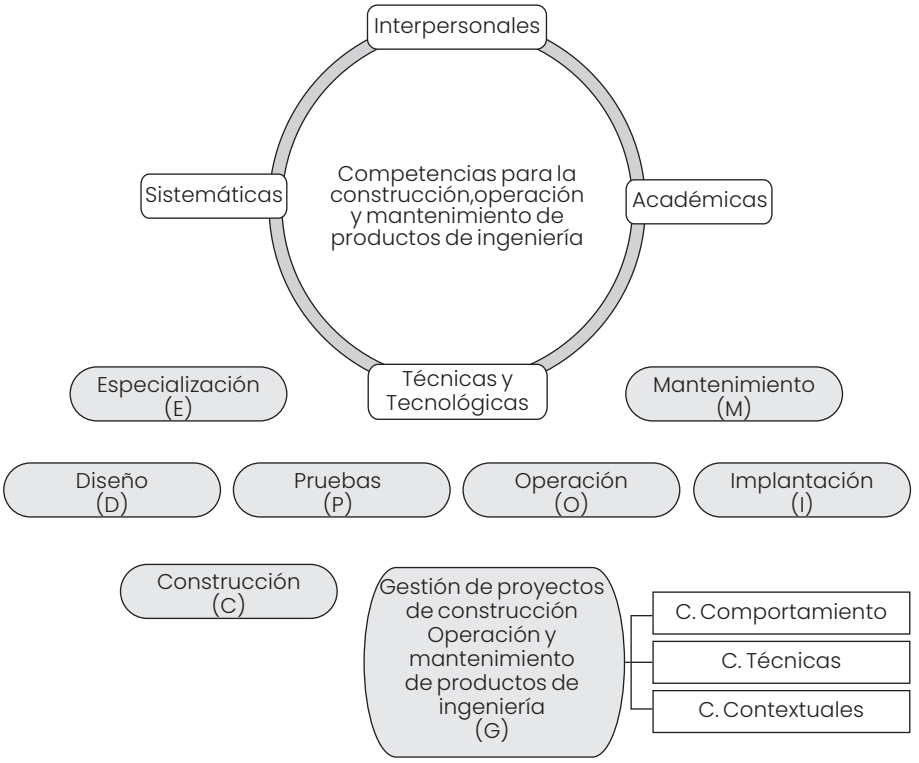
Existen diversas formas de clasificar las competencias que un profesional debe poseer para cumplir sus funciones con ética, eficiencia y eficacia. No obstante, es común encontrar en estas clasificaciones un grupo de habilidades que podríamos denominar "competencias técnicas y metodológicas para las ingenierías".

Por ende, todos los programas de ingeniería deberían concentrar sus esfuerzos en el desarrollo de estas habilidades para la construcción, operación y mantenimiento del producto de ingeniería. En línea con esto, presentaremos las competencias técnicas y metodológicas propuestas por Esteban Villamizar, Rojas Contreras y Sánchez Delgado (2013) para la labor investigativa en el campo de las ingenierías.

Estas competencias técnicas y metodológicas pueden organizarse en áreas clave para cualquier disciplina de ingeniería, tal como se muestra en la Figura 1:

- Especificación (o Especialización) de productos (E).
- Diseño (D).
- Construcción (C).
- Prueba (P).
- Implantación (I).
- Operación (O).
- Mantenimiento (M).
- Gestión de proyectos (G) .

Figura 1. Competencias técnicas y metodológicas para la ingeniería



Fuente: Adaptado de Esteban Villamizar, Rojas Contreras & Sánchez Delgado, 2013.

Estas habilidades son utilizadas por un profesional en ingeniería para desarrollar procesos utilizando sus propios métodos, herramientas y procedimientos existentes. Es así como, de acuerdo con la International Project Management Association (IPMA), la Gestión de proyectos (G) incluye habilidades en la dirección de las actividades implicadas que están organizadas en tres categorías (Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (AEIP) (2009):

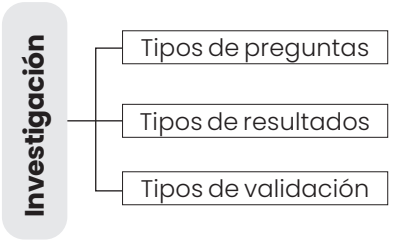
- Competencias de Comportamiento.
- Competencias Contextuales.
- Competencias Técnicas.

En consecuencia, la investigación en el ámbito de la ingeniería podría estructurarse en base a estas competencias, las cuales podrían ser consideradas como líneas de investigación. Los productos de esta investigación surgirían de la creación, adaptación o innovación, así como de la validación de estas técnicas, métodos, herramientas y procedimientos. Por lo tanto, resulta crucial establecer un modelo de investigación cuyo producto contribuya al campo de gestión de proyectos como una disciplina de estudio adaptada a cada rama específica de la ingeniería.

Enfoques de investigación en las ingenierías

Tomando como ejemplo la ingeniería del software como disciplina, encontramos que con ella se pueden realizar procesos de investigación, según lo descrito por autores como (Galán & Cañate, 2002) y (Shaw, Prospects for an Engineering Discipline of Software, 1990), quienes explican cómo deben ser estos procesos mediante los tres componentes que caracterizan una investigación (Figura 2), el tipo de pregunta de investigación, el resultado y el método de validación utilizado para soportar estos resultados.

Figura 2. Aspectos que caracterizan una investigación



Fuente: Elaboración propia.

Los tipos de preguntas propios de la investigación en ingeniería del Software, según (Shaw, What Makes Good Research in Software Engineering?, 2002) (Tabla 1), utilizan las variables X y Y, siendo estos objetos de estudio propios de la ingeniería del Software.

Tabla 1. Tipos de preguntas de investigación

Tipo de pregunta	Ejemplo
Método de desarrollo	¿De qué forma podemos hacer o desarrollar (o automatizar) X? ¿Cómo mejoramos la forma de hacer o construir X?
Método de análisis	¿Cómo podemos evaluar la calidad o corrección de X? ¿Qué criterios permite elegir entre X o Y?
Diseño, evaluación o análisis de una instancia particular	¿Cuál es el mejor diseño o implementación para X? ¿Qué es la propiedad X del artefacto o Método Y? ¿Cómo podemos comparar X con Y? ¿Cuál es el estado o práctica actual de X?

Tipo de pregunta	Ejemplo
Generalización, caracterización	Dado X, ¿qué será Y? (Necesariamente) ¿Qué significa exactamente X? ¿Cuáles son las características importantes de X? ¿Qué es un buen modelo formal o empírico para X? ¿Cuáles son las variables de X? ¿Cómo relacionarlas?
Factibilidad	¿Ex posible la existencia de X? ¿Es posible cumplir X?

Fuente: Adaptado de Shaw (2002).

También es indispensable al inicio de cada investigación, determinar claramente el tipo de resultado o producto esperado. En la Tabla 2 se muestran algunos tipos de resultados de investigación en ingeniería del Software según (Shaw, What Makes Good Research in Software Engineering?, 2002).

Tabla 2. Tipos de resultados de investigación según Shaw

Tipo de resultado	Ejemplo
Procedimiento o técnica	Una forma nueva o mejor de hacer X, tal como diseño, implementación, mantenimiento, evaluación, selección de alternativas, incluye técnicas operacionales para implementar, representar, analizar, etc.
Método descriptivo o cualitativo	Estructuración de un problema (estilos, framework, patrones, análisis de dominio no formales). Generalizaciones informales bien argumentadas. Guías para integrar resultados.

Tipo de resultado	Ejemplo
Modelo empírico	Modelo predictivo basado en muestreos.
Modelo analítico	Modelo estructural suficientemente preciso para soportar análisis formal o manipulación automática.
Notación, herramienta	Lenguaje formal para soportar técnicas o modelos (Debe poseer un cálculo, una semántica, etc.) Herramienta que implementa una técnica.
Solución particular	Solución a un problema que usa principios de ingeniería y está centrado más en el diseño que en la implementación.
Respuesta, justificación	Resultado de un análisis específico, evaluación o comparación.
Informe	Observaciones interesantes.

Fuente: Adaptado de Shaw (2002).

En el contexto de la ingeniería del software, los productos de investigación se centran en métodos, herramientas y procedimientos, de acuerdo con la definición de Roger Pressman, uno de los autores destacados en esta disciplina. Según Pressman (2010), la Ingeniería del Software es una disciplina informática que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad.

La validación de los productos de investigación se lleva a cabo dentro del mismo proceso investigativo. En su análisis sobre la buena investigación en ingeniería del software, Shaw (2002) sintetiza distintos tipos de validación (ver Tabla 3).

Tabla 3. Tipos de validación

Tipo de validación	Ejemplo
Análisis	Hemos analizado nuestros resultados y los encontramos satisfactorios mediante análisis formal (derivación rigurosa y prueba), modelo empírico (experimento estadístico, uso controlado de datos).
Experiencia	Mis resultados han sido usados sobre ejemplos reales por otras personas y la evidencia de su corrección, utilidad o efectividad es un modelo cuantitativo, un modelo empírico, datos basados en la práctica, comparación con resultados similares actuales.
Ejemplo	Este es un ejemplo de cómo funciona; en ejemplo quizás, motivado por la realidad o por un sistema en construcción.
Evaluación	Bajo los criterios establecidos, mis resultados describen adecuadamente el fenómeno de interés (modelo descriptivo), contabilizan el fenómeno de interés (modelo cuantitativo), está capacitado para predecir (modelo empírico) porque produce resultados que coinciden con los datos reales. Incluye estudios de factibilidad, proyectos piloto, etc.
Persuasión	Hemos trabajado duro y con nuestra experiencia creemos...; (técnica) si usted lo hace de la siguiente forma...; (sistema) un sistema construido como este podría...; (modelo) este modelo parece razonable... Si la pregunta original fuese sobre factibilidad, un sistema funcionando, incluso sin análisis, puede ser persuasivo.
Opinión	No hay intentos serios de evaluar los resultados.

Fuente: Elaboración propia.

Una investigación en ingeniería se vuelve relevante cuando se logra definir con claridad el tipo de pregunta, el resultado esperado y el método de validación correspondiente según estas categorías. Además, es esencial que el objeto de estudio se encuentre dentro del ámbito de conocimiento de la ingeniería del software.

Estos elementos son fundamentales para ubicar el tema de investigación en el contexto específico de la ingeniería. Al abordar un problema, se debe elegir un método que actúe como guía, marcando el camino hacia el resultado deseado. Aquí es donde el ingeniero debe establecer su 'marco metodológico', un proceso que implica estudiar diferentes métodos válidos para la investigación científica y tecnológica. Esto implica determinar las fases a seguir, la relevancia y validez de las tareas y herramientas diseñadas, así como los tipos de interacciones necesarias a lo largo del proceso de investigación.

Competencias investigativas en los ingenieros

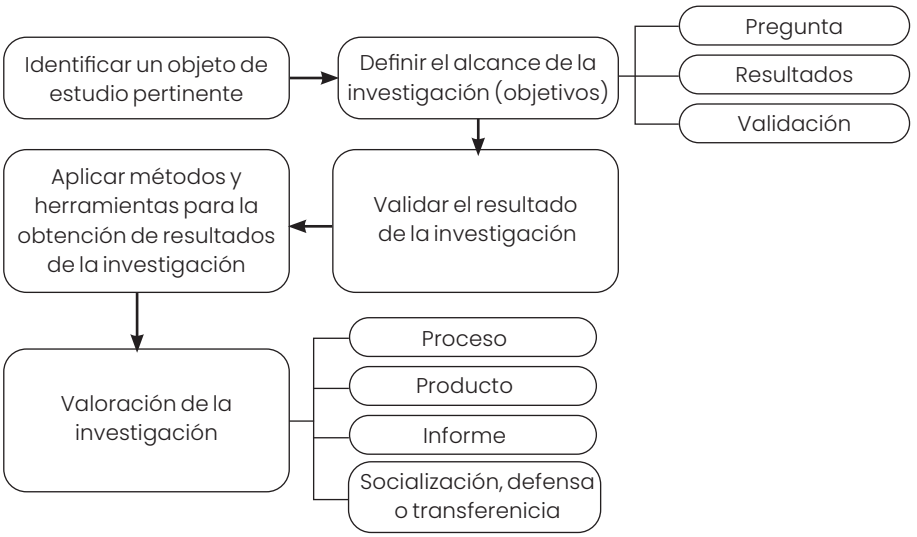
El éxito en la resolución de problemas desde la perspectiva de las ingenierías implica, para el investigador, la capacidad de cuestionar y analizar críticamente la realidad (Canales, Paucar, & Juipa, 2017). Esto implica identificar claramente el propósito de la investigación, dar coherencia a las fases y actividades, sintetizar los resultados y organizarlos para su transferencia y difusión.

En el contexto de la investigación, una de las competencias cruciales para un ingeniero es la gestión de proyectos. Esto

implica conocer las metodologías de investigación disponibles y tener la autonomía para identificar los métodos más pertinentes entre cualitativos, cuantitativos o creativos (basados en heurísticas), así como entre enfoques deductivos y empíricos, y estudios de caso.

El método de investigación en el ámbito de las ingenierías puede ser diverso, ya que no todos se ajustan al método científico estándar. Por ejemplo, disciplinas como ingeniería de sistemas, electrónica o industrial pueden implicar la construcción e implementación de nuevos artefactos, lo que demanda enfoques específicos y distintos de la formulación de hipótesis. El desarrollo de cualquier investigación comienza definiendo el área del conocimiento a la que contribuirá. Considerando la naturaleza de las ingenierías, proponer un modelo general para procesos investigativos adaptable a distintos problemas, resultados esperados y tipos de validación resulta clave (Figura 3). Este modelo general debería partir de la identificación del objeto de estudio, definir objetivos, establecer métodos y herramientas adecuadas para la investigación en ingenierías, y determinar técnicas para evaluar los resultados alcanzados.

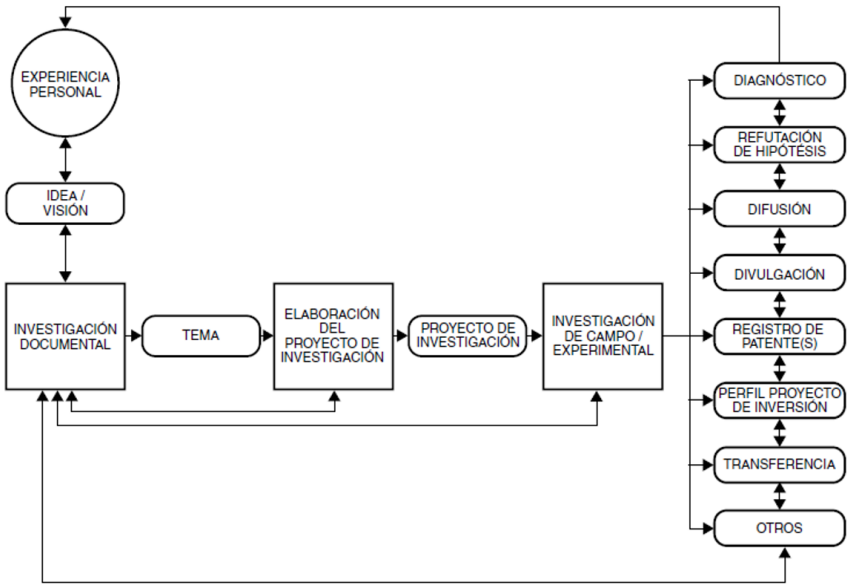
Figura 3. Modelo de procesos de investigación en ingenierías



Fuente: Elaboración propia.

Autores como Zapatero Campos (2010) plantea una visión general para el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas desde las ingenierías, en donde se parte de la experiencia personal de quien investiga (el ingeniero) y a partir de sus competencias básicas se plantea la visión y desarrollo del estudio. Esto se detalla a continuación y es esquematizado en la Figura 4.

Figura 4. Visión general del proceso de investigación científica y tecnológica



Fuente: Tomado de Zapatero Campos, 2010.

- **Experiencia personal:**

El punto de partida radica en la experiencia y los intereses del investigador (el sujeto de estudio). No se limita solo a la experiencia en su campo de estudio, sino que abarca toda la acumulada a lo largo de su vida, siendo la experiencia educativa, por supuesto, fundamental. El investigador, basándose en su experiencia personal, su tiempo y sus circunstancias, cultiva intereses particulares que, inicialmente, lo llevan a elegir una carrera que se ajuste a su perfil y sus expectativas de vida. Una vez en el nivel superior, idealmente, sus inquietudes se aclaran y sus intereses se perfeccionan. Lo óptimo sería que un estudiante, al avanzar más allá de la mitad de sus estudios,

encuentre un campo de interés dentro del ámbito de la ingeniería que está estudiando. A medida que profundiza su comprensión de las bases científicas de su área, el estudiante se familiariza con los temas cruciales para el desarrollo teórico (investigación que permite el avance teórico), el progreso tecnológico (las nuevas necesidades tecnológicas) o el desarrollo de su región o país. Así, esperamos que, más temprano que tarde, el interés del estudiante o investigador se concrete en una idea o visión más específica de lo que desea realizar. Es importante notar que, una vez finalizado el ciclo completo del proceso, llevar a cabo una investigación y obtener resultados retroalimenta la experiencia personal del estudiante/investigador, lo que se convierte en un ciclo enriquecedor tanto en su vida estudiantil como profesional.

- **Investigación documental:**

Hacia el final de su carrera, el estudiante de nivel superior está habilitado para hacer una investigación documental que le permita delimitar un tema de investigación y elaborar el estado del arte en esa materia específica. La delimitación adecuada de un tema de investigación permite:

1. Enfocar la atención del investigador en un fenómeno o serie de fenómenos interrelacionados que al mostrar una cierta unidad y límites pueden ser referidos como “el tema de la investigación”.
2. Ubicar la investigación dentro del alcance de los recursos económicos y temporales del investigador.

3. Ubicar la complejidad y profundidad del tema de investigación dentro de los alcances académicos del investigador.
4. Definir la viabilidad de la investigación en función de los recursos humanos (asesores) y tecnológicos de su centro de estudios.
5. Decidir con claridad lo que forma parte del tema de investigación y lo que no (aunque la decisión sea arbitraria).
6. Dentro del tema de investigación, el investigador define el o los problemas que abordará, especificando su carácter teórico, tecnológico o económico.
7. El investigador puede definir el tipo de resultados y productos de su investigación, así como su relevancia teórica, tecnológica y económica.

Todo esto cambió hace unas cuantas décadas cuando grandes editoriales comenzaron a digitalizar revistas científicas. Crearon un servicio que permitía a los investigadores revisar resúmenes de artículos en CD y solicitar la versión completa, que podía tardar varias semanas en llegar.

En los últimos quince años, los desarrolladores han configurado un complejo mercado de acceso remoto a una amplia gama de recursos e información científica y tecnológica en formato electrónico. Este conjunto integra una gran cantidad de títulos de libros y revistas en bases de datos diseñadas según la producción de diversas áreas científicas y tecnológicas. Estas bases de datos ofrecen acceso restringido en línea y pueden contener miles de títulos de revistas, ya sea con su contenido

completo o resúmenes, y además permiten revisar números publicados hace 10, 20, 50 años o incluso más atrás.

Esta evolución ha llevado a las principales universidades del mundo a alejarse del modelo tradicional de biblioteca central, donde todo el mundo, desde estudiantes hasta académicos, investigadores y público externo, debía acudir a un edificio para acceder al acervo bibliográfico. Ahora se dirigen hacia el acceso remoto a bases de datos con una cantidad masiva de información, rigurosamente seleccionada y validada por pares científicos. Es importante destacar que el acceso restringido a estas bases de datos difiere significativamente de "navegar" en Internet, donde se puede encontrar información sin filtro ni validación.

En resumen, al concluir la investigación documental, se obtiene, en principio, un tema delimitado y el estado del arte relevante al mismo. Se prefiere realizar esta investigación documental en línea, utilizando bases de datos de renombre. Realizar una búsqueda sobre el tema de investigación en diez revistas disponibles en la biblioteca, que suman solo dos o tres centenas de artículos, no se compara en absoluto con la búsqueda en diez bases de datos que podrían contener conjuntamente varios millones de títulos. Esta diferencia marca la calidad de la educación superior en un país desarrollado o en una universidad de nivel internacional.

En la investigación documental, la consulta a la literatura científica es una actividad recurrente en cualquier etapa del

proceso. Si se ha planificado realizar una investigación con resultados en uno o dos años, sería erróneo suponer que no se requiere recurrir a nuevas publicaciones para mantener actualizado el estado del arte. El estudiante / investigador debe estar al tanto de la evolución del conocimiento en su área de estudio en todo momento, ya que de lo contrario su investigación podría perder relevancia.

Las líneas de investigación de la institución, escuela o departamento académico son una fuente importante de temas relevantes para la investigación. Estas entidades están encargadas de definir estas líneas de trabajo. Para los estudiantes, enfocar su trabajo en un tema de interés para los investigadores de su departamento significa tener acceso a bibliografía pertinente y contar con asesores informados e interesados en el tema. Por otro lado, para los asesores, apoyar la formación de investigadores potenciales o profesionales más capacitados mientras amplían su propia capacidad de trabajo representa una ventaja significativa.

- **Elaboración del proyecto de investigación (protocolo de investigación):**

Una vez que se ha delimitado el tema y se ha elaborado el estado del arte, el estudiante cuenta con elementos suficientes para captar la atención de los profesores o colegas, según corresponda, y lograr la aceptación de su tema como viable para ser objeto de investigación.El siguiente paso consistirá en esbozar un proyecto de investigación, un documento que

planea y describe paso a paso el protocolo de la investigación, es decir, sus etapas y resultados esperados. El formato específico de un proyecto de investigación es definido por la entidad que aprobará el proyecto. Por ello, es vital que el estudiante consulte a su institución o a la entidad que financiará el proyecto para solicitar el formato requerido. Incluso es posible que dos o más entidades financien un proyecto y que cada una de ellas solicite el proyecto en formatos diferentes, dando énfasis a distintos aspectos (por ejemplo, un centro de estudios puede estar interesado en las aportaciones teóricas mientras que un banco podría enfocarse en las aplicaciones industriales).

La historia y evolución de la palabra "protocolo" es interesante. Tiene su origen en la Antigua Grecia (Portal Protocolo.org, 2003). Una de las formas en que los antiguos griegos creaban sus libros era utilizando rollos de papiro o de piel (los de piel se llamaban "pergaminos"), en los que escribían con tinta ayudados por un instrumento de escritura hecho de metal, madera, hueso o incluso una pluma de ave. Al terminar el rollo, pegaban una etiqueta llamada *prôtokollon* (de *protos*, primero, y *kollea*, pegamento), a la que añadían un sello para garantizar su autenticidad en cuestiones legales. Con el tiempo, *prôtokollon* se usó para referirse al contenido o a la tabla de contenido del rollo. Más tarde adquirió el sentido de "orden de las cosas" y se aplicó en muchos ámbitos culturales (actualmente se habla de protocolos diplomáticos, ceremoniales, de etiqueta, de guerra, informáticos, entre otros), incluyendo la ciencia, donde se refiere a las fases o etapas planeadas de una investigación y su secuencia.

A continuación, se detalla un formato de proyecto o protocolo de investigación que, con las mencionadas consideraciones previas, puede ser útil para formular un proyecto de investigación viable:

1. Portada.
2. Tema.
3. Objetivos.
4. Justificación.
5. Marco Teórico.
6. Hipótesis.
7. Diseño de Investigación.
8. Cronograma.
9. Plan de Exposición.
10. Presupuesto y Financiamiento.
11. Bibliografía y Aparato Crítico.

- **Investigación de campo:**

En la investigación de campo el investigador entra en contacto con su objeto de estudio con el propósito de observar, describir o explicar algún fenómeno o complejo de fenómenos (Figura 5).

Figura 5. El trabajo de campo: niveles, finalidad e impacto

Fuente: Tomado de Zapatero Campos, 2010.

Una investigación puede tener una finalidad puramente teórica o puede tener alguna finalidad práctica (aplicada); y puede tener un impacto teórico, tecnológico o económico. Un proyecto de investigación no tiene por qué cubrir todas las posibilidades, ni siquiera es deseable (a menos que se trate de un gran equipo multidisciplinario con un respaldo financiero suficiente), lo importante es que defina claramente sus propósitos y sus alcances.

- **Profundidad del trabajo de campo:**

Una investigación de campo a nivel de observación simplemente explora y registra los fenómenos dentro de los límites definidos para su tema (como el registro de especies de virus en un lago, movimientos telúricos en una región geográfica, tipos de suelo en una región, variaciones climáticas, etc.). La descripción implica el procesamiento de estos registros o datos, lo que permite presentar un perfil o patrones de comportamiento estadístico de los fenómenos (número de personas infectadas

por un virus, grupos de edad más afectados, diferencias en la afección entre hombres y mujeres, índices de morbilidad y mortalidad, etc.).

En un nivel más profundo, el investigador desarrolla o utiliza teorías para explicar por qué ocurren los fenómenos. Para esto, definirá hipótesis, variables dependientes e independientes, y diseñará experimentos para su validación hipotética y teórica. En el nivel de observación, el investigador registra y explora lo que sucede; en el nivel descriptivo, expone cómo sucede; mientras que, en el nivel explicativo, intenta descifrar por qué sucede.

- **Finalidad del trabajo proyecto de investigación:**

La finalidad del proyecto puede ser buscar la aplicación científica de los resultados del trabajo de campo (observación, descripción, experimentación, según sea el caso) para dar solución a un problema industrial, tecnológico o económico (investigación aplicada), o tener el propósito de avanzar en la comprensión teórica del objeto de estudio, sin el interés de resolver algún problema práctico o buscar la aplicación del conocimiento (investigación teórica, pura, básica o desinteresada). Un proyecto de investigación no tiene que buscar ambas finalidades necesariamente.

- **Productos de la investigación de campo:**

Los productos de la investigación de campo, y en esencia del proyecto de investigación, abarcan una amplia gama

de resultados. Aquí se presentan algunos brevemente, y es importante señalar que no todos tienen que ser buscados por un mismo proyecto de investigación.

1. **DIAGNÓSTICO.** Una investigación puede buscar diagnosticar el estado de un ámbito determinado. Este diagnóstico ayuda a identificar prioridades y a tomar decisiones más enfocadas. Proporciona información sobre la gravedad de un problema y su impacto en el entorno. El resultado es un informe descriptivo del estado de una situación o tema específico.

2. **REFUTACIÓN DE HIPÓTESIS.** En investigaciones experimentales, el resultado puede validar hipótesis, con implicaciones teóricas o tecnológicas.

3. **DIFUSIÓN.** La primera comunicación del conocimiento científico a los expertos se realiza mediante artículos científicos, generalmente estructurados según el formato IMRyD (introducción, métodos, resultados y discusión). Estos artículos ofrecen una introducción al estado actual del tema, describen los métodos, materiales, instrumentos y experimentos utilizados, presentan los resultados y discuten su relevancia y valor científico. Se publican en revistas arbitradas, sometidas a revisión por expertos para garantizar la autenticidad de los resultados.

4. **DIVULGACIÓN.** La divulgación científica implica comunicar el conocimiento científico a audiencias no

expertas. Se adapta al público objetivo (niños, jóvenes, personas con diferentes niveles educativos) y utiliza materiales adecuados a sus intereses y perfiles culturales. La divulgación emplea diversos medios de comunicación como revistas, libros, cine, radio, televisión, internet, entre otros, y busca estrategias atractivas para su público objetivo.

5. **REGISTRO DE PATENTES.** Cuando un proyecto busca desarrollar nuevos productos tecnológicos o innovaciones, los investigadores y sus instituciones pueden solicitar el registro de patentes para proteger sus resultados. Esto otorga derechos exclusivos sobre los beneficios económicos y previene el plagio. En Colombia, estos trámites se realizan ante la Superintendencia de Industria y Comercio[31].

6. **PERFIL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.** En ocasiones, los resultados, conocimientos y experiencias adquiridos durante un proyecto de investigación pueden contribuir a la industrialización de una idea, proceso o tecnología. El primer paso suele ser la elaboración de un perfil de proyecto de inversión, que incluye estudios de mercado, técnico, organizacional, económico-financiero, así como un plan de control y seguimiento.

7. **TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.** La tecnología puede ser transferida entre países, empresas, universidades,

31 https://www.sic.gov.co/patentes

centros de investigación, entre otros. Esta transferencia puede ser parte de un acuerdo o una operación comercial. Para propósitos prácticos, las Naciones Unidas definen la tecnología como "el equipo especializado y los conocimientos técnicos, manuales, diseños, instrucciones de funcionamiento, capacitación, asistencia y asesoramiento técnico necesarios para establecer, mantener y operar un sistema viable, junto con el derecho de utilizar estos elementos de manera no exclusiva para estos propósitos" (Conferencia, 2001). Por lo tanto, un proyecto de investigación puede buscar identificar las necesidades tecnológicas de un sector específico, diseñar soluciones tecnológicas y facilitar su transferencia para mejorar la competitividad de las empresas en dicho sector y optimizar su desempeño en el mercado de bienes o servicios en el que operan.

Tipos de investigación en las ingenierías

Debido a la diversidad inherente a las ingenierías y sus múltiples campos de aplicación, las universidades reconocen que la mayoría de sus graduados no se dedicarán principalmente a la investigación. Sin embargo, es fundamental que posean la capacidad de investigar y llevar a cabo este proceso cuando sea requerido en su trayectoria laboral. Por ende, resulta esencial comprender los conceptos relacionados con los distintos tipos de investigación a los que podrían enfrentarse en su vida profesional.

Se describirán detalladamente cada uno de estos tipos de investigación más adelante. Por ahora, se presentan algunos conceptos introductorios para orientar al lector en estos temas y facilitar la comprensión de cada capítulo de este libro.

Investigación formativa

La investigación formativa se refiere a utilizar la investigación como una herramienta dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. Su objetivo es difundir información existente y fomentar que el estudiante la adquiera como conocimiento (Miyahira, 2009). También se puede denominar como "enseñanza a través de la investigación" o "aprender utilizando métodos de investigación". La investigación formativa posee dos características clave: es guiada y dirigida por un profesor como parte de su labor docente, y los investigadores son estudiantes en formación.

Como se mencionó previamente, la investigación formativa tiene dos características fundamentales: es dirigida y orientada por un profesor, y los agentes investigadores son estudiantes. Por lo tanto, resulta evidente que, para incorporar la investigación formativa en los programas académicos, tanto profesores como estudiantes deben tener conocimientos básicos en metodología de investigación.

Existen diferentes formas de clasificar la investigación, pero generalmente se puede dividir en tres tipos: documental, básica o pura y aplicada. Sin embargo, la investigación básica y aplicada suelen incluir una etapa de investigación documental.

Varias actividades tradicionales programadas por los docentes en los cursos o asignaturas contribuyen a la investigación formativa (Miyahira, 2009), aunque los profesores no siempre son conscientes de ello. Por ejemplo, al preparar seminarios o monografías, los estudiantes deben presentar información actualizada sobre un tema en particular, lo cual implica el uso de la metodología de investigación. Esta práctica era común antes de la era de internet, cuando los estudiantes buscaban información en las bibliotecas; sin embargo, con el uso de internet, estas actividades han cambiado, a veces con prácticas de copiar y pegar.

El método de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) sigue la lógica de la investigación científica (Miyahira, 2009). Esta estrategia permite que los estudiantes aprendan a aprender, desarrollen habilidades críticas y analíticas, y sepan buscar, encontrar y utilizar recursos adecuados para su aprendizaje. En Medicina, las sesiones de discusión de casos clínicos pueden cumplir los mismos objetivos que el ABP.

Aunque la investigación documental puede ser la más utilizada en actividades que contribuyen a la investigación formativa, no es la única. En las prácticas de laboratorio se emplea la investigación experimental pura o aplicada en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

La investigación formativa y la formación para la investigación deben desarrollarse en una interacción continua. La investigación formativa desarrolla en los estudiantes habilidades de interpretación, análisis y síntesis de información,

así como la búsqueda de problemas no resueltos, pensamiento crítico y otras capacidades como observación, descripción y comparación; todas ellas vinculadas directamente con la formación para la investigación.

Investigación fundamental

La "investigación básica" o "pura" es un tipo de investigación científica que busca mejorar las teorías científicas para una comprensión más profunda y una mejor predicción de los fenómenos naturales u otros. Aunque a menudo surge por la simple curiosidad, la investigación fundamental suele ser la base de las innovaciones tecnológicas en la ciencia aplicada. Ambos objetivos a menudo se combinan en investigación y desarrollo coordinados (NSF, 2023).

Según el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, la Investigación Fundamental tiene dos propósitos: ampliar el conocimiento existente sobre un fenómeno u observaciones y aumentar el entendimiento sobre un problema para, eventualmente, desarrollar una solución o aplicación (MINCIENCIAS, 2023).

A partir de esto, se puede derivar la Investigación Básica Dirigida, cuyo objetivo es generar conocimiento con un propósito social o comercial específico para desarrollar innovaciones de alto impacto a mediano plazo. Esto puede conducir al desarrollo de Investigación Aplicada para obtener nuevos conocimientos técnicos o científicos orientados a un

objetivo práctico específico. Para esto, es crucial considerar todos los conocimientos disponibles para abordar problemas particulares.

Investigación aplicada

La investigación aplicada se vale de teorías científicas para desarrollar tecnología o técnicas que permitan intervenir y modificar fenómenos naturales u otros.

Un proyecto de investigación aplicada busca resolver problemas industriales, tecnológicos, económicos o sociales, generando soluciones que se traducen en productos tecnológicos tangibles o intangibles. Estos productos pueden ser conocimientos técnicos, equipos, instrumentos, medicamentos, normas, patentes, programas de software, diseños, entre otros (U. N., 2001). Si bien se asume que los resultados de la investigación aplicada mejoran la calidad de vida en las sociedades, es importante destacar que también se han desarrollado productos, como armamento convencional o no convencional, cuyos beneficios para la sociedad son discutibles o incluso nulos, y otros productos que se centran en estrategias de marketing.

Es inútil debatir sobre la supremacía intrínseca de un tipo de investigación sobre otro. La investigación aplicada ofrece soluciones prácticas, y tachar de inútil a la investigación básica porque no resuelve problemas prácticos sería incorrecto. Del mismo modo, suponer que la investigación básica tiene un valor

académico superior a la aplicada por su enfoque en expandir el conocimiento científico es un error. Cada tipo de investigación tiene su valor y su utilidad.

Es esencial considerar que la investigación aplicada se basa en un conocimiento teórico, en muchos casos derivado de la investigación básica. Esta última no busca aplicaciones prácticas inmediatas, sino ampliar el conocimiento de los principios fundamentales de la naturaleza o la realidad.

Ambos tipos de investigación emplean el método científico para obtener resultados, pero la investigación aplicada se enfoca en encontrar innovaciones tecnológicas que solucionen problemas concretos mediante productos o servicios que satisfagan necesidades humanas. No podría existir investigación aplicada sin los fundamentos teóricos y básicos, lo que demuestra que una es una continuación lógica de la otra.

Referencias

Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (AEIP). (2009). NCB Bases para la competencia en dirección de proyectos, versión 3.1. España: Ed. AEIPRO.

Bairagi, V., & Munot, M. V. (2019). Research Methodology A practical and Scientific Approach. London: CRC Press.

Canales, M., Paucar, W., & Juipa, N. (2017). Research method for engineering based on the methodology of scientific. Investigación y Amazonía, pp. 5-9.

Clear, T. (2023). academics.aut.ac.nz. Obtenido de academics.aut.ac.nz: https://academics.aut.ac.nz/tony.clear

U. N. (2001). Acuerdos internacionales para la transferencia de Tecnología: prácticas óptimas de acceso a la transferencia de tecnología y medidas para alentarla con miras a fomentar la capacidad de los países en desarrollo, en especial los países menos adelantados. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y DesarrolloGinebra: UNCTAD.

Edgar, T. W., & Manz, D. O. (2017). Research Methods for Cyber Security. Cambridge: Elsevier.

Esteban Villamizar, L. A., Rojas Contreras, W. M., & Sánchez Delgado, M. (2013). Research model in project management for engineering research. Revista EAN, pp. 54-71.

NSF - U.S. National Foundation. (31 de 07 de 2023). What is basic research? Obtido em 31 de 07 de 2023, de What is basic research?: https://www.nsf.gov/pubs/1953/annualreports/ar_1953_sec6.pdf

Galán, F., & Cañate, J. (2002). ¿Qué se entiende, en España, por investigación en ingeniería del software? Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos Universidad Sevilla.

Gallego-Torres, A. P., & Gonzales-Crespo, R. (2017). Metodología de la investigación en ingeniería. Revista Científica, 115.

Habermas, J. (1984). The theory of communicative action. Boston: Beacon Press.

Henao-Villa, C., García-Arango, D., Aguirre-Mesa, E., González-García, A., Bracho-Aconcha, R., Solorzano-Movilla, J., & Arboleda-Lopez, A. (2017). Multi-

disciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en la formación para la investigación en ingeniería. Revista Lasallista de Investigación.

Hurtado, J. (2010). El Proyecto de Investigación. Bogotá - Caracas: Quiron ediciones.

Lee, J. (2006). History of Computing in education. Springer, 1-16.

Marczyk, G., DeMatteo, D., & Festinger, D. (2005). Essentials of Research Design and Methodology. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

McGill. (2023). Mcgill.ca. Obtido de Mcgill.ca: https://www.mcgill.ca/edu-ecp/susanne-lajoie

Medina, V., Pérez, J., & Torres, J. (2011). La investigación en Ingeniería: ciencia y tecnología de la información y del conocimiento. Universidad distrital Francisco José de Caldas.

MINCIENCIAS. (31 de 07 de 2023). Oferta institucional MinCiencias. Obtido de Oferta institucional MinCiencias: https://minciencias.gov.co/convocatorias/investigacion-programa-y-proyectos-ctei/convocatoria-investigacion-fundamental

Miyahira, J. (2009). La investigación formativa y la formación para la investigación en el pregrado. Revista Med Hered.

Niño Rojas, V. M. (2011). Metodología de la investigación Diseño y Ejecución. Bogotá: Ediciones de la U.

P. Bourque y R.E. Fairley, e. (01 de 05 de 2014). Guide to the Software Engineering.

INNOVACIÓN EDUCATIVA DESDE LA INVESTIGACIÓN: TENDENCIAS EN LA PRÁCTICA DE LAS INGENIERÍAS

CAPÍTULO III.

Mecanismos de Juego Competitivo como Herramienta Educativa en Ingeniería: El caso de los CTF como Apoyo a la Docencia

PhD. Cristian Barría Huidobro
Universidad Mayor de Chile
Centro de Investigación en Ciberseguridad
cristian.barria@umayor.cl
https://orcid.org/0000-0002-5840-7407

Resumen

El avance tecnológico en las últimas décadas ha impactado prácticamente todos los ámbitos de la vida, generando oportunidades y desafíos que afectan también la educación. En este contexto, se han implementado diversas técnicas y tecnologías innovadoras en el ámbito educativo para beneficiar tanto a estudiantes como a docentes. Este trabajo explora el uso de las competencias CTF (Capture The Flag) como herramienta educativa complementaria para impartir conocimientos en ingeniería y seguridad de la información. Además, estas competencias sirven como un puente con el sector privado, ya que las empresas buscan nuevos talentos para incorporar a sus equipos.

Palabras Clave: Capture The Flag, Educación, Ingeniería.

Abstract

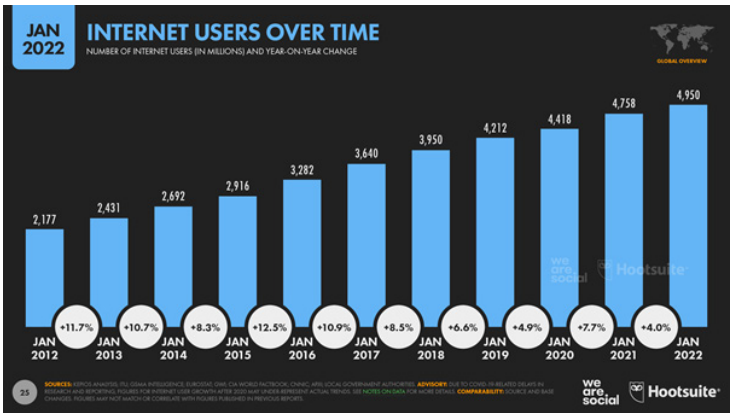
The increasing adoption of interconnected technologies during the last decades has transformed practically all aspects of human endeavor throughout the world, opening new opportunities but also presenting new challenges for society. In this subject the education field is no exception, in a context in which various innovative techniques, mechanisms and technologies are implemented at the service of students and teachers. This paper addresses the use of CTF (Capture the Flag) competitions as an educational complement for the transmission of knowledge in engineering and information security issues, in addition to functioning as a link with the world of private companies that are looking for new talent to hire.

Keywords: Capture The Flag, Education, Engineering

Introducción

El mundo actual refleja un desarrollo tecnológico sin precedentes en la historia humana. Cada año, un número creciente de personas accede a Internet, utiliza teléfonos móviles y se sumerge en una variedad de dispositivos y herramientas interconectadas que han transformado nuestra manera de interactuar con el entorno. El impacto de esta revolución tecnológica ha generado un amplio espectro de estudios y sigue siendo un fenómeno en constante evolución que continuará estableciendo nuevos estándares en lo social, lo cultural, lo económico e incluso lo político.

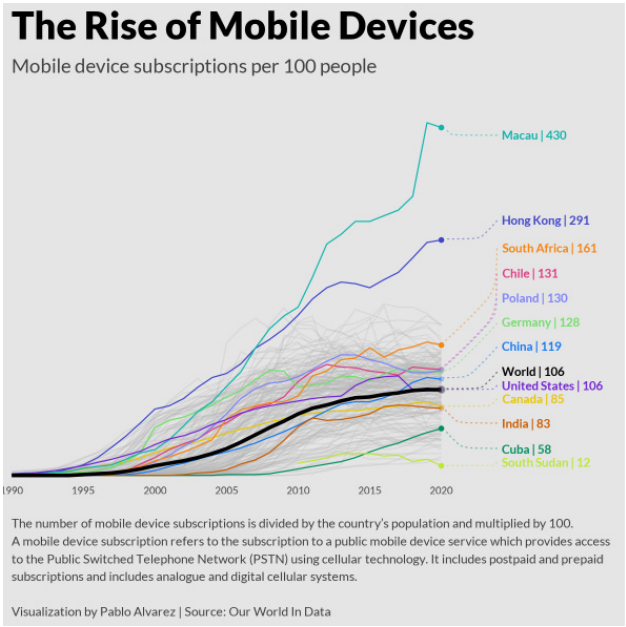
Figura 1. Cantidad de usuarios de Internet en el tiempo (en millones)



Fuente: DataReportal, 2022 [32].

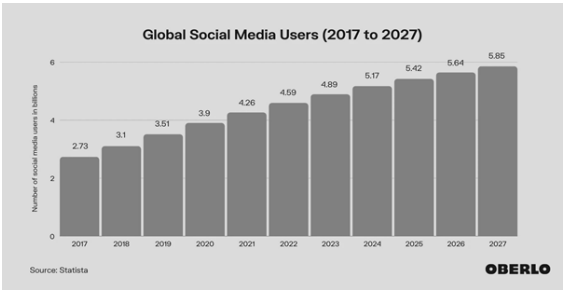
32 Kemp, S. (2022, May 4). Digital 2022: Digital Adoption doubled over the past decade - DataReportal – global digital insights. DataReportal. https://datareportal.com/reports/digital-2022-digital-adoption-doubled-over-the-past-decade

Figura 2. Suscripciones a telefonía móvil por cada 100 habitantes



Fuente: World Economic Forum, 2022 [33].

Figura 3. Cantidad de usuarios de redes sociales (en billones)



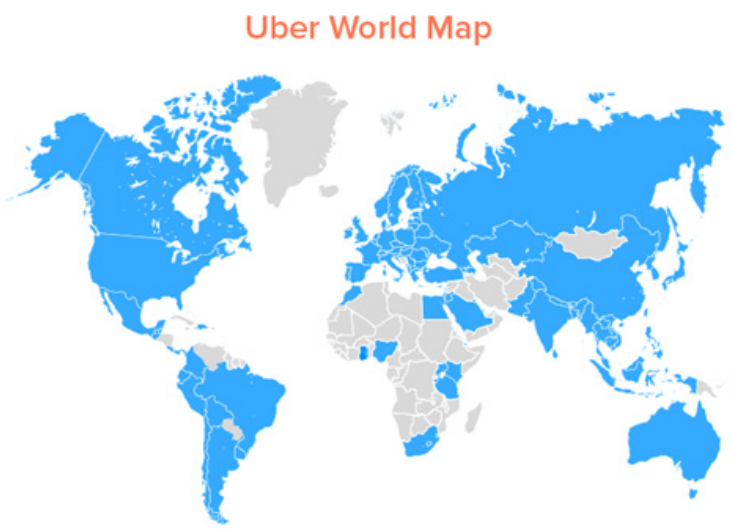
Fuente: Oberlo, n.d. [34].

33 This infographic shows the rise of mobile device subscriptions worldwide. World Economic Forum. (n.d.). https://www.weforum.org/agenda/2022/10/mobile-device-subscription-rise-technology/

34 Gaubys, J. (n.d.). How many people use social media in 2023? [updated Jan 2023]. Oberlo. https://www.oberlo.com/statistics/how-many-people-use-

Las actividades cotidianas de una persona en cualquier ciudad dan cuenta de los enormes cambios que ha experimentado la sociedad. Para desplazarse, basta con aplicaciones que conectan a conductores con pasajeros, proporcionando rutas asistidas por mapas virtuales con indicaciones visuales y auditivas. Al comprar un objeto, es posible contactar vendedores de cualquier lugar del mundo y rastrear el estado del envío. La programación de una evaluación médica, el pago de cuentas o la realización de trámites se pueden hacer en cualquier momento y lugar con acceso a internet. Además, mantener el contacto en tiempo real con amigos y familiares en cualquier parte del mundo es algo completamente factible, entre otros ejemplos.

Figura 4. Presencia de la aplicación Uber en el mundo (en azul)

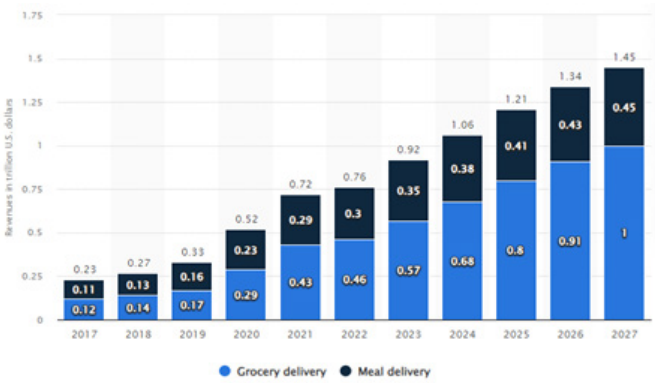


Fuente: Appinventiv, 2022[35].

social-media

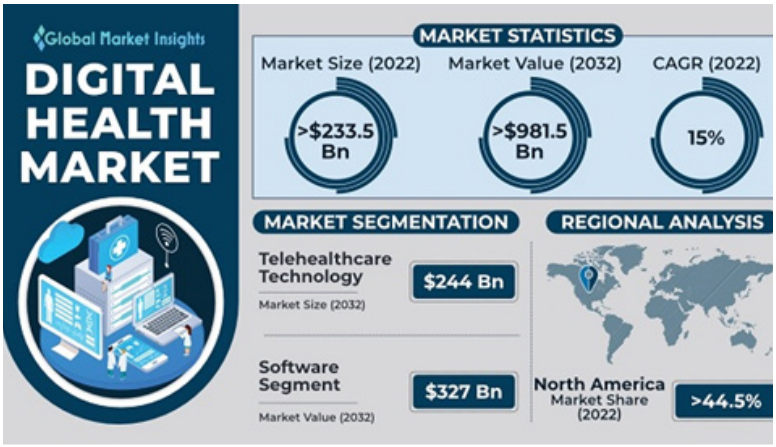
35 30+ best uber statistics to know in 2021. Best Uber Statistics and Facts to Know

Figura 5. Ingresos del mercado de entrega de alimentos (en trillones de dólares)



Fuente: Statista, 2023[36] .

Figura 6. Estadísticas del mercado de la salud digital



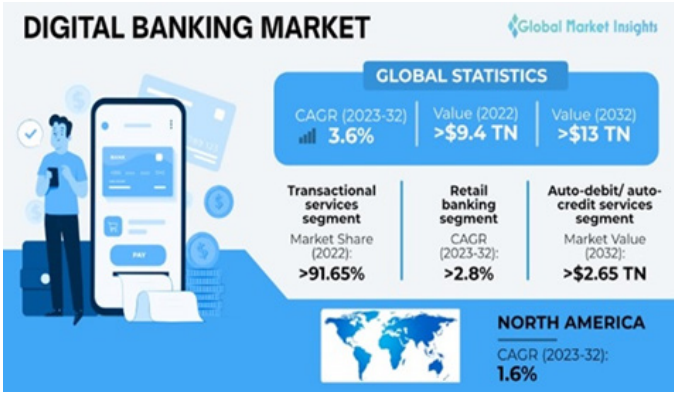
Fuente: GMI, 2023 [37].

in 2021. (2022). https://appinventiv.com/blog/uber-statistics/amp/

36 Published by Daniela Coppola, & 2, M. (2023, March 2). Global Online Food Delivery Market Size 2027. Statista. https://www.statista.com/statistics/1170631/online-food-delivery-market-size-worldwide/

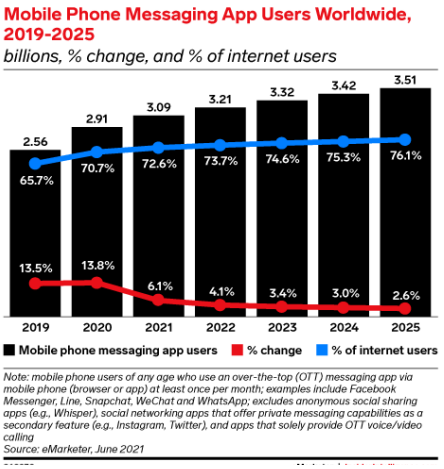
37 Digital Health Market Share - size report, 2032. Global Market Insights Inc. (2023). https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-health-market

Figura 7. Estadísticas del mercado de la banca digital



Fuente: GMI, 2023[38].

Figura 8. Cantidad de usuarios de aplicaciones de mensajería móvil (en billones), variación porcentual y proporción con relación al total de usuarios de internet



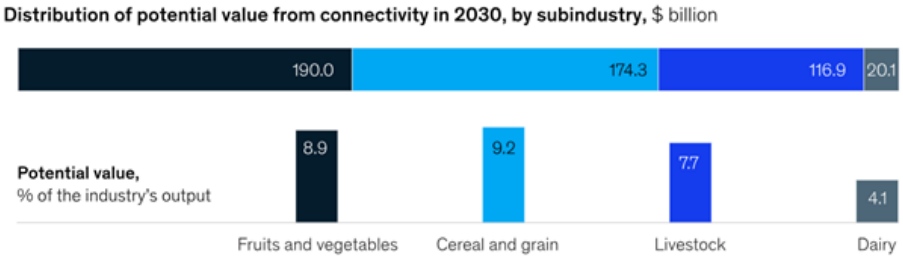
Fuente: Insider Intelligence, 2021[39].

38 Digital Health Market Share - size report, 2032. Global Market Insights Inc. (2023). https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-health-market

39 Enberg, J. (2021, September 13). Global Mobile Messaging Forecast 2021. Insider Intelligence. https://www.insiderintelligence.com/content/global-mobi-

Incluso en las zonas rurales, no se han quedado al margen de los avances tecnológicos del siglo actual. Cada vez más labores agrícolas se realizan o reciben asistencia de maquinaria altamente automatizada. Estos equipos pueden ser monitoreados en tiempo real y de forma centralizada desde cualquier lugar. La publicación y venta de los productos agrícolas se gestionan fácilmente desde el hogar, al igual que la coordinación con proveedores y distribuidores. Tareas como el riego de plantaciones, la siembra, la cosecha, la fertilización, entre otras, ahora cuentan con el respaldo de diversas herramientas tecnológicas que brindan un nivel de eficiencia y seguridad que benefician enormemente el desarrollo agrícola.

Figura 9. Distribución de valor proyectado por subindustria en billones de dólares, por concepto de conectividad

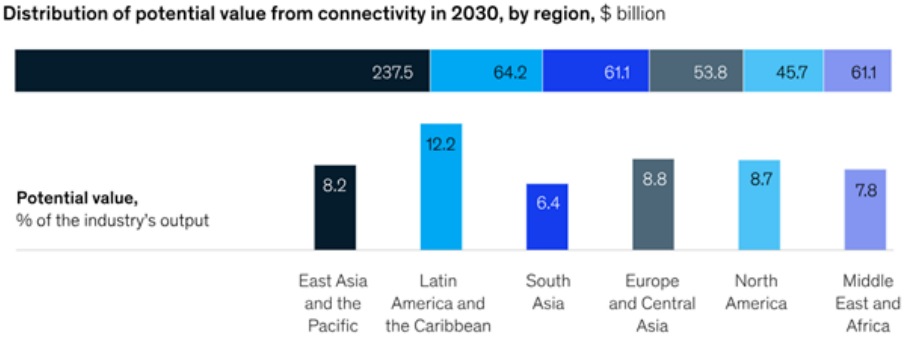


Fuente: McKinsey & Company, 2020[40].

le-messaging-forecast-2021

40 Goedde, L., Katz, J., Ménard, A., & Revellat, J. (2020, October 9). Agriculture's connected future: How technology can yield new growth. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth

Figura 10. Distribución de valor proyectado por región en billones de dólares, por concepto de conectividad



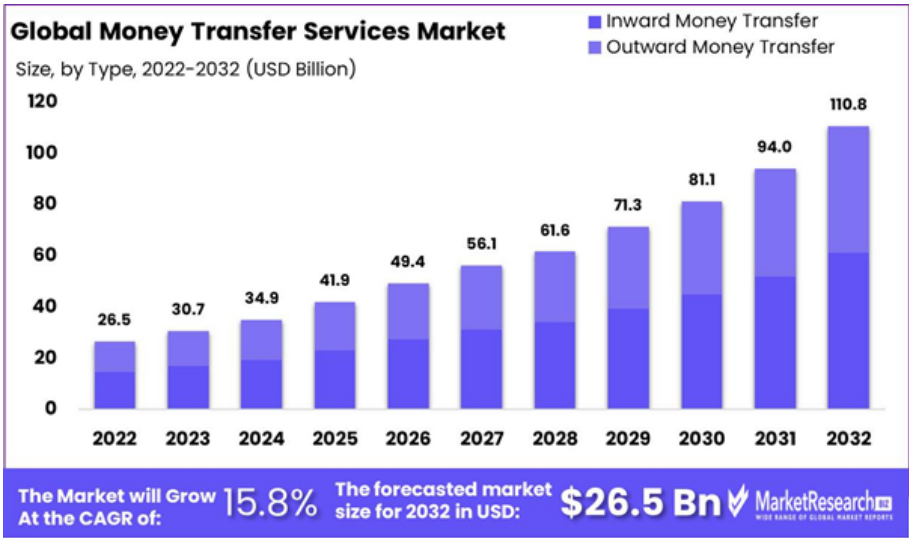
Fuente: McKinsey & Company, 2020[41].

En otro ámbito, el sector bancario de hoy es radicalmente distinto al de nuestras generaciones anteriores, al igual que el mercado en sí. Las transacciones financieras se realizan prácticamente al instante a través de transferencias electrónicas, lo que ha agilizado enormemente el desarrollo de negocios al conectar a diversos actores de todo el mundo, sin importar la moneda que utilicen. La evaluación y aprobación de créditos están a solo unos clics de distancia, a través de las pantallas que utilizamos a diario, al igual que el seguimiento y pago de estos y otros instrumentos financieros, agilizando así el flujo económico. Las extensas redes de cajeros automáticos permiten a las personas retirar efectivo al instante sin necesidad de acudir a una sucursal bancaria específica. Además, los mercados bursátiles están altamente digitalizados, ofreciendo un seguimiento en tiempo real de los cambios en los mercados locales e internacionales, lo que facilita la toma de decisiones

41 Ídem.

de inversión que anteriormente requerían mucho más tiempo y recursos.

Figura 11. Mercado global de servicios de transferencia de dinero (en billones de dólares)



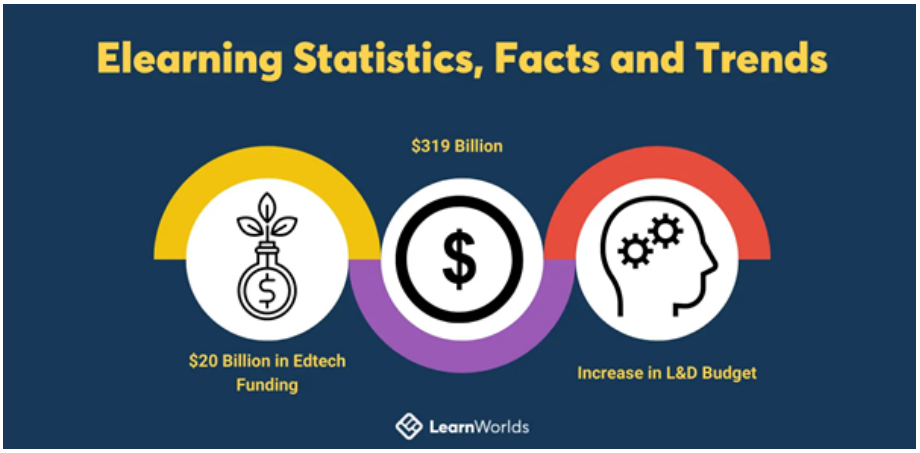
Fuente: MarketResearch.Biz, 2023[42].

La tecnología ha revolucionado el campo educativo en varios aspectos. Desde proveer conectividad a escuelas en áreas remotas, facilitando acceso a recursos educativos y permitiendo clases en línea para hogares con dificultades de acceso, hasta potenciar trabajos colaborativos de alta complejidad entre equipos internacionales, los avances tecnológicos han dotado al ámbito educativo con herramientas que han impactado

42 Money Transfer Services market size, share, growth: Forecast. MarketResearch.biz. (2023, April 20). https://marketresearch.biz/report/money-transfer-services-market/

positivamente tanto en la enseñanza como en la investigación. En este estudio, nos centramos en la educación superior, especialmente en el campo de la ingeniería en computación e informática, disciplina que por su propia esencia tiene una estrecha relación con la tecnología, pero que, a pesar de ello, enfrenta desafíos particulares.

Figura 12. Estadísticas, hechos y tendencias en materia de aprendizaje/enseñanza digital



Fuente: LearnWorlds, 2023[43,44,45].

En este contexto y al igual que en otras áreas del saber, se busca constantemente mejorar las técnicas y herramientas

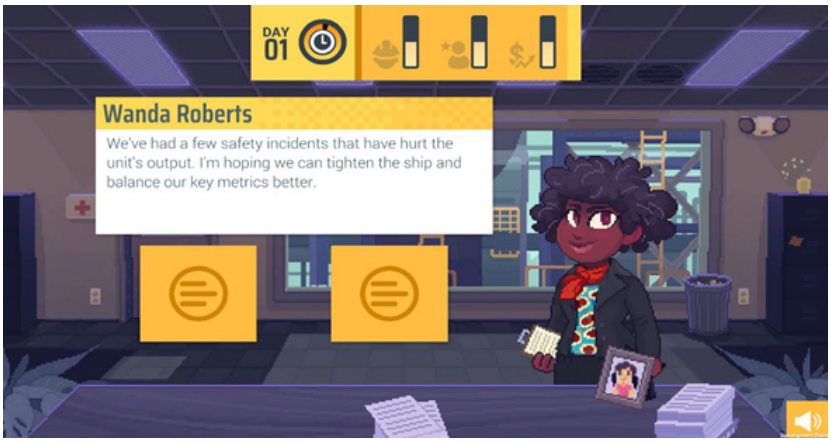
43 Malekos, N. (2023, June 28). 100+ elearning statistics, facts and trends [updated for 2023]. LearnWorlds. https://www.learnworlds.com/elearning-statistics/

44 Edtech se refiere a Education Technology, traducido como Tecnología de la Educación. Este concepto alude a las nuevas implementaciones tecnológicas desplegadas al servicio de las labores de enseñanza y aprendizaje.

45 L&D significa Learning and Development, traducido como Aprendizaje y Desarrollo. Este término se refiere al área o función de una institución que se encarga de incentivar la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades por parte de la fuerza laboral.

empleadas para transmitir conocimientos al alumnado, incentivando la capacidad para resolver problemas y generar soluciones. Dentro de diferentes propuestas didácticas que han sido desarrolladas en los últimos años, el uso de dinámicas de juego continúa incentivando estudios e iniciativas en el mundo científico-docente.

Figura 13. Vista del videojuego "Contents Under Pressure", el cual enseña sobre seguridad química a estudiantes universitarios



Fuente: Filament Games, 2020[46,47].

En el ámbito de la ingeniería, se han implementado diversas iniciativas[48] que se basan en la creación de actividades lúdicas

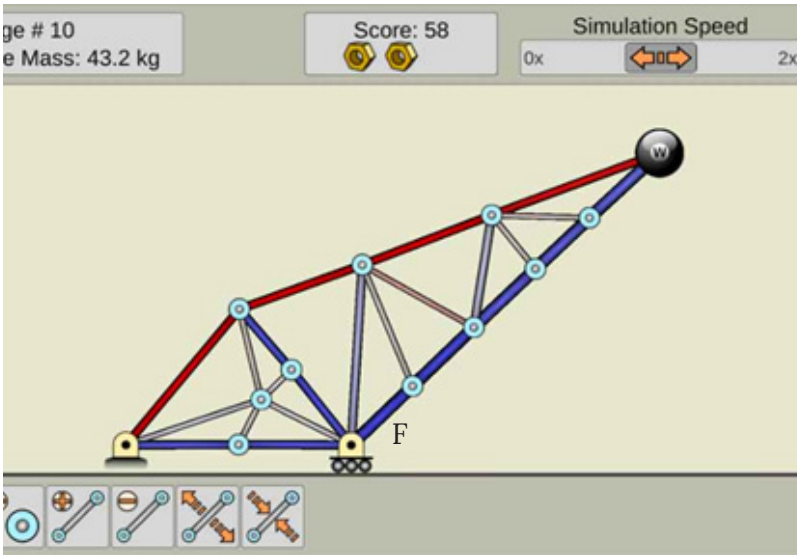
46 Javornik, J. (2020, October 22). Educational games in higher education. Filament Games. https://www.filamentgames.com/blog/educational-games-in-higher-education/

47 En la figura se ilustra un cuadro de diálogo donde Wanda Roberts -personaje ficticio del juego- contextualiza al jugador respecto de los problemas de seguridad que han afectado al laboratorio donde ella trabaja. En una serie de cuadros de diálogo similares se entrega al jugador todos los antecedentes que dan sentido a la actividad.

48 Al respecto destacan los trabajos de Mayo (2007), Deshpande & Huang (2011),

para fomentar la participación sin sacrificar la eficacia en la transmisión de conocimientos. Estas estrategias se diseñan para cumplir con las restricciones de tiempo presentes en cada semestre. La naturaleza de estos juegos varía según los distintos campos de la ingeniería, ya que cada uno tiene sus propias particularidades y exigencias. Por ello, es crucial que cada propuesta de juego se adapte al entorno educativo en el que será aplicada.

Figura 14. Vista del videojuego "Truss Me", el cual enseña a ingenieros sobre construcción de estructuras



Fuente: Engineering Clicks, 2021[49].

Demirbilek & Koç (2019), Hartmann & Gommer (2021), y Udeozor, Toyoda, Russo Abegão & Glassey (2023). Adicionalmente, las figuras 13, 14 y 15 ilustran algunos ejemplos de iniciativas que han sido empleadas en otros contextos educativos universitarios.

49 Mechanical engineering games: Fun for engineers! EngineeringClicks. (2021, March 7). https://www.engineeringclicks.com/mechanical-engineering-games/

Figura 15. Vista del videojuego "Particle in a Box", el cual enseña fundamentos de física cuántica

Fuente: Anupam & Naeemi, 2023[50].

En el ámbito específico que exploraremos en este documento, la enseñanza de Seguridad de la Información en carreras de Ingeniería en Computación e Informática destaca el empleo de juegos didácticos con una naturaleza dual, cooperativa y competitiva, conocidos por sus siglas en inglés como CTF (Capture The Flag o Capturar La Bandera en español). Esta actividad, que tiene diversas variantes, no solo sirve como evaluación de conocimientos, sino que también es una herramienta empleada por empresas de ciberseguridad para identificar talento técnico, potencialmente abriendo puertas a ofertas laborales. Estas características, que serán analizadas en detalle a lo largo del documento, establecen un vínculo crucial entre el mundo educativo y el laboral, algo que no siempre se logra con juegos didácticos.

50 Anupam, A., & Naeemi, A. (2023, January 10). Games for learning - nassim parvin. Nassim Parvin. https://nassim.lmc.gatech.edu/design/games-for-learning/

Fundamentos Teóricos

Este documento demuestra cómo varios autores han observado y analizado la transformación tecnológica en la enseñanza y el aprendizaje. El acceso generalizado y el uso de tecnologías interconectadas han influido profundamente en la educación. Inicialmente, estos cambios se centraron en herramientas y la infraestructura, como la incorporación de televisores para material audiovisual o la creación de portales web para la gestión de asignaturas. Sin embargo, con el tiempo, se han incorporado métodos y técnicas de enseñanza que hacen uso activo de nuevos dispositivos y recursos tecnológicos para complementar la labor docente.

Aunque no existe un consenso definitivo en esta área, algunas obras destacan la integración tecnológica en el contexto educativo como un factor de impacto positivo, crucial para mejorar la calidad de la educación impartida por las instituciones. Esto se refleja en un aumento de la inversión destinada a proyectos educativos, tanto en el ámbito público como privado, generando aplicaciones y servicios que han evolucionado a negocios de alcance internacional.

Además, se observa que el mundo empresarial también está interesado en transmitir conocimiento a sus colaboradores, ya sea desarrollando sus propias soluciones o recurriendo a proveedores de servicios de capacitación. Esto representa un cambio interesante en la postura corporativa hacia la formación del personal, especialmente en aquellos que ya poseen títulos académicos, implicando que la inversión en formación y

especialización es una vía complementaria al desarrollo proporcionado por las universidades y programas académicos.

Múltiples estudios respaldan la importancia de tener un personal altamente capacitado para la productividad empresarial, a pesar de que la rotación de empleados en ciertos sectores sea más rápida que en el pasado. Aunque la permanencia laboral a largo plazo es menos común en algunos campos, los líderes empresariales ven la inversión en capacitación como una contribución valiosa que ofrece un retorno igual o superior a la inversión inicial.

En este contexto, es fundamental que los estudiantes adquieran herramientas sólidas durante su educación superior para integrarse eficazmente al mercado laboral, dado que este último tiende a demandar un personal cada vez más capacitado.

El empleo de juegos como una herramienta para la transmisión de conocimientos ha sido objeto de estudio desde hace años, no solo para el aprendizaje preescolar y escolar, sino también en la educación superior. La literatura respalda su eficacia para fomentar diferentes estrategias, enfoques, técnicas y tecnologías educativas.

En el ámbito de la Ingeniería, se ha documentado que el uso de juegos es una herramienta útil para la educación superior. Este estudio específico se enfoca en la Seguridad de la Información, un área comúnmente incluida en las carreras de Ingeniería en Computación e Informática y cursos afines.

Para este ámbito específico, se han registrado numerosos casos de un tipo particular de juego, conocido como CTF o "Capture The Flag" (Capturar la Bandera en inglés), que presenta desafíos a jugadores individuales o equipos para aplicar conocimientos de Seguridad de la Información y, principalmente, Ciberseguridad.

Esta investigación se centra en analizar el caso de los CTFs dentro de este marco.

Marco Conceptual

En paralelo al incremento en la adopción de tecnologías en distintos ámbitos, han surgido actores maliciosos que buscan lucrarse de manera ilícita a costa de usuarios legítimos. Las tecnologías interconectadas han establecido nuevas formas de interacción en la vida cotidiana, pero también han sido aprovechadas con fines delictivos. Algunos delitos se ven potenciados o facilitados por estas herramientas (estafas, suplantaciones, entre otros), mientras que otros son propios de estos entornos tecnológicos interconectados (robo de datos digitales, colapso intencional de servicios web, entre otros).

Estas actividades delictivas, conocidas como cibercrimen, han motivado a entidades públicas y privadas a desarrollar nuevas capacidades preventivas y defensivas en esta área. La Seguridad de la Información y, especialmente, la Ciberseguridad, han pasado de tener roles secundarios o terciarios en la toma de decisiones tecnológicas a ser protagonistas en las implementaciones y adquisiciones actuales. A pesar del

creciente interés en esta materia, persiste una escasez de profesionales especializados en Ciberseguridad, dificultando la búsqueda de personal calificado para enfrentar los desafíos contemporáneos.

En este punto convergen los intereses organizacionales y educativos. Hay una necesidad generalizada de personal especializado en Ciberseguridad, y varias instituciones educativas ya han comenzado a impartir cursos en esta área. Los estudiantes de carreras afines deben adquirir competencias para enfrentar los desafíos modernos en un tiempo relativamente corto, combinando otros aspectos ingenieriles tradicionales. Las instancias de enseñanza de Ciberseguridad deben ser altamente eficientes en la transferencia de conocimientos, dada la limitada presencia de asignaturas de este tipo en las mallas curriculares. Del mismo modo, los cursos de especialización y postgrados deben ser concisos para mantener la relevancia frente a las instituciones de capacitación comercial.

Por esto, la educación superior está desarrollando o asimilando nuevas metodologías que aprovechan eficientemente el tiempo disponible para enseñar Ciberseguridad.

La evidencia que respalda el uso de juegos en la enseñanza ha dado paso a actividades como los CTF, eventos abiertos donde estudiantes y profesionales se reúnen, comparten experiencias y ponen a prueba habilidades. Estos eventos también funcionan como vitrinas laborales, donde reclutadores pueden evaluar el

potencial técnico de estudiantes que aún no han finalizado sus estudios, facilitando su inserción laboral.

En consecuencia, es crucial tener una visión integral de las opciones de CTF existentes, evaluando sus características y diferencias para una integración eficiente de estas actividades en las clases.

Metodología de Investigación

El estudio se basa en una revisión bibliográfica de los temas mencionados para llevar a cabo un análisis exploratorio no experimental. El objetivo es evaluar el estado actual del uso de CTFs en contextos de educación superior, explorando sus desafíos y beneficios.

Para registrar la percepción del grupo estudiantil sobre el uso de CTFs durante su formación académica, se utilizó una encuesta de autorreporte al final de cada clase. Esto permitió observar la evolución de las opiniones a lo largo del curso. Para proteger la privacidad de los estudiantes y garantizar la confidencialidad de las respuestas, se les pidió que ingresaran su número de identificación nacional RUT en cada encuesta. Se generó una versión cifrada de este número, que se almacenó en los registros. Esto permitió identificar las respuestas de una misma persona en diferentes momentos sin revelar su identidad.

Al inicio del curso, se informó al grupo estudiantil sobre el estudio, los datos recopilados y su uso. Se les dio la libertad

de participar o no con sus respuestas y se estableció un canal para resolver dudas o consultas durante el estudio. Todas las encuestas incluyeron un consentimiento informado, que resumía la información pertinente y recordaba la posibilidad de retirarse del estudio en cualquier momento.

Análisis

Se sabe que los CTF se clasifican -en términos generales- en tres categorías[51]:

- **Jeopardy:** Los equipos deben completar diversos desafíos dentro de un tiempo límite. Los desafíos abarcan diferentes categorías relacionadas con la Ciberseguridad (redes, web, criptografía, programación, entre otros), requiriendo así un conjunto diverso de habilidades y conocimientos.
- **Ataque y Defensa:** Los equipos deben proteger un activo computacional mediante diferentes técnicas y configuraciones, a la vez que deben intentar vulnerar los activos que son protegidos por los otros equipos en competencia.
- **Mixto:** Como su nombre lo insinúa, en esta modalidad se incluyen objetivos de las dos categorías anteriores, impulsando a los equipos a gestionar apropiadamente su tiempo y recursos humanos disponibles para completar la mayor cantidad de objetivos.

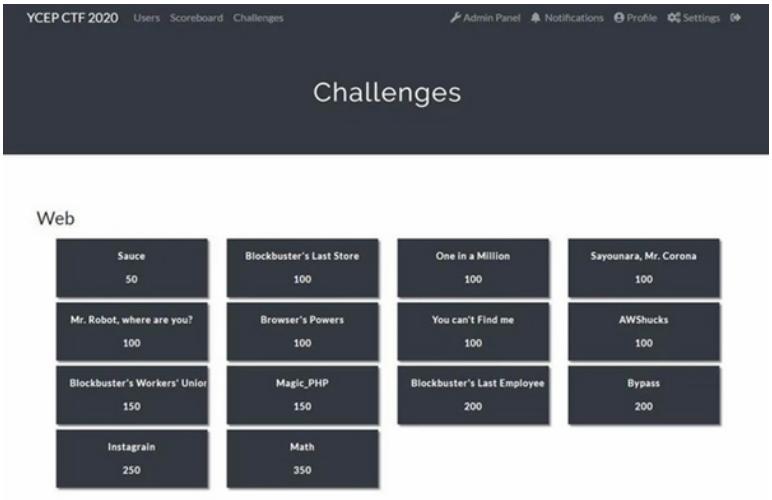
51 Ctftime. (n.d.). What is Capture the Flag? CTFtime.org. https://ctftime.org/ctf-wtf/

En la mayoría de las formas de CTF, la interacción con desafíos y activos computacionales se realiza de manera virtual. Sin embargo, en algunos casos, se han incorporado actividades que involucran tareas físicas. Por ejemplo, se podría proporcionar un router para que los equipos exploren métodos físicos de acceso, o emplear un dispositivo de almacenamiento encriptado para que intenten acceder a su contenido.

Independientemente de la forma que adopte, un aspecto común que define un CTF es la presencia de flags (banderas) que demuestran la resolución de un desafío o la obtención del control de un activo computacional. Estas flags pueden adoptar diversas formas, pero generalmente son cadenas de texto ocultas de alguna manera. Por ejemplo, en un desafío de criptografía, se podría presentar una cadena encriptada cuya flag se obtenga al descifrarla exitosamente. En un CTF de Ataque y Defensa, la flag puede estar en un archivo accesible solo con los máximos privilegios de administración del activo.

En los CTF tipo Jeopardy, suele haber un panel central para los equipos donde acceden a distintos desafíos durante un tiempo determinado. Los desafíos tienen diferentes puntajes; los más complejos otorgan más puntos. Además, algunos desafíos pueden desbloquear el acceso al siguiente, creando una cadena de objetivos secuenciales.

Figura 16. Vista del panel principal del CTF realizado durante el Programa de Exploración Cibernética para Jóvenes (YCEP por sus siglas en inglés)



Fuente: Loh, 2021[52].

En cambio, en los CTF de Ataque y Defensa usualmente no se cuenta con un panel que liste los activos de los demás equipos, ya que es justamente parte de la actividad recorrer la red habilitada para la actividad y realizar las labores de detección e identificación correspondientes. Lo que sí se suele mostrar es algún tipo de panel de puntajes, donde se puede visualizar en tiempo real el progreso de los distintos equipos y su ubicación en la tabla de posiciones.

52 Loh, C. (2021, September 9). I attended a cyber security workshop for the first time, and this is what I learnt. Cyber Youth Singapore. https://www.cyberyouth.sg/blog/i-attended-a-cyber-security-workshop-for-the-first-time-and-this-is-what-i-learnt

Figura 17. Vista del panel de puntaje empleado durante el RuCTFE

Fuente: SBA-Research.com, 2019[53].

Los CTF, desde su primera aparición en el evento de ciberseguridad DEF CON el año 1996, han impulsado la creación y organización de diversos eventos dedicados parcial o totalmente a este tipo de competencias, llegando a abarcar interés internacional. Entre los eventos de este tipo más destacados podemos nombrar:

- **DEF CON:** Una de las conferencias sobre ciberseguridad más importantes del mundo, y cuna de los CTF.

53 We_0wn_y0u CTF team scores 9th place at ructfe. SBA Research. (2019, November 27). https://www.sba-research.org/2019/11/27/we_0wn_y0u-ctf-team-scores-9th-place-at-ructfe/

- **Google CTF:** Competencia organizada y patrocinada por el gigante tecnológico Google, reúne a diversos equipos de todo el mundo.
- **FAUST CTF:** Competencia totalmente en línea, a diferencia de otros eventos que se realizan de forma presencial. Este CTF se enfoca en la categoría Ataque y Defensa.
- **Pwn2Win CTF:** Similar al caso de FAUST, pero enfocado en la categoría Jeopardy.

Figura 18. Participantes del CTF en DEFCON

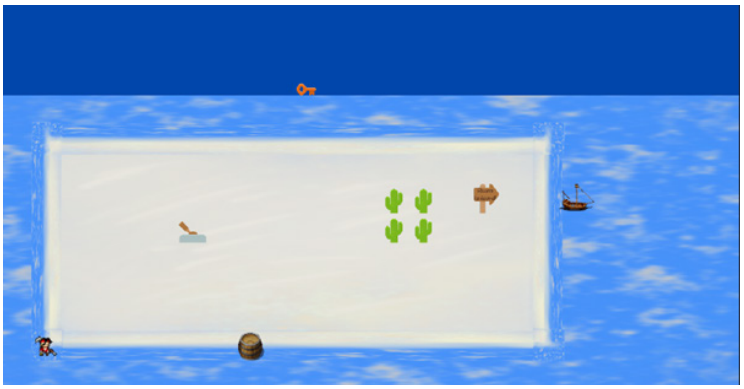
Fuente: Korber, 2013[54].

54 Korber, S. (2013, November 8). Cyberteams duke it out in the World Series of hacking. CNBC. https://www.cnbc.com/2013/11/08/defcon-capture-the-flag-competition-is-only-for-top-hackers.html

Figura 19. Pantalla de inicio con desafíos empleados en Google CTF en su edición 2020

Fuente: Google, n.d. [55].

Figura 20. Vista de la interfaz de un desafío empleado en FAUST CTF, el año 2021



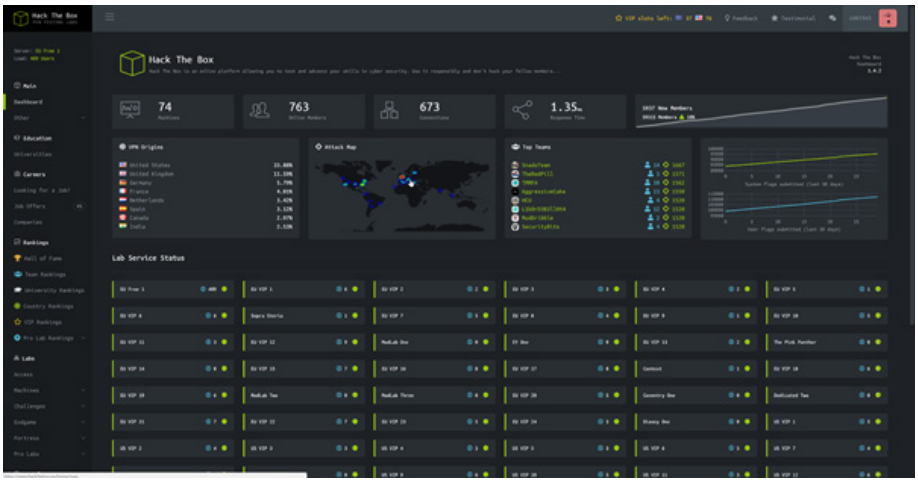
Fuente: Hgb Sec, 2021[56].

55 Google. (n.d.). Google CTF. https://capturetheflag.withgoogle.com/challenges

56 Faust CTF 2021 - the lost bottle. HgbSec. (2021, June 14). https://hgbsec.at/posts/2021/writeups/faust/thelostbottle/

Además de los eventos dedicados a este tipo de competiciones, hay portales web que ofrecen desafíos CTF a sus usuarios de manera continua y gratuita. Existe una amplia diversidad de sitios de este tipo, y para este estudio se utilizó el portal Hack The Box (o simplemente HTB), que se especializa en máquinas virtuales que albergan desafíos de variada complejidad.

Figura 21. Vista del panel web principal de la plataforma "Hack The Box"



Fuente: Lethani, 2020[57].

La elección específica de este sitio se basó en dos factores principales. En primer lugar, HTB ofrece un programa de afiliación enfocado especialmente en universidades, brindando acceso a material educativo y una variedad de desafíos. Además, este portal proporciona una plataforma para que las empresas encuentren talentos y contraten personal, ofreciendo a los

57 Lethani. (2020, November 9). Introduction to hack the box " hacking lethani. Hacking Lethani. https://hackinglethani.com/introduction-to-hack-the-box/

participantes la oportunidad de ingresar al mercado laboral mientras aplican los conocimientos adquiridos.

Esta conexión evidente entre la educación y el ámbito laboral ilustra la tendencia descrita en secciones anteriores, donde se destaca el uso de este tipo de competencias por parte de las empresas en busca de nuevas contrataciones.

En un estudio previo, se recopilaron datos de un grupo de estudiantes que cursaban una asignatura de Seguridad de la Información. Se les invitó a participar en un taller extracurricular centrado en los CTF, conocido como "Club CTF", con el objetivo de fortalecer sus conocimientos y habilidades en ciberseguridad. Esta experiencia educativa se ha llevado a cabo anualmente en la Universidad Mayor, proporcionando una oportunidad para observar de primera mano la percepción de los estudiantes sobre este método de enseñanza y su impacto en el rendimiento académico.

Figura 22. Logo del "Club CTF"

Fuente: Elaboración propia.

A lo largo del semestre, se recopilaron datos relacionados con la percepción emocional de cada participante, lo que permitió observar la evolución de estas percepciones a medida que avanzaba el proceso educativo. En las encuestas, también se consultó al grupo estudiantil sobre su nivel de preparación para participar en una competencia CTF con participantes externos al curso. Esta pregunta permitió rastrear los cambios en los niveles de confianza que el grupo estudiantil expresó sobre sus habilidades técnicas a lo largo del tiempo.

El cuestionario incluyó -entre otras- preguntas como:

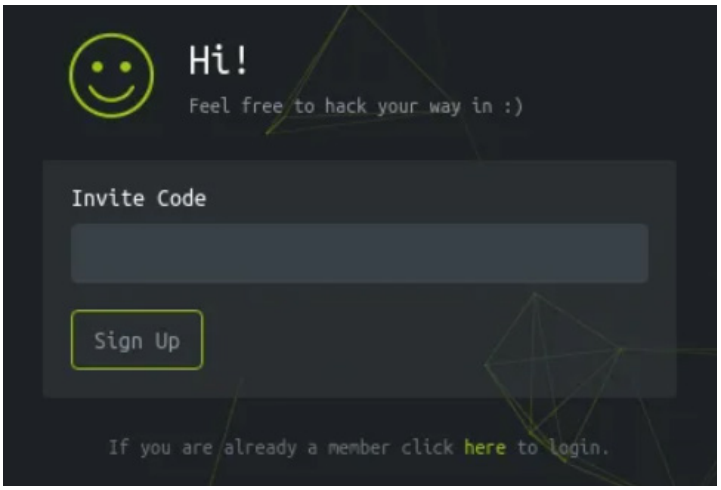
- En estos momentos, en el contexto del transcurso de tu participación en este club, ¿cómo te sientes?
- Si tuvieras que participar hoy en una competencia de CTF, ¿cuán probable consideras que podrías ganar u obtener un buen lugar?
- ¿Cuál es tu motivación para continuar este curso?

Durante las primeras semanas del Club CTF, las actividades se enfocaron en una combinación de enfoque teórico y práctico. Se brindaron conocimientos básicos sobre los CTF, incluyendo su objetivo, categorías y dinámicas de funcionamiento. Además, se complementó cada aspecto con nociones técnicas relacionadas con los distintos tipos de desafíos que pueden presentarse en una competencia CTF.

Se introdujo a los estudiantes al concepto de CTFs web, como el caso de HTB, a través de sesiones prácticas interactivas en

esta plataforma. Desde el principio, se incentivó el pensamiento creativo, ya que HTB (en el momento del estudio) requería resolver un desafío técnico de baja complejidad como parte del proceso de registro del usuario.

Figura 23. Vista del desafío inicial para registrar un usuario en HTB



Fuente: Mohanty, 2021[58].

Lamentablemente, actualizaciones posteriores al sitio web de HTB eliminaron esta dinámica de desafío para ingreso, reemplazando esta actividad por un proceso tradicional de registro de usuario. No obstante, la idea puede ser una buena referencia para que otros portales puedan implementar desafíos similares.

58 Mohanty, S. R. (2021, February 4). Hack the box: How to get invite code. Medium. https://codeburst.io/hack-the-box-how-to-get-invite-code-56e369fc-8dae

Desafortunadamente, las actualizaciones más recientes del sitio web de HTB eliminaron esta dinámica de desafío para el ingreso, reemplazándola por un proceso tradicional de registro de usuario. No obstante, la idea podría servir como referencia para que otros portales implementen desafíos similares.

En este punto inicial del semestre, los comentarios registrados en la encuesta reflejaron un alto nivel de entusiasmo y grandes expectativas de aprendizaje por parte del grupo estudiantil. Expresiones como 'aprender lo que me gusta', 'seguir aprendiendo' y 'desarrollarme' fueron comunes en muchas de las respuestas recibidas.

Dada la diversidad de complejidad de las máquinas virtuales (VMs) ofrecidas por HTB, fue crucial que el docente responsable seleccionara VMs apropiadas para estudiantes principiantes, desafiando sus habilidades sin abrumarlos. Para ello, se consultaron diferentes portales especializados y se realizaron preguntas directas a expertos locales, además de aprovechar la experiencia del propio docente, quien también trabaja en este campo.

Como resultado, se llegó al consenso de elegir las VMs tituladas 'Heist', 'Networked' y 'Luke', ya que todas comparten elementos comunes en términos de procesos necesarios para obtener información y explorar posibles vías de acceso para tomar el control del usuario administrador y obtener la flag correspondiente.

Figura 24. Vista de presentación de la VM Heist en HTB

Fuente: Hesham, 2019 a[59].

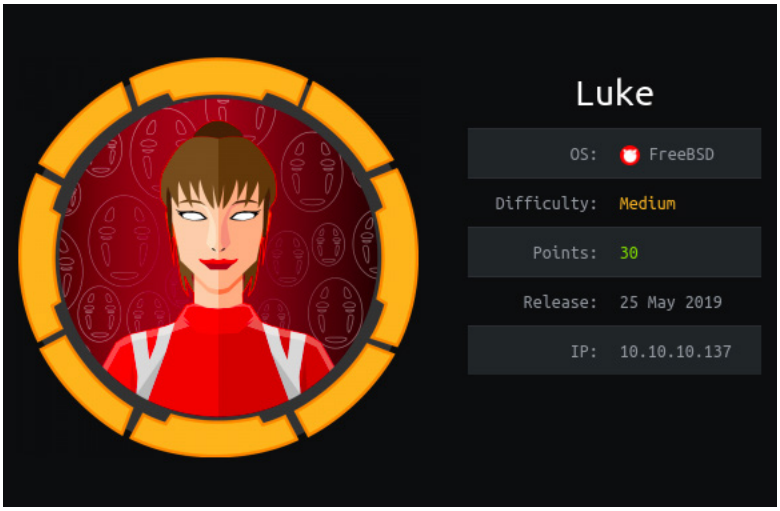
Figura 25. Vista de presentación de la VM Networked en HTB

Fuente: Hesham, 2019 b[60].

59 Hesham, A. (2019a, November 30). Hack the box - heist. 0xRick's Blog. https://0xrick.github.io/hack-the-box/heist/

60 Hesham, A. (2019b, November 16). Hack the box - networked. 0xRick's Blog. https://0xrick.github.io/hack-the-box/networked/

Figura 26. Vista de presentación de la VM Luke en HTB



Fuente: Hesham, 2019c[61].

Las Figuras 23-26 muestran una breve presentación de cada VM, proporcionando información básica como el sistema operativo y el nivel de complejidad. Si bien este nivel de dificultad es inicialmente definido por el equipo de HTB, la comunidad puede brindar retroalimentación para ajustar la valoración de cada VM.

Las dos primeras VMs permiten a los estudiantes interactuar con sistemas operativos conocidos (Windows y Linux) en un contexto de baja dificultad. Estas son las principales prácticas de CTF incluidas en el semestre, mientras que la tercera VM es un ejercicio adicional y opcional, más desafiante y basado en FreeBSD. Estas limitaciones se justifican por el tiempo limitado

61 Hesham, A. (2019c, September 14). Hack the box - luke. 0xRick's Blog. https://0xrick.github.io/hack-the-box/luke/

del semestre, aunque se animó a los estudiantes a explorar otras VMs una vez finalizadas las clases.

Entre los procedimientos técnicos comunes en las tres VMs se destaca la detección de puertos y servicios mediante herramientas especializadas, la comunicación con los servicios detectados, la lectura de código, la identificación de posibles errores y la verificación de credenciales, entre otros.

Estos elementos representan los lineamientos básicos del curso, proporcionando los conocimientos necesarios para avanzar en los desafíos, permitiendo tiempo para entender adecuadamente cada técnica o herramienta, y dejando espacio para preguntas y aclaraciones.

A medida que avanzaba el curso, se observaron cambios en las respuestas de los estudiantes, relacionando su ánimo auto reportado con su confianza ante la participación en un evento CTF real. Los estudiantes más motivados demostraron mayor confianza en su capacidad para enfrentar un CTF, mientras que aquellos cuya motivación disminuyó, también mostraron menos optimismo.

Frases como 'me siento motivado', 'aprendí mucho hoy' y 'quiero seguir aprendiendo' se asociaron frecuentemente con altos niveles de confianza para enfrentar un CTF. Esta confianza se evaluó en una escala Likert del 1 al 5, donde 1 representaba una probabilidad baja o nula, y 5 una probabilidad alta.

También se observó que a los estudiantes les resultó entretenida y motivante la dinámica de clases apoyadas en los desafíos HTB. Hubo una correlación directa entre la cantidad de horas dedicadas al estudio de estas temáticas y el nivel de optimismo percibido. Aquellos con alta motivación reportaron más horas de estudio semanales, en contraste con los menos contentos, cuyo tiempo de estudio fue menor.

En una entrevista con el docente, se informó que, al finalizar el curso, los estudiantes que participaron en el Club CTF mostraron un mayor interés en mantener contacto para seguir aprendiendo sobre ciberseguridad y CTFs, en comparación con aquellos que solo tomaron la asignatura habitual de Seguridad de la Información, pero no se unieron al club. Esto sugiere que el componente de juego competitivo no solo facilitó la transferencia de conocimientos, sino que también mantuvo un ambiente positivo e impulsó la curiosidad profesional del grupo estudiantil.

Conclusiones

La experiencia local coincide en gran medida con lo observado en la literatura, mostrando una recepción positiva por parte de los estudiantes hacia el uso de CTFs como herramienta educativa. Esto abre oportunidades para investigaciones más exhaustivas sobre esta metodología de juego educativo.

Estas instancias no solo evalúan los conocimientos de los participantes, sino que también fomentan el trabajo en equipo,

la toma de decisiones, la gestión de recursos y el manejo del tiempo. Estos aspectos fortalecen a los estudiantes de maneras que no serían posibles en estructuras educativas tradicionales.

A medida que los métodos de enseñanza evolucionan, surgen oportunidades para descubrir y explorar nuevos mecanismos que permitan una mejor transmisión de conocimientos, adaptándose a las demandas cambiantes del mundo moderno en términos de educación.

Sin embargo, es importante destacar que la muestra empleada en este estudio fue relativamente pequeña. Sería oportuno planificar una investigación más amplia que abarque múltiples cursos y semestres diferentes, lo que permitiría ampliar la muestra y analizar posibles tendencias o variaciones entre diferentes generaciones de estudiantes. Esta expansión también podría abordar aspectos negativos que los estudiantes perciben en estas dinámicas de trabajo, lo que facilitaría ajustes para lograr un equilibrio adecuado.

Aunque esta primera experiencia muestra una correlación significativa con lo observado en la literatura, tanto en términos de ánimo, rendimiento y motivación, como en la inserción laboral, estas conclusiones deben considerarse preliminares. Como se mencionó anteriormente, es crucial realizar una investigación más extensa para validar si estas observaciones iniciales se mantienen en el tiempo.

Adicionalmente, la Universidad Mayor ha organizado varios eventos de CTF en los que participaron estudiantes de diferentes instituciones, incluso equipos extranjeros. En estos eventos, el equipo del Club CTF ha obtenido consistentemente buenos resultados, y algunos de sus integrantes han sido contactados por empresas del sector. Estas empresas, a su vez, han participado como colaboradoras o patrocinadoras en los eventos.

En definitiva, esta experiencia demuestra cómo el juego y la innovación pueden impulsar a estudiantes a niveles competitivos de conocimiento[62], facilitando su inserción temprana y exitosa en el mercado laboral.

Referencias

Gaubys, J. (s.f.). How many people use social media in 2023? [updated Jan 2023]. Oberlo. https://www.oberlo.com/statistics/how-many-people-use-social-media

Coppola, D. (2023, March 2). Global Online Food Delivery Market Size 2027. Statista. https://www.statista.com/statistics/1170631/online-food-delivery-market-size-worldwide/

Demirbilek, M., & Koç, D. (2019). Using Computer Simulations and Games in Engineering Education: Views from the Field. In ICTERI Workshops (pp. 944-951).

62 Además, estas iniciativas han permitido incentivar la participación femenina en el mundo de la ciberseguridad: https://www.diariomayor.cl/creando-universidad/estudiantes/futura-ingeniera-u-mayor-triunf%C3%B3-en-competencia-internacional-sobre-%E2%80%9Chacking%E2%80%9D.html

Diario Mayor - UM. (2021, November 18). Futura Ingeniera U. mayor Triunfó en competencia internacional sobre “hacking.” https://www.diariomayor.cl/creando-universidad/estudiantes/futura-ingeniera-u-mayor-triunf%C3%B3-en-competencia-internacional-sobre-%E2%80%9Chacking%E2%80%9D.html

Digital Health Market Share - size report, 2032. Global Market Insights Inc. (2023). https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-health-market

Digital Banking Market Size & Share: 2023-2032 forecast report. Global Market Insights Inc. (2023a). https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-banking-market

Enberg, J. (2021, September 13). Global Mobile Messaging Forecast 2021. Insider Intelligence. https://www.insiderintelligence.com/content/global-mobile-messaging-forecast-2021

Goedde, L., Katz, J., Ménard, A., & Revellat, J. (2020, October 9). Agriculture’s connected future: How technology can yield new growth. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth

González, C. (2020, November 9). Introduction to hack the box. Hacking Lethani. https://hackinglethani.com/introduction-to-hack-the-box/

Google. (n.d.). Challenges. Google CTF. https://capturetheflag.withgoogle.com/challenges

Hartmann, A., & Gommer, L. (2021). To play or not to play: on the motivational effects of games in engineering education.

European Journal of Engineering Education, 46(3), 319-343.

Hesham, A. (2019a, September 14). Hack the box - luke. 0xRick's Blog. https://0xrick.github.io/hack-the-box/luke/

Hesham, A. (2019b, November 16). Hack the box - networked. 0xRick's Blog. https://0xrick.github.io/hack-the-box/networked/

Hesham, A. (2019c, November 30). Hack the box - heist. 0xRick's Blog. https://0xrick.github.io/hack-the-box/heist/

Javornik, J., Froehling, A., LaPierre, J. y Shanahan, K. (2020, October 22). Educational games in higher education. Filament Games. https://www.filamentgames.com/blog/educational-games-in-higher-education/

Kemp, S. (2022, May 4). Digital 2022: Digital Adoption doubled over the past decade - DataReportal – global digital insights. DataReportal. https://datareportal.com/reports/digital-2022-digital-adoption-doubled-over-the-past-decade

Malekos, N. (2023, June 28). 100+ elearning statistics, facts, and trends [updated for 2023]. LearnWorlds. https://www.learnworlds.com/elearning-statistics/

MarketResearch.biz. (2023, April 20). Money Transfer Services market size, share, growth: Forecast. https://marketresearch.biz/report/money-transfer-services-market/

Mayo, M. J. (2007). Games for science and engineering education. Communications of the ACM, 50(7), 30-35.

Mohanty, S. R. (2021, February 4). Hack the box: How to get invite code. Medium. https://codeburst.io/hack-the-box-how-to-get-invite-code-56e369fc8dae

Prateek, S. (2022). 30+ best uber statistics to know in 2021. Appinveintiv. https://appinventiv.com/blog/uber-statistics/amp/

Udeozor, C., Toyoda, R., Russo Abegão, F., & Glassey, J. (2023). Digital games in engineering education: systematic review and future trends. European Journal of Engineering Education, 48(2), 321-339.

World Economic Forum. (s. f.). This infographic shows the rise of mobile device subscriptions worldwide. https://www.weforum.org/agenda/2022/10/mobile-device-subscription-rise-technology/

CAPÍTULO IV.

Revisión de metodologías utilizadas en Ingeniería Informática

Mgtr. Lorena Galeazzi Ávalos
Universidad Mayor de Chile
Centro de Investigación de Ciberseguridad
https://orcid.org/0000-0003-3204-5863

Resumen

Este capítulo explora la relevancia de la ciencia y la ingeniería en el progreso social y tecnológico. Destaca la interdisciplinariedad de la ciencia y su convergencia con la ingeniería para abordar problemas complejos. Se enfoca en la ingeniería informática como una disciplina fundamental para la colaboración científica y el avance del conocimiento en todas las áreas. También menciona la variedad de metodologías de investigación y la necesidad de elegir la más apropiada según los objetivos del proyecto. Se destaca la importancia de la investigación académica en la expansión del conocimiento y el progreso, resaltando la necesidad de un enfoque riguroso y objetivo. Como resultado, se propone examinar la relación entre la ingeniería informática y diversas metodologías de investigación, así como su contribución al avance de la ciencia en general.

Palabras clave: ingeniería, metodología, investigación, informática, tipos de investigación.

Abstract

This chapter discusses the importance of science and engineering in social and technological advancement. It highlights the multidisciplinarity of science and its convergence in engineering to address complex problems. It focuses on computer engineering as a crucial discipline for scientific collaboration and the advancement of knowledge in all areas.

It also mentions the variety of research methodologies and the need to choose the right one according to the objectives of the project. The importance of academic research in expanding knowledge and development is emphasized, highlighting the need for a rigorous and objective approach. As a result, it is proposed to examine how computer engineering relates to various research methodologies and their contribution to the advancement of science in general.

Keywords: engineering, methodology, research, computer science, types of research.

Introducción

La ciencia y la ingeniería representan herramientas cruciales para el avance social y tecnológico. Actualmente, existe una amplia gama de libros sobre metodologías de investigación que abordan diversas áreas y enfoques. La versatilidad de estas metodologías amplía las opciones, especialmente al considerar áreas específicas de interés (Edgar & Manz, 2017).

La convergencia de la ingeniería y la multidisciplinariedad científica ha posibilitado la abordabilidad de problemas complejos. Este fenómeno es especialmente evidente en el ámbito tecnológico, donde la interconexión de disciplinas demanda enfoques holísticos (Bairagi & Munot, 2019). En este capítulo, se enfoca en la ingeniería informática, una disciplina que ha revolucionado la colaboración y el intercambio de información entre científicos (Lee, 2006). Se

ha vuelto fundamental en la ciencia moderna al proporcionar herramientas y tecnologías cruciales para investigaciones sofisticadas, la resolución de problemas complejos y el avance del conocimiento en todas las áreas científicas.

Diversas metodologías de investigación se utilizan en proyectos de investigación, cada una con sus propias características y enfoques. La elección de la metodología adecuada depende de los objetivos específicos del proyecto. La investigación no tiene un proceso universal ni único, pero estudiar métodos diversos permite al investigador comprender los procedimientos empleados por otros colegas, lo que guía la determinación del camino a seguir (Hurtado, 2010).

En el ámbito académico, la investigación es una actividad intencionada que, si sigue un método riguroso y verificable, puede alcanzar un nivel científico. Su objetivo es ampliar el conocimiento en áreas particulares y contribuir al desarrollo. Esto exige un enfoque en la objetividad y la precisión en cada etapa del proceso (Niño Rojas, 2011).

Esta revisión tiene como propósito analizar la relación entre la ingeniería informática y la utilización de diversas metodologías de investigación. Específicamente, explorará cómo se han adaptado y aplicado diferentes enfoques de investigación en el avance y desarrollo de esta disciplina, así como su contribución a la evolución de la ciencia en general.

Aplicación de la investigación en la Ingeniería Informática

En la actualidad, la ingeniería informática tiene una relevancia significativa en gobiernos, empresas y usuarios individuales, lo que ha impulsado un notable crecimiento en la investigación y desarrollo en este campo. La metodología de investigación es fundamental para obtener datos validados y confiables en cualquier estudio científico (Pares-Ballasco, Verastegui, Mattos Vela, & Sihuay-Torres, 2023). Aunque la mayoría de las disciplinas utilizan esta metodología, se reconoce que cada campo de investigación ha establecido métodos comunes para producir resultados defendibles y justificables.

Estos métodos evolucionan con el tiempo a medida que la tecnología avanza y los científicos descubren formas más eficientes y efectivas de llevar a cabo sus investigaciones. Cada método es más adecuado para un tipo específico de investigación, y es esencial seguir las normas establecidas por cada campo para permitir la comparación y reproducibilidad de los resultados.

A lo largo de los años, ha habido discrepancias entre los investigadores y autores de libros de metodología en cuanto a los elementos que componen el método científico y los enfoques que destacan en sus escritos (Marczyk, DeMatteo, & Festinger, 2005).

La comprensión de la metodología y sus aplicaciones en el desarrollo de nuevas formas de investigación motiva esta

revisión para visualizar cómo se ha ampliado el uso de nuevos conceptos, como los métodos aplicados en la ingeniería informática, validando el cambio percibido en las metodologías de investigación en comparación con las de desarrollo informático.

Con este fin, a continuación, se presenta en la Tabla 1 un resumen de libros de metodología de investigación de diferentes autores en español desde el año 2010 hasta la fecha. Esto permitirá visualizar los distintos enfoques, para luego comparar con publicaciones asociadas al contexto de la ingeniería informática.

Tabla 1. Fuentes de información de metodologías de investigación en español

Año	Autores	Título	Referencia
2022	Augusta Valle Taiman	La Investigación Descriptiva con Enfoque Cualitativo en Educación	Valle, Augusta & Manrique, Lileya & Revilla, Diana. (2022). La Investigación descriptiva con enfoque cualitativo en educación. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Educación https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/184559
2021	Gladys Ortiz, Santiago Palmas	Investigación cualitativa y cuantitativa en educación y Cultura digital	(2021). Investigación cualitativa y cuantitativa en educación y cultura digital (1.ª ed.). Universidad Autónoma Metropolitana. https://casadelibrosabiertos.uam.mx/gpd-investigacion-cualitativa-y-cuantitativa-en-educacion-y-cultura-digital.html

Año	Autores	Título	Referencia
2021	Niño Rojas, Víctor Miguel	Metodología de la Investigación: diseño, ejecución e informe.	Rojas, V. M. N. (2021). Metodología de la Investigación: diseño, ejecución e informe. Ediciones de la U.
2020	Luciano Pérez, Rubén P., María Victoria Seca	Metodología de la Investigación Científica	Perez, L., Perez, R., Seca, M. V. 2020. ¨Metodología de la investigación científica¨. Maipue. (Ituzaingó)
2019	Néstor Cohen, Gabriela Gómez Rojas	Metodología de la Investigación ¿Para qué? La producción de los datos y los diseños	Gómez Rojas, G., & Cohen, N. (2019). Metodología de la investigación, ¿para qué?: la producción de los datos y los diseños. Metodología de la investigación, ¿para qué?, 1-274.
2018	Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P.	Metodología de la investigación (7ª ed.)	Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.
2018	Sabino, C.	El Proceso de la investigación Científica	Sabino, C. (2002). El proceso de investigación científica. Editorial Panapo. Caracas.
2017	Pimienta Prieto, Julio Herminio, De la Orden Hoz Arturo	Metodología de la Investigación	Pimienta Prieto, J. H., & De La Orden Hoz, A. (2017). Metodología de la investigación.
2017	Gallardo Echenique, E. E.	Metodología de investigación: manuales autoinformativos interactivo	Gallardo Echenique, E. E., & Calderon Sedano, C. A. (2017). Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo.

Año	Autores	Título	Referencia
2017	Arias Galicia, F	Metodología de la Investigación	Arias Galicia, Fernando (2017). Metodología de la investigación científica.
2017	María Eugenia Bautista	Manual de Metodología de Investigación	María Eugenia Bautista (2017). Manual de Metodología de Investigación. Editorial Miguel García e Hijos
2016	Rafael Sandoval	Formas de hacer metodología en la investigación. Reflexividad crítica sobre la práctica	Sandoval Álvarez, R. (2016). Formas de hacer metodología en la investigación. Guadalajara, Grietas.
2014	Tamayo y Tamayo, M	El proceso de la investigación científica	Tamayo y Tamayo, M. (2014). El proceso de la investigación científica. México: Limusa.
2014	Ernan Santiesteban Naranjo	Metodología de la investigación científica	Santiesteban Naranjo, E. D. C. (2014). Metodología de la investigación científica. Editorial Académica Universitaria.
2012	Hurtado, J. A	Metodología de la Investigación Holística	Hurtado de Barrera, Jacqueline & Morales, Marcos. (2012). Metodología de la investigación holística.
2010	Nel Quezada Lucio	Metodología de la Investigación: Estadística aplicada en la investigación	Quezada Lucio, N. (2010). Metodología de la investigación: Estadística aplicada en la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el contexto planteado, no todas las fuentes de información metodológica están enfocadas desde la perspectiva de la ingeniería informática. Por lo tanto, se

llevó a cabo un análisis entre estas fuentes para determinar cuáles son las metodologías más utilizadas en investigaciones informáticas.

Para este propósito, se revisaron referencias asociadas a la investigación en Ingeniería Informática, con el fin de identificar las fases más comunes descritas por los autores. La mayoría de estas fuentes se encuentran vinculadas a revistas científicas especializadas en el área, bases de datos académicas como Scopus, Dialnet, Redalyc y SciELO, así como revistas de congresos y conferencias que suelen ofrecer información actualizada.

La comprensión general de cómo llevar a cabo una investigación es crucial para un investigador. Esto implica que desarrollen sus propias perspectivas, considerando la abundancia de información disponible y los enfoques requeridos, lo cual representa un desafío en el proceso educativo (Pivoev, 2006). En la era moderna, esta tarea se vuelve aún más compleja debido a la necesidad de estar orientados hacia la creatividad científica y tecnológica.

El análisis llevado a cabo permitió identificar al menos cuatro metodologías que se utilizan con mayor frecuencia en libros y artículos científicos. A continuación, se presenta un desarrollo detallado de cada una de ellas.

Metodología Experimental

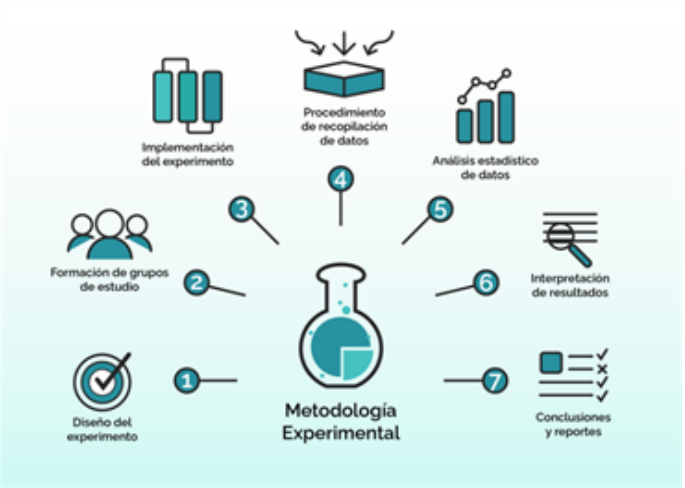
Esta metodología se fundamenta en la realización de experimentos controlados para obtener datos y analizarlos estadísticamente. Es principalmente utilizada en investigaciones relacionadas con el rendimiento de sistemas informáticos, pruebas de software y evaluación de algoritmos, entre otros campos. Se enfoca en el diseño y ejecución de experimentos controlados para estudiar y comprender fenómenos naturales o sociales. Es ampliamente empleada en distintos ámbitos científicos, incluyendo la Ingeniería Informática. Su objetivo principal radica en establecer relaciones causa-efecto entre variables y obtener resultados cuantitativos a través de la recopilación sistemática de datos. A continuación, se detallan los componentes y pasos de la Metodología Experimental (Figura 1).

Fases de la metodología:

1. **Diseño del experimento:** Se definen los objetivos del estudio y las preguntas de investigación. Se seleccionan las variables independientes, dependientes y de control.
2. **Formación de grupos de estudio:** Si el experimento involucra grupos de participantes, se asignan aleatoriamente a diferentes grupos para reducir el sesgo y la influencia de factores individuales.
3. **Implementación del experimento:** Se lleva a cabo la ejecución del experimento siguiendo el procedimiento establecido.

4. **Procedimiento de recopilación de datos:** Se define cómo se manipularán las variables independientes en cada grupo y cómo se medirán las variables dependientes. El proceso de recolección de datos debe ser sistemático y replicable.
5. **Análisis estadístico de datos:** Se aplican técnicas apropiadas para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos y si las variables independientes tienen un efecto sobre las variables dependientes.
6. **Interpretación de resultados:** Los resultados del análisis estadístico se interpretan para responder a las preguntas de investigación y validar las hipótesis planteadas al inicio del estudio.
7. **Conclusiones y reporte:** Se extraen conclusiones y se elabora un informe detallado del estudio.

Figura 1. Fases de la metodología experimental



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 2, es posible resumir algunos libros y revistas de investigación asociados a la ingeniería en informática, donde la mayoría de ellos hacen referencia a la metodología experimental.

Tabla 2. Fuentes de información de metodologías de investigación experimental

Año	Autores	Títulos	Referencia
2023	Rathi, S. C., Misra, S., Colomo-Palacios, R., Adarsh, R., Neti, L. B. M., & Kumar, L.	Empirical evaluation of the performance of data sampling and feature selection techniques for software fault prediction	Rathi, S. C., Misra, S., Colomo-Palacios, R., Adarsh, R., Neti, L. B. M., & Kumar, L. (2023). Empirical evaluation of the performance of data sampling and feature selection techniques for software fault prediction. Expert Systems with Applications, 223, 119806.
2018	Salkind, N. J.	Exploring Research" (9th ed.)	Salkind, N. J. (2018). Exploring research. Pearson Educación.
2017	Thomas W. Edgar, David O. Manz	Research Methods for Cyber Security	Edgar, T. W., & Manz, D. O. (2017). Research methods for cyber security. Syngress.
2016	Robson, C.	Real World Research" (4th ed.)	Robson, C., & McCartan, K. (2016). Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings.

Año	Autores	Títulos	Referencia
2013	Juristo, N., & Moreno, A. M.	Basics of Software Engineering Experimentation.	Juristo, N., & Moreno, A. M. (2013). Basics of software engineering experimentation. Springer Science & Business Media.
2012	Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., & Wesslén, A.	Experimentation in Software Engineering	Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., & Wesslén, A. (2012). Experimentation in software engineering. Springer Science & Business Media.
2012	Runeson, P., Höst, M., Rainer, A., & Regnell, B.	Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples.	Runeson, P., Host, M., Rainer, A., & Regnell, B. (2012). Case study research in software engineering: Guidelines and examples. John Wiley & Sons.
2011	Vamplew, P., Dazeley., R Berry, A., Issabekov, R., & Dekker, E	Empirical evaluation methods for multiobjective reinforcement learning algorithms	Vamplew, P., Dazeley, R., Berry, A., Issabekov, R., & Dekker, E. (2011). Empirical evaluation methods for multiobjective reinforcement learning algorithms. Machine learning, 84, 51-80.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos ejemplos de la aplicación de la Metodología Experimental en proyectos de investigación en Ingeniería en Informática son:

1. **Evaluación de rendimiento de algoritmos de clasificación:** Como proceso es utilizado en el campo de la Inteligencia artificial, aprendizaje automático y minería de datos para medir y comparar desempeño de diferentes algoritmos de clasificación.
2. **Estudio de usabilidad de una interfaz de usuario:** Puede tener como objetivo medir la eficacia, eficiencia y satisfacción de un sistema de interacción humano-Computadora.
3. **Optimización de parámetros en un sistema de recomendación:** Para mejorar la precisión de un sistema de recomendación, se puede realizar un experimento para encontrar los mejores parámetros de configuración. La finalidad es proporcionar sugerencias personalizadas a los usuarios sobre los elementos de interés.
4. **Estudio de la influencia de factores en la velocidad de ejecución de un algoritmo:** Como investigación o análisis que tiene como objetivo comprender ciertos factores o variables que afecten el tiempo que tarda un algoritmo en ejecutarse.
5. **Simulaciones y modelos computacionales:** Utilizados para estudiar sistemas complejos o fenómenos informáticos, ajustando parámetros y variables en los modelos para poder obtener una comprensión profunda de los sistemas.
6. **Evaluación de Rendimiento y Eficiencia:** Se realizan pruebas y mediciones para evaluar rendimiento y eficiencia de sistemas, redes y algoritmos.

Algunos de los investigadores destacados en el área de investigación:

Alan J. Dix: Es un investigador británico y autor reconocido en el campo de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) y la usabilidad. Ha contribuido con metodologías experimentales para evaluar la usabilidad de interfaces de usuario y sistemas interactivos (Research.com, 2023).

Jakob Nielsen: Es un experto danés en usabilidad y experiencia de usuario. Ha desarrollado y promovido métodos experimentales para evaluar la usabilidad de sitios web y aplicaciones, como pruebas de usabilidad y estudios de tiempo de respuesta (orcid, 2023).

Fei-Fei Li: Reconocida por su trabajo en visión por computadora y por haber desarrollado el conjunto de datos ImageNet (Stanford, 2023).

Metodología de diseño y desarrollo de sistemas

Esta metodología se enfoca en la creación de soluciones tecnológicas, como aplicaciones, sistemas de información o plataformas. Sigue un proceso estructurado que comprende el análisis de requisitos, diseño, implementación, pruebas y despliegue. Su objetivo es gestionar eficazmente la creación de un sistema, garantizando el cumplimiento de los requisitos y el logro de los objetivos establecidos. Además, esta metodología fomenta la comunicación y colaboración entre los diversos equipos involucrados en el desarrollo del sistema, tales como analistas, diseñadores, desarrolladores y usuarios finales.

Es importante señalar que esta metodología es altamente estandarizada, y existen otras variantes más avanzadas, como por ejemplo Scrum. A continuación, se detallan los pasos de esta metodología (Figura 2).

1. **Análisis de requisitos:** Se trabaja en la comprensión de los problemas o necesidades del cliente o usuario. Se realizan entrevistas, encuestas y sesiones de trabajo para identificar y documentar los requisitos funcionales y no funcionales que debe cumplir el sistema a desarrollar.
2. **Diseño del sistema:** Se procede a diseñar la arquitectura y estructura del sistema. Se determina la organización de módulos, componentes y bases de datos, así como la lógica de funcionamiento del sistema. También se define la interfaz de usuario y el flujo de interacción.
3. **Desarrollo e implementación o Desarrollo del código:** En esta fase, los desarrolladores comienzan a escribir el código y a construir el sistema siguiendo el diseño previamente elaborado. Se utilizan lenguajes de programación, frameworks y herramientas adecuadas para crear las funcionalidades requeridas. El sistema se va construyendo de manera iterativa e incremental, y se realizan pruebas unitarias y de integración para asegurar su funcionamiento adecuado.
4. **Pruebas:** Una vez desarrollado el sistema, se procede a realizar pruebas exhaustivas para asegurar que cumpla con los requisitos establecidos y que funcione correctamente. Se llevan a cabo pruebas funcionales, de rendimiento, de seguridad, entre otras, para detectar y corregir posibles errores o fallos en el sistema.

5. **Implantación o Implementación:** Cuando el sistema ha pasado las pruebas satisfactoriamente, se procede a su implantación o despliegue en el entorno de producción. Se instala y configura el sistema en los servidores o equipos necesarios, y se realiza la migración de datos, si corresponde. Es importante llevar a cabo esta etapa con cuidado para evitar interrupciones o problemas en la operación del sistema.
6. **Mantenimiento:** Después de la implantación, el sistema entra en una fase de mantenimiento. Se monitorea su funcionamiento y se corrigen errores o se realizan mejoras y actualizaciones según las necesidades y feedback de los usuarios. El mantenimiento es una etapa continua que puede prolongarse durante toda la vida útil del sistema.

Figura 2. Fases de la metodología de diseño y desarrollo de sistemas

Fuente: Elaboración propia.

Estas referencias abordan la planificación, análisis, diseño e implementación relacionados con sistemas de software, considerando los ciclos de vida del desarrollo e implementación del software. Esto implica una separación de la metodología de investigación convencional, evidenciando las diferencias en los tipos de investigación, sus procesos y fases. Vale la pena mencionar que, desde una perspectiva de investigación holística, la metodología debe ser un proceso continuo, integrador, organizado, sistemático y evolutivo, permitiendo a los investigadores replicar una investigación (Hurtado, 2010).

La Tabla 3 resume algunos libros y revistas de investigación asociados a la ingeniería informática que hacen referencia a la metodología de Diseño y Desarrollo de Sistemas.

Tabla 3. Fuentes de información de metodologías de Diseño y Desarrollo de Sistemas

Año	Autores	Títulos	Referencia
2021	Fernández Alarcón, V.	Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado	Fernández Alarcón, V. (2021). Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado.
2017	Satzinger, J. W., Jackson, R. B., & Burd, S. D.	Systems analysis and design in a changing world	Satzinger, J. W., Jackson, R. B., & Burd, S. D. (2016). Systems analysis and design in a changing world. Cengage learning.

Año	Autores	Títulos	Referencia
2013	Pressman, R. S	Ingeniería del Software: Un enfoque práctico	Pressman, R. S. (2013). Ingeniería del software: un enfoque práctico [Internet]. México, DF.
2011	Kendall, K. E., & Kendall, J. E.	Análisis y diseño de sistemas" (8ª ed.)	Kendall, K. E., & Kendall, J. E. (2011). Análisis y diseño de sistemas. Pearson educación.
2010	Senn, J. A.	Análisis y diseño de sistemas de información" (4ª ed.).	Senn, J. A., Medal, E. G. U., & Velasco, O. A. P. (2010). Análisis y diseño de sistemas de información. McGraw-hill.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, algunos ejemplos de cómo se podría aplicar la Metodología de Diseño y Desarrollo de Sistemas en proyectos de Ingeniería en Informática:

1. **Desarrollo de una Aplicación Web:** Se podría aplicar la metodología siguiendo los pasos tradicionales de identificación de requisitos, análisis y diseño de la aplicación. Se realizarían entrevistas con los usuarios para identificar las funcionalidades requeridas, se elaboraría un diseño detallado de la interfaz y la arquitectura del sistema, y luego se procedería a la implementación y pruebas del software.
2. **Implementación de un Sistema de Gestión de Base de Datos:** Se aplicaría para planificar y llevar a cabo el diseño de la base de datos, incluyendo la identificación de las

tablas y relaciones necesarias, el diseño de las consultas y la implementación de la base de datos.

3. **Implementación de un Sistema de Seguridad Informática:** Identificar las vulnerabilidades del sistema, diseñar e implementar medidas de seguridad necesarias, y llevar a cabo pruebas de penetración para evaluar la efectividad de las medidas implementadas.
4. **Creación de un Sistema de Control de Versiones:** Se aplicaría para planificar y desarrollar el sistema, teniendo en cuenta los requisitos específicos de control de versiones, diseño de la interfaz y funcionalidades necesarias para gestionar los cambios en el software.

Algunos de los investigadores destacados en el área de investigación:

1. **Barry Boehm:** Ingeniero de software y profesor que ha realizado importantes investigaciones en el área de la ingeniería de software. Ha desarrollado la metodología de Desarrollo de Sistemas Espiral (Spiral Development), que se enfoca en iteraciones controladas y en la gestión de riesgos en el proceso de desarrollo.
2. **Ivar Jacobson:** Ingeniero de software sueco reconocido por sus contribuciones al desarrollo de sistemas orientados a objetos. Es uno de los creadores de la metodología de desarrollo orientado a objetos (Object-Oriented Development) y del Lenguaje de Modelado Unificado (Unified Modeling Language, UML), que se utiliza ampliamente para el diseño de sistemas informáticos.

3. **Grady Booch:** Ingeniero de software y coautor de UML. Ha contribuido a la creación de la metodología de Desarrollo Unificado de Software (Unified Software Development Process, USDP), que se basa en la aplicación de UML y otras técnicas para el desarrollo de sistemas.

Metodología de Estudio de casos

La Metodología de Estudio de Casos se enfoca en analizar detalladamente uno o varios casos específicos para comprender a fondo un fenómeno o situación particular. Es particularmente útil para investigar situaciones complejas o escasamente documentadas. Este enfoque cualitativo se emplea para obtener una comprensión profunda de un problema o fenómeno en su contexto real, centrándose en el análisis detallado de individuos, grupos, organizaciones o eventos específicos.

En el campo de la ingeniería informática y los sistemas informáticos, esta metodología ha sido aplicada por numerosos investigadores y profesionales, contribuyendo así a su desarrollo y aplicación. A continuación, se detallan los pasos de esta metodología (Figura 3).

1. **Selección del caso o casos:** La selección del caso o casos a estudiar. Puede tratarse de un solo caso (caso único) o de varios casos (caso múltiple). Los casos son elegidos por su relevancia para la investigación y por su capacidad para proporcionar información significativa sobre el fenómeno de interés.

2. **Recopilación de datos:** Se recopilan datos relevantes para el estudio. Los datos pueden obtenerse mediante diversas técnicas cualitativas, como entrevistas, observaciones directas, análisis de documentos, registros históricos, entre otros. La combinación de diferentes fuentes de datos enriquece la comprensión del caso.
3. **Análisis de datos:** Se buscan patrones, temas y relaciones emergentes en los datos que ayuden a comprender el fenómeno estudiado.
4. **Interpretación de resultados:** Se realiza una interpretación de los hallazgos para obtener una comprensión más profunda del caso o casos estudiados. Los investigadores buscan explicar las causas y consecuencias de los eventos o acciones observadas.
5. **Contextualización:** Se enfoca en la comprensión del fenómeno en su contexto real. Por lo tanto, se presta especial atención a los factores contextuales que pueden influir en el caso o casos estudiados.
6. **Generalización teórica:** Los hallazgos pueden aplicarse a otros contextos similares o pueden contribuir a la formulación de teorías más amplias sobre el fenómeno de interés.
7. **Credibilidad y rigor:** Los investigadores deben asegurarse de que el estudio de casos sea riguroso y confiable.

Figura 3. Fases de la Metodología de Estudios de Casos

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4, es posible resumir algunos libros y revistas de investigación asociados a la ingeniería en informática, donde hacen referencia a la metodología de Estudios de Casos.

Tabla 4. Fuentes de información de metodologías de Estudios de Casos

Año	Autores	Títulos	Referencias
2023	Aurona Gerber, Richard Baskerville	Design Science Research for a New Society: Society 5.0: 18th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology	2023. Design Science Research for a New Society: Society 5.0: 18th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, DESRIST 2023, Pretoria, South Africa, May 31 – June 2, 2023, Proceedings. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Año	Autores	Títulos	Referencias
2017	Yin, R. K.	Case Study Research and Applications: Design and Methods	Yin, R. K. (2017). Case study research: Design and methods. sage.
2017	Garcia-Ruiz, M. A	Games user research: a case study approach	Garcia-Ruiz, M. A. (Ed.). (2017). Games user research: a case study approach. CRC Press.
2016	John Gerring	Case Study Research: Principles and Practices	Gerring, J. (2016). Case study research: Principles and practices. Cambridge university press.
2012	Per Runeson, Martin Host, Austen Rainer, Bjorn Regnell	Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples	Runeson, P., Host, M., Rainer, A., & Regnell, B. (2012). Case study research in software engineering: Guidelines and examples. John Wiley & Sons.
2006	Izak Benbasat, Dennis F. Galletta, Ping Zhang	Human-computer Interaction and Management Information Systems: Applications (Advances in Management Information Systems)	Galletta, D. F., & Zhang, P. (2006). Human-computer interaction and management information systems: Applications (Vol. 6). ME Sharpe.
1996	Izak Benbasat and Ron Weber	Research Commentary: Rethinking ``Diversity'' in Information Systems Research	Benbasat, I., & Weber, R. (1996). Research commentary: Rethinking “diversity” in information systems research. Information systems research, 7(4), 389-399.

Fuente: Elaboración propia

Algunos de los investigadores destacados en el área de investigación:

1. **Robert Yin:** Es uno de los principales expertos en el campo de la Metodología de Estudio de Casos y ha escrito varios libros sobre el tema, como "Case Study Research: Design and Methods", el cual es una referencia ampliamente utilizada para comprender esta metodología. Aunque su trabajo se aplica en diversas áreas, incluyendo la informática, sus principios son aplicables a la investigación de sistemas informáticos y tecnológicos.
2. **Benbasat, Izak y Weber, Ron:** Son investigadores de renombre en el campo de los sistemas de información, donde han empleado la Metodología de Estudio de Casos. Han llevado a cabo investigaciones de casos con el propósito de comprender la adopción y utilización de tecnologías de la información en diversas organizaciones del ámbito informático y de gestión de sistemas.
3. **Richard Baskerville:** Investigador destacado en el campo de los sistemas de información y la Metodología de Estudio de Casos. Ha utilizado esta metodología para analizar la implementación y el impacto de sistemas informáticos en organizaciones y contextos empresariales.

Metodología de Investigación-Acción:

Esta metodología implica la colaboración activa del investigador con los participantes para resolver problemas o desafíos reales dentro del ámbito de la Ingeniería en Informática. Su

objetivo es mejorar procesos, sistemas o tecnologías a través de la implementación de soluciones prácticas. Se caracteriza por combinar la investigación y la acción para abordar problemas prácticos en contextos específicos. Es participativa y colaborativa, involucrando a los actores relevantes en el proceso de investigación y toma de decisiones. Se utiliza para generar soluciones prácticas y mejorar situaciones o problemas en un entorno específico. A continuación, se presentan los principales componentes y pasos de la metodología de Investigación-Acción (ver Figura 4).

1. **Identificación del problema:** Se identifica un problema o una situación que se desea abordar y mejorar. Este problema debe ser significativo y tener un impacto en el contexto en el que se desarrolla.
2. **Planificación de la acción:** Se diseña un plan de acción para abordarlo. Este plan puede incluir actividades específicas, cambios o intervenciones que se llevarán a cabo para generar mejoras.
3. **Implementación de la acción:** Se lleva a cabo la implementación del plan de acción.
4. **Recopilación de datos:** Se recopilan datos relevantes para evaluar el impacto de las intervenciones realizadas.
5. **Análisis y reflexión:** Los datos recopilados son analizados y reflexionados en conjunto con los participantes. Se busca entender los resultados de la acción implementada y cómo han afectado al problema original.
6. **Ajustes y mejoras:** Si es necesario, se realizan ajustes o mejoras en el plan de acción en base a los resultados y reflexiones obtenidas.

7. **Documentación y difusión:** Se documentan los resultados y las lecciones aprendidas durante el proceso de investigación-acción.

Figura 4. Fases de la Metodología de Investigación-Acción

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Tabla 5, es posible resumir algunos libros y revistas de investigación asociados a la ingeniería en informática, donde hacen referencia a la metodología de Investigación-Acción.

Tabla 5. Fuentes de información de Metodologías de Investigación-Acción

Año	Autores	Títulos	Referencia
2023	Máirín Glenn, Bernie Sullivan, Mary Roche, Caitriona McDonagh	Action Research for the Classroom: A Guide to Values-Based Research in Practice	Glenn, M., Sullivan, B., Roche, M., & McDonagh, C. (2023). Action Research for the Classroom: A Guide to Values-based Research in Practice. Taylor & Francis.
2020	Lone Hersted, Ottar Ness, Søren Frimann	Action Research in a Relational Perspective	Hersted, L., Frimann, S., & Ness, O. (2020). Action research in a relational perspective: dialogue, reflexivity, power and ethics. Taylor & Francis eBooks DRM Free Collection.
2019	Craig A. Mertler	The Wiley Handbook of Action Research in Education	Mertler, C. A. (Ed.). (2019). The Wiley handbook of action research in education. John Wiley & Sons.
2011	Sein, M. K., Henfridsson, O., Purao, S., Rossi, M., & Lindgren, R.	Action Design Research	Sein, M. K., Henfridsson, O., Purao, S., Rossi, M., & Lindgren, R. (2011). Action design research. MIS quarterly, 37-56.
2003	Avison, D., & Fitzgerald, G	Where Now for Development Methodologies?	Avison, D. E., & Fitzgerald, G. (2003). Where now for development methodologies? Communications of the ACM, 46(1), 78-82.

Año	Autores	Títulos	Referencia
2001	Reason, P., & Bradbury, H	Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice	Reason, P., & Bradbury, H. (Eds.). (2001). Handbook of action research: Participative inquiry and practice. sage.
2000	Checkland, P	Soft Systems Methodology: A 30-Year Retrospective	Checkland, P. (2000). Soft systems methodology: a thirty-year retrospective. Systems research and behavioral science, 17(S1), S11-S58.

Fuente: Elaboración propia.

La Metodología de Investigación-Acción se puede aplicar en diversos contextos y proyectos, de la ingeniería en informática, a continuación, ejemplos de aplicación.

1. **Mejora de un Sistema de Gestión de Proyectos:** En informática podría aplicar la investigación Acción para identificar problemas en su sistema de gestión de proyectos y proponer mejoras.
2. **Optimización de un Proceso de Desarrollo de Software:** Puede ser utilizado para abordar desafíos específicos en su proceso de desarrollo como identificar áreas de mejora, probar soluciones y retroalimentar continuamente para optimizar el flujo de trabajo y aumentar la eficiencia.
3. **Mejora de la Experiencia del Usuario en una Aplicación Móvil:** Utilizado para el desarrollo de aplicaciones móviles podría aplicar la IA para recopilar datos sobre la experiencia del usuario, realizar cambios iterativos en la interfaz y evaluar continuamente el impacto de las mejoras realizadas.

Algunos de los investigadores destacados en el área de investigación:

1. **Susanne P. Lajoie:** Investigadora en el campo de la ingeniería educativa, especializada en el diseño y evaluación de entornos de aprendizaje basados en tecnología. Ha utilizado la investigación-acción para mejorar la efectividad de las intervenciones educativas y el diseño de sistemas de aprendizaje asistidos por ordenador (McGill, 2023).
2. **Aman Yadav:** Es un académico y experto en tecnología educativa e investigación-acción en la enseñanza de la informática y la tecnología en el aula. Sus investigaciones se centran en el uso de tecnologías emergentes y metodologías innovadoras para mejorar el aprendizaje de la informática (Yadav, 2023).
3. **Tony Clear:** Es un investigador y educador en ingeniería informática que ha utilizado la investigación-acción para abordar desafíos en la enseñanza de la informática, como la retención estudiantil y la mejora de los resultados de aprendizaje (Clear, 2023).

Resultados

La metodología científica abarca una diversidad de enfoques que sirven como guías prácticas, brindando fundamentos esenciales para cualquier investigador, independientemente de su disciplina. Es crucial resaltar que estos enfoques también tienen aplicaciones transversales en distintos campos del conocimiento. En este capítulo, nos enfocamos en revisar la

aplicación de varios tipos de investigación, destacando aquellos especialmente útiles en el ámbito de la ingeniería informática.

La ingeniería informática es un campo en constante evolución y crecimiento, impulsado por la innovación y la necesidad de soluciones tecnológicas más eficientes y avanzadas. Para abordar los desafíos en este campo, los investigadores han recurrido a diferentes tipos de investigación, con énfasis en aquellas asociadas al desarrollo de tecnologías y sistemas.

La investigación básica se centra en la generación de conocimiento teórico sin aplicaciones prácticas inmediatas. Aunque algunos puedan subestimar su valor en la ingeniería informática, es fundamental recordar que muchas innovaciones tecnológicas han surgido a partir de fundamentos teóricos sólidos, como la teoría de la computación o la criptografía moderna.

La investigación aplicada busca resolver problemas o desafíos específicos, procurando soluciones prácticas y aplicables. En la ingeniería informática, este enfoque resulta crucial, dado que la implementación de nuevas tecnologías y sistemas es esencial para el desarrollo y mejora de la sociedad.

Dentro del ámbito de la ingeniería informática, la investigación experimental desempeña un papel crucial al permitir a los investigadores evaluar el rendimiento y la eficacia de sistemas informáticos, algoritmos y programas mediante experimentos controlados. Esta metodología es de suma importancia, ya que

proporciona resultados concretos que permiten realizar ajustes y mejoras basadas en los datos obtenidos, lo que conduce al desarrollo de soluciones más eficientes y efectivas.

Además, es relevante destacar otros enfoques de investigación significativos en la ingeniería informática, como los Estudios de Casos, la Investigación-Acción y la Metodología de Diseño y Desarrollo de Sistemas.

Estas metodologías, incluyendo los Estudios de Casos, la Investigación-Acción y el desarrollo de sistemas, se basan en la especialidad de la ingeniería informática, permitiendo un enfoque integral para comprender el comportamiento de los sistemas.

Conclusiones

En resumen, la metodología científica abarca una amplia variedad de enfoques aplicables a distintas disciplinas, entre ellas, la ingeniería informática. La combinación adecuada de estos tipos de investigación puede impulsar significativamente el avance tecnológico y la resolución de problemas en este campo.

Es cierto que en la investigación en ingeniería informática se han adoptado enfoques diferentes a los utilizados en otras áreas de la ciencia. Aunque existen metodologías científicas universales, su aplicación requiere adaptaciones y enfoques

particulares debido a los desafíos específicos que presenta cada campo de estudio.

Los autores de libros sobre metodologías de investigación provienen de diversas profesiones y disciplinas. Estos libros son escritos por académicos, investigadores, expertos en ciencias sociales, profesionales de la salud y de otros campos, todos familiarizados con la investigación y la metodología científica.

En la búsqueda de referencias bibliográficas enfocadas en la ingeniería informática, se encontró un libro especializado en Ciberseguridad escrito por dos científicos investigadores senior, Thomas W. Edgar y David O. Manz (Edgar & Manz, 2017). Esta obra proporciona una guía especializada en el área de la ciberseguridad, presentando nuevos enfoques en seguridad y tecnologías especializadas como el Machine Learning, lo que ofrece una importante posibilidad de estudio en esta área. Esto subraya la necesidad de contar con libros especializados que apoyen a los investigadores en el campo de la informática.

Desde esta perspectiva, se observa que los investigadores dedican tiempo y esfuerzo para alinear los conceptos utilizados en la ingeniería informática con los tipos de investigación comunes en la mayoría de las fuentes de referencia. Los resultados de esta revisión indican que han optado principalmente por utilizar o adaptar metodologías con un enfoque más empírico.

Referencias

Bairagi, V., & Munot, M. V. (2019). Research Methodology A practical and Scientific Approach. London: CRC Press.

Clear, T. (2023). academics.aut.ac.nz. Obtenido de academics.aut.ac.nz: https://academics.aut.ac.nz/tony.clear

Edgar, T. W., & Manz, D. O. (2017). Research Methods for Cyber Security. Cambridge: Elsevier.

Gladyz Ortiz, S. P. (2021). Investigación Cualitativa y Cuantitativa en educación y Cultura Digital. México: Universidad Autónoma.

Hurtado, J. (2010). El Proyecto de Investigación. Bogotá - Caracas: Quiron ediciones.

Lee, J. (2006). History of Computing in education. Springer, 1-16.

Marczyk, G., DeMatteo, D., & Festinger, D. (2005). Essentials of Research Design and Methodology. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

McGill. (2023). Mcgill.ca. Obtenido de Mcgill.ca: https://www.mcgill.ca/edu-ecp/susanne-lajoie

Niño Rojas, V. M. (2011). Metodología de la investigación Diseño y Ejecución. Bogotá: Ediciones de la U.

Pares-Ballasco, J., Verastegui, R., Mattos Vela, M., & Sihuay-Torres, M. (2023). Producción científica y percepción sobre la investigación en estudiantes de siete facultades de Odontología del Perú. Revista Médica IATREIA Universidad de Antioquia.

Pivoev, V. M. (2006). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Petrozavodsk: Editorial de la Universidad Estatal de Petrozavodsk.

Research.com. (2023). Research. Obtenido de research.com: https://research.com/u/alan-dix

Stanford. (2023). Stanford Profiles. Obtenido de Stanford Profiles: https://profiles.stanford.edu/fei-fei-li

Taiman, A. V. (2022). La Investigación Descriptiva con Enfoque Cualitativo en Educación. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Yadav, A. (2023). Amanyadav. Obtenido de Amanyadav.org: https://www.amanyadav.org/

CAPÍTULO V

Desde la investigación formativa, hacia la investigación aplicada en la ingenierías

PhD. Clara Lucia Burbano González
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
https://orcid.org/0000-0003-0266-2692

> "El gran mito de nuestro tiempo es que la tecnología es comunicación".
>
> **Libby Larsen**

Es desafiante abordar el tema del conocimiento, especialmente al tratar la investigación científica, la cual describe un proceso de conocimiento especializado con el propósito de demostrar hipótesis o confirmar y desarrollar teorías. Es crucial comprender el proceso de investigación desde conceptos básicos para entender cómo opera el pensamiento y las formas de conocimiento. Por ende, surge la interpretación de ¿qué entendemos por conocimiento?

El conocimiento se define como el proceso mediante el cual el ser humano refleja en su cerebro las características del mundo. Esta comprensión adopta una visión holística del contexto global y local. Sin embargo, no se asimila como un reflejo simple, inmediato y completo. Para nuestros estudiantes, su comprensión resulta compleja, especialmente al iniciar la observación desde la caracterización de tres elementos que se organizan dinámicamente: a) la naturaleza, b) el cerebro humano y c) la forma en que el mundo se refleja en el cerebro humano, es decir, conceptos, leyes y movimiento.

El origen del conocimiento reside en la actividad práctica del ser humano, lo que permite una interacción con la naturaleza y la sociedad, generando un aprendizaje colectivo. Esto conduce a que todas las ideas del ser humano sean extraídas de la

experiencia y se organicen como reflejos verdaderos o falsos de la realidad.[63]

Esto nos lleva a comprender el desarrollo de principios, leyes, axiomas y categorías como elementos inmersos en las propuestas y utilizados como herramientas en el proceso de investigación para organizar y comprender el conocimiento. En el curso de una propuesta de investigación, este desarrollo permite identificar una relación entre 'El conocimiento y la práctica Social', donde el conocimiento humano se origina y se valida en la práctica, generando la siguiente pregunta:

¿Qué tipo de clases de prácticas sociales reconocemos?

Es crucial considerar que, en primer lugar, el ser humano realiza una práctica económica orientada a explotar, tanto para conocer como para explotar los recursos naturales. Paralelamente, se explotan los recursos sociales, especialmente el trabajo humano, y en este proceso de explotación, se adquiere conocimiento sobre las condiciones y leyes que rigen el ámbito social, identificando así el concepto de "práctica política". Además, existe la "práctica científica", en la cual el ser humano, con cierta autonomía, pero no aislado de la práctica política y económica, comprueba experimentalmente sus conocimientos. Es de estas tres prácticas sociales que ha surgido la ciencia: la práctica económica ha dado origen a las ciencias naturales,

63 Es numerosa la bibliografía que trata el problema del conocimiento tanto en su desarrollo (dialéctica), como en estructura (forma). Para efectos de la formación de investigadores se considera como un aporte principal identificar y leer el Libro "Lógica", publicado bajo la dirección del académico D.P. Groski y P.V Tavans. Publicado por la Editorial Grijalbo de México.

mientras que la práctica política ha influenciado las ciencias sociales. Entre ambas, la práctica científica ha conducido al surgimiento de la metodología como un conjunto de normas flexibles que facilitan el camino hacia el conocimiento y la verdad de un problema.

Al organizar y desarrollar propuestas y proyectos en el ámbito de la formación en Ingeniería, se identifica el concepto de "tecnología como una forma cultural". Esta perspectiva se produce al orientar un diálogo de saberes en relación con la cultura y hace referencia a la construcción social de lo humano. La tecnología, en este sentido, es una construcción humana y una forma de cultura que se caracteriza por su capacidad para comprender, predecir y controlar los fenómenos que rodean al ser humano. La cultura abarca todas las relaciones sociales, los fines organizados en la Sociedad del Conocimiento y la Información, así como los motivos para llevarlos a cabo.

Esta visión lleva a los autores a identificar las tecnologías "blandas" y "duras", más allá de los procesos que realizan, asimilándolas a ciencias "duras" y "blandas". Desde esta perspectiva crítica, la tecnología dura se refiere a aparatos y bienes tangibles, mientras que la tecnología blanda hace alusión a formas inmateriales, no tangibles que circulan a través de procesos, conocimientos y estructuras organizativas. Se comienza a observar que parte del control sobre las personas se logra mediante el uso instrumental de los aparatos desarrollados a través de tecnologías blandas, garantizando así el control del poder en proyectos de tecnología blanda mediante mecanismos de propiedad intelectual.

Desde esta perspectiva, se genera un trabajo investigativo que busca romper esa separación y construir nexos entre ambos procesos como construcción humana, reintegrando la unidad entre trabajo manual y trabajo intelectual. Esta ruptura entre trabajo manual e intelectual impuesta por el capital se reintegra mediante esta nueva mirada que comprende esta producción como inseparable, lo cual también se refleja en los procesos educativos, incorporando conocimientos a priori que permiten comprender el contexto en relación con la población y las necesidades de mejora. [64]

Se reconoce que, si bien la tecnología está inmersa en la cultura, no es idéntica a ella; la tecnología es una de las muchas maneras de materializar la cultura. Al reconocer esto, se observa que el conocimiento científico es también una creación cultural y no tiene una base ontológica en la naturaleza humana. No representa una forma superior de conocimiento, sino una forma específica desarrollada en una sociedad particular a partir de una serie de necesidades y opciones tomadas en un momento determinado. [65]

64 Alves, G. Trabalho e Subjetividades. O espirito do toyotismo na era do capitalismo manipulario. Sao Paulo. E. Boitempo. 2011. Este autor dice que la primera edad de la máquina es la producción de motores a Vapor (1848); la segunda edad es la producción de motores eléctricos (1890); la tercera edad es la producción de máquinas electrónicas (1940); y la cuarta edad, es la producción de máquinas microelectrónicas informacionales, integradas a redes interactivas del ciberespacio (1980), generando una Metamorfosis, en las innovaciones tecnológicas y organizacionales, y también "sociometabolica", es decir de las edades a través de la renovación del trabajo vivo.

65 Volveré sobre este asunto cuando intente explicar cómo el capitalismo organiza una forma de mirar y construir la tecnología que es especifica de él.

Una visión histórica sobre la apropiación de conceptos

Las discusiones sobre los momentos clave en estas concreciones han sido extensas, y para explorar estas ideas se recurre a civilizaciones como la babilónica y la egipcia, cuyos textos pueden ilustrar estos acercamientos.[66] No obstante, desde nuestra tradición y perspectiva sociocultural, el descubrimiento de América representa el primer hecho globalizador que nos sitúa en la historia y en la cosmovisión eurocéntrica. Esta visión, en muchos casos, niega las formas tecnológicas existentes en nuestros grupos originarios y cómo se desarrollaron en coherencia con sus cosmovisiones.

El desarrollo se contempla desde una perspectiva eurocéntrica, arraigada en el mundo griego, donde se intenta organizar fenómenos más allá del aspecto simbólico. En este sentido, el término *logos* nos remite a un mundo conocible mediante el uso activo de la razón, diferenciándose de *physis*, que se refiere a un mundo natural donde nacer y crecer es común a todas las cosas. También se distingue de 'praxis', que se refiere a la acción cotidiana con una base reflexiva, y de *techné*, que alude a la técnica o al arte.

Esta diferenciación permite identificar la base donde se plantea la separación entre una *techné* como mera experiencia, una *techné* que entiende por qué y ofrece explicaciones, y una 'tecnología' que no solo posee explicaciones causales, sino un conocimiento específico. Algunos autores[67], ven el origen de

66 Serres, M. (1997). Historia de las ciencias. Madrid: Cátedra.
67 Koyre, A. (1999). Del mundo cerrado al universo infinito. México: Siglo XXI.

estas diferencias en lo que Tales de Mileto señalaba como las tres principales actividades del Logos: NOU', el pensamiento; *logos*, la palabra; y *techné*, el hacer. Posteriormente, con la integración de 'episteme', como saber demostrable y ciencia, se establecen las separaciones en un mundo que tenía actividades distintas y diferenciadas según el tipo de acción humana realizada.

Igualmente, Koyre (1999)[68] plantea la necesidad de separar en la constitución de la tecnología tres fases: La empírica, la técnica y la tecnología en el sentido científico del término. Se toman estas dos visiones cruzándolas para realizar la siguiente caracterización:

1. **Azar:** Se caracteriza por tener muy pocas técnicas, pero las que existen se pueden diferenciar de las humanas, no hay especialistas, las resignificaciones son inconscientes. En este sentido, se puede decir que inventa por casualidad, se lo encontró, pero no sabe que puede inventar, por ello lo nuevo surge fruto del azar.
2. **Empírica:** En vista como una experiencia derivada del hacer, se realiza, pero no se conceptualiza, ejemplo el dominio del fuego y las primeras formas de su control técnico; el dominio del lenguaje; en este sentido se puede reconocer que saben que las cosas existen y trabajan con ellas. Saben hacer las cosas, pero no existe una conceptualización que explique y dé cuenta de los procesos. El material para hacer ese proceso es

68 Koyré, A. (1980). Estudios galileanos. Siglo XXI de España Editores.

propiciado por la naturaleza y el resultado son primeras representaciones que se hacen de la misma naturaleza. Los vestigios de esta etapa se reconocen en los productos de barro.

3. **Artesanal:** El ejemplo utilizado para comprender el concepto es cuando fruto del dominio del fuego y de los metales, se hacen productos de cobre. Son técnicas que también son artes, que va a ser la raíz de las palabras artista y artesano. Es el tiempo de los artefactos y aparecen las primeras formas de producción artificial. Se conoce por qué y se dan explicaciones causales. Es un conocimiento que puede ser enseñado.
4. **Tecnológica:** Vista como un salto cualitativo en el saber técnico, se produce la simbiosis de la técnica máquina con la ciencia. Su desarrollo se orienta en conocimientos obtenidos desde el proceso del conocimiento científico. Es un saber que tiene *techné*, es decir, un hacer sistematizado, y *logos*, un conocimiento específico sobre ese hacer, que requiere una episteme, un saber que le da base y sentido.

Esto resalta que el *logos* no reside en los instrumentos, es decir, en las máquinas herramientas, sino en la estructura hipotético-deductiva de su discurso. Un ejemplo notable es la transformación realizada por Galileo al matematizar los artefactos de los artesanos, convirtiéndolos en instrumentos científicos y alterando su naturaleza (como el cambio del catalejo al telescopio). Este caso emblemático señala que el único interés de la tecnología no se limita a la producción y la rentabilidad[69]. La tecnología, de alguna manera, adquiere

69 González, R. L. (2018). El progreso del pensamiento científico y la metodología

> autonomía, inventando y construyendo sus propios instrumentos, alimentando así el avance de la ciencia. La perspectiva tecnológica emerge desde el Renacimiento y se fortalece con la modernidad.[70]

Según Lévy Strauss (1964)[71], los griegos no lograron este avance debido a la carencia de una física y su aplicación en lo real, lo que dificultaba establecer conceptos métricos para medir, comparar, clasificar y formular hipótesis deductivas. Desde ese punto, en etapas posteriores, se inicia la creación de materiales en laboratorios, marcando el inicio de la manipulación de materiales no naturales. En un sentido más amplio, las máquinas se convierten en extensiones del cerebro, dando origen a lo que se ha denominado, en tiempos recientes, la ciencia de la artificialidad para referirse a los procesos tecnológicos.

Paduana. Visión electrónica, 12(1), 132-135.

70 Las caracterizaciones que se han presentado son sólo una muestra de otras cosas que se pueden hacer desde múltiples criterios. En esta cita se evidencia de manera esquemáticamente, y con criterios mediados por ordenadores los conceptos e ideas en pro de la organización de actividades para estructuración de los proyectos. Tomas Buch divide en cinco fases: la primera en la cual el ser humano usa medios artificiales, para complementar y aumentar el alcance de sus miembros y su fuerza muscular. La segunda reemplaza esos miembros y músculos por el trabajo de otros (esclavos y animales), y más tarde por el de dispositivos mecánicos. La tercera el desarrollo de los elementos de control en donde el trabajo físico es casi enteramente ejecutado por máquinas. La cuarta: el control es dejado a cargo de dispositivos artificiales, "cibernética", en donde el trabajo humano hace las tareas que requieren una toma de decisión. Sería un poco la fase actual que nos desenvolvemos. La quinta una que comienza a emerger en la cual, las decisiones de bajo nivel son tomados por máquinas que son cada vez más inteligentes y van a desarrollar lo que su dueño quiere obtener, con suficiente actitud. Buch, T. (1999). Sistemas tecnológicos, contribuciones a una Teoría General de la Artificialidad. Buenos Aires: Aique.

71 Lévi – Strauss, C (1964). El pensamiento Salvaje. México: Fondo de cultura Económica.

Los productos tecnológicos

Este proceso conduce a una nueva clasificación en la que la tecnología busca un lugar específico y organiza una forma particular de ver y producir el mundo que la rodea. Aquí surge la diferencia entre la naturaleza y la tecnología, dando lugar a los productos tecnológicos[72]. Estos se distinguen porque no son simples copias de la realidad natural; son realizaciones posibilitadas por un modelo lógico-matemático. Desde ese modelo, tampoco son meramente representaciones o suposiciones sobre cómo funciona la naturaleza. Los modelos creados para hacer visible lo tecnológico se originan a partir de intencionalidades e intereses intelectuales y comerciales muy específicos.

1. Es fruto de un ordenamiento artificial; en este sentido, es producto de una teoría y no de la naturaleza en sí.
2. Es parte de la capacidad constructiva del ser humano que ordena, conceptualiza, metodologiza y genera opciones valorativas.
3. Recupera el acumulado social del conocimiento y, por lo tanto, se realiza con el acumulado preexistente en la tecnología misma.
4. Se hace como aplicación de modelo[73], formal propio del saber tecnológico y no es una reproducción de una realidad existente.

72 Gallego, R. (1998). Discurso constructivista sobre las tecnologías, Bogotá: cooperativa Editorial del Magisterio. Colección Mesa Redonda.

73 El modelo aparece como una construcción puramente conceptual, metodológica y axiológica fundada en conceptos tecnológicos, donde la realidad e importancia radica en la conciencia y expectativa del equipo de investigadores.

5. La intervención dé la naturaleza no es del modelo, es de los saberes y los productos (máquinas herramientas que los tecnólogos han desarrollado.
6. El saber tecnológico es una construcción de los tecnólogos, en este sentido, hay una reconceptualización de acuerdo con las necesidades e intereses.

La existencia de este amplio mundo lleno de particularidades en los productos tecnológicos ha llevado a la formulación de lo que algunos denominan 'La nueva ciencia de lo artificial'. Esta busca establecer una teoría general de lo tecnológico, delimitando su campo específico para evitar confusiones con la cultura en su sentido más amplio y diferenciarlo del conocimiento científico. En una primera aproximación, se define 'lo artificial' como todo aquello creado por el ser humano más allá de sus actividades biológicamente condicionadas.

Pierre Lévy (1997)[74] señala cómo, en el proceso de constitución de lo humano, el desarrollo del cerebro no se limita a modificaciones morfológicas simples, sino que se amplía mediante el uso de instrumentos que incrementan su capacidad motora y cognitiva. Estos instrumentos se dividen en tres categorías: a) Materiales, como la rueda o los aminoácidos; b) Simbólicos, como las señales de humo o la iconografía moderna; c) Intelectuales, como el razonamiento y las formas organizativas. Esta distinción ha permitido hablar de 'tecnologías blandas y tecnologías duras', introduciendo el concepto de la investigación científica.

74 Lévy, P. (1997). As tecnologías da Inteligencia. Sao Paulo: Ed. Brasiliense.

La investigación científica requiere una comunicación de sus descubrimientos, mostrando el proceso para llegar a conclusiones. Desde esta perspectiva, se organiza una estructura que visibiliza las actividades esenciales en un proyecto (ver Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de características de Investigación

Pregunta	Relación
¿Qué estudiar?	Definición del tema, objeto de Investigación
¿Cuál es la Situación Actual?	Planteamiento del Problema
¿Cuáles son las preguntas de Investigación que deben ser respondidas?	Formulación y sistematización del problema
¿Qué propósitos tiene la Investigación?	Objetivos de la Investigación
¿Cuáles son los motivos, para hacer el estudio propuesto?	Justificación
¿Quiénes han investigado anteriormente sobre el tema planteado, que hay escrito al respecto?	Marco de Referencia
¿Qué se pretende probar?	Hipótesis
¿Cómo se va a realizar la investigación?	Aspectos metodológicos
¿A que fuentes escritas se va a referir el investigador?	Bibliografía
¿Qué recursos necesita?	Presupuesto
¿Cuánto tiempo va a emplear en hacer el estudio propuesto?	Cronograma

Fuente: As tecnologías da Inteligencia, Lévy, P. (1997).

El planteamiento del problema se centra en una investigación de corte cualitativo que no solo describe hechos o eventos, sino que también adopta una postura crítica ante lo que está ocurriendo. Se basa en un enfoque epistémico orientado al crítico social, inspirado en la Teoría Crítica de la Escuela de Frankfurt, que considera el conocimiento como social e históricamente mediado.

Según la Teoría Crítica, su objetivo es transformar el orden social y buscar una mayor humanización. La ciencia debe, por ende, contribuir al bienestar y la transformación social, compartiendo el destino de los medios productivos como factor de riqueza de un país (Horkheimer, 1998)[75]. En coherencia con este enfoque, el método más adecuado es el estudio cualitativo, que refleja todos los elementos de la realidad como una totalidad holística, considerando siempre su unidad.

El estudio cualitativo puede abordar casos representativos, como individuos, organizaciones, acontecimientos, comunidades o programas educativos, investigándolos como una unidad (Marín, 2012)[76].

El proceso de investigación comienza contextualizando y describiendo las condiciones de proyectos mediados por la tecnología en el ámbito educativo. Se toma como fuente el diagnóstico en competitividad y desarrollo tecnológico de Zulli David Hoyos, presentado en el Encuentro Departamental de

75 Horkheimer, M. (1998). Teoría Crítica. Buenos Aires: Amorrortu. Editores.

76 Marín Gallego, J. D. (2012). La investigación en Educación y pedagogía. Sus Fundamentos epistemológicos y metodológicos. Bogotá (en prensa).

Educación, Técnica y Tecnología en Santa Marta en 2006. Este documento analiza las tendencias de formación en el siglo XXI, reflexionando sobre las características de los proyectos y la necesidad de apoyo para su calidad y extensibilidad.

Se destaca el rol de las universidades en la investigación, promoviendo campos de saber desde la práctica investigativa sistemática. Esto añade valor a los docentes-investigadores, no solo en la investigación formativa, sino también en investigaciones científicas. Se enfatiza la importancia de formar investigadores científicos, éticos e innovadores para contribuir al avance del conocimiento en la educación. Algunas líneas de proyectos emergentes incluyen:

La educación Arte – Cultura, es uno de los campos de investigación, formación e intervención cercanos a la creación y a la sistematización de la expresión artística, con niveles de exploración comprensiva e investigación formativa y propiamente reflejada en los programas de pregrado.

El aprendizaje e-learning, software y TIC, Estas investigaciones, aunque incipientes, están creciendo y han generado temáticas dentro de las líneas de investigación. No solo se las considera herramientas, sino también formas mediáticas, con todas las implicaciones semióticas y cognitivas relacionadas con las teorías educativas, especialmente en lo que respecta a los estilos de aprendizaje.

Esto permite considerar que la identificación del contexto de mundialización, globalización y apertura del mercado es una

variable crucial que incide en la actualización, modernización y transformación de la educación superior. Estas imposiciones predefinidas dictadas por la banca multilateral exigen cambios en los modelos de pensamiento, así como en los modelos de cognición y producción de conocimiento. Por un lado, se impone el paradigma de estandarización y universalización científica y tecnológica como referencia de desarrollo y progreso ideal, a pesar de sus contratiempos ambientales y sociales. Por otro lado, se sostiene la propuesta alternativa de mejorar la calidad de vida de los habitantes del planeta mediante un crecimiento sostenible, sustentable y renovable.

La visión de 'más educación igual a más conocimiento igual a desarrollo' sigue siendo relevante en las políticas educativas de nivel superior, especialmente en lo relacionado con las oportunidades estratégicas que ofrece la educación en términos de competitividad. No obstante, no se puede ser tan ingenuo como para pensar que este enfoque de desarrollo permitirá alcanzar el mismo nivel que los países del Norte. Como bien señala Claudio Rama (2006)[77], 'El nacimiento de la sociedad del conocimiento transforma el saber en una mercancía, y su posesión en un instrumento de poder geopolítico y de desarrollo económico' (p. 213).

En su texto 'Competitividad Internacional de la Educación Superior en la región de Bogotá y sus municipios circundantes', Guarín Salazar y Mayorga Rincón (2008)[78] analizan la capacidad

77 Rama, C. (2006). La tercera reforma de la Educación superior en América Latina. México: fondo de cultura Económica.

78 Guarín Salazar, K., y Mayorga Rincón, L. (2008) Competitividad Internacional de la Educación Superior: en la región Bogotá y sus municipios circundantes. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.

de las Instituciones de Educación Superior (IES) en términos de sus ventajas comparativas mediante la homologación con un estándar internacional. Además, identifican y evalúan las brechas de las capacidades institucionales, entre otras condiciones.

- Baja cualificación de la mano de obra.
- Brecha tecnológica.
- Falta de integración de la educación superior con el sector empresarial.
- Débil capacidad de gestión.
- Baja inversión de capital en el sector.
- Vacíos en cooperación e investigación.
- Reducida infraestructura comunicacional necesaria para la construcción de comunidades académicas.
- Bajo número de reconocimientos internacionales y publicaciones en revistas indexadas.
- Ausencia de enfoques transdisciplinares vinculados a las necesidades de las mayorías poblacionales (Salazar y Mayorga, 2008, pp. 44-45).

Esto nos lleva a concebir la Universidad como un espacio donde la responsabilidad colectiva en la construcción de la sociedad es fundamental para avanzar y expandir la ciencia y la tecnología. Esta visión permite vincular la Investigación y Desarrollo (I+D) con las demandas sociales, y estas estrategias apuntan a que la selección de prioridades en I+D tome en cuenta aquellas necesidades concretas de la sociedad o las prioridades establecidas por las políticas sociales. Esto implica

garantizar la transferencia y aplicación de los resultados obtenidos, así como la formación de redes con actores diversos, la articulación con los usuarios, la implementación de nuevos mecanismos de vinculación, el impulso a tecnologías sociales y el fomento a la innovación social (OEI, 2012, p.71)[79].

Desde esta perspectiva, los planteamientos de la Sociedad de la Información han generado no solo una instalación, sino también una confusión total entre información, conceptualización y problematización del mundo. En un mundo abrumado por la información, es más necesario que nunca contar con conceptos que nos permitan pensar, problematizar y comprender nuestra vida en medio de este torrente de información. Como bien decía Benjamin, una vez que la información comienza a circular, ya se vuelve obsoleta. En el culto a la novedad, nada parece poder permanecer.

Conclusiones

La investigación formativa asegura su pertinencia al nivel de formación académica al desarrollar competencias en los estudiantes, abarcando investigación, tecnología, innovación, así como la creatividad artística y cultural. Fomenta un pensamiento científico, innovador y crítico en diversos entornos de aprendizaje, todo en línea con la misión y estrategia institucional.

79 OEI. (2012). Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo y la cohesión social: Programa Iberoamericana en la década de los bicentenarios. Madrid: Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la cultura.

Estas dinámicas de investigación permiten a los estudiantes desarrollar competencias investigativas mediante proyectos y actividades de formación, cultivando actitudes positivas hacia la investigación y preparándolos para abordar los desafíos cotidianos en su contexto.

Esta aproximación posibilita que los estudiantes adquieran experiencia investigativa desde el pregrado, lo que se traduce en un mejor rendimiento académico y una mayor probabilidad de emprender de forma independiente procesos de investigación. La investigación formativa también enriquece las prácticas pedagógicas al fomentar aprendizajes basados en la exploración, el descubrimiento y la construcción colectiva de conocimientos.

Todo esto promueve una actitud proactiva y positiva hacia la investigación, alimentando un espíritu de servicio al conocimiento (Lara, 2006).

Referencias

Alves, G. (2015). Trabalho e subjetividade: o espírito do toyotismo na era do capitalismo manipulatório. Boitempo Editorial.

Gallego, R. (1998). Discurso constructivista sobre las tecnologías, Bogotá: cooperativa Editorial del Magisterio. Colección Mesa Redonda.

González, R. L. (2018). El progreso del pensamiento científico y la metodología Paduana. Visión electrónica, 12(1), 132-135.

Guarín Salazar, K., y Mayorga Rincón, L. (2008). Competitividad Internacional de la Educación Superior: en la región Bogotá y sus municipios circundantes. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia.

Horkheimer, M. (1998). Teoría Crítica. Buenos Aires: Amorrortu. Editores.

Marín Gallego, J. D. (2012). La investigación en Educación y pedagogía. Sus Fundamentos epistemológicos y metodológicos. Bogotá (en prensa).

Lévi – Strauss, C (1964). El pensamiento Salvaje. México: Fondo de cultura Económica.

Lévy, P. (1997). As tecnologías da Inteligencia. Sao Paulo: Ed. Brasiliense.

Koyre, A. (1999). Del mundo cerrado al universo infinito. México: Siglo XXI.

Koyré, A. (1980). Estudios galileanos. Siglo XXI de España Editores.

OEI. (2012). Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo y la cohesión social: Programa Iberoamericana en la década de los bicentenarios. Madrid: Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la cultura.

Rama, C. (2006). La tercera reforma de la Educación superior en América Latina. México: fondo de cultura Económica.

Serres, M. (1997). Historia de las ciencias. Madrid: Cátedra.

MAIN HUB for STATISTICS & DATA
INDEX WATCH
PORTFOLIOS
Internal Stock Process Listings
ANALYTICAL TOOLS
Ultra-High Stock Market Listin
Advanced Demographic Info

CAPÍTULO VI.

La investigación en ingeniería: retos y oportunidades para Colombia

PhD. Rafael Andrés Robayo-Salazar
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
Fuerza Aeroespacial Colombiana
https://orcid.org/0000-0003-1687-2885

Resumen

El capítulo analiza la formación de ingenieros en Colombia, enfatizando la importancia de la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i) en los programas de ingeniería y las tendencias actuales de investigación en diversas ramas. Destaca la relación entre la investigación en ingeniería y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. También identifica los retos y oportunidades en áreas clave del desarrollo sostenible, proponiendo una inversión estratégica en I+D+i, colaboración interdisciplinaria y transferencia tecnológica. Estos enfoques podrían permitir a Colombia aprovechar su potencial para abordar problemas complejos y avanzar hacia un futuro más sostenible. Este capítulo ofrece un punto de partida para explorar nuevas líneas de investigación en las facultades de ingeniería del país.

Palabras clave: ingeniería, educación, investigación, desarrollo tecnológico, innovación, objetivos de desarrollo sostenible.

Abstract

Engineering research presents a number of specific challenges and opportunities for Colombia, a country with a growing economy and an increasing demand for sustainable solutions in various sectors. In this sense, this chapter addresses how engineering education has been in Colombia, emphasizing the importance of Research, Technological Development and Innovation (R+D+i) activities in the country's engineering

programs and the research trends that are currently the focus of attention in the different branches of engineering. One of the most relevant aspects of this chapter is the relationship between engineering research and the Sustainable Development Goals (SDGs) defined by the United Nations. At the end of this chapter, a series of challenges and opportunities facing engineering research in key areas of sustainable development are identified. In this regard, it is considered that through strategic investment in R&D&I activities, fostering interdisciplinary collaboration and promoting technology transfer, Colombia can harness its potential to address complex problems and move towards a more sustainable and prosperous future. This chapter can be taken as a starting point for the development of new lines of research in the different engineering groups and faculties in the country.

Keywords: engineering, education, research, technological development, innovation, sustainable development goals.

Introducción

En Colombia, los grupos de investigación reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCIENCIAS) vinculados a las ingenierías alcanzan la cifra de 1.212, representando aproximadamente el ≈20% de los cerca de 6.156 grupos reconocidos en todas las áreas de conocimiento por el Ministerio (MINCIENCIAS, 2023). Estos grupos, ubicados en diversas áreas de la ingeniería, generan soluciones innovadoras en todas las regiones del país.

Mientras la investigación en ciencias básicas se enfoca en expandir el conocimiento científico y comprender los principios fundamentales de la naturaleza, explorando teorías, leyes y conceptos subyacentes que explican los fenómenos naturales (Quiroga, 2006), la investigación en ingeniería aplica ese conocimiento y principios técnicos para desarrollar soluciones prácticas y tecnológicas que aborden problemas específicos en la sociedad (Gallego-Torres et al., 2017; Pertuz-Comas et al., 2019). Es precisamente este enfoque en la resolución de problemas sociales lo que resalta la importancia de la investigación en ingeniería (Ulloa, 2010).

La sociedad colombiana enfrenta desafíos que requieren soluciones innovadoras basadas en investigación para lograr un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de su población (Garzón & Moreno, 2011). Entre las áreas fundamentales para proporcionar estas soluciones se encuentran la infraestructura y transporte, energía y sostenibilidad, agua y saneamiento, desarrollo rural y agricultura, tecnología de la información y comunicación, gestión de residuos y medio ambiente, salud y biotecnología, desarrollo urbano y vivienda, entre otras. Abordar estos problemas demanda investigación en diversos campos de ingeniería. Las áreas de conocimiento con mayor número de grupos de investigación son la ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería civil, ingeniería ambiental, ingeniería mecánica, ingeniería química y la ingeniería de los materiales (MINCIENCIAS, 2023).

Basándose en estas consideraciones, este capítulo aborda varios aspectos. En el subcapítulo 5.2, se explora la formación

de ingenieros en Colombia, desde sus inicios hasta la actualidad, resaltando los principales programas de ingeniería en el país. En el subcapítulo 5.3, se enfoca en la importancia de las actividades de I+D+i en ingeniería mediante un análisis estadístico que relaciona los resultados de investigación en diferentes programas y grupos. Seguidamente, en el subcapítulo 5.4, se analizan las tendencias de investigación en diversos campos de ingeniería a través de coocurrencias de palabras clave, presentando los principales clústeres de investigación científica en escuelas y programas de ingeniería en Colombia. El subcapítulo 5.5 resalta la relación entre la investigación en ingeniería y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por último, en el subcapítulo 5.6, se presentan conclusiones y comentarios finales, destacando los principales desafíos y oportunidades para la investigación en ingeniería.

La formación de ingenieros en Colombia

La ingeniería en Colombia tiene sus raíces en la época colonial, cuando se erigieron infraestructuras básicas como caminos, puentes y edificaciones. No obstante, su desarrollo formal comenzó en el siglo XIX, período durante el cual se establecieron instituciones educativas y escuelas de ingeniería que formaron a los primeros ingenieros colombianos. En este contexto, se destacó la construcción de ferrocarriles y carreteras para mejorar la conectividad y fomentar el desarrollo económico del país. En el siglo XX, la ingeniería en Colombia experimentó un notable crecimiento y diversificación (Tomás et al., 2011).

Durante este período, se fundaron más universidades y escuelas de ingeniería en diversas ciudades colombianas. Se enfocaron en la construcción de infraestructuras modernas como represas hidroeléctricas, plantas industriales, sistemas de transporte masivo y obras de saneamiento básico. La ingeniería civil se convirtió en una disciplina clave debido a la necesidad de desarrollar proyectos de infraestructura para el crecimiento económico y el bienestar social. Asimismo, se registraron avances en otras áreas de la ingeniería, como la eléctrica, mecánica, electrónica, industrial y de sistemas (Poveda Ramos, 2009).

De acuerdo con Torres Sánchez & Salazar (2002), el Colegio Militar del Cuerpo de Ingenieros, creado en 1814, marcó el inicio de la enseñanza de la ingeniería en Colombia, dando origen a la Escuela de Medellín (Valencia-Giraldo, 2000). Los egresados adquirieron conocimientos en hidráulica, fundición, construcción de acueductos, molinos y canales, utilizados en la explotación de minas, entre otras aplicaciones de la época.

Históricamente, el primer programa de ingeniería en Colombia surgió en la Escuela de Ingeniería de la Universidad Central de Bogotá, en 1847. Esta iniciativa, impulsada por el entonces presidente Mariano Ospina Rodríguez, respondió a la necesidad de ingenieros para el desarrollo de la infraestructura y la economía del país. Esta escuela fue la primera de su tipo en América Latina y aún es una de las más prestigiosas en Colombia.

En el siglo XIX se crearon otros programas de ingeniería, como la "Escuela de Minas de la Nueva Granada" (actualmente Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín) en 1882, la Escuela de Ingeniería de la Universidad Nacional en 1887 y la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Antioquia en 1888. La "Escuela de Minas de la Nueva Granada" se enfocó inicialmente en la formación de ingenieros en minería y metalurgia, para atender la creciente demanda de profesionales en el sector minero.

En el siglo XX, se establecieron más programas de ingeniería en Colombia, incluyendo la Escuela de Ingeniería de la Universidad del Valle (1936), la Escuela de Ingeniería de la Universidad de los Andes (1948) y la Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT (1954), entre otras. Actualmente, el país cuenta con más de 100 programas de ingeniería en universidades públicas y privadas, preparando a los estudiantes para diversas carreras, como:

- Ingeniería civil.
- Ingeniería mecánica.
- Ingeniería eléctrica.
- Ingeniería electrónica.
- Ingeniería industrial.
- Ingeniería de petróleo.
- Ingeniería de minas.
- Ingeniería de materiales.
- Ingeniería ambiental.
- Ingeniería biomédica.
- Ingeniería de sistemas.

Entre estos, el programa de ingeniería con más egresados en Colombia es el de Ingeniería de Sistemas. Según el Ministerio de Educación Nacional, en el año 2021 se graduaron 10.545 ingenieros de sistemas en Colombia. Esto representa el 22% del total de ingenieros graduados en el país (MEN, 2023). Otros programas de ingeniería con alto número de egresados en Colombia son:

- Ingeniería Civil (9.740 egresados).
- Ingeniería Industrial (6.960 egresados).
- Ingeniería Electrónica (6.420 egresados).
- Ingeniería Mecánica (5.480 egresados).
- Ingeniería Eléctrica (4.940 egresados).

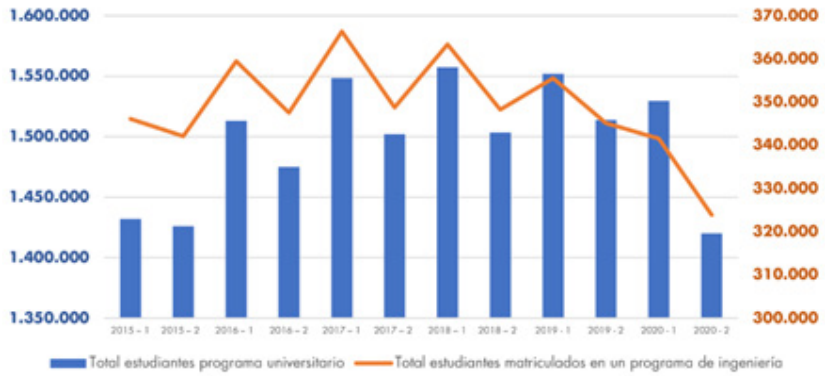
Los programas de ingeniería en Colombia son altamente demandados en el mercado laboral del país. Profesionales graduados en ingeniería de sistemas, civiles, industriales, electrónicos, mecánicos y eléctricos tienen una amplia gama de oportunidades laborales en diversas industrias.

Según datos de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) y el Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES) (SNIES, 2021), actualmente hay 1.120 programas de ingeniería en Colombia, que abarcan 126 nombres diferentes de programas, distribuidos en 178 instituciones de Educación Superior. Estos programas están presentes en 78 municipios de 27 departamentos del país, lo que representa una cobertura superior al 84% del territorio colombiano.

En su informe sobre "Programas de ingeniería en Colombia", ACOFI destaca un crecimiento significativo de programas de ingeniería en las últimas décadas. En los años 90, había alrededor de 200 programas, y en la última década este número ha superado los 1.000 programas. Respecto al número de estudiantes matriculados entre 2015 y 2020, se estima que en promedio fue de ≈349.013 estudiantes, lo que equivale a aproximadamente el 23% del total de estudiantes matriculados en carreras universitarias de pregrado durante ese período (1'497.801). Sin embargo, se ha observado una tendencia a la baja en la cantidad de estudiantes matriculados hasta el año 2020.

Comparando estas cifras con el total de estudiantes matriculados en diferentes programas universitarios entre 2015 y 2020, se revela una tendencia descendente, como se muestra en la Figura 1. Esta tendencia debería alertar al sistema educativo en general, no solo a las facultades de ingeniería. Además de los programas de pregrado, se ofrecen alrededor de 271 especializaciones, 242 maestrías y 70 doctorados en ingeniería en las Instituciones de Educación Superior (IES) en Colombia (ACOFI, 2021).

Figura 1. Tendencia del número de estudiantes matriculados en los programas de ingeniería (naranja) vs. total de estudiantes matriculados en los programas universitarios (azul) entre el 2015-2020



Fuente: imagen tomada de (ACOFI, 2021).

En las últimas décadas, la ingeniería en Colombia ha experimentado una evolución notable, incorporando tecnologías avanzadas y aplicando conocimientos en áreas como la sostenibilidad, la energía renovable, la informática y las telecomunicaciones. Esto ha conducido a una reestructuración de los currículos en los programas de ingeniería. En la actualidad, la ingeniería desempeña un papel fundamental en el desarrollo del país, abordando desafíos socioeconómicos y ambientales significativos.

Los programas de ingeniería en Colombia están contribuyendo de manera importante en la ejecución de proyectos de gran escala, tales como la construcción de mega obras de infraestructura y el desarrollo de tecnologías innovadoras. Estas

iniciativas buscan mejorar la calidad de vida de la población en general y enfrentar desafíos ambientales y socioeconómicos. Este cambio ha permitido que la ingeniería sea un agente de transformación en la sociedad colombiana (Peña-Reyes, 2011).

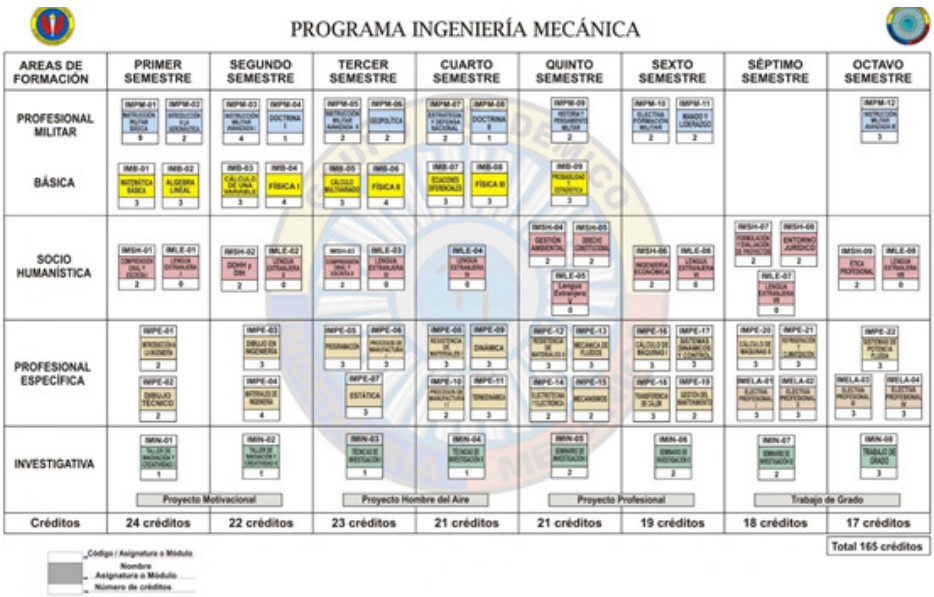
La importancia de la investigación en las ingenierías

La investigación en el campo de la ingeniería resulta fundamental, siendo considerada la base para el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoran la calidad de vida. Por ejemplo, ha propiciado avances en dispositivos electrónicos, comunicaciones, transporte, energía, construcción, fabricación y más. Además de crear soluciones a problemas sociales y ambientales actuales, la investigación en ingeniería ha impulsado la generación de energías limpias, la reducción de la contaminación, mejoras en la eficiencia del agua, así como en la seguridad alimentaria. No solo eso, sino que también contribuye a la creación de empleos y a la expansión económica. La industria de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i) es una de las que más rápido crece en el mundo y genera millones de empleos a nivel global (Portafolio, 2020).

Colombia se enfrenta a desafíos específicos en su infraestructura, medio ambiente y otros ámbitos, los cuales pueden abordarse mediante la investigación en ingeniería. Los investigadores de las facultades de ingeniería deben comprender mejor estos problemas y desarrollar soluciones adaptadas a las necesidades del país. La investigación, ya sea formativa o aplicada, realizada en estas facultades, permite

mantenerse actualizados y listos para afrontar los desafíos de un mundo en constante cambio. Por esta razón, algunas facultades de ingeniería han reformado sus currículos académicos, incluyendo asignaturas específicas en investigación desde los primeros semestres, a menudo vinculadas a los semilleros de investigación, como lo ha hecho la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" (EMAVI) en sus programas de ingeniería (ver Figura 2) (EMAVI, 2023). En este caso, el área de formación en investigación incluye 8 asignaturas: i) taller de innovación y creatividad I; ii) taller de innovación y creatividad II; iii) técnicas de investigación I; iv) técnicas de investigación II; v) seminario de investigación I; vi) seminario de investigación II; vii) seminario de investigación III; y viii) trabajo de grado.

Figura 2. Malla curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" (EMAVI)



Fuente: EMAVI, 2023.

Con relación al desarrollo de actividades de I+D+i en las IES colombianas, de acuerdo con el portal U-Sapiens (ver Tabla 3), el ranking de las mejores universidades colombianas según indicadores de investigación la lidera la Universidad Nacional de Colombia (sede en Bogotá), seguida por la Universidad de Antioquia (sede en Medellín), la Universidad del Valle (sede en Cali), la Universidad de los Andes (Bogotá) y la Universidad Javeriana (Bogotá). Al respecto, el portal U-Sapiens publica este ranking desde 2011 con una frecuencia semestral, y las variables que analizan para su generación incluyen: el número de revistas indexadas en el índice Bibliográfico Nacional (Convocatoria 875 de 2020), el número de programas de maestrías y doctorados activos según el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), y el número de grupos de investigación categorizados por Minciencias según la convocatoria 833 de 2018. Cabe desatacar que, en la última versión publicada por el portal web (2023-1), se clasificaron 71 IES (44 privadas y 27 publicas) (U-Sapiens, 2022).

Tabla 1. Ranking de las mejores universidades colombianas según indicadores de investigación por U-Sapiens

Puesto	Institución	Ubicación	Puntaje
1	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá	145
2	Universidad de Antioquia	Medellín	120
3	Universidad del Valle	Cali	75
4	Universidad de los Andes	Bogotá	70
5	Universidad Javeriana	Bogotá	70

Puesto	Institución	Ubicación	Puntaje
6	Universidad Nacional de Colombia	Medellín	50
7	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	50
8	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	40
9	Universidad del Norte	Barranquilla	40
10	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja	35

Fuente: (U-Sapiens, 2022). Datos al mes de julio de 2023.

Con respecto a los grupos de investigación relacionados con las ingenierías, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCIENCIAS) (MINCIENCIAS, 2023) reporta que en Colombia existen un total de 1.212 grupos de investigación reconocidos, que corresponden al ≈20% de los cerca de 6.156 grupos que en total se encuentran reconocidos por este ministerio en todas las áreas de conocimiento. Dentro de este listado se destacan, por su contribución en el número de grupos, el área de ingeniería eléctrica, electrónica e informática (332), la ingeniería civil (94), la ingeniería ambiental (86) y la ingeniería mecánica (80).

Tabla 2. Número de grupos de investigación reconocidos por MINCIENCIAS según el área de conocimiento en ingeniería y tecnología

Área	No. de grupos
Ingeniería eléctrica, electrónica e informática	332
Ingeniería civil	94

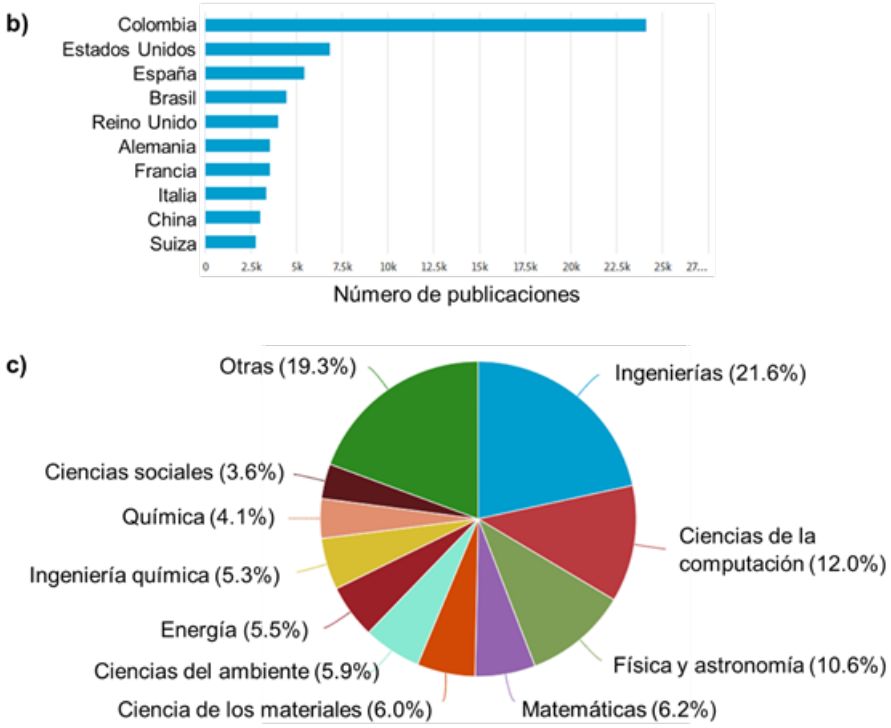
Área	No. de grupos
Ingeniería ambiental	86
Ingeniería mecánica	80
Ingeniería química	56
Ingeniería de los materiales	41
Ingeniería medica	29
Biotecnología industrial	12
Nanotecnología	9
Biotecnología ambiental	4
Otras ingenierías y tecnologías	469
Total	1.212

Fuente: (MINCIENCIAS, 2023). Datos al mes de mayo de 2023.

Según una búsqueda en la base de datos bibliográfica Scopus (Elsevier), se encontraron 24.087 publicaciones relacionadas con escuelas o programas de ingeniería en Colombia desde 1960 hasta junio de 2023. Esta búsqueda se realizó con el motor de búsqueda AFFIL (engineering) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, "Colombia")). Coincidiendo con lo expuesto por (Gomez Rosselli & Rosselli, 2021), la tendencia en estas publicaciones muestra un crecimiento exponencial, subrayando la relevancia de la investigación y las publicaciones científicas en este campo del conocimiento (ingenierías) (Figura 3a). Además, se observa que la mayoría de los autores de estas publicaciones son colombianos, aunque destacan las colaboraciones internacionales con autores de países como Estados Unidos, España, Brasil, Reino Unido, Alemania, Francia, Italia, China y Suiza (Figura 3b). Esto evidencia las principales redes de

cooperación de los investigadores colombianos en ingenierías. La internacionalización de las facultades de ingeniería en Colombia es crucial para preparar a los estudiantes en un contexto globalizado, mejorar la calidad educativa, fomentar la investigación de alto nivel y contribuir al desarrollo económico y tecnológico del país.

Figura 3. Resultados de la búsqueda bibliográfica realizada en Scopus (Elsevier) concerniente con el número de publicaciones científicas que relacionan en su afiliación institucional a las escuelas y/o programas de ingeniería de Colombia. Datos al mes de junio de 2023



Fuente: Adaptación con base a la búsqueda bibliográfica realizada en Scopus (Elsevier).

Tendencias de investigación en las ingenierías

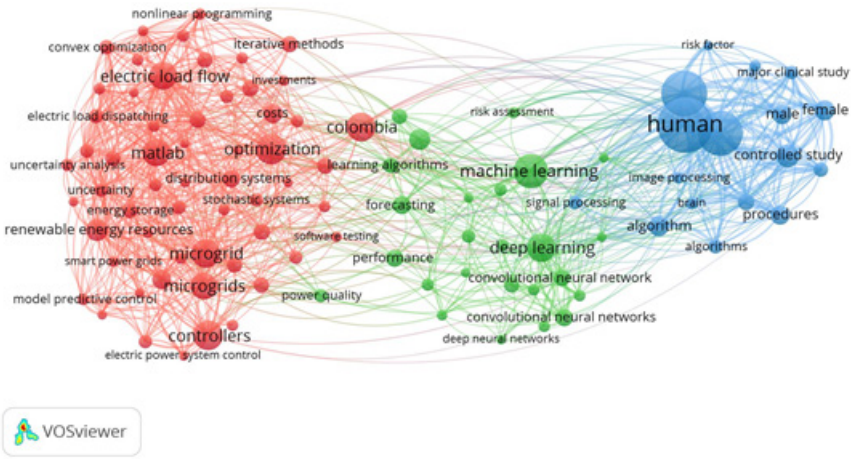
Se realizó un análisis de coocurrencias de palabras clave para identificar los principales clústeres de investigación científica en las escuelas y programas de ingeniería en Colombia. Se generaron mapas (VOSviewer) que relacionan las 100 palabras clave con mayor coocurrencia en áreas específicas como ingeniería eléctrica y electrónica, civil, ambiental, mecánica, química y de materiales. Se consideraron las últimas 2000 publicaciones reportadas en la base de datos Scopus (Elsevier) para cada una de estas áreas.

En el campo de la ingeniería eléctrica y electrónica (ver Figura 4), la investigación se enfoca en el desarrollo e integración de fuentes de energía renovable, como solar, eólica y geotérmica (Friman, 2017). Además, se busca soluciones eficaces para almacenar la energía generada, como baterías de alto rendimiento (Sun et al., 2021). La electrificación del transporte, especialmente en vehículos eléctricos, es otra área de interés para los investigadores (Runge et al., 2023). Se trabaja en el desarrollo de tecnologías de carga más rápidas, eficientes y seguras, y en sistemas de gestión de energía para la movilidad eléctrica (Carracedo & Mostofi, 2022). Se investiga en la interconexión de dispositivos a través del Internet de las Cosas (IoT) para mejorar la eficiencia, seguridad y gestión de estos sistemas (Nuaimi et al., 2023). La creación de redes eléctricas inteligentes (Smart Grids) se centra en la optimización y control avanzado de la distribución y consumo de energía (Kataray et al., 2023), incorporando tecnologías de información

y comunicación para responder a la creciente demanda energética y facilitar la integración de energías renovables (Suppipat & Hu, 2022).

Por otro lado, la aplicación de inteligencia artificial y aprendizaje automático está transformando el diseño y funcionamiento de sistemas electrónicos y dispositivos (Das et al., 2021). Se investiga en técnicas de diseño asistido por computadora para optimizar circuitos y detectar fallos (Mitzner et al., 2019). La investigación también se dirige hacia tecnologías de comunicación inalámbrica más avanzadas, como la 5G y 6G, buscando mejorar la eficiencia espectral y seguridad en las comunicaciones (Oughton et al., 2018). Sin embargo, el aumento de dispositivos conectados ha generado preocupación por la seguridad cibernética, por lo que se investiga en nuevas formas de proteger sistemas electrónicos y redes contra ataques cibernéticos (reduciendo su vulnerabilidad).

Figura 4. Análisis de coocurrencias de palabras claves relacionadas con las publicaciones en Ingeniería Eléctrica y Electrónica en Colombia.



Nota. Gráfico elaborado en el software VOSviewer a partir de los datos obtenidos en la búsqueda: (AFFIL (electrical AND engineering) OR AFFIL (electronic AND engineering) AND AFFILCOUNTRY (Colombia)) realizada en la base de datos Scopus (Elsevier). Datos al mes de junio de 2023

Fuente: Elaboración propia.

En el ámbito de la ingeniería civil (ver Figura 5), la investigación se enfoca en el diseño y construcción de infraestructuras resilientes capaces de resistir y recuperarse de desastres naturales y eventos extremos, como terremotos, inundaciones y huracanes (Lu et al., 2020). Paralelamente, se busca implementar prácticas de construcción sostenible que reduzcan el impacto ambiental de estas obras. En colaboración con la ingeniería de materiales, se investiga en el desarrollo de materiales de construcción más sostenibles y amigables

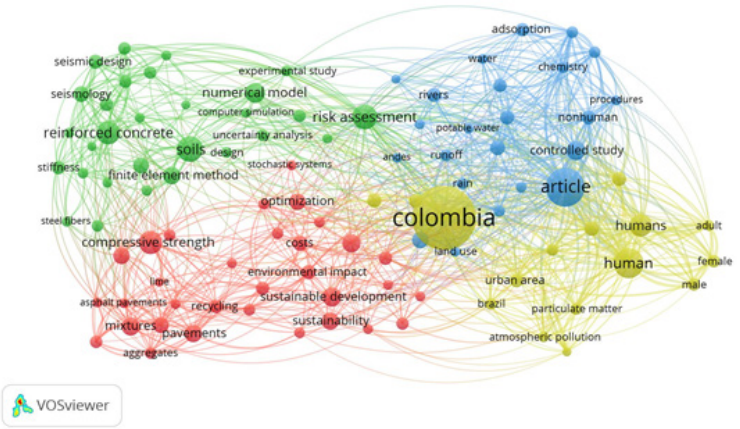
con el medio ambiente, como el uso de materiales reciclados, compuestos avanzados, cementos alternativos y técnicas de construcción no tradicionales que reduzcan el consumo de energía y las emisiones de carbono (Hao et al., 2023). Estos esfuerzos incluyen la aplicación de procesos de manufactura aditiva o impresión 3D (Robayo-Salazar et al., 2023).

La introducción de tecnologías digitales como el *Building Information Modeling* (BIM), sensores, drones y la realidad aumentada está transformando la planificación, diseño y construcción de proyectos de ingeniería civil (C. Liu et al., 2023). La investigación se orienta hacia la optimización de estos procesos y la búsqueda de metodologías adecuadas para estas tecnologías de construcción inteligente. Además, se investiga en la integración de dispositivos y sensores en la infraestructura para monitorizar puentes, carreteras y edificios en tiempo real (construcciones inteligentes) (Mishra et al., 2022), permitiendo un mantenimiento más predictivo y una gestión más eficiente de los activos.

El enfoque en transporte inteligente y movilidad sostenible incluye la planificación y diseño de sistemas que incorporen tecnologías de información y comunicación para mejorar la eficiencia del transporte público y privado, reducir la congestión y promover la movilidad sostenible (Bebber et al., 2021). Adicionalmente, se investiga en la evaluación y gestión de riesgos geológicos, como deslizamientos de tierra, hundimientos y erosión costera, para garantizar la seguridad de las infraestructuras y poblaciones en zonas vulnerables (Čejka et al., 2016).

En términos de integración de tecnologías de generación de energía en infraestructuras, se estudia la implementación de sistemas de generación de energía renovable en edificios y carreteras (Ahmed et al., 2022). Finalmente, ante el rápido crecimiento urbano, se investiga en nuevas técnicas de construcción que permitan desarrollar infraestructuras densas en espacios urbanos limitados de manera sostenible, minimizando las interrupciones al tráfico y la vida cotidiana de los ciudadanos (Hao et al., 2023).

Figura 5. Análisis de coocurrencias de palabras claves relacionadas con las publicaciones en Ingeniería Civil en Colombia.



Nota. Gráfico elaborado en el software VOSviewer a partir de los datos obtenidos en la búsqueda: (AFFIL (civil AND engineering) AND AFFILCOUNTRY (Colombia)) realizada en la base de datos Scopus (Elsevier). Datos al mes de junio de 2023. Fuente: Elaboración propia.

En el ámbito de la ingeniería ambiental (ver Figura 6), los temas de investigación prioritarios abordan el cambio climático,

centrando esfuerzos en desarrollar estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar sus impactos. Se enfocan en el diseño de tecnologías más limpias, la promoción de energías renovables y la implementación de prácticas sostenibles en diversas industrias, metas comunes en todas las ramas de la ingeniería (Palanichamy et al., 2021). También se investiga en el desarrollo de técnicas eficientes y sostenibles para la gestión y tratamiento de residuos sólidos, incluyendo reducción, reciclaje, compostaje y disposición final segura (Lino et al., 2023).

Asimismo, se exploran tecnologías para mejorar la calidad del agua, detectar y eliminar contaminantes, y tratar aguas residuales, con énfasis en técnicas avanzadas y procesos naturales para la depuración (Xu & Xu, 2022). La ingeniería ambiental integra la restauración de ecosistemas degradados y la conservación de la biodiversidad, destacando la creación y aplicación de soluciones para proteger hábitats y especies amenazadas (Mitsch & Mander, 1997).

En términos generales, la investigación en ingeniería ambiental se dirige al desarrollo y la aplicación de tecnologías limpias y soluciones innovadoras para reducir el impacto ambiental de actividades humanas como la industria, la agricultura y el transporte (Razmjoo et al., 2022). Además, se investiga el uso de sistemas de monitoreo avanzado, sensores remotos y análisis de datos para comprender los cambios ambientales y tomar decisiones informadas en la gestión y conservación del medio ambiente (Roostaei et al., 2023).

Una temática emergente que conecta diversas áreas de la ingeniería es la promoción de la economía circular, donde los residuos se convierten en recursos y mantienen su valor económico a largo plazo, fomentando un enfoque más sostenible de producción y consumo (Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano et al., 2023). A medida que avanzan las tecnologías, surge la preocupación por su impacto ambiental, generando líneas de investigación que buscan estrategias de mitigación (Tiwari et al., 2023). Estas tendencias reflejan la creciente preocupación de la ingeniería por el medio ambiente y la necesidad de soluciones sostenibles para los desafíos ambientales actuales.

Figura 6. Análisis de coocurrencias de palabras claves relacionadas con las publicaciones en Ingeniería Ambiental en Colombia

Nota. Gráfico elaborado en el software VOSviewer a partir de los datos obtenidos en la búsqueda: (AFFIL (environmental AND engineering) AND AFFILCOUNTRY (Colombia)) realizada en la base de datos Scopus (Elsevier). Datos al mes de junio de 2023.

Fuente: Elaboración propia.

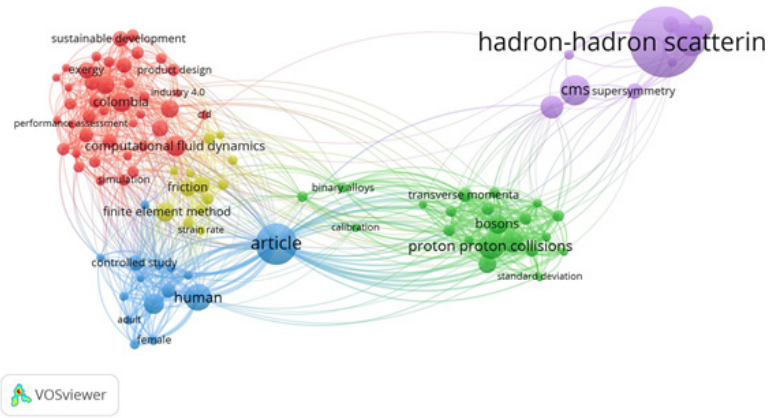
Dentro del ámbito de la ingeniería mecánica (ver Figura 7), sobresalen diversas tendencias de investigación. La aplicación de tecnologías de manufactura aditiva o impresión 3D es prominente para crear componentes y estructuras complejas de manera eficiente, minimizando el desperdicio de materiales (Pérez-Pérez et al., 2019). Asimismo, el empleo de inteligencia artificial y aprendizaje automático se focaliza en optimizar procesos industriales, perfeccionar el diseño de productos y sistemas, y mejorar el mantenimiento predictivo de maquinarias (Shankarrao Patange & Bharatkumar Pandya, 2023).

Se destaca la investigación en técnicas de diseño y simulación asistida por computadora para perfeccionar productos y sistemas complejos antes de su fabricación, un propósito crucial para diversos grupos de investigación a nivel global (Regassa Hunde & Debebe Woldeyohannes, 2022). La ingeniería mecánica también se enfoca en el desarrollo de sistemas energéticos eficientes, especialmente en energías renovables como turbinas eólicas y sistemas solares (Adetunla et al., 2022).

El diseño y control de robots y sistemas mecatrónicos, con aplicaciones en diversos campos como la industria, medicina y exploración espacial, también son áreas de interés actual (Akagi et al., 2015). En colaboración con la ciencia e ingeniería de materiales, se investiga en materiales avanzados con propiedades mejoradas, como mayor resistencia, ligereza y durabilidad (Zhang & Xu, 2022). La nanotecnología aplicada a la ingeniería mecánica es un campo emergente, explorando formas de mejorar materiales, reducir tamaño de componentes y desarrollar sistemas de precisión (Rakesh Kumar et al., 2023).

La integración de la industria 4.0 y el Internet de las Cosas (IoT) es una prioridad, buscando crear sistemas de producción más inteligentes y conectados con capacidades analíticas y de toma de decisiones avanzadas (Shankarrao Patange & Bharatkumar Pandya, 2023). La investigación en biomecánica se centra en estudiar el comportamiento mecánico de tejidos biológicos y en el diseño de dispositivos y prótesis médicas (Wang et al., 2020). Finalmente, el diseño y desarrollo de vehículos más eficientes, autónomos y conectados, junto con soluciones de transporte sostenible basadas en energías limpias, son áreas de investigación orientadas hacia la movilidad inteligente (Arutselvan & Vijayakumari A., 2015).

Figura 4. Análisis de coocurrencias de palabras claves relacionadas con las publicaciones en Ingeniería Mecánica en Colombia



Nota. Gráfico elaborado en el software VOSviewer a partir de los datos obtenidos en la búsqueda: (AFFIL (mechanical AND engineering) AND AFFILCOUNTRY (Colombia)) realizada en la base de datos Scopus (Elsevier). Datos al mes de junio de 2023. Fuente: Elaboración propia.

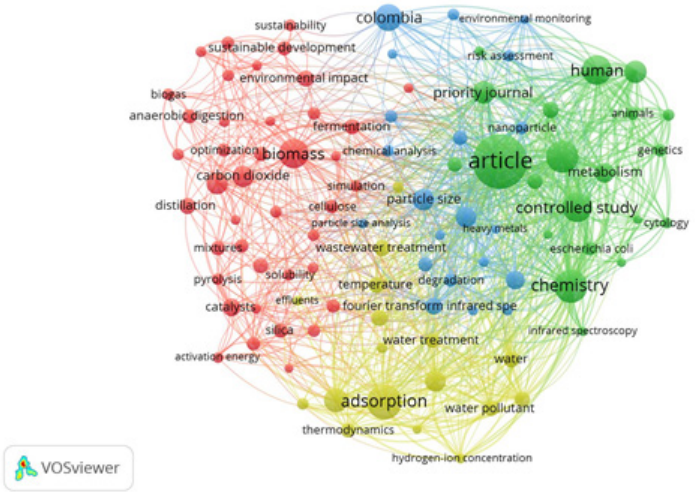
Las tendencias actuales en ingeniería química (ver Figura 8) se enfocan en la producción sostenible y la química verde, procurando desarrollar procesos químicos más eficientes y respetuosos con el entorno. Esto implica emplear métodos que reduzcan el consumo de energía, minimicen residuos y eviten el uso de sustancias tóxicas (Khosravanipour Mostafazadeh et al., 2021). Se investiga también en el uso de microorganismos y sistemas biológicos para producir de forma más sostenible productos químicos, combustibles y materiales (biotecnología y bioprocesos) (Bajpai, 2020).

En el campo de la ingeniería química se llevan a cabo investigaciones para diseñar reactores más eficientes y seguros, además de optimizar las condiciones de reacción para maximizar los rendimientos y minimizar los subproductos (Wrigley et al., 2023). Paralelamente, se investiga en la conversión de energías renovables como la solar y la eólica en formas químicas de almacenamiento y en el desarrollo de tecnologías más eficientes para almacenar energía (Aadil Rasool et al., 2023).

Otro frente de investigación incluye el diseño y la aplicación de nanomateriales y nanopartículas para diversas aplicaciones, como catálisis, detección y liberación controlada de fármacos (Tiza et al., 2023). Además, se indaga en tecnologías para capturar y almacenar el dióxido de carbono emitido por fuentes industriales, lo que contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo este un objetivo común en todas las disciplinas de ingeniería (Davoodi et al., 2023).

La ingeniería química también se concentra en optimizar procesos de producción y desarrollar tecnologías para mejorar la calidad y seguridad de los alimentos (Chen & Hossain, 2007). Además, investiga nuevas técnicas de modelado y simulación para prever el comportamiento de procesos químicos y optimizar su diseño y operación (Rodrigues & Minceva, 2005). Por último, se centra en la gestión segura de productos químicos, la prevención de accidentes y la minimización de riesgos en la manipulación y transporte de sustancias peligrosas (Wood & Fabbri, 2019).

Figura 5. Análisis de coocurrencias de palabras claves relacionadas con las publicaciones en Ingeniería Química en Colombia



Nota. Gráfico elaborado en el software VOSviewer a partir de los datos obtenidos en la búsqueda: (AFFIL (chemical AND engineering) AND AFFILCOUNTRY (Colombia)) realizada en la base de datos Scopus (Elsevier). Datos al mes de junio de 2023. Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la ingeniería de materiales (Figura 9), las tendencias de investigación actuales se centran en los materiales inteligentes y multifuncionales, que pueden modificar sus propiedades ante estímulos externos como la temperatura, la luz o el campo magnético. Estos materiales tienen aplicaciones en sensores, actuadores y sistemas de control (Jain et al., 2023). La ingeniería de materiales explora la manipulación y diseño a nivel nanométrico para obtener propiedades únicas y mejorar el rendimiento en áreas como la electrónica, medicina y energía (Sajid, 2022). Se investiga en el desarrollo de materiales biocompatibles para implantes, prótesis y tejidos artificiales, y en la creación de materiales que fomenten la regeneración de tejidos naturales (medicina regenerativa) (Ainul Hafiza et al., 2023).

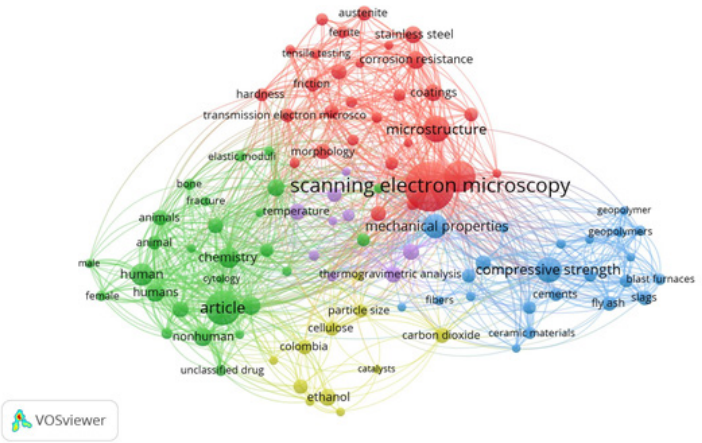
La sostenibilidad está en el centro de la ingeniería de materiales, por ello se enfoca en el diseño de materiales más sostenibles y amigables con el medio ambiente, incluyendo aquellos reciclables y biodegradables (Ritesh Kumar et al., 2023). La investigación se orienta hacia materiales para energías renovables, como celdas solares, baterías de alto rendimiento y materiales para almacenamiento y conversión de energía (Tawalbeh et al., 2023).

Simultáneamente, se trabaja en el desarrollo de materiales capaces de resistir condiciones extremas, como las utilizadas en la industria aeroespacial (Tiwary et al., 2022) y petrolera (Karakoc et al., 2021). La fabricación y procesamiento avanzado de materiales es un área clave, investigando en técnicas de

fabricación más eficientes y precisas como la manufactura aditiva o impresión 3D y la nanofabricación (Hajare & Gajbhiye, 2022). Se centra también en la utilización de herramientas de modelado y simulación para predecir el comportamiento de los materiales a nivel atómico y macroscópico, permitiendo un diseño más preciso y eficiente.

Por último, la ingeniería de materiales busca desarrollar materiales más ligeros, resistentes y eficientes para su uso en la fabricación de vehículos y componentes aeroespaciales (Salunkhe & Rajamani, 2023). Es importante resaltar que estas líneas de investigación consideran los diferentes tipos de materiales, como los metálicos, poliméricos, cerámicos y compuestos.

Figura 6. Análisis de coocurrencias de palabras claves relacionadas con las publicaciones en Ingeniería de los Materiales en Colombia



Nota. Gráfico elaborado en el software VOSviewer a partir de los datos obtenidos en la búsqueda: (AFFIL (materials AND engineering) AND

AFFILCOUNTRY (Colombia)) realizada en la base de datos Scopus (Elsevier). Datos al mes de junio de 2023. Fuente: Elaboración propia.

En general, los resultados obtenidos a partir del análisis bibliométrico y de coocurrencias de palabras claves reflejan la estrecha correlación de las investigaciones científicas que se desarrollan en las escuelas y/o programas de ingeniería con la sostenibilidad ambiental, es decir, queda en evidencia que las tendencias actuales están alineadas con los objetivos de desarrollo sostenible. En este sentido, a continuación, se realiza un análisis acerca de la importancia que tienen las ingenierías en el logro de estas metas de interés mundial.

La investigación en las ingenierías y los objetivos de desarrollo sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un conjunto de 17 objetivos establecidos por las Naciones Unidas en 2015 como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015). Estos objetivos buscan abordar una amplia gama de desafíos mundiales, con el propósito de lograr un futuro más justo, igualitario y sostenible para todas las personas y el planeta (Figura 7). Con relación a estos objetivos mundiales, la investigación en ingeniería tiene un impacto directo al contribuir al desarrollo de soluciones tecnológicas y estrategias que abordan los desafíos sociales, ambientales y económicos que enfrenta el mundo actual. En efecto, al impulsar la innovación y el desarrollo de tecnologías más sostenibles, los

ingenieros desempeñan un papel crucial en la construcción de un futuro más equitativo y resiliente (UNESCO, 2021).

Figura 7. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

Fuente: ONU, 2015.

Algunos de los ODS que están estrechamente relacionados con la ingeniería son:

Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo: Como su nombre lo indica, este objetivo busca abordar la problemática de la pobreza en todas sus dimensiones y trabajar hacia la erradicación total de la pobreza extrema y el hambre (ONU, 2023). La investigación en ingeniería puede ser fundamental para combatir la pobreza desde

diversas perspectivas. Por ejemplo, mediante el desarrollo de tecnologías y soluciones innovadoras que sean asequibles y accesibles para las comunidades más pobres. El diseño de sistemas de agua y saneamiento de bajo costo, sistemas de energía renovable asequibles y tecnologías agrícolas eficientes puede mejorar significativamente la calidad de vida de las poblaciones vulnerables.

Además, la ingeniería puede contribuir al diseño e implementación de infraestructuras básicas, como carreteras, puentes, hospitales y escuelas, esenciales para el desarrollo de comunidades empobrecidas y el acceso a servicios esenciales. La investigación en ingeniería también puede estar orientada a identificar oportunidades de capacitación y formación en habilidades técnicas que incrementen la empleabilidad de las personas en situación de pobreza, permitiéndoles acceder a empleos mejor remunerados y oportunidades económicas.

Por otra parte, la ingeniería agrícola y la investigación en sistemas de cultivo pueden ser clave para aumentar la productividad agrícola y la seguridad alimentaria en comunidades rurales empobrecidas, mejorando los medios de subsistencia y reduciendo la dependencia de la agricultura de subsistencia. La investigación en tecnologías de energía renovable puede proporcionar fuentes de energía asequibles y sostenibles en áreas donde la electricidad es escasa o inexistente, lo cual podría impulsar el desarrollo económico local y mejorar la calidad de vida.

Asimismo, la ingeniería puede contribuir al diseño y construcción de viviendas asequibles, resistentes y sostenibles, mejorando las condiciones de vida de las personas que viven en asentamientos informales o inseguros. Adicionalmente, puede ayudar a planificar y construir infraestructuras resistentes a desastres naturales, lo que reduce la vulnerabilidad de las comunidades pobres ante eventos como terremotos, inundaciones y sequías (Leal Filho et al., 2021).

Objetivo 2. Poner fin al hambre: Este objetivo se centra en abordar el problema del hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición en todo el mundo, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles para garantizar alimentos a largo plazo y el bienestar de las comunidades rurales (ONU, 2023). La ingeniería puede desempeñar un papel fundamental para resolver desafíos relacionados con la seguridad alimentaria, la producción agrícola y la nutrición, aspectos fundamentales en la erradicación del hambre global.

La investigación en ingeniería agrícola puede llevar al desarrollo de técnicas y tecnologías avanzadas para mejorar la productividad de los cultivos. Esto incluye sistemas de riego eficientes, métodos de manejo del suelo, estrategias para controlar plagas y enfermedades, así como la selección genética de plantas resistentes y de alto rendimiento. Ingenieros trabajan en la creación de variedades de cultivos resistentes a condiciones climáticas extremas, como sequías o inundaciones, asegurando así un suministro estable de alimentos en diversas circunstancias.

La investigación en ingeniería puede conducir al diseño de tecnologías y sistemas para el almacenamiento y procesamiento de alimentos, reduciendo las pérdidas poscosecha y mejorando la disponibilidad de alimentos nutritivos. Los ingenieros también pueden optimizar las cadenas de suministro de alimentos, reduciendo el desperdicio y mejorando la distribución eficiente desde los productores hasta los consumidores.

Además, en el ámbito agrícola, la investigación en sistemas de riego puede garantizar un uso más eficiente del agua, asegurando un suministro constante para los cultivos y evitando la pérdida de recursos hídricos. El empleo de tecnologías de precisión, como sensores, drones y análisis de datos, permite la optimización de la planificación y gestión de cultivos, disminuyendo costos y mejorando la producción.

La ingeniería también puede contribuir al desarrollo de tecnologías para enriquecer alimentos básicos con nutrientes esenciales, especialmente en áreas donde la malnutrición es una preocupación. Por último, la investigación en ingeniería se enfoca en herramientas y tecnologías adecuadas para los pequeños agricultores, mejorando su productividad y calidad de vida (Pingali & Plavšić, 2022).

Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades: Este objetivo busca mejorar la calidad de vida y la equidad en el acceso a servicios de salud en todo el mundo (ONU, 2023). Aunque la relación no es tan

directa como en áreas médicas, la ingeniería contribuye significativamente a la salud y el bienestar al desarrollar tecnologías y sistemas que promueven una atención médica eficiente, la seguridad y la calidad de vida.

Por ejemplo, la investigación en ingeniería biomédica se enfoca en el diseño y desarrollo de dispositivos médicos avanzados, como equipos de diagnóstico por imagen, prótesis, dispositivos de monitoreo para pacientes y tecnologías de asistencia para personas con discapacidades. La ingeniería es crucial en la telemedicina y la salud digital, permitiendo la comunicación y el diagnóstico remoto, así como el seguimiento y gestión de la salud a través de aplicaciones y plataformas en línea. Los ingenieros contribuyen al diseño de sistemas de información en salud eficientes, seguros y precisos, mejorando la gestión de datos médicos y la toma de decisiones clínicas.

Además, la ingeniería es esencial en la planificación y diseño de hospitales, clínicas y centros de atención médica, asegurando que estén equipados con tecnología adecuada y cumplan con estándares de seguridad. Se relaciona también con la mejora de sistemas de agua potable y saneamiento, lo que reduce la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y promueve la salud pública. Los ingenieros pueden contribuir al diseño y desarrollo de tecnologías para la prevención y control de enfermedades, como sistemas de purificación de aire, dispositivos de protección personal y tecnologías de desinfección.

La investigación en ingeniería se enfoca en hacer entornos y productos accesibles para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades, promoviendo la inclusión y el bienestar. Los ingenieros trabajan en el diseño de equipos y entornos de trabajo seguros, reduciendo los riesgos laborales y promoviendo la salud ocupacional. Finalmente, la ingeniería contribuye al diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y planes de respuesta ante desastres naturales y emergencias médicas (Sarma, 2023; Sweileh, 2020).

Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos: Este objetivo se centra en los desafíos vinculados al acceso al agua potable, el saneamiento adecuado y la gestión sostenible de los recursos hídricos, con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas y preservar el medio ambiente (ONU, 2023). La ingeniería desempeña un papel crucial en el diseño, desarrollo y mantenimiento de sistemas de suministro de agua potable y saneamiento adecuados, así como en la gestión sostenible de los recursos hídricos.

En relación con la investigación, los ingenieros trabajan en el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable seguros y confiables para comunidades urbanas y rurales, asegurando que el agua sea apta para el consumo humano. Además, son fundamentales en el diseño y construcción de sistemas de saneamiento que incluyen instalaciones para el tratamiento y la eliminación segura y efectiva de aguas residuales. La investigación en ingeniería

está asociada al desarrollo de tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas residuales, garantizando que los efluentes cumplan con los estándares de calidad ambiental.

Los ingenieros también participan en la gestión sostenible de los recursos hídricos, diseñando sistemas de distribución y almacenamiento de agua que eviten la escasez y el desperdicio. En zonas con escasez de agua dulce, la investigación en ingeniería se enfoca en desarrollar tecnologías de desalinización para obtener agua potable a partir del agua de mar. Se desarrollan sistemas de monitoreo y detección para identificar la contaminación del agua y tomar medidas preventivas y correctivas. La ingeniería investiga en la reutilización segura de aguas residuales tratadas para usos no potables, como riego agrícola o uso industrial.

Además, la investigación en ingeniería se centra en el diseño y desarrollo de tecnologías de purificación de agua, como filtración y desinfección, que aseguran el acceso a agua limpia en áreas sin suministro de agua potable (Kanafin & Collinson, 2022; Monteiro et al., 2022). Finalmente, se considera que la ingeniería puede estar involucrada en la educación y sensibilización de comunidades sobre prácticas seguras de gestión del agua y saneamiento (Franco et al., 2019).

Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna: Este objetivo busca enfrentar los desafíos relacionados con el acceso a fuentes de energía sostenibles y asequibles, así como promover la eficiencia

energética y el uso de tecnologías limpias, con el propósito de impulsar el desarrollo humano, reducir la pobreza energética y mitigar los impactos ambientales adversos de la producción y el consumo de energía (ONU, 2023).

En este contexto, la investigación en ingeniería puede contribuir significativamente a garantizar que toda la población tenga acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Esto es fundamental para el desarrollo económico y social, además de para la protección del medio ambiente. Los ingenieros pueden emplear su conocimiento y habilidades para desarrollar nuevas tecnologías y soluciones que aborden los desafíos energéticos actuales.

Por ejemplo, la investigación en ingeniería resulta crucial en el diseño y desarrollo de tecnologías de energía renovable, como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y de biomasa. Estas son esenciales para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el cambio climático. Los ingenieros también trabajan en el desarrollo de soluciones de almacenamiento de energía, como baterías y sistemas de almacenamiento térmico, para aprovechar al máximo la energía generada por fuentes intermitentes como la solar y la eólica.

Además, la ingeniería se relaciona con el diseño de redes eléctricas inteligentes (smart grids) que facilitan la integración y distribución eficiente de energías renovables, mejorando la resiliencia y la estabilidad del sistema. La investigación en ingeniería se centra en tecnologías y prácticas que reduzcan

el consumo de energía en edificios, industrias y transporte, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos energéticos.

Los ingenieros también están contribuyendo al desarrollo de tecnologías de propulsión eléctrica y sistemas de carga para vehículos eléctricos, promoviendo la transición hacia un transporte más sostenible y limpio. Paralelamente, la investigación en ingeniería se enfoca en aprovechar residuos orgánicos para la generación de energía a través de la biomasa y el biogás, disminuyendo la dependencia de los combustibles fósiles.

Por último, la ingeniería investiga en tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, así como en sistemas de generación de energía que minimicen las emisiones contaminantes (Gebara & Laurent, 2023; Madurai Elavarasan et al., 2021; Trinh & Chung, 2023).

Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación: El ODS 9 tiene como propósito acelerar el desarrollo sostenible y crear oportunidades para todos, independientemente de su ubicación o condición económica (ONU, 2023). La investigación en ingeniería desempeña un rol crucial en el logro de este objetivo, ayudando a construir un mundo en el que todos tengan acceso a bienes y servicios esenciales, y en el que todos puedan participar en la economía. Esto es fundamental para el desarrollo sostenible y la creación de un futuro mejor para todos.

La investigación en ingeniería contribuye al diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras esenciales, como carreteras, puentes, edificios, sistemas de transporte y redes de suministro de agua y energía. Por otro lado, los ingenieros impulsan la innovación en diversos campos, desde la biotecnología y la nanotecnología hasta la inteligencia artificial y la robótica, lo que conduce al desarrollo de productos y servicios avanzados.

La ingeniería también contribuye al desarrollo de tecnologías limpias y sostenibles, reduciendo el impacto ambiental de la industria y promoviendo la eficiencia en el uso de los recursos. Los ingenieros están involucrados en la optimización de procesos de fabricación y en la adopción de tecnologías avanzadas para aumentar la productividad y reducir el desperdicio.

En términos de movilidad, la investigación en ingeniería se relaciona con el desarrollo de sistemas de transporte sostenibles, como vehículos eléctricos y sistemas de propulsión limpia, así como con la mejora de la eficiencia energética en la industria. También contribuyen al desarrollo de infraestructuras de telecomunicaciones y sistemas de información, facilitando la conectividad y el acceso a la información a nivel global.

La ingeniería es clave en la creación de infraestructuras digitales que permiten la conectividad a internet y el acceso a servicios en línea, impulsando el desarrollo económico y social.

Además, la ingeniería se enfoca en la planificación y diseño de ciudades inteligentes, utilizando tecnologías avanzadas para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de los servicios y la sostenibilidad.

Finalmente, los ingenieros contribuyen al desarrollo de tecnologías agrícolas avanzadas, como la agricultura de precisión y la automatización, para aumentar la productividad y la sostenibilidad del sector (Kynčlová et al., 2020).

Objetivo 11. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles: Este objetivo se basa en el reconocimiento de que las ciudades desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico y social, aunque también pueden ser un foco de desigualdad, pobreza y contaminación. El ODS 11 busca abordar estos desafíos y crear ciudades más habitables para todos (ONU, 2023).

La investigación en ingeniería, al desarrollar nuevas tecnologías y soluciones, puede contribuir a crear ciudades y comunidades más sostenibles, seguras y prósperas para todos. Se enfoca en el diseño y la planificación de ciudades que promuevan la movilidad sostenible, la accesibilidad, la eficiencia energética y la calidad del aire (Clement et al., 2023).

Los ingenieros también trabajan en el diseño de infraestructuras resistentes a desastres naturales, como edificios seguros, sistemas de drenaje eficientes y redes eléctricas confiables. Contribuyen a la construcción de viviendas seguras y accesibles

para todos, priorizando la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles, incluso aquellos basados en residuos y/o subproductos industriales.

Asimismo, están involucrados en el diseño de sistemas de gestión de residuos y tratamiento de aguas residuales para reducir la contaminación y fomentar la reutilización y el reciclaje (Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano et al., 2023; Monteiro et al., 2022; Obaideen et al., 2022).

La investigación en ingeniería se relaciona con el diseño de sistemas de transporte público eficiente y promueve modos de transporte no motorizados y de bajas emisiones (Carracedo & Mostofi, 2022). Los ingenieros trabajan en la implementación de tecnologías de energía renovable, así como en la gestión eficiente de recursos como el agua y la energía en las ciudades.

Además, contribuyen al diseño y mantenimiento de espacios verdes urbanos que promuevan la salud y el bienestar de los residentes, y trabajan en la creación de infraestructuras digitales que fomenten la conectividad y el acceso a servicios en línea para todos los ciudadanos.

Por último, la investigación en ingeniería puede fomentar la participación ciudadana en la planificación y desarrollo de proyectos urbanos, garantizando que las comunidades sean parte activa en la toma de decisiones.

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: Este objetivo busca que la población produzca y consuma bienes y servicios de manera respetuosa con el medio ambiente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (ONU, 2023). En esta línea, la investigación en ingeniería se centra en desarrollar tecnologías, procesos y enfoques que promuevan la sostenibilidad en la producción y el consumo, reduciendo el impacto ambiental y fomentando prácticas más responsables.

La ingeniería trabaja en el diseño de productos duraderos, reciclables y fabricados con materiales menos perjudiciales para el medio ambiente. Además, se enfoca en optimizar los procesos de producción para reducir el consumo de recursos naturales y minimizar la generación de residuos. Los ingenieros desarrollan tecnologías y procesos para promover el reciclaje y la reutilización, y contribuyen al desarrollo de tecnologías que reduzcan el consumo energético en la producción y fabricación (Opoku et al., 2022).

También se concentran en mejorar la gestión de cadenas de suministro para asegurar que los productos se obtengan de manera responsable y ética. La investigación en ingeniería promueve sistemas de economía circular que prolonguen la vida útil de los productos y reduzcan la extracción de recursos naturales (Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano et al., 2023). Además, se desarrollan y promueven tecnologías limpias en la producción, como procesos de fabricación con bajas emisiones y uso eficiente de recursos.

Asimismo, la ingeniería trabaja en el desarrollo de sistemas de etiquetado y certificación que permitan a los consumidores tomar decisiones informadas sobre los productos que compran (Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano et al., 2023). Finalmente, los ingenieros participan en programas de educación y concientización para promover el consumo responsable entre la población (Franco et al., 2019).

Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos: El ODS 13 busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, adaptarse a los efectos del cambio climático y aumentar la resiliencia frente a estos fenómenos (ONU, 2023). Las ingenierías desempeñan un papel crucial en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en el desarrollo de nuevas tecnologías de energía renovable y en la adaptación a los impactos del cambio climático.

La investigación en ingeniería es fundamental para el desarrollo de tecnologías de energía renovable, como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica. Estas fuentes de energía ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuyen la dependencia de los combustibles fósiles. Asimismo, los ingenieros trabajan en el diseño e implementación de tecnologías y sistemas que reduzcan el consumo de energía en edificios, industrias y transporte, contribuyendo a una menor huella de carbono.

Se investiga en tecnologías que permiten la captura y almacenamiento del dióxido de carbono emitido por fuentes industriales, lo que contribuye a reducir la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Además, se enfocan en el diseño de sistemas de transporte público eficiente y en tecnologías para vehículos eléctricos y de bajas emisiones, disminuyendo las emisiones del sector transporte.

La investigación en ingeniería también contribuye a la gestión sostenible de recursos hídricos y a la adaptación a eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones. Los ingenieros se concentran en el diseño y la construcción de infraestructuras resistentes a los impactos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar, tormentas y fenómenos climáticos extremos. Además, participan en la recopilación de datos climáticos, en la elaboración de modelos predictivos y en la evaluación de los impactos del cambio climático, lo que ayuda a tomar decisiones informadas (Z. Liu et al., 2023).

Por último, la ingeniería puede contribuir a la educación sobre la importancia de la acción climática y las prácticas sostenibles (Franco et al., 2019).

Objetivo 14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos: Este objetivo se enfoca en la preservación y uso sostenible de los océanos y recursos marinos para el beneficio presente y futuro de la humanidad (ONU, 2023). La investigación en ingeniería desempeña un

papel crucial en la protección y restauración de los ecosistemas marinos y la vida submarina.

Los ingenieros desarrollan tecnologías para monitorear continuamente la salud de los ecosistemas marinos, incluyendo sistemas de sensores remotos, boyas oceanográficas y vehículos autónomos submarinos. Además, la investigación en ingeniería impulsa el desarrollo de vehículos submarinos y robots que exploran y mapean hábitats submarinos, contribuyendo a un mejor entendimiento de la biodiversidad y la salud de los océanos.

Se investiga activamente el diseño e implementación de técnicas para la restauración de arrecifes de coral, como el cultivo de corales en viveros y la instalación de estructuras artificiales. Asimismo, la ingeniería desarrolla tecnologías y sistemas para la limpieza y gestión de residuos plásticos y basura marina, reduciendo la contaminación y minimizando el impacto negativo en la vida submarina.

Los ingenieros también investigan prácticas de acuicultura que minimizan los impactos ambientales y promueven la sostenibilidad en la producción de alimentos marinos. Adicionalmente, la investigación en ingeniería contribuye al desarrollo de tecnologías para el seguimiento y protección de especies en peligro, como la detección de redes de pesca fantasma y la reducción de colisiones con embarcaciones.

Objetivo 15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad: Este objetivo apunta a proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, abordar la desertificación y detener la pérdida de biodiversidad (ONU, 2023). La investigación en ingeniería abarca el desarrollo de métodos para restaurar ecosistemas degradados, como la reforestación, la restauración de humedales y la recuperación de tierras degradadas.

Además, la investigación en ingeniería contribuye al diseño e implementación de prácticas de gestión sostenible de recursos naturales, como la gestión de cuencas hidrográficas, la agricultura regenerativa y la pesca sostenible. Los ingenieros también desarrollan sistemas de monitoreo y sensores para evaluar la biodiversidad de los ecosistemas terrestres y realizar un seguimiento de las especies en peligro.

En complemento, la ingeniería trabaja en la implementación de técnicas para prevenir y revertir la desertificación, incluyendo la conservación del suelo, la reforestación y la gestión sostenible de la tierra. Además, los ingenieros pueden estar involucrados en la planificación y diseño de infraestructuras y desarrollos urbanos que minimicen la fragmentación y pérdida de hábitats naturales.

La investigación en ingeniería se relaciona con el diseño e implementación de estrategias de conservación para especies en peligro de extinción, incluyendo programas de reproducción

en cautiverio y reintroducción. Los ingenieros contribuyen a la creación y gestión de áreas protegidas y parques nacionales para salvaguardar la biodiversidad y los ecosistemas terrestres.

Además, la ingeniería desempeña un papel fundamental en la restauración de paisajes degradados mediante técnicas como la reforestación y la recuperación de áreas mineras abandonadas. Por último, los ingenieros pueden participar en programas de educación pública sobre la importancia de la biodiversidad y la necesidad de conservar los ecosistemas terrestres (Franco et al., 2019).

Se desarrollan tecnologías para la reducción de la contaminación marina, incluyendo sistemas de tratamiento de aguas residuales y estrategias para prevenir la filtración de productos químicos y contaminantes al agua. Además, la ingeniería participa en el diseño e implementación de áreas marinas protegidas que preservan la biodiversidad y los hábitats submarinos (Recuero Virto, 2018).

Conclusiones y/o comentarios finales

- La investigación en ingeniería presenta una serie de desafíos y oportunidades para Colombia en áreas clave del desarrollo sostenible. A través de una inversión estratégica en actividades de Investigación, Desarrollo Tecnológico o Innovación (I+D+i), fomento de la colaboración interdisciplinaria y promoción de la transferencia tecnológica, Colombia puede aprovechar su potencial

para abordar problemas complejos y avanzar hacia un futuro más sostenible y próspero.

- Uno de los mayores desafíos para la investigación en ingeniería es asegurar financiamiento adecuado y sostenible. La inversión en Investigación, Desarrollo Tecnológico o Innovación (I+D+i) en Colombia es relativamente baja en comparación con otros países, lo que limita la capacidad de realizar investigaciones de alto impacto.
- Asegurar una fuerza laboral capacitada es esencial para impulsar la investigación en ingeniería. Es importante promover la formación de ingenieros y científicos en disciplinas relevantes para abordar los desafíos del país.
- Transformar los resultados de la investigación en aplicaciones prácticas y productos comerciales es un desafío. Se requieren mecanismos efectivos para la transferencia de tecnología desde la academia hasta la industria.
- La investigación es un pilar fundamental para el avance y la evolución de la ingeniería. Sin investigación constante, la ingeniería corre el riesgo de quedarse estancada y volverse obsoleta en un mundo en constante cambio y desarrollo.
- El futuro de la sociedad y el futuro de la ingeniería están intrínsecamente conectados. Es decir, la manera en que los ingenieros aborden los desafíos técnicos, sociales y ambientales en el presente influirá en cómo se desarrolla y moldea la sociedad en el futuro. La ingeniería tiene el poder de transformar el mundo y mejorar la vida de las personas en todas partes, y su dirección y enfoque tienen

un impacto directo en la evolución de la sociedad en su conjunto."

- Es esencial fomentar el interés de más jóvenes en la ingeniería, incluyendo a mujeres, para asegurar la diversidad de talento y perspectivas en esta importante disciplina. Al fomentar el interés de más jóvenes, especialmente mujeres, en la ingeniería, se fortalece el futuro de esta disciplina y se garantiza que se aborden los desafíos del mundo de manera más inclusiva, innovadora y sostenible.
- La investigación en las ingenierías desempeña un papel fundamental en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas.

Referencias

Aadil Rasool, M., Khalilpour, K., Rafiee, A., Karimi, I., & Madlener, R. (2023). Evaluation of alternative power-to-chemical pathways for renewable energy exports. Energy Conversion and Management, 287, 117010. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117010

ACOFI. (2021). Programas de ingeniería en Colombia. Tercera Edición. https://www.acofi.edu.co/programas-de-ingenieria-en-colombia/

Adetunla, A., Rominiyi, O., Adaramola, B., & Adeoye, A. (2022). Development of a wind turbine for a hybrid solar-wind power system. Heliyon, 8(11), e11458. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11458

Ahmed, A., Ge, T., Peng, J., Yan, W.-C., Tee, B. T., & You, S. (2022). Assessment of the renewable energy generation towards net-zero energy buildings: A review. Energy and Buildings, 256, 111755. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111755

Ainul Hafiza, A. H., Khairunnisa-Atiqah, M. K., Mazlan, N. S. N., Salleh, K. M., & Zakaria, S. (2023). Chapter 14 - Biocompatible and biodegradable materials in medical applications. In D. Inamuddin & T. B. T.-G. S. P. for C. and E. E. and S. Altalhi (Eds.), Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science (pp. 331–358). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95169-2.00010-9

Akagi, T., Fujimoto, S., Kuno, H., Araki, K., Yamada, S., & Dohta, S. (2015). Systematic Educational Program for Robotics and Mechatronics Engineering in OUS Using Robot Competition. Procedia Computer Science, 76, 2–8. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.267

Arutselvan, K., & Vijayakumari A. (2015). Assistive Autonomous Ground Vehicles in Smart Grid. Procedia Technology, 21, 232–239. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.protcy.2015.10.093

Bajpai, P. (2020). Chapter 5 - Bioprocesses in industrial biotechnology. In P. B. T.-B. in the C. I. Bajpai (Ed.), Biotechnology in the Chemical Industry Towards a Green and Sustainable Future (pp. 37–56). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818402-8.00005-7

Bebber, S., Libardi, B., De Atayde Moschen, S., Correa da Silva, M. B., Cristina Fachinelli, A., & Nogueira, M. L. (2021). Sustainable mobility scale: A contribution for sustainability assessment systems in urban mobility. Cleaner Engineering and Technology, 5, 100271. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100271

Bonilla, J. Z. (2002). Ortega y Gasset (Vol. 95). Plaza & Janés.

Carracedo, D., & Mostofi, H. (2022). Electric cargo bikes in urban areas: A new mobility option for private transportation. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 16, 100705. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100705

Čejka, J., Kampf, R., Bartuška, L., Němec, F., & Ližbetín, J. (2016). Comparison of Czech and German Information Systems Used for Exploration of Geological Situation in Civil Engineering Practice. Procedia Engineering, 161, 414–421. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.583

Chen, X. D., & Hossain, M. M. (2007). Advances in the application of chemical engineering principles in food industry. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 46(5), 367–368. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.09.004

Clement, J., Ruysschaert, B., & Crutzen, N. (2023). Smart city strategies – A driver for the localization of the sustainable development goals? Ecological Economics, 213, 107941. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107941

Das, S. R., Ray, P. K., Sahoo, A. K., Singh, K. K., Dhiman, G., & Singh, A. (2021). Artificial intelligence based grid connected inverters for power quality improvement in smart grid applications. Computers & Electrical Engineering, 93, 107208. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107208

Davoodi, S., Al-Shargabi, M., Wood, D. A., Rukavishnikov, V. S., & Minaev, K. M. (2023). Review of technological progress in carbon dioxide capture, storage, and utilization. Gas Science and Engineering, 117, 205070. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jgsce.2023.205070

Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (1998). The landscape of qualitative research. New Delhi: Sage Publications.

EMAVI. (2023). Investigación | Escuela Militar de Aviación - EMAVI. Investigación EMAVI. https://www.emavi.edu.co/es/investigacion

Franco, I., Saito, O., Vaughter, P., Whereat, J., Kanie, N., & Takemoto, K. (2019). Higher education for sustainable development: actioning the global goals in policy, curriculum and practice. Sustainability Science, 14(6), 1621–1642. https://doi.org/10.1007/s11625-018-0628-4

Friman, H. (2017). New Trends in the Higher Education: Renewable Energy at the Faculty of Electrical Engineering. Energy Procedia, 115, 18–28. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.003

Gallego-Torres, A. P., Gonzales-Crespo, R., Gallego-Torres, A. P., & Gonzales-Crespo, R. (2017). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA. Revista Científica, 29, 115–115. http://www.scielo.

org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532017000200115&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano, C., Samani, P., & van der Meer, Y. (2023). How can the circular economy support the advancement of the Sustainable Development Goals (SDGs)? A comprehensive analysis. Sustainable Production and Consumption, 40, 352–362. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.003

Garzón, C., & Moreno, C. (2011). La facultad de ingeniería 2030. Ingeniería e Investigación, 31, 91–99. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/43765

Gebara, C. H., & Laurent, A. (2023). National SDG-7 performance assessment to support achieving sustainable energy for all within planetary limits. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 173, 112934. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112934

Gomez Rosselli, S., & Rosselli, D. (2021). Bibliometric analysis of engineering publications in Colombia, 2010-2019: a Scopus analisis. DYNA, 88(216 SE-Artículos), 9–14. https://doi.org/10.15446/dyna.v88n216.89837

Hajare, D. M., & Gajbhiye, T. S. (2022). Additive manufacturing (3D printing): Recent progress on advancement of materials and challenges. Materials Today: Proceedings, 58, 736–743. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.391

Hao, H., Bi, K., Chen, W., Pham, T. M., & Li, J. (2023). Towards next generation design of sustainable, durable, multi-hazard resistant, resilient, and smart civil engineering structures. Engineering Structures, 277, 115477. https://

doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115477

Jain, N., Nandu Ovhal, S., Patil, V., & Nani Kartik, K. (2023). Smart materials – A state-of-the-art-review. Materials Today: Proceedings, 82, 381–389. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.226

Kanafin, Y. N., & Collinson, S. R. (2022). Advanced Technologies in Water Treatment. In W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, A. Lange Salvia, & T. Wall (Eds.), Clean Water and Sanitation (pp. 24–35). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95846-0_161

Karakoc, O., Yegin, Y., Ozdogan, M., Salman, M., Nagabandi, N., Yegin, C., Yurukcu, M., & Murat Sari, M. (2021). Chapter 1 - Smart and state-of-the-art materials in oil and gas industry. In M. M. Sari, C. Temizel, C. H. Canbaz, L. A. Saputelli, & O. B. T.-S. M. for T. and A. E. Torsæter (Eds.), Advanced Materials and Sensors for the Oil and Gas Industry (Vol. 2, pp. 1–51). Gulf Professional Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824379-4.00005-7

Kataray, T., Nitesh, B., Yarram, B., Sinha, S., Cuce, E., Shaik, S., Vigneshwaran, P., & Roy, A. (2023). Integration of smart grid with renewable energy sources: Opportunities and challenges – A comprehensive review. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 58, 103363. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103363

Khosravanipour Mostafazadeh, A., Karimiestahbanati, M., Diop, A., Adjallé, K., Drogui, P., & Tyagi, R. D. (2021). Chapter 20 - Green Chemistry for Green Solvent Production and Sustainability Toward Green Economy. In A. Pandey, R. D.

Tyagi, & S. B. T.-B. Varjani Biofuels, Biochemicals (Eds.), Biomass, Biofuels, Biochemicals Circular Bioeconomy - Current Status and Future Outlook (pp. 583–636). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821878-5.00017-9

Kumar, Rakesh, Kumar, M., & Luthra, G. (2023). Fundamental approaches and applications of nanotechnology: A mini review. Materials Today: Proceedings. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.172

Kumar, Ritesh, Sadeghi, K., Jang, J., & Seo, J. (2023). Mechanical, chemical, and bio-recycling of biodegradable plastics: A review. Science of The Total Environment, 882, 163446. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163446

Kynčlová, P., Upadhyaya, S., & Nice, T. (2020). Composite index as a measure on achieving Sustainable Development Goal 9 (SDG-9) industry-related targets: The SDG-9 index. Applied Energy, 265, 114755. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114755

Leal Filho, W., Lovren, V. O., Will, M., Salvia, A. L., & Frankenberger, F. (2021). Poverty: A central barrier to the implementation of the UN Sustainable Development Goals. Environmental Science & Policy, 125, 96–104. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.08.020

Lino, F. A. M., Ismail, K. A. R., & Castañeda-Ayarza, J. A. (2023). Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. Energy Nexus, 100232. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100232

Liu, C., Zhang, P., & Xu, X. (2023). Literature review of digital twin technologies for civil infrastructure. Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience, 2(3), 100050. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iintel.2023.100050

Liu, Z., Zhang, Y., Ni, X., Dong, M., Zhu, J., Zhang, Q., & Wang, J. (2023). Climate action may reduce the risk of unemployment: An insight into the city-level interconnections among the sustainable development goals. Resources, Conservation and Recycling, 194, 107002. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107002

Lu, X., Liao, W., Fang, D., Lin, K., Tian, Y., Zhang, C., Zheng, Z., & Zhao, P. (2020). Quantification of disaster resilience in civil engineering: A review. Journal of Safety Science and Resilience, 1(1), 19–30. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2020.06.008

Madurai Elavarasan, R., Pugazhendhi, R., Jamal, T., Dyduch, J., Arif, M. T., Manoj Kumar, N., Shafiullah, G. M., Chopra, S. S., & Nadarajah, M. (2021). Envisioning the UN Sustainable Development Goals (SDGs) through the lens of energy sustainability (SDG 7) in the post-COVID-19 world. Applied Energy, 292, 116665. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116665

MEN. (2023). Ministerio de Educación Nacional. https://www.mineducacion.gov.co/portal/

MINCIENCIAS. (2023). Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. https://www.minciencias.gov.co/

Mir, M.L.; Riera, M.A. (2004). "L'educació infantil a les Illes Balears". Anuari del'Educació de les Illes Balears. Fundació Guillem Cifre. Caixa d'Estalvis de Colonya de Pollença.

Mishra, M., Lourenço, P. B., & Ramana, G. V. (2022). Structural health monitoring of civil engineering structures by using the internet of things: A review. Journal of Building Engineering, 48, 103954. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103954

Mitsch, W. J., & Mander, Ü. (1997). Remediation of ecosystems damaged by environmental contamination: Applications of ecological engineering and ecosystem restoration in Central and Eastern Europe. Ecological Engineering, 8(4), 247–254. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-8574(97)00021-9

Mitzner, K., DOE, B. O. B., Akulin, A., Suponin, A., & Müller, D. (2019). Chapter 1 - Introduction to printed circuit board design and computer-aided design (K. Mitzner, B. O. B. DOE, A. Akulin, A. Suponin, & D. B. T.-C. P. C. B. D. U. O. C. and P. C. B. E. (Second E. Müller (eds.); pp. 1–15). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817684-9.00001-1

Monteiro, T. C. N., Venero, H., Alcayhuman, R. M., & de Carvalho, R. C. (2022). The Objectives of Sustainable Development of Water and Sanitation in Latin America. In J. Rajapakse (Ed.), Safe Water and Sanitation for a Healthier World: A Global View of Progress Towards SDG 6 (pp. 9–31). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94020-1_2

Nuaimi, M., Fourati, L. C., & Hamed, B. Ben. (2023). Intelligent approaches toward intrusion detection systems for Industrial Internet of Things: A systematic comprehensive review. Journal of Network and Computer Applications, 215, 103637. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jnca.2023.103637

Obaideen, K., Shehata, N., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A., Mahmoud, M. S., & Olabi, A. G. (2022). The role of wastewater treatment in achieving sustainable development goals (SDGs) and sustainability guideline. Energy Nexus, 7, 100112. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100112

ONU. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

ONU. (2023). Objetivos de Desarrollo Sostenible. 17 Objetivos Para Transformar Nuestro Mundo. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/

Opoku, A., Deng, J., Elmualim, A., Ekung, S., Hussien, A. A., & Buhashima Abdalla, S. (2022). Sustainable procurement in construction and the realisation of the sustainable development goal (SDG) 12. Journal of Cleaner Production, 376, 134294. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134294

Oughton, E., Frias, Z., Russell, T., Sicker, D., & Cleevely, D. D. (2018). Towards 5G: Scenario-based assessment of the future supply and demand for mobile telecommunications infrastructure. Technological

Forecasting and Social Change, 133, 141–155. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.016

Palanichamy, Y., Kargar, M., & Zolfagharinia, H. (2021). Unearthing trends in environmental science and engineering research: Insights from a probabilistic topic modeling literature analysis. Journal of Cleaner Production, 317, 128322. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128322

Peña - Reyes, J. I. (2011). Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad . In Ingeniería e Investigación (Vol. 31, pp. 100–111). scieloco .

Pérez-Pérez, M. P., Gómez, E., & Sebastián, M. A. (2019). Analysis of additive manufacturing contents in Mechanical Engineering degrees at Spanish universities. Procedia Manufacturing, 41, 468–475. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.034

Pertuz-Comas, A., González-Estrada, O. A., & Graciano, C. (2019). Investigación en ingeniería en Colombia. Revista UIS Ingenierías, 19(1 SE-Editorial), 7–14. https://doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2020021

Pingali, P., & Plavšić, M. (2022). Hunger and environmental goals for Asia: Synergies and trade-offs among the SDGs. Environmental Challenges, 7, 100491. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100491

Portafolio. (2020). La importancia de los centros de investigación e innovación en las organizaciones. Innovación. https://www.portafolio.co/innovacion/la-importancia-de-los-centros-de-investigacion-e-en-las-organizaciones-538410

Poveda Ramos, G. (2009). LA INGENIERÍA EN COLOMBIA. Lámpsakos, 1, 46–53. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=613965349006

Quiroga, S. (2006). La investigación en las facultades de ciencias básicas [Universidad Nacional Del Mar Del Plata]. http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/689/1/quiroga_sl.pdf

Razmjoo, A., Gandomi, A. H., Pazhoohesh, M., Mirjalili, S., & Rezaei, M. (2022). The key role of clean energy and technology in smart cities development. Energy Strategy Reviews, 44, 100943. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100943

Recuero Virto, L. (2018). A preliminary assessment of the indicators for Sustainable Development Goal (SDG) 14 "Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development." Marine Policy, 98, 47–57. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.036

Regassa Hunde, B., & Debebe Woldeyohannes, A. (2022). Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing. Results in Engineering, 14, 100478. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100478

Robayo-Salazar, R., Mejía de Gutiérrez, R., Villaquirán-Caicedo, M. A., & Delvasto Arjona, S. (2023). 3D printing with cementitious materials: Challenges and opportunities for the construction sector. Automation in Construction, 146, 104693. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104693

Rodrigues, A. E., & Minceva, M. (2005). Modelling and simulation in chemical engineering: Tools for process innovation. Computers & Chemical Engineering, 29(6), 1167–1183. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2005.02.029

Roostaei, J., Wager, Y. Z., Shi, W., Dittrich, T., Miller, C., & Gopalakrishnan, K. (2023). IoT-based edge computing (IoTEC) for improved environmental monitoring. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 38, 100870. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.suscom.2023.100870

Runge, P., Sölch, C., Albert, J., Wasserscheid, P., Zöttl, G., & Grimm, V. (2023). Economic comparison of electric fuels for heavy duty mobility produced at excellent global sites - a 2035 scenario. Applied Energy, 347, 121379. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121379

Sajid, M. (2022). Nanomaterials: types, properties, recent advances, and toxicity concerns. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100319. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100319

Salunkhe, S., & Rajamani, D. (2023). Chapter 3 - Current trends of metal additive manufacturing in the defense, automobile, and aerospace industries. In S. Salunkhe, S. T. Amancio-Filho, & J. P. B. T.-A. in M. A. M. Davim (Eds.), *Woodhead Publishing Reviews: Mechanical Engineering Series* (pp. 147–160). Woodhead Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91230-3.00004-4

Sarma, M. K. (2023). Sustainable Development Goals (SDG 3) "Health and Well-Being": What's Ailing North–

Eastern States? BT - Sustainable Development Goals in Northeast India: Challenges and Achievements. In S. Anand, M. Das, R. Bhattacharyya, & R. B. Singh (Eds.), Sustainable Development Goals in Northeast India. *Advances in Geographical and Environmental Sciences* (pp. 221–233). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6478-7_12

Shankarrao Patange, G., & Bharatkumar Pandya, A. (2023). How artificial intelligence and machine learning assist in industry 4.0 for mechanical engineers. *Materials Today: Proceedings*, 72, 622–625. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.201

SNIES. (2021). Información Poblacional. Estadísticas históricas de la educación superior en Colombia. Sistema Nacional de Información de Educación Superior. https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/poblacional

Sun, J., Wu, M., Jiang, H., Fan, X., & Zhao, T. (2021). Advances in the design and fabrication of high-performance flow battery electrodes for renewable energy storage. *Advances in Applied Energy*, 2, 100016. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100016

Suppipat, S., & Hu, A. H. (2022). A scoping review of design for circularity in the electrical and electronics industry. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 13, 200064. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200064

Sweileh, W. M. (2020). Bibliometric analysis of scientific publications on "sustainable development goals" with emphasis on "good health and well-being" goal

(2015–2019). *Globalization and Health*, 16(1), 68. https://doi.org/10.1186/s12992-020-00602-2

Tawalbeh, M., Khan, H. A., Al-Othman, A., Almomani, F., & Ajith, S. (2023). A comprehensive review on the recent advances in materials for thermal energy storage applications. *International Journal of Thermofluids*, 18, 100326. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100326

Tiwari, S., Si Mohammed, K., Mentel, G., Majewski, S., & Shahzadi, I. (2023). Role of circular economy, energy transition, environmental policy stringency, and supply chain pressure on CO2 emissions in emerging economies. *Geoscience Frontiers*, 101682. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101682

Tiwary, A., Kumar, R., & Chohan, J. S. (2022). A review on characteristics of composite and advanced materials used for aerospace applications. *Materials Today: Proceedings*, 51, 865–870. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.276

Tiza, T. M., Kpur, G., Ogunleye, E., Sharma, S., Singh, S. K., & Likassa, D. M. (2023). The potency of functionalized nanomaterials for industrial applications. *Materials Today: Proceedings*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.212

Tomás, T., Andrés, M. R. R., Hernando, M. V., & Augusto, R. C. (2011). Reseñas de grandes hitos de la ingeniería en colombia. *Ingeniería e Investigación*, 31, 137–152. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/43768

Torres Sánchez, J., & Salazar, L. A. (2002). *Introducción a la historia de la ingeniería y de la educación en Colombia*.

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. https://books.google.es/books?id=zIB-SIvNbpIUC

Trinh, V. L., & Chung, C. K. (2023). Renewable energy for SDG-7 and sustainable electrical production, integration, industrial application, and globalization: Review. *Cleaner Engineering and Technology*, 15, 100657. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100657

U-Sapiens. (2022). Las mejores universidades de Colombia 2022. https://www.srg.com.co/lasmejoresuniversidades-usapiens

Ulloa, G. (2010). ¿QUÉ PASA CON LA INGENIERÍA EN COLOMBIA? *Ingeniería y Sociedad*, 0(2 SE-ARTÍCULOS), 38–41. https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingeso/article/view/7303

UNESCO. (2021). Ingeniería para el desarrollo sostenible. In *Centro Internacional para la Educación en Ingeniería*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634_spa

Valencia-Giraldo, A. (2000). Breve historia de la Ingeniería. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 0(20 SE-Articles), 119–136. https://doi.org/10.17533/udea.redin.325852

Wang, Y., Tan, Q., Pu, F., Boone, D., & Zhang, M. (2020). A Review of the Application of Additive Manufacturing in Prosthetic and Orthotic Clinics from a Biomechanical Perspective. *Engineering*, 6(11), 1258–1266. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.07.019

Wood, M. H., & Fabbri, L. (2019). Challenges and opportunities for

assessing global progress in reducing chemical accident risks. *Progress in Disaster Science*, 4, 100044. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100044

Wrigley, P., Wood, P., Robertson, D., Joannou, J., O'Neill, S., & Hall, R. (2023). Modular reactors: What can we learn from modular industrial plants and off site construction research. Nuclear Engineering and Technology, In *Press*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.net.2023.07.023

Xu, J., & Xu, Z. (2022). China sewage treatment engineering issues assessment. *Journal of Cleaner Production*, 377, 134391. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134391

Zhang, W., & Xu, J. (2022). Advanced lightweight materials for Automobiles: A review. *Materials & Design*, 221, 110994. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110994

Información sobre los autores

PhD. CLARA LUCÍA BURBANO GONZÁLEZ
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
Correo: clara.burbano@emavi.edu.co; claritaluciab@gmail.com
https://orcid.org/0000-003-0266-2692

Doctora en Educación con énfasis en Investigación y Entornos virtuales de Aprendizaje, magíster en Educación Superior con énfasis en Investigación y Tecnologías de la Información y Comunicación, especialista en Sistemas Gerenciales de Ingeniería, énfasis en Producción, Proyectos y Mercadeo, Ingeniera de Sistemas y Telemática, Certificación en CISCO, Redes y Comunicación. Actualmente se desempeña como Docente Investigador para el Programa Ingeniería Informática de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" - EMAVI, Fuerza Aeroespacial Colombiana. Directora de Investigación para proyectos en la maestría en Ingeniería en Seguridad de la Información (Universidad Mayor – Chile), directora de proyectos doctorales en UMECIT - Universidad Metropolitana de Ciencia y Tecnología | Panamá. Directora de Investigación en UNIMINUTO Rectoría Sur Occidente. Par Investigador, docente en Gestión de Proyectos de la Universidad Javeriana – Cali.

PhD. Gustavo E. Constaín M.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD
https://orcid.org/0000-0003-4917-3618

Ingeniero de sistemas, especialista en pedagogía para el desarrollo del aprendizaje autónomo, magíster internacional en Educación y TIC [e-learning], diplomado en Educación Virtual, diplomado en Innovación y Emprendimiento, magíster en Computación, estudiante de Doctorado en Ciencias de la Electrónica. Docente universitario con amplia experiencia

e investigador en temas de Educación Virtual, Interacción Humano-Computador y Gestión del conocimiento.

PhD. Cristian Barría Huidobro
Centro de Investigación en Ciberseguridad (CICS)
Universidad Mayor
Correo: cristian.barria@umayor.cl
https://orcid.org/0000-0002-5840-7407

Doctor en Ingeniería Informática, con estudio postdoctoral en alta investigación en educación multicultural, y estudio postdoctoral en gestión de redes sociales. Magíster en Ciencias de la Ingeniería Informática. Magíster en Planificación y Gestión Educacional. Licenciado en Informática. Licenciado en Ciencias de la Ingeniería. Ingeniero en Informática e Ingeniero en Administración. En la actualidad se desempeña como director del Centro de Investigación en Ciberseguridad de la Universidad Mayor.

Mgtr. Lorena Galeazzi Ávalos
Universidad Mayor
Centro de Investigación de Ciberseguridad
https://orcid.org/0000-0003-3204-5863

Investigadora del Centro de Investigación en Ciberseguridad de la Universidad Mayor. Doctora (C) en Ciencias de la Electrónica. Magíster en Seguridad de la Información. Ingeniera en Conectividad y Redes.

PhD. Rafael Andrés Robayo-Salazar
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
Fuerza Aeroespacial Colombiana
https://orcid.org/0000-0003-1687-2885

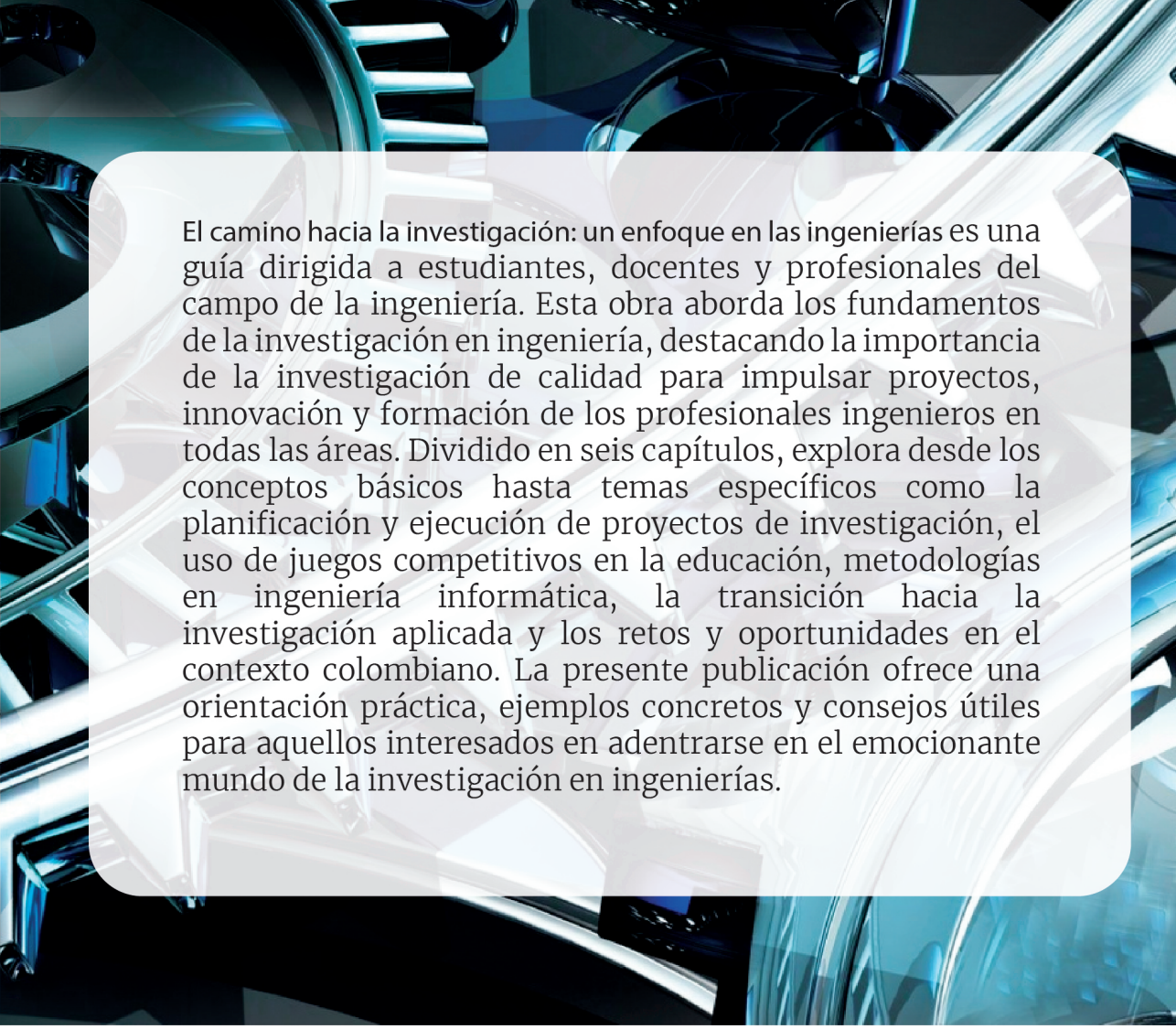
Ingeniero de Materiales con Doctorado en Ingeniería y Postdoctorado de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). Docente Universitario e Investigador con participación en diversos proyectos de investigación, desarrollo e innovación

(I+D+i) patrocinados por el Gobierno Colombiano y el sector industrial. Reconocido por MINCIENCIAS como Investigador Junior y Par Evaluador del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI). Investigador miembro del Grupo Materiales Compuestos (GMC) (categoría A1) de la Universidad del Valle y Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales (GIEA) (categoría B) de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Co-inventor de una patente de invención nacional (universidad-empresa) y autor de 42 artículos de investigación publicados en revistas científicas indexadas. Ponente y conferencista en más de 32 eventos, seminarios y/o congresos de carácter nacional e internacional. Con experiencia de haber realizado estancias de investigación internacionales en el Centro de Territorio, Ambiente y Construcción (CTAC) de la Escuela de Ingeniería de la Universidade do Minho en Guimarães-Portugal y el Instituto de las Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC) de Madrid-España. Beneficiario de los programas "Joven Investigador e Innovador Colciencias 2012", "Formación Doctoral en Colombia Colciencias 2013" y "Programa de Estancias Postdoctorales en Entidades del SNCTeI 2019". Distinguido con la mención de Laureado, tanto en el Pregrado como en el Doctorado. Co-director de 14 trabajos de grado y jurado en 20 comités de evaluación de tesis a nivel de pregrado y postgrado. Sus áreas de investigación se centran en: Diseño, desarrollo, optimización y caracterización avanzada de materiales compuestos; materiales de construcción; materiales cerámicos; durabilidad de los materiales; aprovechamiento de residuos y sub-productos industriales; tecnología avanzada del concreto; cementos alternativos y concretos especiales.

Diagramación y diseño:
Alejandra Rodríguez
Correo: ctpbusiness1089@gmail.com
Cel: +57 302 2890748

Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas
Lora en sus respectivas variaciones a 12 puntos para el contenido
y para títulos de capitualres Poppins a 28 pts.
Impreso en el mes de diciembre de 2023.
100 ejemplares

EF Business Outsourcing SAS
Carrera 10 D 23 26 Sur
Bogotá, Cundinamarca
Colombia
Cel: (+57) 310 774 012



El camino hacia la investigación: un enfoque en las ingenierías es una guía dirigida a estudiantes, docentes y profesionales del campo de la ingeniería. Esta obra aborda los fundamentos de la investigación en ingeniería, destacando la importancia de la investigación de calidad para impulsar proyectos, innovación y formación de los profesionales ingenieros en todas las áreas. Dividido en seis capítulos, explora desde los conceptos básicos hasta temas específicos como la planificación y ejecución de proyectos de investigación, el uso de juegos competitivos en la educación, metodologías en ingeniería informática, la transición hacia la investigación aplicada y los retos y oportunidades en el contexto colombiano. La presente publicación ofrece una orientación práctica, ejemplos concretos y consejos útiles para aquellos interesados en adentrarse en el emocionante mundo de la investigación en ingenierías.

FUERZA AEROESPACIAL COLOMBIANA

SIC ITUR AD ASTRA

ASÍ SE VA A LAS ESTRELLAS

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN

LA CIENCIA MI RUTA MI META EL ESPACIO

ISBN: 978-628-95947-6-8

9 786289 594768