Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. ISSN 1317-6781
Caracas, Nº 69 Octubre-Diciembre 2025: 21 – 39

Recibido: febrero 2024
Aprobado: diciembre 2025

DESARROLLO, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN TECNOLÓGICA EN LA ERA DIGITAL[1]

Jonás A. MONTILVA C.[2]

RESUMEN

Este artículo aborda las relaciones que existen entre el desarrollo, la innovación y la educación tecnológica en la era digital. Del desarrollo tecnológico se destaca su importancia a lo largo de la historia, se establecen las relaciones entre técnica y tecnología y se describe el fenómeno de aceleración tecnológica que caracteriza al desarrollo tecnológico en la sociedad actual. Se explora, también, el papel de las ciencias, las ingenierías y la tecnología como disciplinas que contribuyen al desarrollo e innovación de nuevas tecnologías. Se propone un modelo conceptual del desarrollo tecnológico que identifica y relaciona los procesos utilizados por la ingeniería y la tecnología para crear nuevos productos tecnológicos y utilizarlos en la resolución de problemas de carácter ingenieril. Con respecto a la innovación tecnológica, se analiza su relación con el desarrollo tecnológico y se describen las etapas que se siguen para innovar y desarrollar productos y servicios tecnológicos novedosos. Por último, se examinan los retos que la aceleración tecnológica impone a la educación formal y se establecen varias estrategias que pueden coadyuvar a resolver los problemas de alineación tecnologías-educación y a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje tecnológico, mediante la aplicación de un conjunto de técnicas propias de la inteligencia artificial generativa y de la neurociencia del aprendizaje.

ABSTRACT

Development, Innovation, and Technology Education in the Digital Era

This article examines the relationships between development, innovation, and technology education in the digital age. It highlights the historical importance of technological development, establishes the connections between technique and technology, and describes the phenomenon of technological acceleration characteristic of contemporary society. The role of sciences, engineering, and technology as disciplines contributing to the development and innovation of new technologies is explored. A conceptual model of technological development is proposed, identifying and relating the processes used by engineering and technology to create new technological products and apply them to solving engineering problems. Regarding technological innovation, its relationship with technological development is analyzed, and the stages followed to innovate and develop novel technological products and services are described. Finally, the challenges that technological acceleration imposes on formal education are examined, and several strategies are established to help resolve the misalignment between technology and education and to improve technological teaching and learning processes. These strategies involve the application of techniques from generative artificial intelligence and the neuroscience of learning.

Palabras clave: Desarrollo tecnológico, innovación tecnológica, educación tecnológica, aceleración tecnológica digital, inteligencia artificial generativa en la educación, neurociencia del aprendizaje.
Keywords: Technological development, technological innovation, technology education, digital technological acceleration, generative AI in education, learning neuroscience.

Introducción

Desde finales del milenio pasado, la humanidad ha visto un crecimiento acelerado de las tecnologías, a un punto tal que no existe sector alguno de la sociedad contemporánea que no haya sido transformado, en modo alguno, por tecnologías digitales como: la computación móvil, las redes sociales, la realidad virtual y ampliada, la cadena de bloques, el internet de las cosas y, más recientemente, la inteligencia artificial generativa.

La mayoría de estas tecnologías se ha convertido, en muy corto tiempo, en tecnologías ubicuas de uso generalizado y cotidiano. Este fenómeno de crecimiento tecnológico, y su rápida penetración en el mercado, se puede apreciar mejor a través del impacto reciente ocasionado por la inteligencia artificial generativa ChatGPT. Esta tecnología la desarrolló y la liberó, para uso público, la empresa OpenAI a finales de noviembre del año 2022. En solo dos meses, alcanzó la cifra

[1] Presentado en el Congreso Venezolano de Ingeniería Civil 2024. Caracas. Venezuela. 21 – 23 de febrero 2024.

[2] Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Departamento de Computación, Mérida, Venezuela. Correo-e.: jonas@ula.ve / jmontilva@gmail.com

récord de 100 millones de usuarios activos. A otras tecnologías digitales recientes, como Tiktok, Instagram, Pinterest, Telegram y Uber, les tomó 9, 30, 41, 61 y 70 meses, respectivamente, alcanzar los 100 millones de usuarios activos. Si se comparan estas cifras con el teléfono analógico, inventado a mediados del siglo XIX, el cual necesitó más de 75 años para alcanzar la mencionada cifra de usuarios, se ve claramente el fenómeno de crecimiento e impacto que tienen las tecnologías en la sociedad actual conocida como sociedad digital o sociedad 4.0.

El desarrollo tecnológico, la innovación y la educación juegan un papel fundamental en esta sociedad enmarcada en lo que conocemos como era digital, esto es, una etapa en la evolución de la humanidad que abarca el inicio, apogeo, madurez y declinación de una revolución tecnológica que se inició a mediados del siglo XX con el desarrollo de la computación y la informática. Las transformaciones que en esta sociedad se están dando están cada vez más regidas por el desarrollo tecnológico y la innovación. Vemos, por ejemplo, como en el sector económico, ocho (8) de las diez (10) empresas más grandes del mundo (aquellas con el mayor valor de capitalización bursátil para marzo 2023) son empresas dedicadas al desarrollo de nuevas tecnologías, particularmente, digitales (Statista, 2023). Las empresas tecnológicas Apple, Microsoft, Alphabet y Amazon encabezan esta lista. De acuerdo al portal Forbes Advisor (2023), se estima que solo la inteligencia artificial contribuirá con un 21 % de incremento neto en el producto interno bruto de los Estados Unidos para el año 2030.

Estas cifras reflejan la importancia que el desarrollo y la innovación tecnológica tienen, actualmente, en esta sociedad cada vez más digitalizada y más determinada por las tecnologías. La educación formal, aquella que se da en instituciones educativas, se hace cada vez más necesaria para poder formar el talento humano que esta sociedad requiere. Para ello, es necesario que la educación, particularmente la universitaria, esté a la par del desarrollo tecnológico, de manera tal que se puedan formar los líderes y profesionales que la sociedad digital está demandando. Sin embargo, el sector de la educación formal no ha tenido un desarrollo equiparable al de otros sectores de la sociedad digital, como, por ejemplo, los sectores empresariales e industriales. En la mayoría de las universidades del mundo aún se sigue enseñando con los métodos tradicionales. El mayor avance tecnológico de la última década está relacionado con la educación virtual y el uso de tecnologías como la videoconferencia y los sistemas de gestión de aprendizaje. Es, por lo tanto, necesario que el desarrollo tecnológico y la innovación lleguen al sector educativo y que las tres formen un trinomio inseparable, en el que la educación formal prepare los profesionales que la sociedad digital está exigiendo ante un avance cuasiexponencial de las tecnologías.

En este artículo de carácter ensayístico, intentaremos responder varias interrogantes que están relacionadas con el desarrollo, la innovación y la educación tecnológica en la era digital: En primer lugar, trataremos de dar respuesta a las preguntas siguientes: ¿qué es el desarrollo tecnológico? ¿cuál ha sido su evolución histórica? ¿qué es el fenómeno de aceleración tecnológica y qué ley la rige? ¿qué papel juegan las ciencias, las ingenierías y las tecnologías en el desarrollo tecnológico? y ¿qué procesos utilizan la ingeniería y la tecnología para lograr sus objetivos? En segundo lugar, nos centraremos en responder: ¿qué es la innovación tecnológica? ¿cómo ella se relaciona con el desarrollo tecnológico? y ¿qué etapas se siguen para innovar y desarrollar productos tecnológicos? Y, finalmente, veremos cómo las tecnologías digitales obligan a la educación a transformarse para adecuarse a las exigencias y requisitos de una sociedad que está cada vez más determinada por las tecnologías. Veremos, también, cómo la inteligencia artificial, en conjunto con la neurociencia, puede contribuir a transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para ello, se ha dividido el artículo en tres partes relacionadas con los tres elementos que conforman su título: el desarrollo, la innovación y la educación tecnológica en la era digital.

El desarrollo tecnológico

A lo largo de la historia de la humanidad, el desarrollo tecnológico ha sido un factor fundamental en la evolución de las sociedades humanas. Las tecnologías han mejorado significativamente la calidad de vida de los seres humanos, han hecho crecer la economía mundial y han modificado la manera como vivimos, trabajamos, nos comunicamos, nos desplazamos, nos entretenemos y nos educamos. La influencia de las tecnologías en las transformaciones sociales es cada vez mayor. El internet y todas sus tecnologías de información y comunicación, por ejemplo, cambiaron, a finales del siglo pasado, la manera en que nos comunicamos y nos informamos. En esta última década del nuevo milenio, las inteligencias artificiales generativas, junto a otras tecnologías digitales como la realidad virtual y ampliada, las plataformas de videoconferencia y los juegos digitales están cambiando la manera como enseñamos, aprendemos, nos entretenemos y realizamos actividades vinculadas con la gestión de información y conocimiento. En un futuro cercano, el metaverso, la nanotecnología, la computación cuántica, la robótica, entre otras, habrán de ocasionar mayores transformaciones en la sociedad que son difíciles de predecir con exactitud en este momento.

Visto como un proceso, el desarrollo tecnológico consiste en la creación de nuevas tecnologías o la mejora de las existentes. Este proceso requiere la aplicación de conocimientos científicos, procesos de la ingeniería y uso de tecnologías existentes. La interrelación entre la ciencia, la ingeniería y la tecnología es un factor fundamental para el desarrollo tecnológico. Si bien, estas tres disciplinas tienen su propia identidad, el desarrollo tecnológico, particularmente en este nuevo milenio, es el resultado de la estrecha relación y cooperación entre estas tres disciplinas.

En esta primera parte del artículo, se analiza, en primer lugar, la diferencia entre los términos "técnica" y "tecnología", para lo cual es necesario indagar sobre la evolución de la técnica y el surgimiento de la tecnología como una disciplina del

conocimiento humano. En segundo lugar, se describe el fenómeno de aceleración tecnológica que caracteriza al desarrollo tecnológico en la era digital. Y, finalmente, se presenta un modelo conceptual de las tecnologías, el cual nos permite establecer las propiedades de la tecnología, aclarar sus relaciones con la ciencia y la ingeniería y definir los procesos que, tanto las disciplinas de la ingeniería como las de la tecnología, emplean para crear productos o procesos tecnológicos y para resolver problemas prácticos que requiere la sociedad actual.

Evolución de la tecnología

Las capacidades para crear, aprender, descubrir e inventar son propias e inherentes a la naturaleza humana. En la evolución de la humanidad, la edad de piedra es el periodo prehistórico en el que el hombre empieza a elaborar las primeras herramientas y utensilios. Durante la primera etapa de la edad de piedra, denominada Paleolítico, que se inicia hace 2,8 millones de años y culmina 12.000 años a. C., el hombre creó diferentes utensilios, tales como bifaces, buriles, raspadores y puntas de lanza. El bifaz era un utensilio hecho con piedra tallada por ambos lados en forma triangular y con aristas cortantes. Es considerado como la primera herramienta elaborada por el hombre. La mayoría de las herramientas creadas durante la Edad de Piedra tenían un carácter antropomórfico, eran generalmente extensiones o imitaciones de las extremidades, o de otros órganos de la anatomía humana, cuya finalidad era extender las capacidades físicas del ser humano y facilitar la realización de tareas cotidianas.

Con el surgimiento de las primeras herramientas apareció, también, la técnica como una manera de llevar a cabo una tarea u obtener un resultado. El hombre de la prehistoria utilizaba los instrumentos que había creado para realizar diferentes actividades que iban desde la caza, la recolección y preparación de alimentos, la defensa propia y colectiva y la elaboración de otros utensilios, entre otras. De esta manera, herramienta y técnica se volvieron inseparables. La primera como el medio para realizar una tarea y la segunda como el procedimiento o conjunto de pasos necesarios para ejecutar dicha tarea.

Desde la edad de piedra hasta nuestros tiempos, el desarrollo y la evolución de la técnica y la creación de herramientas transitan juntas de manera inseparable. Con el nacimiento de la tecnología como disciplina, ocurrida a mediados del siglo XVIII, la técnica se hizo más compleja, más especializada y mejor fundamentada (en las ciencias) y en el uso de herramientas cada vez más novedosas.

Actualmente, la técnica es vista como un conjunto de métodos, reglas, procedimientos o algoritmos utilizados para llevar a cabo actividades, tareas o procesos específicos. El conocido filósofo de la tecnología, Carl Mitcham (1989), la define como "el conjunto de procedimientos puestos en práctica para obtener un resultado determinado". En muchos casos, la técnica se asocia a la tecnología y se le considera como un producto o elemento fundamental de esta última, por lo que se hace necesario aclarar la diferencia que existe entre ellas.

Técnica y tecnología en la era digital

La tecnología, a diferencia de la técnica, tiene un origen mucho más reciente. Etimológicamente, la palabra "tecnología" es la conjunción de las palabras en griego τέχνη (tekhné), que significa arte, técnica u oficio y λόγος (logos) que significa estudio, discurso o tratado. Se le atribuye al naturalista, economista y científico alemán Johann Beckmann (1739 – 1811) haber acuñado en 1777 el término "tecnología" para referirse a la "ciencia que enseña la transformación de los productos de la naturaleza o el conocimiento de los oficios". Beckmann fue, también, la primera persona en enseñar tecnología como una materia académica ("Johann Beckmann", 2023).

El término "tecnología" lo podemos definir desde tres perspectivas o puntos de vista diferentes: como una disciplina, como un proceso o como un producto. Desde la primera perspectiva, la tecnología se define como un conjunto de disciplinas académicas que se estudian, enseñan e investigan en instituciones educativas, entre las que se incluyen: la tecnología informática o digital, la automotriz, la electrónica, la biotecnología y la nanotecnología, entre otras. Cada disciplina tecnológica produce sus propias teorías y desarrolla su propio cuerpo de conocimientos. La segunda perspectiva concibe a la tecnología como un conjunto de procesos mediante los cuales se crean productos y servicios tecnológicos orientados a atender las necesidades de una sociedad. La invención, la innovación y el desarrollo son representativos de estos procesos tecnológicos en los que la tecnología se conjuga con la ciencia y la ingeniería para producir soluciones tecnológicas. La tercera perspectiva considera a las tecnologías como productos y servicios que han sido creados por la ciencia, la ingeniería y la tecnología con la finalidad de satisfacer necesidades, aprovechar oportunidades o implementar ideas que demanda una sociedad en continua evolución, como es el caso de la sociedad digital en la que estamos inmersos en este momento.

Como puede apreciarse en las dos últimas definiciones del término "tecnología", la ciencia, la ingeniería y la tecnología son disciplinas que, aunque diferentes, guardan una estrecha relación. La ciencia provee los conocimientos fundamentales para el desarrollo tecnológico; mientras que, la ingeniería proporciona los procesos técnicos y de gestión necesarios, bien para producir tecnología o para usarla en la resolución de problemas de una sociedad. De la estrecha relación entre la ciencia y la tecnología emerge la tecnociencia como una disciplina que:

> *"utiliza tecnología avanzada para producir instrumentos, objetos experimentales y nuevos objetos y estructuras, que nos permiten obtener conocimientos sobre estados de cosas de dominios novedosos, especialmente conocimientos sobre nuevas posibilidades de lo que podemos hacer y fabricar, con los horizontes de la innovación práctica, industrial, médica o militar, y el crecimiento económico y la competencia" (Lacey, 2012).*

La aceleración tecnológica

El desarrollo tecnológico en la era digital se caracteriza fundamentalmente por la velocidad con que él ocurre, por transformaciones que las nuevas tecnologías ocasionan en la sociedad y por la rapidez con que estas tecnologías son asimiladas por la sociedad digital, sus organizaciones y sus individuos hasta convertirlas en tecnologías ubicuas u omnipresentes. A la primera de esas características se le conoce como aceleración tecnológica.

La aceleración tecnológica es un fenómeno que presentan las tecnologías disruptivas, esto es, aquellas que causan los mayores cambios y transformaciones en la sociedad actual, como es el caso de las tecnologías inteligentes. Este fenómeno consiste en el crecimiento exponencial que presentan las tecnologías, en general. La figura 1 ilustra este fenómeno para el caso particular de las tecnologías digitales, es decir, aquellas desarrolladas por la computación y la inteligencia artificial.

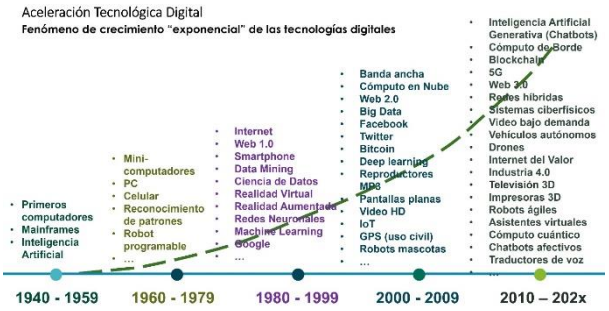

Figura 1. Aceleración tecnológica digital.

Como producto de este fenómeno, la humanidad ha visto en las últimas dos décadas el surgimiento de un número muy extenso de tecnologías, particularmente, de naturaleza digital. Muchas de ellas, emergen y en muy corto tiempo se convierten en tecnologías ubicuas y de uso cotidiano accesibles a través de nuestros teléfonos inteligentes, como es el caso de las tecnologías inteligentes generativas (p.ej. ChatGPT, Gemini y Copilot), la realidad virtual y ampliada, las criptomonedas y las plataformas de videoconferencia, tales como Zoom y Google Meet.

Este fenómeno de crecimiento tecnológico se acentuó drásticamente con la aparición de la pandemia COVID-19, la cual obligó al mundo y, muy especialmente, a sus organizaciones a repensarse y transformarse, en muy corto tiempo, para poder lidiar con las consecuencias impredecibles que dicha pandemia ocasionó. La mayoría de las empresas del mundo tuvieron que innovar para poder adaptarse a las limitaciones impuestas por la Organización Mundial de la Salud y las instituciones de salud de los gobiernos de cada país. El teletrabajo y los nómadas digitales se convirtieron en modelos organizacionales que reemplazaron, en muchas empresas, a los modelos tradicionales de gestión y contratación de personal.

La liberación al público de la inteligencia artificial generativa ChatGPT 3.5, ocurrida a finales del año 2022, es un buen ejemplo del fenómeno de aceleración tecnológica y de su impacto en la sociedad. Hemos visto cómo en escasos meses las inteligencias artificiales generativas se convirtieron en tecnologías ubicuas que ofrecen oportunidades para la creación de miles de pequeñas empresas conocidas en inglés como *startups*. Estas pequeñas e innovadoras organizaciones emplean diversos mecanismos de interconexión, tales como APIs (*Application Programming Interfaces*) y conectores (*plugins*), para desarrollar nuevas aplicaciones inteligentes orientadas a explotar las capacidades de las principales inteligencias generativas: ChatGPT, Bard, Bing, Claude, entre otras.

La ley de los rendimientos acelerados

El fenómeno de la aceleración tecnológica encuentra una explicación en la ley de rendimientos acelerados propuesta por el escritor y científico norteamericano Ray Kurzweil. Esta ley afirma que la tasa de cambio de un sistema evolutivo siempre tiende a crecer exponencialmente, de allí que el desarrollo tecnológico no sea lineal, ni discontinuo, sino constante y exponencial. Esta ley establece, de manera general, que cada vez que una tecnología alcanza un cierto tipo de barrera o límite, se creará una nueva que nos permitirá cruzar dicha barrera. Cuatro de los aspectos más resaltantes de esta ley, los describe Kurzweil de la manera siguiente:

> *La evolución aplica la retroalimentación positiva en el sentido de que los métodos más capaces resultantes de una etapa del progreso evolutivo se utilizan para crear la etapa siguiente. Como resultado, la tasa de progreso de un proceso evolutivo aumenta exponencialmente con el tiempo.*
>
> *Un correlato de la observación anterior es que los "rendimientos" de un proceso evolutivo (por ejemplo, la velocidad, la rentabilidad o el "poder" general de un proceso) aumentan exponencialmente con el tiempo.*
>
> *…, a medida que un proceso evolutivo concreto (por ejemplo, la computación) se vuelve más eficaz (por ejemplo, rentable), se destinan más recursos a seguir avanzando en ese proceso. Esto da lugar a un segundo nivel de crecimiento exponencial (es decir, la propia tasa de crecimiento exponencial crece exponencialmente).*
>
> *Un paradigma específico (un método o enfoque para resolver un problema, por ejemplo, la reducción de transistores en un circuito integrado como enfoque para fabricar ordenadores más potentes) proporciona un crecimiento exponencial hasta que el método agota su potencial. Cuando esto ocurre, se produce un cambio de paradigma (es decir, un cambio fundamental en el enfoque) que permite que continúe el crecimiento exponencial.* Kurzweil (2001).

Como bien lo predice esta ley, el desarrollo tecnológico seguirá creciendo a un ritmo exponencial caracterizado por una mayor interrelación entre sus tres disciplinas fundamentales: la ciencia, la ingeniería y la tecnología. Las transformaciones que el desarrollo tecnológico ocasionará en la sociedad, en sus organizaciones y en sus individuos serán aún mayores a las que hemos vivido en décadas pasadas.

Seguidamente, se presenta un modelo conceptual que muestra cómo la ciencia, la ingeniería y la tecnología se

relacionan para producir nuevas soluciones tecnológicas y utilizarlas en la resolución de problemas prácticos de nuestra sociedad actual.

Conceptualización de la tecnología

La tecnología definida como producto tiene características generales que la distinguen de otros productos creados por el hombre. Estas propiedades emergen de su caracterización como sistema creado por el hombre. La tecnología tiene, por lo tanto, una intencionalidad; esto es, un propósito, un fin, un conjunto de objetivos que orientan su diseño y desarrollo. Tiene, también, una estructura formada por un conjunto de componentes físicos o abstractos, generalmente diferentes, que se relacionan e interactúan para darle cuerpo, forma o arquitectura al producto. Los productos tecnológicos poseen, también, una funcionalidad, esto es, un conjunto de funciones o acciones que el producto es capaz de realizar. Esta funcionalidad determina, por un lado, la utilidad del sistema (para qué es la tecnología, qué problema resuelve, para qué sirve) y, por otro lado, define la dinámica o comportamiento de la tecnología, esto es, cómo la tecnología opera (cómo trabaja para lograr ejecutar sus funciones).

En la figura 2 se puede apreciar un intento por clasificar la tecnología como un producto, caracterizado al más alto nivel de abstracción y en función de su constitución. De acuerdo a su naturaleza constitutiva, los sistemas o productos tecnológicos se pueden dividir en físicos, abstractos o híbridos. Los sistemas físicos son aquellos cuya estructura está formada principalmente por componentes de naturaleza física o tangible (por ejemplo, un radio, un televisor analógico, una construcción). Estos, a su vez, se dividen en: equipos, máquinas, instrumentos, dispositivos, artefactos, herramientas físicas, obras civiles u otros objetos tecnológicos tangibles. Los sistemas abstractos son sistemas de naturaleza intangible, no física (por ejemplo, una aplicación móvil o un proceso industrial). Se pueden dividir en: estructuras, diseños, técnicas, procesos, software, normas, procedimientos, prácticas u otros objetos tecnológicos abstractos. Los sistemas híbridos resultan de la combinación de sistemas físicos y abstractos (por ejemplo, un computador, un televisor digital). La mayoría de las tecnologías actuales tiene esta última propiedad; pues, se componen de elementos físicos cuya operación o funcionamiento se controla mediante elementos abstractos, como el software. Los vehículos autónomos, por ejemplo, están compuestos de partes físicas (p.ej., componentes electromecánicos, electrónicos y mecánicos) y componentes lógicos (p.ej., sistemas operativos, aplicaciones de software, bases de datos y algoritmos inteligentes).

Toda tecnología es intencional. Persigue fines preestablecidos por la sociedad, las organizaciones que integran esta sociedad o por sus individuos. La intencionalidad de una tecnología se deriva: 1) de las necesidades y requisitos que tiene la sociedad para la cual ella se crea, 2) de las oportunidades e ideas que pueden surgir en dicha sociedad o 3) de los problemas que en ella ocurren y que ameritan el desarrollo de soluciones tecnológicas.

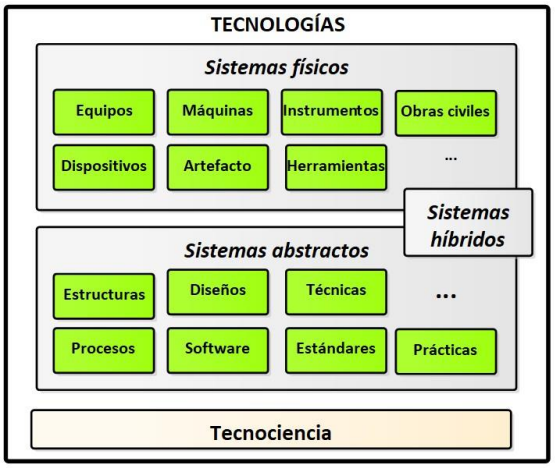

Figura 2. Clasificación de las tecnologías de acuerdo a su naturaleza constitutiva

Tal como se ilustra en el modelo conceptual del desarrollo tecnológico presentado en la figura 3, estos fines activan procesos de ingeniería que crean nuevas tecnologías o utilizan las existentes para dar respuestas a las necesidades, oportunidades o problemas que tiene la sociedad, sus organizaciones o sus individuos. Este proceso es iterativo. Tal como lo establece la ley de rendimientos acelerados, una vez que las soluciones creadas satisfacen los requisitos y fines que ocasionaron su desarrollo y llegan a sus límites, se generan nuevas necesidades, oportunidades o problemas que obligan a crear una nueva tecnología o a modificar las existentes, iniciando así un nuevo ciclo de desarrollo tecnológico.

La ingeniería, en general, dispone de un conjunto extenso de procesos técnicos y gerenciales, la mayoría de los cuales se fundamentan en las ciencias. Procesos como la invención, la innovación y el diseño son esenciales para concebir la solución a los fines planteados. El desarrollo, la producción y la manufactura transforman los diseños en productos o servicios, que luego deben ser comercializados, operados y mantenidos durante su vida útil. Para asegurar la calidad de la solución, su entrega a tiempo y la optimización de los recursos requeridos para producirla, se aplican procesos de gestión, tales como la planificación y control del proyecto, la gestión de la calidad, la gestión de riesgos y el control de los cambios que pueden ocurrir durante los procesos de desarrollo, producción o manufactura.

Ingeniería, ciencia y tecnociencia

La ingeniería juega un papel dual en la búsqueda de soluciones tecnológicas que satisfagan los requisitos de la sociedad (ver figura 3). Por un lado, la ingeniería contribuye con la tecnociencia en la creación de nuevas tecnologías aportando sus procesos ingenieriles. Por otro lado, la ingeniería utiliza las tecnologías existentes para darle solución a los problemas específicos planteados por la sociedad. Todos los procesos ingenieriles utilizan, de una u otra manera, tecnologías que simplifican, agilizan o optimizan la ejecución de dichos procesos.

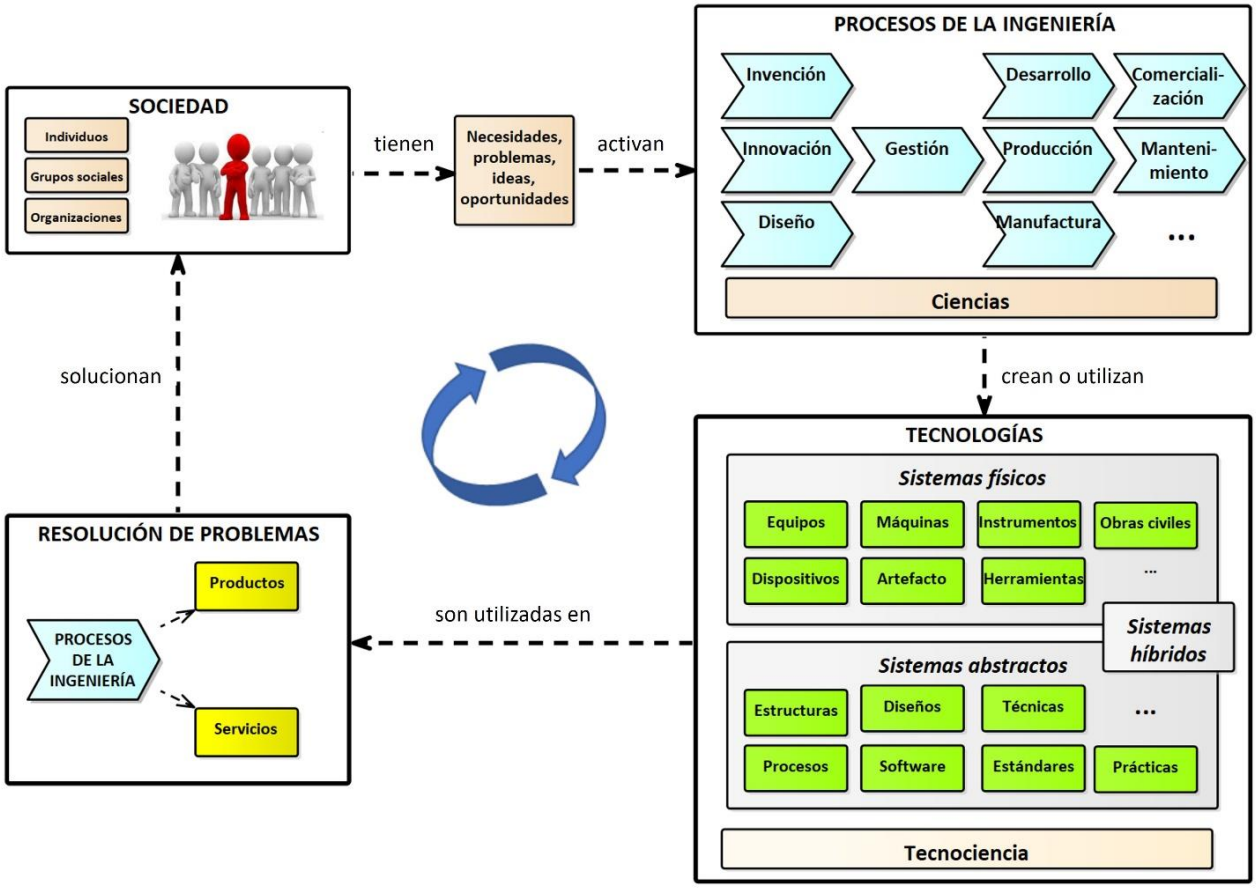

Figura 3. Modelo conceptual del desarrollo tecnológico y sus relaciones con la ciencia y la ingeniería.

Las relaciones entre la ingeniería, la ciencia y la tecnociencia son estrechas. Estas tres disciplinas se unen para dar respuestas a las necesidades y requisitos de la sociedad contemporánea. La ciencia aporta las bases conceptuales, metodológicas y epistemológicas sobre las cuales se fundamenta la ingeniería y la tecnociencia. La tecnociencia, a su vez, aplica el conocimiento científico para crear nuevas tecnologías. Finalmente, la ingeniería aplica sus procesos de desarrollo, producción y manufactura para producir, comercializar y mantener las tecnologías concebidas por la tecnociencia y la propia ingeniería. Un ejemplo de las relaciones entre estas tres disciplinas es el desarrollo de las vacunas para el COVID-19. Para comprender el virus se requirió de la investigación científica, luego, la tecnociencia desarrolló la vacuna y, finalmente, la ingeniería produjo la vacuna a gran escala.

Los procesos de la ingeniería y la tecnología

Tanto en la ciencia como en la ingeniería, disponer de procesos definidos, documentados, probados y estandarizados, para realizar determinadas tareas o producir una solución, es fundamental para la consecución efectiva de objetivos. El seguimiento de un proceso definido y documentado contribuye a planificar y controlar las actividades del proceso, mejorar la productividad, reducir los costos y mejorar el tiempo de entrega de la solución. Cuando el proceso ha sido suficientemente probado y mejorado, la calidad del producto o resultado mejora sustancialmente. Una premisa básica de la gestión de procesos establece que: "la calidad de un sistema o producto está altamente influenciada por la calidad del proceso utilizado para desarrollarlo y mantenerlo" (CMMI, 2010).

Un proceso se define como un conjunto de actividades relacionadas, que se deben ejecutar para alcanzar un determinado objetivo o lograr un resultado (p.ej., elaborar un producto o prestar un servicio). La ejecución de estas actividades requiere o consume recursos de diversa naturaleza (p.ej., financieros, tecnológicos, de infraestructura y materia prima). Las actividades de un proceso son ejecutadas por uno o más actores (personas, máquinas, sistemas o autómatas). Por lo general, un proceso debe cumplir con ciertas reglas, principios o normas que aseguran la calidad de su resultado. La definición, documentación y estandarización de un proceso de ingeniería se lleva a cabo mediante la elaboración de un método o modelo de procesos, el cual describe gráfica, textual o formalmente el proceso de manera tal que pueda ser reutilizado y adaptado en múltiples y variadas situaciones.

El diseño en la ingeniería

A diferencia de las ciencias, que utilizan el método científico para explicar los fenómenos que ellas estudian, la ingeniería, en todas sus ramas, aplica un conjunto de pasos de carácter general conocido como **el proceso de diseño de la ingeniería**. Este proceso es una serie de pasos que los ingenieros utilizamos, y adaptamos, dependiendo de nuestra rama o disciplina, para encontrar solución a los problemas que debemos resolver. La ingeniería del software, por ejemplo, ha creado un amplio repertorio de métodos y modelos de procesos para la gestión, desarrollo y mantenimiento de software, los cuales se fundamentan en este proceso de diseño (Montilva y Barrios, 2012).

En la literatura consultada, el proceso de diseño de la ingeniería se describe mediante modelos de procesos que varían de un autor a otro. La mayoría de estos modelos son utilizados en la enseñanza y el aprendizaje de la ingeniería (Han y Shim, 2019) y se diferencian unos de otros en la manera como los pasos son organizados y ejecutados. Autores como Jensen y Tonies (1979), Khandani (2005) y Haik y Shanin (2011), por ejemplo, conciben este proceso como un conjunto lineal o secuencial de pasos que incluye los siguientes: 1) la definición del problema, 2) la búsqueda de información relacionada, 3) el análisis del problema y de su información, 4) la generación de soluciones potenciales, 5) la selección de la mejor solución, 6) la especificación detallada de la mejor solución, 7) la implementación de la solución especificada y 8) la evaluación y pruebas de la solución implementada (ver figura 4.a) .

Otros autores, como Flemming y Johnston (2019), Mosborg et al (2005) y Hynes et al (2011), consideran a este proceso como una serie de pasos iterativos o cíclicos que se repiten, las veces que sea necesario, hasta obtener una solución que satisfaga los requisitos establecidos al inicio del proceso. Estos últimos autores describen un modelo de procesos iterativo que es empleado en la enseñanza de la ingeniería, el cual incluye los siguientes pasos: 1) identificar la necesidad o del problema, 2) investigar la necesidad o el problema, 3) definir soluciones posibles, 4) seleccionar la mejor solución posible, 5) diseñar y construir un prototipo, 6) probar y evaluar la solución, 7) comunicar la solución y 8) rediseñar (ver figura 4.b).

En los modelos de procesos ilustrados en la figura 4, el énfasis del proceso es en el diseño, pues, asumen que tanto el desarrollo de la solución diseñada, como la producción o manufactura de los productos desarrollados, son procesos separados del diseño. Por otro lado, estos modelos no incluyen un aspecto fundamental de la ingeniería como lo es la gestión del proyecto. La gestión del proyecto es fundamental en ingeniería; pues, es la manera en que los ingenieros aseguramos que un proyecto de diseño o de desarrollo de una solución se entregue a tiempo, bajo el presupuesto estimado, con el alcance especificado y con la calidad establecida de antemano.

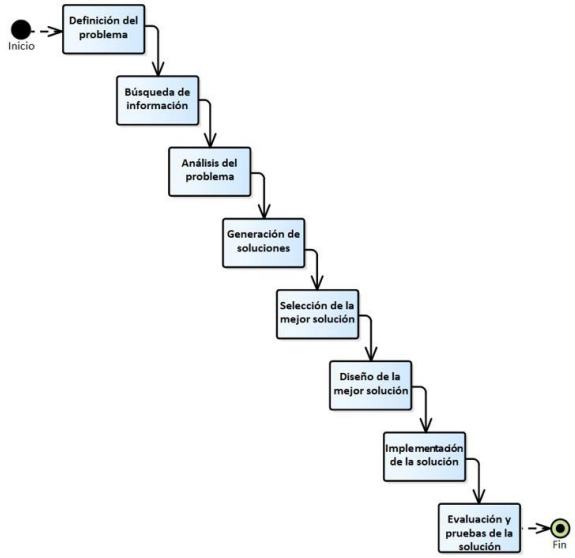

Figura 4a. Modelos de procesos de diseño secuencial en la ingeniería

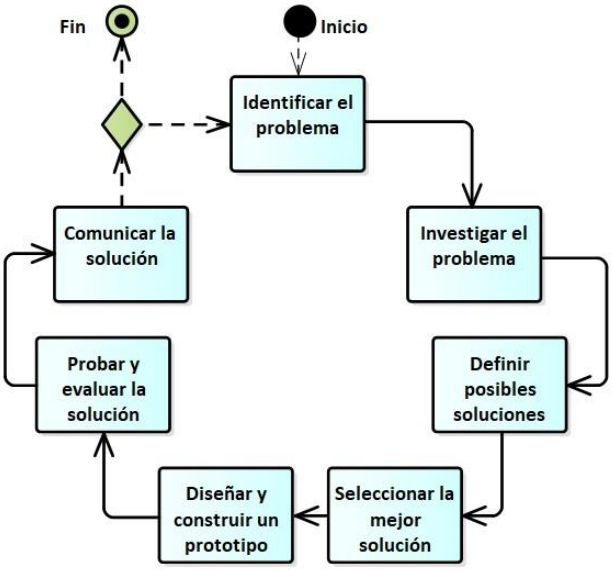

Figura 4b. Modelo de procesos de diseño iterativo en la ingeniería

Invención e innovación

Diseño, invención e innovación son procesos que caracterizan tanto a la tecnología como a la ingeniería. En estos tres procesos, la creatividad y el ingenio juegan un papel principal. La creatividad es la capacidad que tenemos los seres humanos para generar ideas novedosas, originales y únicas. Es, como la define García Córdoba (2005, pp. 216), "la capacidad para generar soluciones finales desde ángulos insospechados, característica exclusivamente humana que permite la producción de lo nuevo, reordenado y descubierto por uno mismo". Por otro lado, el ingenio es la habilidad que tiene el ser humano para resolver problemas de manera eficaz y eficiente utilizando, para ello, un conjunto de recursos y técnicas disponibles que simplifica la obtención de soluciones prácticas. Ambos conceptos guardan una estrecha relación. La

creatividad se enfoca en la generación de ideas innovadoras; mientras que, el ingenio busca la mejor manera de resolver un problema usando estas ideas innovadoras.

La invención es un proceso creativo en el que el inventor (o el equipo de inventores) desarrolla una idea para crear un nuevo producto, proceso o método. Muchas de las tecnologías creadas durante las dos primeras revoluciones industriales fueron el resultado de actividades de invención de carácter individual. En la actualidad, la invención es un trabajo de equipo, tal como lo demuestra el surgimiento de tecnologías como el internet, la web, la mayoría de las redes sociales y el creciente número de aplicaciones inteligentes que han surgido desde la introducción al mercado de las inteligencias artificiales generativas ChatGPT, Gemini y MS Coplilot.

La inteligencia artificial generativa (IAG) Gemini de Google describe los pasos que, comúnmente, se emplean en la invención tecnológica como sigue: 1) la identificación de una necesidad que no está satisfecha, 2) la generación de ideas para satisfacer la necesidad, 3) la selección de la mejor idea, 4) la prueba de la mejor idea mediante la construcción de un prototipo, 4) la validación del prototipo para demostrar que la idea es viable y 5) el registro o patentado de la idea (Google, 2023).

La innovación, a diferencia de la invención, es un proceso que se lleva a cabo en contextos organizacionales o empresariales y está orientado al aprovechamiento de oportunidades que ofrece el mercado, a la explotación comercial de una idea novedosa y a la generación de beneficios económicos para una organización. Su objetivo es mejorar algo existente (p.ej. un producto, un proceso o un servicio) o crear algo completamente nuevo que impacte o cambie el mercado. El resultado de la innovación es algo que difiere significativamente de lo que existía anteriormente.

Como puede verse en las definiciones anteriores, invención e innovación son procesos diferentes que se complementan. La invención conduce a una nueva idea, a un nuevo descubrimiento científico o una novedad tecnológica; mientras que, la innovación se refiere al desarrollo comercial de una invención que resulta en su integración dentro de la economía y la sociedad (Diaconu, 2011). La invención busca, por lo tanto, crear algo nuevo; mientras que, la innovación lleva esa invención al mercado para hacerla comercialmente viable. Esta diferencia la aclara la IAG de Writesonic en los términos siguientes:

> *"La invención tecnológica impulsa la generación de ideas y la creación de soluciones, mientras que la innovación tecnológica implica llevar esas ideas al mercado y transformarlas en productos o procesos que sean útiles y beneficiosos para la sociedad. Juntos, la invención y la innovación tecnológica impulsan el progreso y el crecimiento en nuestra era tecnológica" (Writesonic, 2023).*

Desarrollo y producción en ingeniería

Una vez que la solución de un determinado problema ha sido diseñada, se hace necesario construirla o implementarla. A este proceso se le conoce como desarrollo y consiste en: 1) el diseño de la arquitectura o estructura del producto, 2) la especificación detallada de cada uno de los componentes arquitectónicos y 3) la construcción o adquisición de estos componentes. Luego de que cada uno de los componentes que forman la estructura del producto o sistema tecnológico ha sido adquirido o construido, se inicia el proceso de producción, el cual consiste en integrar o ensamblar los componentes, probar el ensamblaje y el producto final para luego realizar la entrega del producto o la transferencia al mercado. Tanto el desarrollo como la producción se apoyan en el proceso de gestión de la cadena de suministro. Este proceso de apoyo asegura que los diferentes componentes que requiere la arquitectura del sistema sean adquiridos de sus proveedores, o sean desarrollados, a tiempo para garantizar que el proceso productivo no se retrase.

Gestión del proyecto

En ingeniería, la creación de una nueva tecnología o la resolución de un determinado problema se realiza siempre bajo la modalidad de proyecto. Un proyecto se define como un esfuerzo de carácter temporal, que realiza un equipo de trabajo, con la finalidad de crear un nuevo producto, servicio o generar un determinado resultado (PMI, 2017). La gestión del proyecto es un proceso de gerencia mediante el cual se aborda la complejidad que normalmente tiene la ejecución de un determinado proceso de ingeniería como es la resolución de problemas o la creación de productos tecnológicos. Mediante la gestión del proyecto, los ingenieros podemos controlar diferentes variables que influyen en el desarrollo de la solución, tales como: el costo, el tiempo, la calidad, el alcance, los recursos y los riesgos, entre otros.

La gestión de un proyecto consta de un conjunto de procesos generales en el que se incluyen: el inicio del proyecto, la planificación, la ejecución, el seguimiento, el control y el cierre del proyecto. La manera como estos procesos se ejecutan depende de varios factores, tales como la naturaleza del producto o del servicio que se quiere desarrollar, los requisitos que establece el entorno y el método de gestión de proyectos seleccionado. En ingeniería de productos físicos, como la ingeniería civil, es común utilizar métodos y modelos de gestión de tipo secuencial, en los que estos procesos se ejecutan uno tras otro. El modelo de procesos de gestión establecido por el Instituto de Gestión de Proyectos y descrito en la conocida guía del PMBOK - *Project Management Body of Knowledge* (PMI, 2017) es un ejemplo de este tipo de modelo secuencial. En la ingeniería de productos abstractos, como la ingeniería del software, se prefiere el uso de modelos de gestión iterativos e incrementales. Dos de estos modelos de gestión ágil son Scrum (Schwaber y Sutherland, 2020) y Blue Watch (Montilva y Barrios, 2021). El primero de ellos es ampliamente utilizado en proyectos de diferente naturaleza; mientras que el segundo está orientado al desarrollo de software.

La figura 5 presenta, a modo de ejemplo, el modelo de gestión de proyectos de software Blue Watch, el cual destaca la importancia de la gestión ágil de proyectos en el desarrollo de software. Tal como puede verse en la leyenda de la figura 5, el modelo integra los procesos técnicos del desarrollo de software con los procesos de gestión del proyecto. Este modelo asume que el desarrollo de un sistema de software es un proceso iterativo e incremental. Es iterativo porque el proceso se repite un determinado número de veces hasta lograr la solución deseada. Es incremental debido a que el desarrollo del producto se hace en incrementos, un incremento en cada iteración, lo cual asume que la arquitectura del producto se ha diseñado modularmente como un conjunto de componentes o módulos funcionales que se comunican entre sí. Cada componente del producto se desarrolla en una iteración y se integra al componente desarrollado en la iteración anterior. El proceso se repite hasta que el último componente arquitectónico haya sido desarrollado.

La principal bondad que tiene un método como el Blue Watch es que orienta y guía el desarrollo de un producto abstracto, como el software, de una manera incremental e iterativa, lo cual permite que durante el desarrollo se incorporen, en cada iteración, nuevos requisitos que debe satisfacer la solución o producto desarrollado.

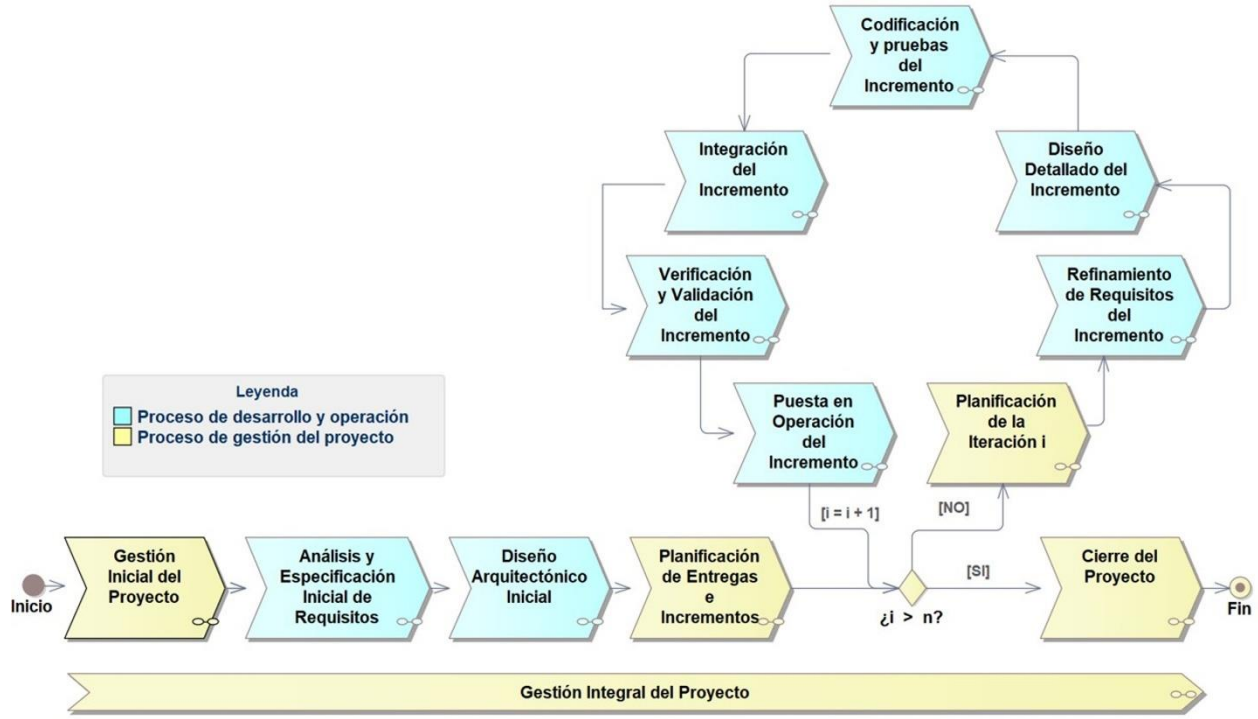

Figura 5. Modelo de gestión ágil de proyectos Blue Watch para desarrollo de software (Montilva y Barrios, 2021)

La innovación tecnológica

El término "innovación tecnológica" ha sido definido en la literatura científico-tecnológica de múltiples maneras y con diferentes acepciones. Un ejemplo de esta diversidad se da en el libro titulado "*Technology Innovation: Perceptions and Definitions*", del escritor Jason Vaughan (2013), el cual incluye más de treinta definiciones diferentes de este término. De igual manera, Akbari et al (2020), en un análisis bibliométrico de más de 1300 artículos sobre la innovación tecnológica encontraron seis áreas diferentes en las que la investigación sobre la innovación tecnológica se enfoca. Con la finalidad de destacar esta variabilidad conceptual e identificar los principales aspectos que caracterizan a la innovación tecnológica, se incluyen seguidamente cuatro de las definiciones más relevantes encontradas en la literatura consultada.

> *Una innovación tecnológica es un producto o proceso nuevo o mejorado cuyas características tecnológicas son significativamente diferentes de las anteriores. Las innovaciones tecnológicas de productos implementados son nuevos productos (innovaciones de producto) o procesos en aplicación (innovaciones de proceso) que se han introducido en el mercado. Se considera que el producto o proceso es innovador si aporta ventajas específicas a la empresa en cuestión; no es necesario que sean nuevas desde el punto de vista de otras empresas o del mercado.* (Statistics Finland, 2023).
>
> *La innovación tecnológica de productos es el resultado de la producción y comercialización de nuevos bienes (productos o servicios) o bienes con características de rendimiento mejoradas, mientras que la innovación tecnológica de proceso corresponde a la aplicación o adopción de un nuevo o mejorado proceso de producción. Podemos admitir que la mayoría de las empresas innovadoras introducen ambos tipos de innovaciones al mismo tiempo, con el objetivo de lograr mayor competitividad en los precios (especialmente a través de la*

> *innovación de procesos) o la competitividad tecnológica (asociada a la innovación de producto*). (Diaconu, 2011).
> *La innovación tecnológica se define como la creación y aplicación de tecnologías, herramientas, sistemas y procesos nuevos o mejorados que aportan avances significativos en diversos campos. Implica aprovechar los conocimientos, la experiencia y los recursos para desarrollar soluciones innovadoras que resuelvan problemas, mejoren la eficiencia, impulsen el progreso y aporten valor.* (Jain, 2023).
> *El proceso de innovación tecnológica se da generalmente en dos categorías: producción y adopción de la innovación. La generación de innovación implica la creación de ideas y la resolución de problemas para [encontrar] soluciones de productos o procesos. Adoptar una innovación también implica adquirir o implementar una innovación. La adopción conduce a la implementación de un producto, servicio, tecnología o método que es nuevo para la organización receptora. El proceso de innovación tecnológica implica invención, innovación y difusión.* (Akbari at al, 2020).

De las definiciones analizadas, podemos extraer varios aspectos claves que caracterizan a la innovación tecnológica como tal. En primer lugar, ella puede ser vista como un producto o como un proceso y, por supuesto, como un área de estudio e investigación. En segundo lugar, la innovación tecnológica transforma los resultados de la invención en productos o servicios acabados que se comercializan o introducen al mercado. En tercer lugar, sus objetivos son resolver problemas del entorno social u organizacional donde ella tiene lugar, agregar valor a los clientes o consumidores del nuevo producto, proceso o servicio, impulsar el progreso tecnológico y proporcionar beneficios a la sociedad. En cuarto lugar, la innovación tecnológica, vista como proceso, ocurre en un contexto empresarial u organizacional que aporta los recursos necesarios para transformar una idea en un producto acabado. En quinto lugar, la innovación tecnológica puede crear un producto, un proceso o un servicio completamente nuevo o mejorado continuamente con respecto a una versión anterior. Esto último implica que la innovación tecnológica, vista como un proceso, es cíclica o iterativa, como veremos más adelante.

De manera similar, Vaughan (2013) destaca los resultados de un estudio realizado por la compañía General Electric en el 2012 en el que se identifican cinco aspectos de la definición de innovación tecnológica:

1. La implementación de nuevos procesos, productos, cambio organizacional y cambios en el mercadeo.
2. Un ambiente y cultura que abarca cambios positivos, creatividad y mejora continua.
3. Investigación y desarrollo, una nueva propiedad intelectual y nuevas invenciones.
4. Mantener a la empresa innovadora en la punta del mercado como líder.
5. Crear soluciones que benefician a la sociedad, incluyendo resultados ambientales.

Relaciones entre el desarrollo y la innovación tecnológica

El desarrollo y la innovación tecnológica son procesos que se complementan. La innovación, junto a la invención, se inicia en las etapas previas del desarrollo tecnológico y continúa hasta que el producto es entregado a su cliente, a sus consumidores o usuarios finales. Desarrollo e innovación tecnológica forman un conjunto de etapas que se asocian a la vida de un producto tecnológico. La figura 6 muestra un modelo de procesos, al que hemos denominado el ciclo de desarrollo e innovación tecnológica. Este modelo identifica los principales procesos (o etapas) que una organización debe realizar para concebir (inventar), desarrollar, producir, comercializar e introducir en el mercado un nuevo producto, proceso o servicio tecnológico o uno mejorado significativamente.

Figura 6. El ciclo del desarrollo e innovación tecnológica.

El ciclo de desarrollo e innovación tecnológica se inicia con el proceso de investigación que origina nuevas ideas que deben ser probadas y evaluadas, continúa con el desarrollo de la idea y, luego, con la producción final del producto. Una vez producido, el producto debe ser promocionado, distribuido y vendido a través de los canales de distribución. Ello activa, a su vez, los procesos de atención al cliente durante la operación y uso del producto. La evaluación del producto (o del proceso), durante su uso, conduce a la disposición, esto es, la etapa en la cual se decide renovarlo, darle mantenimiento, crear uno completamente nuevo o desincorporarlo, es decir, sacarlo de circulación. Las nuevas necesidades y requisitos del entorno social u organizacional determinan el inicio de un nuevo ciclo que conduce al desarrollo de un producto o proceso completamente nuevo o a la mejora del ya existente. Los procesos de este modelo se muestran con mayor detalle en la figura 7.

Figura 7. Etapas y fases del ciclo del desarrollo y la innovación tecnológica.

Investigación, desarrollo y producción

La investigación es el proceso en el cual se establecen las necesidades, requisitos, ideas, problemas u oportunidades que tiene una organización, grupo de individuos o la sociedad como un todo. La invención y la innovación se aplican en este proceso para darle forma a un concepto o una idea de solución tecnológica. Esta idea se desarrolla y evalúa, antes de entrar al proceso de producción, el cual genera los productos acabados ya listos para su distribución y venta al público. Los procesos de desarrollo y producción se apoyan en la gestión de la cadena de suministro para asegurar, en primer lugar, que la materia prima o los componentes que requiere la arquitectura del producto se adquieran de sus proveedores a tiempo y, en segundo lugar, que los pedidos que realicen los clientes o consumidores se entreguen, también, a tiempo.

Mercadeo y atención al cliente

Para introducir o lanzar el producto (o el proceso) al mercado, se hace necesario analizar el mercado, crear estrategias para su promoción y venta, elaborar planes de mercadeo y ejecutar y controlar estos planes. El proceso de comercialización o venta lleva el producto a sus distribuidores o, directamente, al consumidor final. El soporte técnico proporciona la asistencia técnica necesaria para que el consumidor final pueda hacer un uso efectivo del producto; provee, también, los servicios de mantenimiento del producto adquirido.

Operación y uso

La adquisición del producto (o proceso), su instalación, operación, uso y apropiación las realiza el consumidor final. Mediante el uso el consumidor adquiere un dominio de la tecnología. Este dominio conlleva a lo que se conoce como apropiación tecnológica; esto es, un proceso mediante el cual un individuo, grupo de individuos u organización se apropia de una tecnología, es decir, la toma para sí, la usa con propiedad, la incorpora a sus actividades cotidianas o profesionales, adquiere un dominio progresivo de ella y la transforma para adecuarla a sus necesidades (Montilva y Montilva, 2018).

Evaluación y disposición

Cuando las necesidades de los usuarios y del entorno superan las capacidades del producto o proceso tecnológico, se hace necesario tomar decisiones que pueden conllevar a reemplazar dicho producto o proceso por una versión nueva, por otra tecnología diferente o, simplemente, desincorporar el producto actual debido a que ya no es necesario. El reemplazo o renovación del producto (o proceso) conlleva el inicio de un nuevo ciclo de desarrollo e innovación tecnológica.

El modelo que hemos presentado, en esta parte del artículo, es un intento por caracterizar y unificar los procesos de desarrollo e innovación en un solo marco de trabajo. Este modelo puede ser mejorado o especializado en función del tipo de tecnología y de la rama ingenieril que utiliza o crea un determinado tipo de tecnología. Una de las bondades que tiene este modelo es la de servir de instrumento para la educación tecnológica, dado que provee un marco de trabajo para la comprensión de los procesos generales que se siguen en las diferentes ramas de la ingeniería y la tecnología. Puede contribuir, por lo tanto, a la explicación de los procesos requeridos para innovar y desarrollar productos tecnológicos y dar soluciones a problemas prácticos que le conciernen a estas dos disciplinas.

La educación tecnológica en la sociedad digital

Todo desarrollo tecnológico trae consigo enormes beneficios para una sociedad; pero, también, riesgos y amenazas que pueden ocasionar serios daños colaterales a los individuos, al medio ambiente, a la economía, al trabajo y a muchos otros sectores de la sociedad. La dependencia tecnológica, la pérdida de privacidad, la reducción de la oferta laboral, la deshumanización y la información falsa son solo algunos de estos riesgos que las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial generativa, pueden ocasionar a la sociedad y a la humanidad. Asociados a estos riesgos y amenazas, emergen desafíos que los individuos, las organizaciones y la sociedad deben enfrentar, bien para aprovechar las oportunidades y el potencial que ofrecen las nuevas tecnologías o para lidiar con los problemas que ellas ocasionan.

La educación, como sector fundamental de la sociedad, no escapa a verse afectada por los riesgos y amenazas que las tecnologías ocasionan. Uno de los tantos desafíos que la educación formal, en todos sus niveles, debe enfrentar continuamente tiene que ver con la aceleración tecnológica, fenómeno que fue explicado en la primera parte de este artículo.

La aceleración tecnológica, que caracteriza al desarrollo tecnológico de las últimas décadas, ocasiona en la educación formal un serio problema de actualización curricular debido a la rapidez con que emergen las nuevas tecnologías, lo cual hace casi imposible que la educación pueda tomar para sí estas tecnologías, incorporarlas rápida y efectivamente a los programas de estudio de las diferentes carreras y niveles educativos y, por supuesto, enseñarlas. Y es que la educación formal no progresa al ritmo que imponen los avances en las disciplinas tecnológicas, lo cual impide la incorporación temprana de nuevas tecnologías en los planes de estudio.

La figura 8 identifica y clasifica a un conjunto de treinta tecnologías digitales que emergieron o se han difundido durante las dos últimas décadas, muchas de las cuales son, actualmente, ubicuas u omnipresentes, creando un fuerte y notorio impacto en la sociedad digital actual. Sin embargo, muchas de estas tecnologías no han sido incorporadas aún a los planes de estudio de la mayoría de las instituciones universitarias del mundo. Son contadas las universidades que incluyen en sus programas curriculares tecnologías de uso común como la computación en la nube, la cadena de bloques, las IA generativas, el aprendizaje automático, la analítica de datos y la realidad virtual, entre otras.

La complejidad de estas tecnologías, aunada al rápido crecimiento y evolución de ellas, representa un desafío para las instituciones educativas por varias razones. En primer lugar, la vida útil de estas tecnologías es relativamente corta, pues de acuerdo a la ley de los rendimientos acelerados, ellas son reemplazadas, en muy corto tiempo, por nuevas tecnologías que superan las capacidades de las anteriores. Para el momento en que estas tecnologías se estudian y se incorporan a los planes de estudio, bien de carreras tecnológicas o de carreras que simplemente hacen uso de ellas, la mayoría de dichas tecnologías ya son obsoletas o han sido reemplazadas por otras más novedosas y con mayores capacidades o funcionalidades. En segundo lugar, los procesos de revisión curricular son extremadamente lentos e impiden la introducción de cambios rápidos, tanto en las carreras como en las asignaturas. En tercer lugar, introducir estas tecnologías, en carreras que solo requieren su uso, amerita la formación y la capacitación de un personal docente que no está tecnológicamente preparado, lo cual exige un tiempo de formación docente que extiende aún más el requerido por los cambios curriculares.

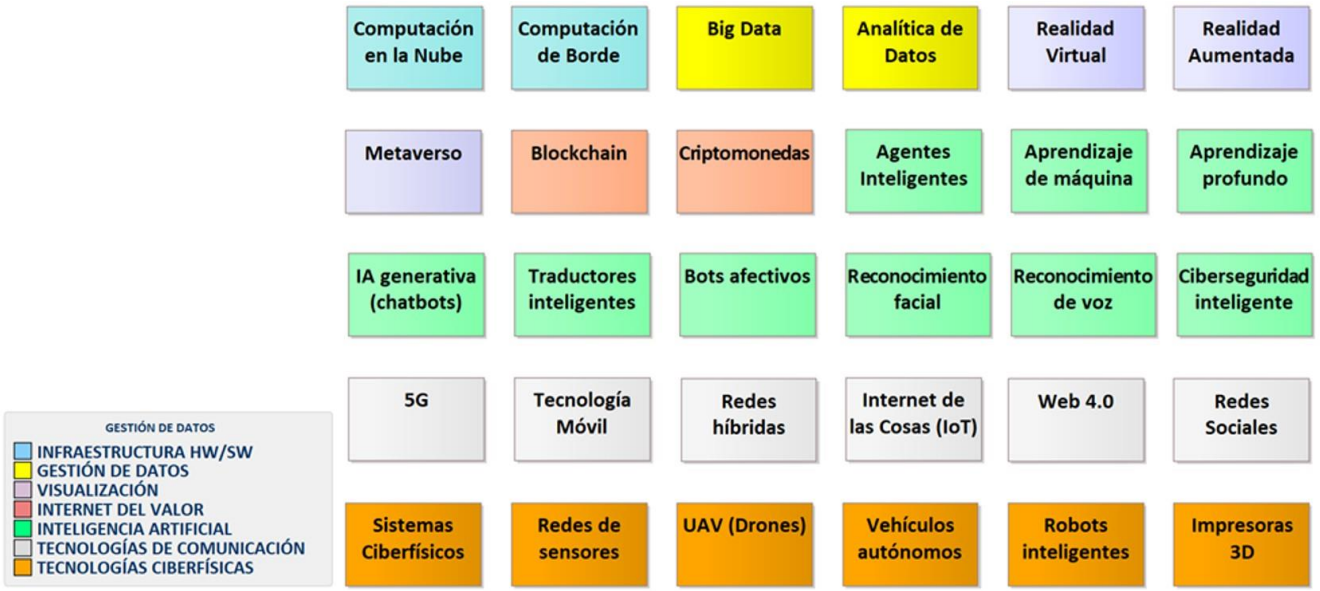

Figura 8. Tecnologías digitales disruptivas y su clasificación.

A estos problemas de carácter curricular se agrega la dificultad que tienen las instituciones educativas para transformarse y satisfacer las necesidades que le impone una sociedad digital en la que las tecnologías son su principal agente de cambio. A diferencia de lo que ocurre en los sectores industriales y empresariales, la transformación digital en el sector educativo es un proceso demasiado lento (medido, generalmente, en años), lo cual impide que la educación formal avance al ritmo del progreso tecnológico y al ritmo que la sociedad digital está demandando.

Entre los distintos retos que las instituciones educativas deben enfrentar, ante el desarrollo exponencial de las tecnologías emergentes, está el de cómo manejar la complejidad del desarrollo, aprendizaje y uso de una nueva tecnología.

Estrategias para abordar la complejidad del desarrollo, aprendizaje y uso de tecnologías

Para enfrentar los problemas arriba planteados, que están relacionados con la complejidad y aceleración tecnológica y la lentitud del proceso de revisión y actualización curricular, proponemos, a continuación, un conjunto de cuatro estrategias que pueden contribuir a solucionar o, al menos, aminorar dichos problemas:

1. Aprendizaje tecnológico.
2. Enseñanza de nuevas formas de pensamiento orientadas al manejo de la complejidad tecnológica.
3. Incorporación de la inteligencia artificial generativa como instrumento de aprendizaje.
4. Uso de las técnicas de la neurociencia del aprendizaje o neuroaprendizaje.

Cada una de estas estrategias se resume seguidamente.

Aprendizaje tecnológico

Por lo general, las tecnologías emergen de tres fuentes: los laboratorios de investigación universitarios, los laboratorios de empresas privadas o los consorcios empresa-universidad creados para la investigación tecnológica. En cualquiera de estos casos, la transferencia de los resultados de la investigación a la docencia, principalmente de pregrado, es un proceso muy lento que requiere, por un lado, que la tecnología madure y, por el otro, que los docentes adquieran un alto grado de apropiación de la tecnología. A estas limitantes, se unen la lentitud del cambio curricular y la aceleración tecnológica, factores que ya hemos caracterizado en secciones anteriores.

Estos tres factores ocasionan problemas de obsolescencia curricular y alineación investigación-docencia, que son muy difíciles de superar. Una estrategia para lidiar con estos problemas consiste en invertir esta situación; es decir, en lugar de incorporar y enseñar cada tecnología que emerja, debemos enseñar a cómo aprender una nueva tecnología. En otras palabras, "aprender a cómo aprender" una nueva tecnología de manera rápida y efectiva. De esta manera, el estudiante adquiere el conocimiento y desarrolla las competencias necesarias para entender, comprender y apropiarse de cualquier tecnología por muy compleja que ella sea. Aprender a cómo aprender implica "disponer de habilidades para pautar el propio aprendizaje y ser capaz de aprender de manera cada vez más eficaz y autónoma de acuerdo con los propios objetivos y necesidades" (Reyes Carretero y Fuentes, 2010).

Aprender a cómo aprender una tecnología tiene dos implicaciones importantes. En primer lugar, implica "conocer lo que es conocer", una frase acuñada por el conocido filósofo y sociólogo francés, Edgar Morin, para referirse a la necesidad que tiene la educación del futuro de "introducir y desarrollar en la educación el estudio de las características cerebrales, mentales y culturales del conocimiento humano, de sus procesos y modalidades, de las disposiciones tanto síquicas como culturales…" (Morín, 2000). Y, en segundo lugar, implica estudiar las tecnologías como una disciplina transversal a otras, que permite descubrir y enseñar los aspectos ontológicos, epistemológicos y metodológicos de las tecnologías, en general, y cómo ellas se pueden aplicar en cada caso.

El estudio de las tecnologías como una disciplina del conocimiento humano, incorporada a los planes de estudio de cualquier carrera, es necesario en una sociedad que está determinada, en muy buena medida, por las tecnologías.

Una experiencia interesante, en esta dirección, es la que se lleva a cabo en la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de los Andes en Venezuela. Recientemente, se incorporó al programa de la carrera de Ingeniería de Sistemas la asignatura titulada "Aprendizaje de Tecnologías Digitales", la cual tiene como objetivos: 1) estudiar las propiedades generales de las tecnologías digitales, 2) establecer las bases conceptuales, epistemológicas y metodológicas del aprendizaje de este tipo de tecnología, 3) estudiar los fundamentos, métodos, técnicas y lenguajes de modelado que utilizan los siguientes enfoques de pensamiento aplicados al aprendizaje digital: pensamiento ontológico, pensamiento sistémico, pensamiento computacional y pensamiento de diseño; y (4) analizar y utilizar nuevos métodos de aprendizaje basados en la neurociencia y la inteligencia artificial.

Un aspecto central de la mencionada asignatura es el metodológico, el cual forma al estudiante en la aplicación de métodos, técnicas y mejores prácticas del neuroaprendizaje y de la representación de conocimientos aplicadas a las tecnologías digitales. Para ello, se elaboró un marco metodológico basado en el pensamiento ontológico, sistémico, computacional y de diseño, denominado MOSAT (Montilva y Montilva, 2018), el cual facilita la comprensión de las tecnologías digitales desde tres perspectivas diferentes: como disciplina, como producto y como proceso. Para cada perspectiva, el método contiene un conjunto de preguntas que el usuario debe responder, para lo cual debe hacer una búsqueda y selección bibliográfica que puede, muy bien, apoyarse en el uso de inteligencias artificiales generativas (p.ej., Gemini, Chat GPT o DeepSeek). Seguidamente, el estudiante

realiza una revisión y un análisis de la literatura seleccionada, con la finalidad de responder cada una de las preguntas del método. A partir de las respuestas obtenidas, el estudiante debe, seguidamente, elaborar diferentes modelos gráficos y textuales que describen la tecnología estudiada desde diferentes puntos de vista: conceptual, intencional, estructural, funcional, de comportamiento (dinámico) y utilitario. Este conjunto de modelos organiza y reafirma el conocimiento adquirido por el estudiante y le da la base conceptual y metodológica necesaria para aplicar la tecnología en la resolución de distintos problemas tecnológicos o ingenieriles. Para elaborar estos modelos se emplean lenguajes de modelado como el lenguaje de modelado unificado UML y el lenguaje de modelado de sistemas SysML.

Nuevas formas de pensamiento

La inteligencia artificial (IA) y la computación han desarrollado, a lo largo de su existencia, un amplio conjunto de modelos, técnicas y algoritmos para crear máquinas capaces de realizar tareas cognitivas que son propias de los seres humanos, tales como: el aprendizaje, el razonamiento, la memoria, el procesamiento de lenguaje natural, la percepción, la creatividad y la adaptabilidad. Muchos de estos algoritmos y técnicas están influidos o fundamentados en enfoques, conceptos y modelos provenientes de diferentes disciplinas del conocimiento humano, entre las que se destacan: la ontología, la lógica matemática, la ciencia de los sistemas, la resolución de problemas, el proceso de diseño de la ingeniería, la lingüística, las ciencias cognitivas y la neurociencia. De la influencia de estas disciplinas en el desarrollo de la IA emergen las principales ramas o áreas de conocimiento que caracterizan a la IA como tal. Entre estas ramas están: la representación de conocimientos, los algoritmos de planificación y toma de decisiones, la robótica, la visión por computadora, la computación evolutiva, la IA afectiva, el procesamiento de lenguaje natural, el procesamiento de audio y voz y el aprendizaje automático. Estas tres últimas ramas han dado origen a la inteligencia artificial generativa de la cual emergen las aplicaciones inteligentes conocidas como *chatbots*, siendo ChatGPT, Bard y Bing las de mayor uso en la actualidad.

En cada una de las ramas o áreas de conocimiento de la IA arriba señaladas, el desarrollo de aplicaciones o sistemas inteligentes ha estado influido por diferentes modos de pensamiento que ayudan a los ingenieros de software y de IA a manejar la complejidad del desarrollo de este tipo de tecnología. Cuatro de estos modos de pensar son el pensamiento ontológico, el pensamiento sistémico, el pensamiento computacional y el pensamiento de diseño. Estos cuatro modos de pensar son esenciales tanto para desarrollar una tecnología digital, como para aprenderla y apropiarnos cognitivamente de ella (Montilva y Montilva, 2018). En el desarrollo de aplicaciones, los cuatro tipos de pensamiento se aplican en la ejecución de los procesos que se requieren para analizar, especificar, diseñar, implementar y probar estas aplicaciones o sistemas inteligentes. Mientras que, en el proceso de aprendizaje y apropiación tecnológica, dichas maneras de pensar pueden contribuir significativamente a la comprensión de los fundamentos de la tecnología, incluyendo sus conceptos principales, su estructura, la funcionalidad, su intencionalidad, su utilidad, su funcionamiento y su operación, aspectos que son esenciales para aprender a usar, operar, mantener y adaptar una tecnología.

Pensamiento ontológico

Esta forma de pensar proviene de la filosofía y ha sido ampliamente utilizada tanto en la computación como en la IA para desarrollar ontologías de dominio, esto es, conceptualizaciones que identifican, describen y relacionan los conceptos fundamentales de un área de estudio o dominio particular (p.ej. una tecnología, una disciplina, un problema complejo o un proceso de negocio). Una ontología de dominio se describe mediante un lenguaje de modelado apropiado que facilite bien su interpretación y uso por parte de personas o su representación y procesamiento en el computador. Algunos de los lenguajes de modelado conceptual más utilizados en la construcción de ontologías de dominio son: UML (*Unified Modeling Language*), OntoUML, grafos conceptuales y diagramas Entidad-Relación (Guizzardi, 2005).

Mediante el uso de estos lenguajes de modelado conceptual, es posible representar: 1) los conceptos que están asociados a un determinado dominio que requiera conocerse, como, por ejemplo, una tecnología digital o un problema de ingeniería; (2) las propiedades que a cada concepto se le pueden atribuir; (3) las relaciones que existen entre dichos conceptos y (4) las reglas, axiomas y restricciones asociadas a los conceptos. El modelo conceptual, así obtenido, constituye una representación o simbolización de los conceptos que un sujeto diseñador adquiere a través del proceso de conceptualización. La construcción del modelo es por sí misma un proceso cognitivo que coadyuva al aprendizaje de una tecnología. Es, por lo tanto, un medio fundamental en el proceso de aprendizaje tecnológico. De igual manera, el modelo obtenido es un recurso valioso para el proceso de enseñanza, pues, le permite al docente identificar y explicar con propiedad, a sus estudiantes, los conceptos fundamentales de una determinada tecnología.

Pensamiento sistémico

Las tecnologías son, por lo general, sistemas complejos que están compuestos de partes físicas (p.ej., hardware, componentes mecánicos, electromecánicos, electrónicos, etc.) y partes abstractas (p.ej., software, procesos, procedimientos, técnicas, etc.). Estas partes interactúan, de diversas maneras, bien para transformar materia prima en productos o para dar solución a problemas propios de la ingeniería. Durante su interacción, estas partes de naturaleza diferente producen comportamientos que están asociados a un conjunto de funciones que han sido previamente establecidas durante el diseño y construcción del sistema. La complejidad de una tecnología tiene que ver, por un lado, con la relación que hay entre las partes y su interacción y, por el otro, con la heterogeneidad y multiplicidad de sus componentes.

En el aprendizaje tecnológico, el pensamiento sistémico juega un papel fundamental, pues, además de concebir a un sistema tecnológico como un todo cuyas partes que interactúan de diversas maneras para generar un comportamiento emergente, le ayuda al estudiante a caracterizar diferentes aspectos del sistema, tales como la intencionalidad (qué fines y objetivos persigue), la estructura o arquitectura del sistema, la composición de las partes y su interacción, la funcionalidad (qué hace el sistema y qué servicios ofrece a sus usuarios), el comportamiento o dinámica (cómo se usa el sistema y qué acciones ejecuta) y la utilidad de sistema (para qué sirve).

El modelado de los aspectos arriba señalados contribuye a reforzar el aprendizaje de un sistema tecnológico. La estructura del sistema, la funcionalidad y el comportamiento se pueden modelar utilizando los lenguajes de modelado universal como UML (*Unified Modeling Language*) y SysML (*System Modeling Language*). El modelado de estos aspectos reafirma el conocimiento adquirido mediante el modelado conceptual y permite que el estudiante profundice su conocimiento al caracterizar el sistema desde diferentes puntos de vista o perspectivas, tales como las perspectivas de uso, estructural, funcional y de comportamiento.

Pensamiento computacional

Desde los inicios de la computación, los computistas y los ingenieros de computación han desarrollado sus propias maneras de abordar los problemas de esta extensa área de conocimientos. Esta manera de pensar ha permitido el avance vertiginoso de las siete disciplinas que integran la computación: ciencias de la computación, ingeniería de computadores, ingeniería del software, sistemas de información, tecnologías de información y comunicación, ciberseguridad y ciencia de los datos (ACM/IEEE, 2021).

El pensamiento computacional es una manera de resolver problemas mediante la computación, esto es, aplicando conceptos, principios, métodos y técnicas que son propios de esta área del conocimiento humano. Se define como:

> *"el proceso de pensamiento involucrado en la formulación de problemas y sus soluciones de manera tal que estas soluciones sean representadas en una forma tal que puedan efectivamente ser ejecutadas por agentes de procesamiento de información"* (Cuny, Snyder and Wing, 2010).

El pensamiento computacional usa las herramientas conceptuales y metodológicas creadas por las diferentes disciplinas de la computación para resolver aquellos problemas que los ciudadanos de la sociedad digital enfrentan día a día en un mundo globalizado y dominado por las tecnologías. Esta manera de pensar se fundamenta en cinco principios:

1. **Abstracción**. Consiste en hacer el problema más comprensible eliminando aquellos aspectos o elementos que no son necesarios o que aportan poco al problema y a su solución.
2. **Descomposición**. Trata de dividir el problema u objeto de estudio en las partes (módulos o componentes) que lo integran, sin olvidar la interacción que existe entre tales partes.
3. **Algoritmos**. Se trata de diseñar la solución al problema mediante un conjunto de pasos claramente definido que puede ser implementado mediante un lenguaje de programación y ejecutado en una plataforma computacional.
4. **Reconocimiento de patrones**. Consiste en buscar patrones en problemas recurrentes para, luego, aplicar sus soluciones al problema bajo estudio.
5. **Evaluación**. Busca asegurar que la solución sea correcta o buena mediante el diseño y ejecución de pruebas y revisiones que aseguran la calidad de la solución y el cumplimiento de sus objetivos.

Aplicado en la resolución de problemas tecnológicos y de ingeniería, el pensamiento computacional se aplica de la siguiente manera: 1) se abstrae, primero, el problema para enfocarnos en lo que es relevante y dejar de lado aquello que no contribuye a la solución; 2) se descompone el problema en problemas más pequeños que faciliten el manejo de la complejidad; 3) se recolectan los datos necesarios y se analizan; 4) se buscan o reconocen patrones en los datos; 5) se construyen modelos que representan o simulan la solución, 6) se desarrollan los algoritmos o programas que resuelven el problema y 7) se evalúa o prueba la solución desarrollada.

Pensamiento de diseño

El pensamiento de diseño, mejor conocido por su nombre en inglés como *Design Thinking,* es una manera de pensar que incentiva los procesos de creación e innovación al centrar el diseño en las personas que usarán o consumirán el producto que se quiere elaborar. Es un proceso creativo de tipo iterativo que se centra en las personas y que se utiliza para resolver problemas e innovar nuevos productos o servicios. Visto como un proceso de innovación, el pensamiento de diseño se define como:

> *Esencialmente, un proceso de innovación centrado en las personas, que pone énfasis en la observación, la colaboración, el aprendizaje rápido, la visualización de las ideas, el prototipado rápido del concepto, el análisis del negocio concurrente, que en última instancia influye en la innovación y en la estrategia de* negocio (Lockwood, 2009, citado en Pelta, 2013).

Es visto, también, como una disciplina que combina la sensibilidad del diseñador y los métodos de diseño "para hacer coincidir las necesidades de las personas con lo que es tecnológicamente factible y con lo que una estrategia viable de negocios puede convertir en valor para el cliente y en una oportunidad de mercado" (Brown, 2008).

El pensamiento de diseño contempla una metodología que integra, en torno a un modelo de procesos iterativo, un conjunto de técnicas y prácticas que estimulan la innovación y la creatividad. Esta metodología consta de cinco fases que pueden ejecutarse de manera iterativa tal como se ilustra en la

figura 9. Para ejecutar estos procesos se conforma un equipo de trabajo multidisciplinario que incluye a diseñadores, ingenieros, expertos del área del problema y a una representación de los interesados en la solución del problema, es decir, clientes, usuarios o consumidores potenciales de la solución.

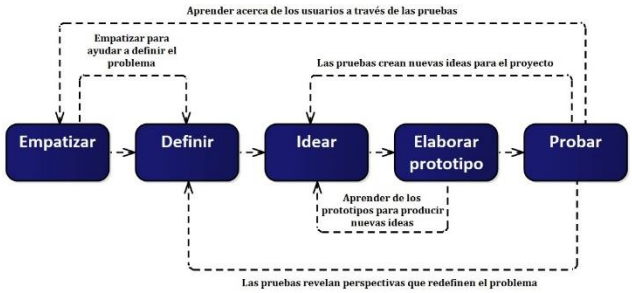

Figura 9. El proceso del pensamiento de diseño (adaptado de Dam & Teo, 2019).

- **Empatizar con el usuario.** Esta primera fase consiste en identificar, conocer y observar al usuario, cliente o consumidor en su campo de acción. Se trata de ponerse en la situación del usuario, de capturar lo que él/ella piensa, hace y siente. En otras palabras, se trata de identificarse con el usuario.
- **Definir el problema**. Consiste en: analizar los datos obtenidos en la fase anterior, filtrar esos datos, encontrar patrones, definir el problema y generar criterios para evaluar ideas.
- **Idear soluciones**. En esta fase se buscan soluciones posibles e innovadoras, se generan ideas sin ningún tipo de restricción y se emplea la creatividad para definir diferentes opciones de solución al problema.
- **Elaborar prototipos.** En esta fase se seleccionan las mejores opciones y se construye un prototipo de la solución para cada opción.
- **Probar prototipos**. Cada prototipo debe probarse en conjunto con los usuarios. Se recopilan las impresiones o reacciones de los usuarios, se selecciona el mejor prototipo y se mejora el diseño de la solución seleccionada. El proceso se repite hasta lograr un diseño de solución satisfactorio para todo el equipo de diseño.

En el contexto educativo, el pensamiento de diseño se utiliza como una herramienta metodológica que se aplica en clase para desarrollar en el estudiante habilidades en la resolución de problemas y fomentar el trabajo en equipo. Esta manera de enseñar y aprender ha demostrado ser muy efectiva para estimular en el estudiante la creatividad, desarrollar habilidades para diseñar y resolver problemas complejos mediante el trabajo en grupo (Razali et al, 2022).

La inteligencia artificial generativa como instrumento de aprendizaje

La liberación al público de inteligencias artificiales generativas, tales como ChatGPT, Gemini, DeepSeek, Claude y Perplexity, ha abierto un amplio número de oportunidades para su uso en los procesos de enseñanza y aprendizaje en todos los niveles educativos. Aparte de los riesgos éticos, que la utilización de estos *chatbots* acarrea en la educación, existen oportunidades para innovar y desarrollar nuevos métodos y técnicas educativas que exploten el uso de estas aplicaciones inteligentes, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje.

En el proceso de aprendizaje, por ejemplo, el estudiante puede usar un *chatbot* como un tutor individual, al cual él o ella puede consultar libremente sin limitaciones de tiempo, horario y lugar. De esta manera, el estudiante puede hacer consultas específicas a un *chatbot* sobre un determinado tema, dialogar con él y obtener una retroalimentación inmediata adaptada a las necesidades del estudiante. Otras maneras de aprender con un *chatbot* incluyen las siguientes:

1. **Autoevaluación personalizada**. En este caso, el *chatbot* elabora preguntas sobre un tema y el estudiante responde inmediatamente para, luego, obtener una retroalimentación instantánea.
2. **Análisis bibliográfico**. El *chatbot* puede analizar uno o más artículos sobre un mismo tema y extraer los puntos comunes o divergentes de estos artículos. Puede extraer de cada artículo científico aquellos aspectos más resaltantes que contribuyan a su análisis, por ejemplo, el resumen de los objetivos que persiguió la investigación, los métodos utilizados en dicha investigación, los resultados obtenidos y las principales conclusiones.
3. **Redacción conjunta**. Un *chatbot* es un excelente instrumento para apoyar la redacción de informes, artículos y tesis de grado. Usado apropiadamente, y respetando las normas éticas que evitan el plagio y respetan los derechos de autor, un *chatbot* puede ayudar a un estudiante en la estructuración, búsqueda y análisis bibliográfico, traducción a otros idiomas. desarrollo de contenidos, revisión ortográfica y de estilo, elaboración de imágenes y revisión final del escrito.

En el aprendizaje tecnológico, la inteligencia artificial generativa puede usarse como un asistente virtual que ayuda al usuario a entender y comprender las diferentes propiedades y aspectos que caracterizan a un sistema tecnológico. Por ejemplo, durante la aplicación del pensamiento ontológico al estudio de un sistema tecnológico, un *chatbot* puede ayudar a la construcción de un modelo conceptual del sistema, respondiendo las preguntas ontológicas fundamentales en el estudio de un sistema tecnológico, tales como: ¿qué es y qué consiste ese sistema? ¿cuáles son sus propiedades esenciales? ¿qué estructura posee? ¿cuáles son sus componentes y cómo interactúan? ¿cuáles son las funciones que el sistema ofrece a sus usuarios?

La neurociencia del aprendizaje

Conocer lo que es conocer, cómo saber necesario de la educación del futuro, nos lleva directamente al estudio de la neurociencia cognitiva, una rama de la neurociencia que se encarga de estudiar la relación entre el cerebro y los procesos cognitivos, tales como: el aprendizaje, el pensamiento, la memoria y la atención; procesos que son esenciales para tomar decisiones y resolver problemas.

Asociado a la neurociencia cognitiva, ha surgido en las últimas décadas una disciplina orientada a la educación y, particularmente, al estudio de lo que ocurre en el cerebro humano durante el proceso de aprendizaje. A esta disciplina se le conoce con el nombre de neurociencia de la educación o neuroeducación. Su objetivo es entender cómo el cerebro aprende y cómo este conocimiento puede utilizarse para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje (Ansari, De Smedt and Grabner, 2012; Masson, 2012; Jolles and Jolles, 2021). Esta disciplina se divide, a su vez, en dos áreas: la neurodidáctica y el neuroaprendizaje.

La neurodidáctica, por su parte, se orienta a mejorar la enseñanza en el aula y se define como una nueva forma de enseñar que fusiona la educación y la neurociencia para "buscar estrategias que optimicen el funcionamiento de las neuronas del alumno. Algunas de estas estrategias consisten en aprovecharse de las percepciones sensoriales, trabajar la memoria y captar los estímulos y la atención de los alumnos" (Briones Cedeño & Benavides Bailón, 2021).

Por otro lado, el neuroaprendizaje está orientado al estudio de procesos cognitivos asociados al aprendizaje. Se define como "una disciplina que combina la psicología, la pedagogía y la neurociencia para explicar cómo funciona el cerebro en los procesos de aprendizaje" (Pherez et al, 2018).

Desde el punto de vista de la psicología cognitiva (Sternberg et al, 2012), el aprendizaje es considerado uno de los procesos básicos de la cognición. Se entiende por cognición la facultad o capacidad que tiene el ser humano para procesar la información que recibe del ambiente y convertirla en conocimiento. La cognición consta de un conjunto de procesos, denominados procesos cognitivos, en el que se incluyen: la percepción, la atención, la memorización, el pensamiento, la experiencia, la simbolización y comunicación a través del lenguaje, la inteligencia y, por supuesto, el aprendizaje.

Existen diferentes categorías de aprendizaje que han sido estudiadas por la neurociencia cognitiva y el neuro aprendizaje, entre las cuales se destacan las siguientes: aprendizaje asociativo, aprendizaje por refuerzo, aprendizaje perceptivo, aprendizaje conceptual, aprendizaje experiencial, aprendizaje algorítmico y aprendizaje multimedia.

Tres de estas categorías de aprendizaje tienen una aplicación directa en el aprendizaje tecnológico. En Montilva & Montilva (2018) se analizan los aprendizajes perceptivo, conceptual y experiencial y se relacionan con las cuatro formas de pensamiento discutidas en la sección anterior: ontológico, sistémico, computacional y de diseño.

Aprendizaje perceptivo

Este tipo de aprendizaje es de carácter sensorial y se da a través de los sentidos (Geller, 2011). Ocurre desde el momento mismo en que el usuario accede directamente a la tecnología; es decir, entra en contacto con un producto tecnológico, lo observa, lo manipula, lo escucha cuando es pertinente y lee su documentación técnica. A través de este contacto inicial, el usuario identifica aquellas propiedades particulares que ese producto tecnológico tiene y que pueden ser captadas a través de los sentidos. De esta manera el usuario forma, en su mente, un concepto específico de este producto y puede, luego, generalizar este concepto para diferenciarlo de otros objetos similares o clasificar a otro objeto en la misma categoría en la que ha ubicado a aquel objeto que ha sido percibido inicialmente.

Aprendizaje conceptual

Es un tipo de aprendizaje mediante el cual el usuario elabora estructuras lógicas mentales (conceptos y relaciones) a partir del análisis o procesamiento de la información relacionada con el objeto que desea aprender (Bruner, 2001). Es un proceso de conceptualización o formación de conceptos que involucra la identificación, descripción y representación (simbolización) de los conceptos esenciales de una tecnología, de las relaciones entre los conceptos identificados y de las propiedades o atributos de cada concepto. Las formas de pensamiento ontológico y sistémico juegan un papel fundamental en este tipo de aprendizaje, pues, ayudan al estudiante a identificar, describir y relacionar los conceptos fundamentales de una tecnología y a definir sus propiedades intencionales, estructurales, funcionales y dinámicas que lo caracterizan como sistema.

Aprendizaje experiencial

Este tipo de aprendizaje se fundamenta en la experiencia, esto es, en "aprender-haciendo". Asume que el conocimiento se crea a través del análisis de las vivencias o experiencias que ha tenido un individuo. Este tipo de aprendizaje se define como "un proceso que le permite al individuo construir su propio conocimiento, desarrollar habilidades y reforzar sus valores directamente desde la experiencia" (AIAE, 2017). El análisis de las experiencias que el usuario tiene durante la utilización de una tecnología genera nuevos conocimientos que reafirman o modifican el conocimiento adquirido a través de los aprendizajes perceptivo y conceptual.

Estos tres tipos de aprendizaje, aplicados en conjunto con las cuatro formas de pensamiento discutidas anteriormente, fueron utilizados para la construcción de un método de aprendizaje tecnológico conocido como MOSAT (Método Ontológico-Sistémico para el Aprendizaje Tecnológico). Este método se describe, en detalle, en Montilva & Montilva (2018).

Conclusiones

En este ensayo abordamos como tema principal el desarrollo tecnológico en la era digital, así como, su relación con la innovación y la educación en el contexto de una sociedad determinada por las tecnologías digitales. En la primera parte del artículo, intentamos caracterizar el desarrollo tecnológico en la sociedad digital a través de los siguientes aspectos: la evolución histórica de la tecnología, las relaciones entre técnica y tecnología, el fenómeno de aceleración tecnológica, la ley que explica dicho fenómeno, las relaciones entre ciencia, tecnología e ingeniería y los procesos generales que emplea la ingeniería y la tecnología para desarrollar productos o servicios tecnológicos. Como resultado de esta caracterización se elaboró un modelo conceptual que explica el proceso de desarrollo tecnológico que utiliza tanto la ingeniería como la tecnología para resolver problemas y crear nuevos productos tecnológicos. Este modelo clasifica las tecnologías de acuerdo a su constitución o naturaleza e identifica y explica los procesos generales que la ingeniería aplica en la resolución de los problemas que le atañen como disciplina.

En la segunda parte, analizamos diferentes definiciones de la innovación tecnológica, con la finalidad de establecer sus propiedades mas importantes e identificar sus relaciones con el desarrollo tecnológico. Para ello, se elaboró un modelo de procesos que muestra el ciclo de desarrollo e innovación tecnológica, el cual identifica y describe cada una de las etapas y las fases que se utilizan, generalmente, en el desarrollo de productos y servicios innovadores.

Tanto el modelo conceptual del desarrollo tecnológico como el modelo del ciclo de desarrollo e innovación, descritos en las dos primeras partes del artículo, son instrumentos de naturaleza metodológica, que pueden muy bien utilizarse con fines educativos para introducir al estudiante en el complejo mundo del desarrollo y la innovación tecnológica. Ambos son modelos de carácter muy general que, para ser aplicados en una rama particular de la ingeniería, deben especializarse y describirse con mayor detalle, tal como se ha hecho en el caso particular de la ingeniería del software por los autores Montilva y Barrios (2021).

En la última parte del artículo tratamos la problemática de la educación tecnológica en la era digital, una problemática que es ocasionada, principalmente, por el fenómeno de aceleración tecnológica y la dificultad que tiene la educación formal de avanzar al ritmo que impone el desarrollo tecnológico. Con la intención de contribuir a la resolución de este problema, se describieron cuatro estrategias diferentes orientadas a manejar la complejidad del desarrollo, el aprendizaje y el uso de tecnologías emergentes en el contexto educativo universitario. Estas estrategias plantean la importancia de aprender a como aprender una tecnología y de aplicar diferentes formas de pensamiento para entender, comprender y dominar el uso de una tecnología. El uso de las inteligencias artificiales generativas y de las técnicas de neuroaprendizaje puede contribuir a mejorar significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje tecnológico.

Bibliografía

ACM/IEEE (2021). Computing Curricula 2020 – CC2020 Paradigms for Global Computing Education. *Association for Computing Machinery (ACM) and IEEE Computer Society (IEEE-CS)*. December, 31. DOI: 10.1145/3467967

AIAE (2017). Qué es el aprendizaje experiencial. Asociación Internacional de Aprendizaje Experiencial, Nov. 30, Recuperado de https://www.aprendizaje-experiencial.org

Akbari, M., Khodayari, M., Khaleghi, A., Danesh, M., & Padash, H. (2020). Technological innovation research in the last six decades: a bibliometric analysis. *European Journal of Innovation Management*. October. DOI 10.1108/EJIM-05-2020-0166.

Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R.H. (2011). Neuroeducation – A critical Overview of An Emerging Filed. *Neuroethics*. Vol. 5, Núm. 2, pp. 105 – 117. DOI 10.1007/s12152-011-9119-3

Beckmann, Johann [*En Wikipedia*]. Recuperado (2023, Noviembre 3) de https://es.wikipedia.org/wiki/Johann_Beckmann

Briones Cedeño, G.C. & Benavides Bailón, J. (2021). Estrategias neurodidácticas en el proceso enseñanza-aprendizaje de educación básica. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuso)*, Vol. 6, Núm. 1. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Recuperado de https://www.redalyc.org/journal/6731/673171218006/673171218006.pdf

Bruner, J.S. (2001). *El Proceso Mental en el Aprendizaj*e. Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.

Brown, T. (2012). Design Thinking. *Harvard Business Review*. June.

Campuseducacion. (2020). "Neuroeducación, Neurodidáctica y Neuroaprendizaje – La ciencia al servicio del aprendizaje". Campuseducacion.com Recuperado de https://www.campuseducacion.com/blog/recursos/articulos-campuseducacion/neuroeducacion-neurodidactica-y-neuroaprendizaje/

CMMI (2010). CMMI for Development. Version 1.3. CMMI-Dev, V1.3. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University. Recuperado de https://insights.sei.cmu.edu/documents/853/2010_005_001_15287.pdf

Cuny, J., Snyder, L., & Wing, J. M. (2010). Demystifying computational thinking for non-computer scientists. Unpublished manuscript in progress. Recuperado de https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf

Dam, R. F. & Teo, Y. S. (2019, November 22). Stage 2 in the Design Thinking Process: Define the Problem and Interpret the Results. Interaction Design Foundation - IxDF. Recuperado de https://www.interaction-design.org/literature/article/stage-2-in-the-design-thinking-process-define-the-problem-and-interpret-the-results

Diaconu, M. (2011). Technological innovation: Concept, Process, Typology and Implications in the Economy. *Theoretical and Applied Economics*. Vol. XVIII, No. 10 (563), pp. 127-144

Forbes Advisor (2023). 24 Top AI Statistics And Trends in 2023. Recuperado de: https://www.forbes.com/advisor/business/ai-statistics/

Flemming, S.A.C & Johnston, C.R. (2019). *The Engineering Design Process – Diagnosing the Problem: "Take Time to Define" with Contextual Inquiry*. Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA-ACEG19) Conference. June 9 - 12. Paper 40.

García Córdoba, F. (2005). *La investigación tecnológica: Investigar, idear, e innovar en ingenierías y ciencias sociales*. México: Editorial Limusa.

Geller E.H. (2011) *Perceptual Learning; Applications to Education*. Psychology In Action. Disponible en: https://www.psychologyinaction.org/2011-06-20-perceptual-learning-applications-to-education/

Guizzardi, G. (2005). Ontological Foundations for Structural Conceptual Models. CTTIT. PhD-thesis series No. 05-74. University of Twente. The Netherlands.

Google (2023). ¿Qué es la invención y qué es la innovación y en que difieren? ¿Qué procesos se aplican en cada uno de ellos? Bard (versión 2023) [Modelo de lenguaje grande PaLM 2]. https://bard.google.com/chat

Haik, Y. & Shanin, T. (2011). *Engineering Design Process*. Second Edition. Cengage Learning. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/235959233_Engineering_Design_Process

Han, H.J. & Shim, K.C. (2019). Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia Pac. Sci. Educ.* Vol. 5, Núm. 13. Recuperado de: https://doi.org/10.1186/s41029-019-0047-6

Hynes, M.M., Portsmore, M., Dare, E., Hammer, D. & Carberry, A.R. (2011), Infusing Engineering Design into High Scholl STEM Courses. *National Center for Engineering and Technology Education*. Recuperado de: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED537364.pdf

Jain, N. (2023). What is Technology Innovation. IdeaScale. July. Consultado el: 12 de noviembre de 2023. https://ideascale.com/blog/what-is-technology-innovation/

Jensen, R. W. & Tonies, Ch. C. (1979). *Software Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.

Jolles, J. & Jolles D.D. (2021). On Neuroeducation: Why and How to Improve Neuroscientific Literacy in Educational Professionals. *Frontiers in Psychology*. Vol. 12, Article 752151. December. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.752151

Khandani, S. (2005). Engineering Design Process. *Education Transfer Plan*. August. Recuperado de: https://resources.saylor.org/wwwresources/archived/site/wp-content/uploads/2012/09/ME101-4.1-Engineering-Design-Process.pdf

Kurzweil, R. (2001). The Law of Accelerating Returns. KurzweilAI.net. March. Recuperado de: http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0134.html

Lacey, H. (2012). Reflections on science and technoscience. *Scientiae Studia*. Vol. 10. Special issue, Pags. 103 – 128. https://doi.org/10.1590/S1678-31662012000500007

Mitcham, Carl (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Editorial Anthropos.

Montilva, J. & Barrios, J. (2021). *Ingeniería del Software: Un enfoque basado en procesos*. Sello Editorial. Vicerrectorado Académico. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/368778144_Ingeniria_del_Software_Un_enfoque_basado_en_procesos_-_Capitulos_1_y_2

Montilva, J. & Montilva, W. (2018). Un método ontológico sistémico para el aprendizaje conceptual de tecnologías digitales. *Revista Ciencia e Ingeniería*. Vol. 39, Núm. 3, pp. 269-278. Recuperado de: https://www.redalyc.org/journal/5075/507557607007/movil/

Morín, E. (2000). *Los siete saberes necesarios a la educación del futuro*. FACES-UCV y IESALC/UNESCO – Caracas. Julio.

Mosborg, S., Adams, R., Kim, R., Atman, C., Turns, J. & Cardella, M. (2005). *Conceptions Of The Engineering Design Process: An Expert Study Of Advanced Practicing Professionals*. Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education. Annual Conference & Exposition. Pages 10.337.1 – 27.

Pelta Resano, R. (2013). Design thinking. Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya. https://cv.uoc.edu/annotation/6cf1722b45d28eefcf1db9d2a3e06efe/573143/PID_00206746/modul_4.html

PMI (2017). *Guía de los Fundamentos para la Gestión de Proyectos. Guía del PMBOK*. Sexta edición. Project Management Institute, Inc.

Razali, N.H, Nik Ali, N.N, Safiyuddin, S. K. & Khalid, F. (2022). Design Thinking Approaches in Education and Their Challenges: A Systematic Literature Review. *Creative Education*. Vol. 13, No. 7, July. DOI:10.4236/ce.2022.137145

Reyes Carretero, M. & Fuentes, M. (2010). La competencia de aprender a aprender. *Aula de innovación educativa*. Num. 192. Pag. 7 – 10. Junio. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132092907.pdf

Schwaber, K. & Sutherland, J. (2020). *La Guía de Scrum: la Guía Definitiva de Scrum: Las reglas del Juego*. Recuperado de: https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf

SFN (2023). Neuroscience Core Concepts. Society for Neuroscience. BrainFacts.org. Recuperado de: https://www.brainfacts.org/core-concepts

Statistics Finland (2023). Technological innovation. Definition 1. Recuperado de: https://www.stat.fi/meta/kas/tekn_innovaatio_en.html

Statista (2023). Ranking de las 20 empresas con mayor valor de capitalización bursátil del índice Dow Jones a 17 de marzo de 2023. Recuperado de: https://es.statista.com/estadisticas/657179/dow-jones-empresas-con-mayor-valor-de-capitalizacion-bursatil/

Vaughan, J. (2013). *Technological Innovation. Perceptions and Definitions*. American Library Association. ALA TechSource.

Weinstein, C.E. (2001). Learning to Learn. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Pages 8620 – 8623. https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/02386-X

Writesonic (2023). Invención vs. Innovación Tecnológica: Desentrañando las Diferencias y los Procesos. Chatsonic (versión 2023). [Modelo de lenguaje grande GPT-3]. https://app.writesonic.com/es