

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SUS APLICACIONES EN CIENCIAS E INGENIERÍAS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS APPLICATIONS IN SCIENCE AND ENGINEERING

Mosqueda-Huerta Z.J.¹, Salgado-Rodríguez T.G.¹, Hernández-Camacho N.V.¹, Alba-Robles E.¹,
Lara-Montañón O.D.² y Gómez-Castro F.I.^{1*}.

¹Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas,
Departamento de Ingeniería Química

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería

* Noria Alta s/n, Colonia Noria Alta CP 36050 Guanajuato Guanajuato México

*fgomez@ugto.mx

Artículo de Revisión

Publicado: 31 de julio 2025

RESUMEN

El término inteligencia artificial (IA) es cada vez más común en la conversación diaria, generando opiniones diversas sobre su uso, así como temores en torno a su implementación en escala global. Sin embargo, en ocasiones no se tiene completa claridad acerca del significado del término, las ramificaciones que existen dentro de la IA, así como la manera en que se implementan las técnicas existentes. Este artículo describe estos conceptos. Asimismo, se discute la gran diversidad de aplicaciones que tiene la IA en ciencias e ingenierías, con énfasis particular en la Ingeniería de Procesos, una de las ramas de mayor relevancia en la Ingeniería Química. Finalmente, se discuten las perspectivas y áreas de oportunidad que se perciben para las diversas aplicaciones de la IA.

Palabras clave: inteligencia artificial, redes neuronales artificiales, ciencias e ingenierías.

ABSTRACT

The word artificial intelligence (AI) has turned a common topic in the daily conversation. It produces a diversity of opinions about its applications. Besides, there are fears associated to its worldwide implementation. However, there is occasionally a lack of clarity for the meaning of this word, the branches of AI, and the work behind its implementation. This manuscript describes such concepts. Moreover, the great diversity of applications of the AI in sciences and engineering is discussed. Applications to Process Engineering, which is one of the most relevant branches on Chemical Engineering, is described with particular emphasis. Finally, the perspectives and areas of opportunity perceived for the applications of artificial intelligence are described.

Keywords: artificial intelligence, artificial neural networks, science and engineering.

INTRODUCCION

La inteligencia se define comúnmente como la capacidad de recopilar y razonar sobre conocimientos para resolver problemas complejos [1]. Los humanos desde siglos atrás han tenido la necesidad de crear inteligencia no biológica. Leibniz proponía que el razonamiento se podía diseñar con cálculo, así como la creación de una rueda o un reloj de bolsillo. Paley apoyaba estas suposiciones, comparando el diseño de sistemas inteligentes con la precisión de una máquina bien ensamblada. Sin embargo, Darwin, a través de su teoría evolutiva, refutó estos argumentos, sugiriendo que el razonamiento humano resulta de un sistema mucho más complejo y adaptativo, producto de procesos evolutivos.

Estos debates filosóficos y científicos sentaron las bases para la idea de que la inteligencia, ya sea biológica o no biológica, emerge de la interacción de sistemas complejos. Hoy en día, gracias a la biología molecular y la teoría evolutiva, sabemos que la inteligencia y el razonamiento no son meras máquinas calculadoras, sino el resultado de complejas redes evolutivas [2]. Este entendimiento moderno ha influido directamente en el desarrollo de la inteligencia artificial (IA), un campo que busca emular estos procesos de razonamiento en sistemas computacionales.

La invención de la computadora revolucionó la reducción de la carga de

trabajo y la resolución de problemas, partiendo de esto surgieron ideas sobre computadoras con inteligencia como la del ser humano, pero de manera artificial [3]. A partir de esto surge el concepto de inteligencia artificial (IA), la cual fue creada en 1956 por John McCarthy como una rama de la informática encargada de hacer que las computadoras se comporten como humanos, proponiendo una secuencia de etapas mostrada en la **Figura 1**. Estas etapas son la base para que la IA desempeñe comprensión y realización de tareas inteligentes como el razonamiento, aprendizaje de nuevas habilidades y la adaptación a nuevas circunstancias o problemas [1].



Figura 1. Secuencia de etapas de la IA.

El concepto de replicar el conocimiento humano mediante una máquina surge con la prueba de Turing. Alan Turing, un pionero en la informática, contribuyó al desarrollo de la IA con dos ideas clave: la máquina de Turing, un modelo teórico que simula la operación de cualquier algoritmo mediante reglas simples, y el test de Turing, diseñado para evaluar si una máquina puede imitar la inteligencia humana. Si una máquina engaña a un evaluador haciéndole creer que es humana, se considera que posee IA.

Inicialmente, las primeras aplicaciones de IA, como la resolución de teoremas y

juegos sencillos, mostraron limitaciones al enfrentarse a tareas más complejas, como el ajedrez. Sin embargo, en 1997, la computadora Deep Blue venció al campeón mundial de ajedrez, marcando un avance significativo y motivando el desarrollo de nuevas áreas en la IA, como los sistemas expertos y las redes neuronales [4].

En la actualidad existen muchas áreas que contribuyen a la IA, en la **Figura 2** se muestran algunas de estas, las cuales ayudan a que la IA brinde sistemas más transparentes, interpretables y explicables [3]. Esto ha llevado a que la IA hoy en día no se limite a sólo resolver problemas sobre cómo ganar un juego de ajedrez, sino manejar soluciones complejas como puede ser reconocimiento de imágenes, asistencia virtual por voz, sensores de movimiento en automóviles, manipulación de robots industriales, entre otras [5].

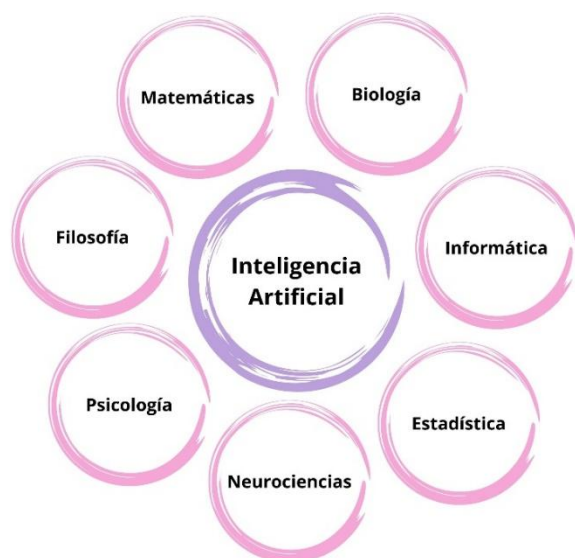


Figura 2. Algunas de las áreas que contribuyen a la IA.

La IA ha avanzado bastante y existen diferentes tipos de acuerdo con su funcionalidad, como se muestra en la **Figura 3**. A continuación, se describen los elementos correspondientes a funcionalidad:

- *IA de máquinas reactivas:* no tiene una funcionalidad basada en la memoria por lo que no puede utilizar experiencias adquiridas previamente y por tanto no es capaz de “aprender”; sólo puede responder automáticamente a un conjunto limitado de entradas.
- *IA de memoria limitada:* tienen la capacidad de las máquinas reactivas, pero son capaces de aprender de datos históricos para la toma de decisiones, la mayoría de las aplicaciones existentes pertenecen a esta categoría.
- *IA de teoría de mente:* en esta se busca llegar a un nivel mental dónde se puedan identificar necesidades, emociones, creencias y procesos de pensamiento, resultando ser un área que aún está en desarrollo por su complejidad.
- *IA consciente de sí misma:* Es el nivel más alto del desarrollo de una IA y actualmente solo existe hipotéticamente. Su existencia implicaría un comportamiento muy similar al cerebro humano, contando con conciencia propia [6].

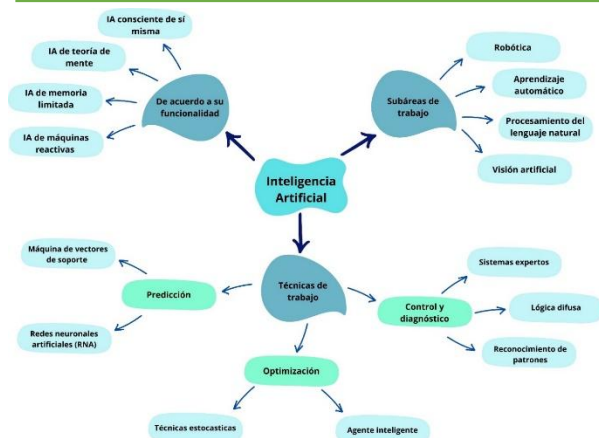


Figura 3 Tipos de IA de acuerdo con su funcionalidad, subárea de trabajo y técnica de trabajo.

APRENDIZAJE MÁQUINA Y APRENDIZAJE PROFUNDO

El aprendizaje máquina (*Machine Learning, ML*) y el aprendizaje profundo (*Deep Learning, DL*) son ramas de la IA que se enfocan en la creación de modelos que pueden aprender y hacer predicciones basadas en datos. Estos enfoques han revolucionado diversas áreas, permitiendo avances importantes en la automatización de tareas complejas, así como en el análisis de grandes volúmenes de datos. **Figura 4.**

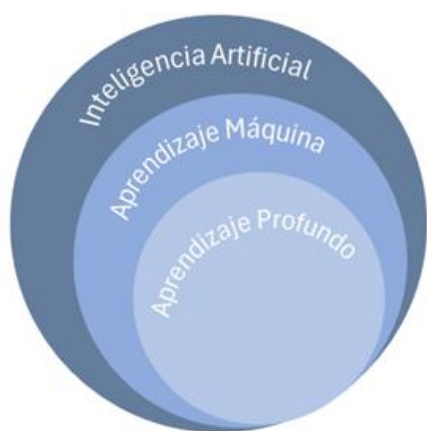


Figura 4. Relación entre el aprendizaje máquina y aprendizaje profundo.

El aprendizaje máquina se basa en la idea de que los sistemas pueden aprender de los datos sin ser explícitamente programados para ello [7]. Los modelos de aprendizaje máquina utilizan algoritmos para encontrar patrones en los datos y realizan predicciones a partir de estos. Un ejemplo destacado son los modelos de aprendizaje supervisado, como las máquinas de soporte vectorial (*Support Vector Machines, SVM*) [8], donde se entrena al sistema con un conjunto de datos etiquetados, es decir, cada entrada de datos tiene una respuesta correcta asociada.

El aprendizaje profundo forma parte del aprendizaje máquina. Se centra en un algoritmo que imita la forma en que los humanos realizamos tareas, inspirándose en nuestro cerebro y las conexiones entre las neuronas, de ahí que el *Deep Learning* sea la técnica que más se acerca a la forma en la que aprendemos los humanos. Un claro ejemplo son las redes neuronales artificiales (*Artificial Neural Networks, ANN*). Estas redes son capaces de modelar relaciones complejas de los datos, logrando resultados destacables en tareas como el reconocimiento de imágenes y procesamiento de lenguaje natural [9].

En resumen, tanto el *Machine Learning* como el *Deep Learning* imitan la forma en que el cerebro humano aprende. El *Deep Learning* es una forma especializada de aprendizaje máquina, y la diferencia más significativa radica en los tipos de algoritmos utilizados. El *Machine Learning* tiende a usar árboles de decisión,

mientras que el *Deep Learning* utiliza redes neuronales más avanzadas.

APLICACIONES EN CIENCIAS E INGENIERÍAS

El mundo de la ciencia y la ingeniería está experimentando una transformación profunda gracias a la IA. Esta tecnología, que imita los procesos mentales de los humanos, está revolucionando la forma en que diseñamos, construimos y entendemos el mundo que nos rodea.

En el pasado, el diseño de productos y la ingeniería dependían en gran medida del conocimiento y la experiencia de expertos humanos. Sin embargo, la IA está aportando nuevas herramientas que permiten a los ingenieros y científicos trabajar de manera más eficiente, creativa y precisa.

Los algoritmos de IA han ayudado a encontrar soluciones a problemas específicos de dominio en diferentes campos de la ingeniería [10]. Uno de los principales desafíos es la necesidad de contar con ingenieros y científicos que tengan las habilidades necesarias para trabajar con esta tecnología.

En las secciones siguientes se examinan cinco ciencias fundamentales, incluyendo la informática, las matemáticas, la ciencia médica, ciencia de los materiales, física, así como negocios-marketing y video juegos, donde se desarrollan o explotan técnicas de IA para promover el desarrollo de las ciencias y acelerar sus aplicaciones

en beneficio de los seres humanos, la sociedad y el mundo.

IA en Informática. En el ámbito de los sistemas de información, la IA está transformando la manera en que se procesan, analizan y gestionan los datos. Esta tecnología, capaz de analizar grandes conjuntos de datos, comprender el lenguaje natural y tomar decisiones autónomas, está impulsando el desarrollo de aplicaciones innovadoras que optimizan y automatizan tareas cotidianas. La IA, a través de herramientas como la minería de datos, el procesamiento del lenguaje natural y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones permite identificar y solucionar problemas con mayor rapidez, detectar y responder a ciberamenazas y comportamientos anómalos, y ofrecer análisis predictivos de gran valor para la toma de decisiones estratégicas [11]. Un aspecto fundamental de la IA en la ciencia de la información es su capacidad para automatizar tareas repetitivas que requieren el procesamiento de grandes volúmenes de datos.

El potencial de la IA para transformar la ciencia de la información es inmenso. A medida que la tecnología continúa evolucionando a un ritmo acelerado [12], podemos esperar ver aún más aplicaciones innovadoras que optimicen la gestión de la información, mejoren la eficiencia y la toma de decisiones, y abran nuevas posibilidades para el desarrollo científico y tecnológico.

IA en Negocios/Marketing. La IA está transformando el panorama del marketing,

ofreciendo un sinfín de posibilidades para que las marcas interactúen con sus clientes de forma más efectiva y personalizada (Figura 5). Gracias a su capacidad para analizar grandes conjuntos de datos, comprender el lenguaje natural y tomar decisiones autónomas, la IA está impulsando el desarrollo de herramientas innovadoras que optimizan las estrategias de marketing y maximizan el retorno de la inversión.

La aplicación de esta tecnología depende en gran medida de la naturaleza del sitio web y del tipo de negocio. Ahora los profesionales del marketing pueden centrarse más en el cliente y satisfacer sus necesidades en tiempo real. Mediante el uso de la IA, pueden determinar rápidamente qué contenido dirigir a los clientes y qué canal emplear en cada momento, gracias a los datos recogidos y generados por sus algoritmos [13].



Figura 5 Aplicaciones de la IA en Marketing.

La adopción de tecnologías emergentes ha contribuido a las empresas a interactuar y colaborar eficazmente con sus socios con sus socios, superar los

retos operativos y crear nuevas oportunidades de crecimiento [14].

IA en Matemáticas. A menudo se percibe a las matemáticas y la IA como dos áreas dispares, cuando en realidad son dos ramas íntimamente ligadas e indispensables del mismo árbol del conocimiento. Las matemáticas, con su rigor y estructura lógica, constituyen los cimientos sólidos sobre los que se construye la IA.

En el corazón del aprendizaje automático, la rama de la IA que permite a las máquinas aprender de los datos, se encuentran las matemáticas. Desde el diseño de algoritmos hasta la interpretación de resultados, las matemáticas son el lenguaje universal que nos permite comunicarnos con las máquinas y aprovechar su potencial para resolver problemas complejos. El aprendizaje automático se basa en cuatro conceptos críticos: estadística, álgebra lineal, probabilidad y cálculo [15].

Las matemáticas son la base de la programación, el lenguaje con el que se diseñan y construyen los sistemas de IA. Desde los algoritmos más simples hasta las redes neuronales más complejas, las matemáticas son el lenguaje universal que permite a los programadores expresar ideas y crear sistemas inteligentes.

IA en Ciencias Médicas. La IA está irrumpiendo en el ámbito de la salud como un nuevo paradigma, introduciendo un sinfín de posibilidades para transformar la forma en que se previenen, diagnostican y tratan las enfermedades. Esta tecnología,

con su capacidad para procesar grandes cantidades de datos médicos, está impulsando avances sin precedentes en la atención sanitaria, ofreciendo beneficios tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud.

Uno de los aspectos más destacados de la IA en la salud es su potencial para mejorar la predicción y la prevención de enfermedades. Los algoritmos de IA pueden analizar vastos conjuntos de datos de pacientes, incluyendo historial médico, exámenes, estilo de vida y factores genéticos, para identificar patrones y riesgos asociados a diversas enfermedades. Esta información permite a los médicos predecir con mayor precisión la probabilidad de que un paciente desarrolle una enfermedad, lo que facilita la toma de medidas preventivas oportunas [16].

Un ejemplo específico del potencial de la IA en la salud es el desarrollo de modelos predictivos radiómicos para aneurismas intracraneales. Estos modelos, basados en imágenes médicas y algoritmos de IA, podrían permitir la detección automática de aneurismas, evaluar su estado y predecir su evolución y resultados. Esto ayudaría a los neurocirujanos a crear planes de tratamiento personalizados y mejorar las posibilidades de un tratamiento personalizado [17].

La IA también está jugando un papel crucial en la democratización de la atención sanitaria, facilitando el acceso a servicios médicos de calidad en áreas remotas o con recursos limitados. Los sistemas de telemedicina impulsados por

IA permiten a los pacientes consultar con médicos a distancia, mientras que los dispositivos portátiles y los sensores inteligentes proporcionan monitorización continua de la salud, permitiendo una intervención temprana en caso de complicaciones [18].

IA en Ciencia de los Materiales. La ciencia de los materiales está viviendo una transformación gracias a la IA, que ofrece un conjunto de herramientas sin precedentes para acelerar el desarrollo y descubrimiento de nuevos materiales funcionales. Estos materiales, con propiedades únicas y adaptables a necesidades específicas, son esenciales para el avance en áreas como la energía renovable, la purificación del aire y agua, la exploración espacial, la energía nuclear de nueva generación, el almacenamiento de energía, la catálisis y la computación cuántica [19].

Sin embargo, el descubrimiento y desarrollo de nuevos materiales funcionales es un proceso complejo, lento y laborioso. La gran cantidad de variables que pueden afectar la síntesis, la microestructura, las imperfecciones y las impurezas de un material, junto con la necesidad de técnicas de caracterización especializadas hacen que este campo sea un reto significativo. Se ha avanzado mucho en el uso del acelerar simulaciones o predecir directamente propiedades o compuestos para una aplicación determinada [20].

Un área donde la IA ya está teniendo un impacto significativo es en la aceleración

de las simulaciones por ordenador. Estas simulaciones permiten a los investigadores predecir las propiedades de nuevos materiales antes de sintetizarlos, reduciendo significativamente el tiempo y los recursos necesarios para el desarrollo de materiales.

La IA también se está utilizando para predecir directamente las propiedades o compuestos ideales para una aplicación específica. Esta capacidad abre nuevas posibilidades para el diseño de materiales a medida, con propiedades optimizadas para necesidades específicas.

IA en Física. La física nuclear, una disciplina con más de un siglo de historia, ha permitido realizar descubrimientos fundamentales sobre los grados de libertad, las escalas de energía y las escalas de longitud que conforman nuestro universo, desde la estructura de las estrellas hasta la síntesis de los elementos en el cosmos. Sin embargo, los experimentos en este campo generan volúmenes de datos cada vez más complejos y heterogéneos, lo que presenta desafíos considerables en el diseño, la ejecución y el análisis estadístico de los mismos [21].

En la física nuclear actual, los experimentos generan cantidades ingentes de datos, a menudo de naturaleza diversa y procedentes de múltiples fuentes. Esta complejidad dificulta el análisis tradicional y exige nuevas herramientas para extraer

información valiosa de este vasto conjunto de datos.

La IA emerge como una poderosa aliada en este contexto. Sus técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos pueden procesar y comprender conjuntos de datos complejos, identificando patrones y relaciones que podrían pasar desapercibidos para los métodos tradicionales.

IA en Juegos. La IA está transformando el mundo de los videojuegos, introduciendo nuevas dimensiones de realismo, desafío y estrategia en la experiencia del jugador. Esta tecnología, capaz de simular comportamientos inteligentes y tomar decisiones autónomas, está impulsando el desarrollo de personajes no jugadores (PNJ) más complejos y entornos de juego más dinámicos.

Los videojuegos actuales ofrecen un entorno ideal para la investigación y el desarrollo de la IA. Sus entornos ricos y complejos, combinados con simulaciones físicas precisas y en tiempo real, presentan un escenario perfecto para evaluar el desempeño de algoritmos de IA en la toma de decisiones rápida e inteligente.

La industria de los videojuegos ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, con un aumento constante en el número de juegos lanzados y un valor de mercado global que alcanzó los 134.900 millones de dólares en 2018 [22]. Este auge ha

impulsado la demanda de tecnologías innovadoras como la IA, que buscan mejorar la calidad y la experiencia de los videojuegos.

Los videojuegos también se han convertido en plataformas valiosas para el entrenamiento de agentes de IA. Juegos como StarCraft II, Dota 2, Atari, Go, ajedrez y póquer sin límite se han utilizado con éxito para entrenar agentes de IA que han demostrado habilidades de juego excepcionales, incluso superando a los mejores jugadores humanos en algunos casos [23].

APLICACIONES EN INGENIERÍA DE PROCESOS

La implementación de herramientas de IA tiene un amplio potencial en un campo tan complejo y amplio como lo es la Ingeniería de Procesos (IP), recordando que la IP es aquella disciplina en donde el profesional o grupo de profesionales estarán a cargo de diseñar una planta o una parte de esta, asegurando que los procesos sean eficientes, seguros y sostenibles, y que cumplan con las normativas y estándares industriales.

Una de las actividades fundamentales que realiza un Ingeniero de Procesos es el diseño y simulación de estos mismos. A partir de los conocimientos que los ingenieros poseen, se establecen la serie de pasos a llevar a cabo, así como los equipos adecuados para lograr una determinada tarea, en los procesos de transformación de la materia y energía, que tienen como objetivo la obtención de productos con valor añadido. Savage et al

[24] exploraron la efectividad de la implementación de dos herramientas de IA, la reducción de la dimensionalidad y el uso de Redes Neuronales Artificiales, para simplificar el problema de modelado de flujos de proceso muy complejos, como lo es la fabricación de gas natural licuado. Este acercamiento supone una gran ventaja en cuanto a tiempos de cómputo, calidad de la solución y flexibilidad, con respecto a la metodología tradicional de simulación.

Por el otro lado, Mann et al [25] proponen una estrategia que usa la IA para el diseño de procesos químicos, desarrollando una herramienta que combina el conocimiento del profesional con técnicas de ML. El objetivo es optimizar la síntesis de los diagramas de flujo de proceso.

La optimización de procesos es otro ámbito particular de la IP. Aquí existen un conjunto de metodologías, estrategias y herramientas empleadas para el análisis de un proceso, que tiene como fin mejorar un sistema *maximizando* alguna medida de desempeño, o también *minimizar* el uso de recursos, mientras se cumplen las restricciones establecidas. Se han realizado trabajos de optimización de procesos en donde la IA está presente. Esto se debe a que los modelos de RNA tienen una muy buena capacidad de aprender y generalizar a partir de datos experimentales de una manera muy efectiva, lo que permite superar dificultades que los modelos rigurosos o los simuladores de procesos traen consigo. Un ejemplo de este enfoque es el que Nayak et al [26] emplearon. En su trabajo desarrollaron un proceso

optimizado para la producción de biomasa de microalgas utilizando una RNA en combinación con un algoritmo genético. A partir de la detección de parámetros que influyen en la productividad de la biomasa se modeló el proceso empleando una RNA, la cual mostró una alta precisión en la predicción de la productividad. Posteriormente, se empleó el algoritmo genético y el modelo generado para encontrar las condiciones óptimas del proceso, las cuales efectivamente mejoraron la productividad. Un trabajo donde se usa la IA de una manera similar es el realizado por Mahmoudian et al [27]. Ellos utilizaron la IA para optimizar el proceso de producción de cumeno, realizándose el análisis específicamente en el reactor. A partir del modelado del reactor de alquilación haciendo uso de una red neuronal, integraron un algoritmo genético para determinar las condiciones óptimas de operación.

Además del diseño, simulación y optimización, el control de un proceso es una actividad inherente a la IP. Con esto, se busca influenciar una operación con el fin de obtener una respuesta deseada. En el control, se hacen uso de varias estrategias y herramientas matemáticas que permiten definir estas respuestas deseadas y la magnitud de su influencia en la operación, que están sujetas a la condición actual del sistema. En este campo se tienen estudios como el realizado por Wu et al [28], donde proponen enfoques de modelado con redes neuronales recurrentes (RNN) basados en principios físicos para sistemas de procesos dinámicos no

lineales, mejorando la precisión de las predicciones al incorporar conocimiento previo del proceso. Estos modelos basados en principios físicos se utilizan en controladores predictivos de modelos y se aplican a una red de procesos químicos. Una investigación similar es la que llevaron a cabo Wang et al[29]. Ellos proponen y construyen una novedosa red neuronal convolucional jerárquica multivariable basada en *clustering* simbólico (SMHC-CNN), con el objetivo de predecir tendencias operativas en procesos industriales. En este trabajo particular, se compara el desempeño de este enfoque propuesto con otros que también emplean arquitecturas complejas de RNA.

Las actividades relacionadas con la obtención y procesamiento de información de un equipo o proceso, y que tienen como fin ganar conocimiento importante que servirá para la toma de decisiones o creación y mejora de modelos basados en datos, son también actividades en las que la IA puede ser usada, logrando resultados bastante favorables. En este tenor se han desarrollado una gran variedad de trabajos que resultan ser particularmente interesantes pues permiten obtener soluciones a problemas tradicionalmente retadores. Zhu et al [30] desarrollaron un marco de monitoreo para reactores de pirólisis que usa fotografía térmica y redes neuronales convolucionales para reconocer automáticamente las regiones de los tubos y extraer información precisa de temperatura y forma. El sistema detecta condiciones anormales mediante el

método adaptativo de k-vecinos más cercanos, permitiendo diagnosticar fallos. Machado Cavalcanti et al [31] han realizado una revisión bibliográfica sobre las aplicaciones de la IA en la Ingeniería de Procesos, en el cual se reúnen un gran número de investigaciones. Este estudio resume trabajos en diversas áreas de la Ingeniería de Procesos, como termodinámica, cinética y catálisis, análisis de procesos, entre otros. Realiza un resumen de cada investigación, señalando el área en la que se centra en un problema específico, qué tipo de RNA es empleada, su arquitectura y el software que se usó para su entrenamiento. Resalta, además, cómo las RNA pueden sustituir modelos fenomenológicos complejos con un menor esfuerzo computacional.

Es posible observar que, dentro de todas las herramientas disponibles que caen dentro de la definición de IA o *Machine Learning*, las Redes Neuronales Artificiales (RNA) han sido ampliamente utilizadas en las diferentes áreas de la Ingeniería de Procesos. Se podría pensar que esta situación es meramente a una casualidad, o que las RNA están hechas para abordar problemas específicos de la Ingeniería de Procesos; sin embargo, lo que sucede en realidad es que es una herramienta muy poderosa y versátil.

PERSPECTIVAS Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD

Las herramientas basadas en IA son muy poderosas, y tienen un sinnúmero de

aplicaciones en distintas áreas, con un impacto directo en nuestra vida diaria. Sin embargo, para que estas herramientas funcionen adecuadamente, requieren alimentarse con una gran cantidad de datos. En ocasiones, obtener esta información es relativamente sencillo. Por ejemplo, cuando se requiere información acerca de los patrones de consumo de un grupo de individuos, es necesario establecer una estrategia para la recopilación de la información. Sin embargo, la información está disponible, pues las personas ya consumen productos de forma regular. En otras áreas la generación de esta información no es tan directa. Por ejemplo, en el área de Ingeniería de Procesos, contar con una gran cantidad de datos acerca del comportamiento de un proceso químico no es tan simple, en particular al tratarse de procesos en etapa de prueba. En dichos casos, el proceso no existe físicamente, por lo que es necesario invertir en la construcción de las unidades de procesamiento en una escala piloto, y posteriormente realizar un gran número de pruebas para obtener la información necesaria para alimentar un modelo basado en IA. Sin embargo, cada prueba realizar implica a su vez un costo adicional. Debido a esto, una de las líneas sobre las cuales se ha enfocado la investigación en esta área es el desarrollo de estrategias para la generación de modelos basados en IA que, con un número reducido de datos, logren representar con buena exactitud el comportamiento de los sistemas reales [32]. Otra estrategia que se ha propuesto es el uso de modelos rigurosos para la

generación de datos, y su posterior uso para la obtención de modelos basados en IA [33]. Por supuesto, esta estrategia requiere la validación previa de los modelos rigurosos. Otras áreas han reportado tal problemática respecto a la generación de datos, como es el caso del análisis de reacciones químicas [34] y reconocimiento de rostros [35], entre otras. De esta manera, la generación de información suficiente para la aplicación de modelos de IA es un reto que debe resolverse en los próximos años.

Otro aspecto relevante en el futuro de las herramientas de IA se relaciona con la ética en el manejo de información. La IA emplea una gran cantidad de datos para obtener una respuesta. En ocasiones esos datos son provistos por el usuario, como ocurre en los casos discutidos en el párrafo previo. Sin embargo, en otros casos las herramientas de IA realizan una búsqueda de información en línea, recopilando datos que en muchas ocasiones están protegidos por derechos de autor. Un ejemplo claro de estas situaciones está dado por la conocida herramienta ChatGPT, desarrollada por OpenAI. Por medio de esta herramienta, es posible generar extensos textos sobre alguna temática en particular, a través del procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información, y su incorporación final en un texto. De esta manera, ChatGPT podría permitir obtener de forma concreta información acerca de un tema en particular.

Desafortunadamente, se ha popularizado su uso entre estudiantes para generar informes escolares, cubriendo así los

requerimientos para aprobar sus materias, pero minimizando el potencial aprendizaje derivado de los procesos de análisis y síntesis de la información. Por supuesto, esto se ha reconocido como un riesgo importante para la educación, y es identificado como un acto deshonesto [36]. Más aún, la problemática ha escalado al entorno académico. Se han reportado casos de autores que utilizan la herramienta para generar artículos completos [37]. En este punto es importante recordar que la IA recopila información ya existente, construyendo a partir de esta el texto requerido. Por tanto, publicar dicho texto reclamando autoría se podría considerar un acto carente de ética. Desafortunadamente, es complicado que en los procesos de evaluación por pares se detecte el uso de herramientas de IA [38]. Más aún, los desarrolladores se han preocupado por buscar estrategias para reducir las probabilidades de que se detecte el uso de sus herramientas. Por otra parte, se ha reportado que el uso indiscriminado de la herramienta podría llevar a la generación de publicaciones con referencias falsas y con inconsistencias [39]. Así, si bien el uso de ChatGPT y herramientas similares puede ser benéfico y apoyar de gran manera a estudiantes, académicos y profesionistas en campo, es importante considerar los aspectos éticos en su manejo, y darle el uso únicamente como un apoyo para la recopilación de información. La capacidad de análisis crítico de la información y la construcción de ideas propias a partir de lo analizado debe continuar como tarea del ser humano. Tal ha sido la relevancia del inadecuado uso de ChatGPT, que sus

creadores fueron demandados por violaciones a la privacidad y a derechos de autor [40]. Desafortunadamente existe en la actualidad un vacío legal en torno a las responsabilidades asociadas a este mal uso de la IA. De esta manera, se abre una muy importante área de oportunidad que debe atenderse en el corto periodo.

La colaboración entre humanos y máquinas está revolucionando la toma de decisiones en contextos de alto riesgo. Los avances tecnológicos en IA han permitido una creciente cantidad de aplicaciones en la toma de decisiones colaborativa entre humanos y máquinas. Esta sinergia busca aprovechar al máximo las capacidades tanto humanas como de las máquinas para lograr un rendimiento superior [41]. En la toma de decisiones arriesgadas, los humanos son vulnerables a sesgos cognitivos al evaluar los posibles resultados de un evento riesgoso, mientras que las máquinas tienen dificultades para manejar contextos nuevos y dinámicos con información incompleta. Por ejemplo, los algoritmos avanzados pueden analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones de riesgo que podrían pasar desapercibidos para los humanos. Esta colaboración no solo mejora la precisión en la evaluación de riesgos, sino que también optimiza el uso de los recursos cognitivos humanos, permitiendo un enfoque más estratégico y adaptativo en situaciones críticas. Además, la IA está facilitando la creación de modelos predictivos que permiten anticipar y mitigar los efectos de posibles desastres, aumentando así la efectividad de las

respuestas humanas en situaciones críticas. La necesidad y urgencia de avanzar en la colaboración humano-máquina en la toma de decisiones arriesgadas es clara, y futuros estudios deben centrarse en mejorar la comunicación y el trabajo en equipo entre humanos y máquinas para enfrentar los desafíos complejos y dinámicos de manera más efectiva.

En la manufactura, los robots equipados con IA están trabajando codo a codo con los humanos en las líneas de producción. Estos robots no solo realizan tareas repetitivas y físicamente demandantes, sino que también son capaces de aprender y adaptarse a nuevas tareas mediante el aprendizaje automático. La integración de la IA con la tecnología de la información y la tecnología de comunicación está provocando una transformación radical en los modelos y métodos de producción. Esta sinergia entre humanos y máquinas está llevando a una mayor eficiencia y flexibilidad en los procesos de producción, reduciendo costos y mejorando la calidad del producto final. Por ejemplo, en la industria automotriz, los robots colaborativos están siendo utilizados para ensamblar vehículos con una precisión y velocidad que supera las capacidades humanas, mientras que los trabajadores humanos se centran en tareas de supervisión y control de calidad. Además, los sistemas de manufactura inteligente permiten la integración y optimización de todos los aspectos de una empresa manufacturera, desde la producción hasta la gestión y el

mantenimiento, mejorando así la competitividad en el mercado [42].

Las aplicaciones de la IA también están desempeñando un papel crucial en el abordaje de los desafíos ambientales. La IA está siendo utilizada para optimizar el uso de recursos naturales, reducir emisiones de carbono y mejorar la eficiencia energética en diversas industrias. Por ejemplo, la IA puede ayudar a integrar y coordinar diferentes sistemas tecnológicos en las operaciones de una empresa, lo que permite una gestión más eficiente de los recursos y una reducción en los costos operativos. Además, la IA facilita la toma de decisiones en tiempo real, lo que es esencial para la implementación de redes eléctricas inteligentes. Estas redes pueden gestionar de manera más eficiente la distribución de energía, adaptándose a la demanda y minimizando las pérdidas energéticas [43]. En resumen, la IA no solo mejora la eficiencia operacional, sino que también presenta una perspectiva prometedora para la sostenibilidad ambiental al optimizar procesos y reducir los impactos negativos en el medio ambiente. Un área de oportunidad clave es el desarrollo de algoritmos que puedan predecir y mitigar riesgos ambientales en tiempo real, así como la integración de la IA en la gestión de recursos naturales para promover una economía circular y reducir la huella de carbono de las industrias.

Además, la IA está ayudando a mejorar la gestión de residuos y la economía circular. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden clasificar residuos de manera más precisa y eficiente que los métodos

tradicionales, facilitando el reciclaje y la reutilización de materiales. Por ejemplo, en las plantas de reciclaje, los sistemas de IA pueden identificar y separar materiales reciclables de los no reciclables con alta precisión, aumentando la eficiencia del proceso de reciclaje. Asimismo, las herramientas de IA están siendo utilizadas para monitorear la salud de los ecosistemas mediante el análisis de datos de sensores y satélites, permitiendo una intervención temprana en caso de detección de problemas ambientales. Esto es crucial para la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales [44].

CONCLUSIONES

La IA está constituida por un conjunto de herramientas que permiten la predicción, optimización, control y diagnóstico de diversos sistemas. La comprensión de su funcionamiento permite identificar con claridad sus alcances y potencial, así como su amplio espectro de aplicaciones. En particular, las herramientas basadas en IA contribuyen de manera importante al avance en distintas ramas de la ciencia y tecnología, incluyendo la medicina, la física, las ciencias de la información, entre otras. En el caso de la Ingeniería de Procesos, las aplicaciones de herramientas como las redes neuronales artificiales han tenido un fuerte desarrollo dado su potencial para la representación de sistemas complejos. Una de las principales áreas de oportunidad detectadas en torno al uso de herramientas de IA está dada por la

necesidad de definir un marco legal adecuado, con el fin de promover su uso ético.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente el apoyo otorgado por la Universidad de Guanajuato, a través del proyecto CIIC 189/2024.

REFERENCIAS

- [1] Kamble, R., Shah, D. (2018). Applications of artificial intelligence in human life. *International Journal of Research-Granthaalayah*. 6(6), 178-188.
- [2] Spector, L. (2006). Evolution of artificial intelligence. *Artificial Intelligence*, 170, 1251-1253.
- [3] Ghosh, M., Thirugnanam, A. (2021). Introduction to Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence for Information Management: A Healthcare Perspective*, 88, 23-44.
- [4] Alfonseca, M. (2014). ¿Basta la prueba de Turing para definir la "IA"? *Science et Fides*, 2(2), 129-134.
- [5] Alonso Betanzos, A., Bolón Canedo, V. (2020). IA, algoritmos y derecho. Una introducción. *Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya*.
- [6] Dhokare, S., Gaikwad, A. (2021). A study of artificial intelligence: Types, opportunities & challenges. *Shodh Sanchar Bulletin*, 11(41), 133-137.
- [7] Díaz-Ramírez, J. (2021). Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(2), 180–181.
- [8] Pedrero, V., Reynaldós-Grandón, K., Ureta-Achurra, J., Cortez-Pinto, E. (2021). Generalidades del Machine Learning y su aplicación en la gestión sanitaria en Servicios de Urgencia. *Revista Médica de Chile*, 149(2), 248–254.
- [9] Sarmiento-Ramos, J. L. (2020). Aplicaciones de las redes neuronales y el deep learning a la ingeniería biomédica. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 1–18.
- [10] Nti, I. K., Adekoya, A. F., Weyori, B. A., Nyarko-Boateng, O. (2021). Applications of artificial intelligence in engineering and manufacturing: a systematic review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 33, 1581-1601.
- [11] Sheehan, C. H. (2023). Various Artificial Intelligence in Information Systems. *School Of Information Systems*. <https://sis.binus.ac.id/2023/10/18/various-artificial-intelligence-in-information-systems/>
- [12] Xu, Y., Liu, X., Cao, X., Huang, C., Liu, E., Qian, S., Liu, X., Wu, Y., Dong, F., Qiu, C., Qiu, J., Hua, K., Su, W., Wu, J., Xu, H., Han, Y., Fu, C., Yin, Z., Liu, M., Roepman, R., Dietmann, S., Virta, M., Kengara, F., Zhang, Z., Zhang, L., Zhao, T., Dai, J., Yang, J., Lan, L., Luo, M., Liu, Z., An, T., Zhang, B., He, X., Cong, S., Liu, X., Zhang, W., Lewis, J.P., Tiedje, J.M., Wang, Q., An, Z., Wang, F., Zhang, L., Huang, T., Lu, C., Cai, Z., Wang, F., Zhang, J. (2021). Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research. *The Innovation*, 2(4), 100179.

- [13] Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., Singh, R. P., Suman, R. (2022). Artificial intelligence (AI) applications for marketing: A literature-based study. *International Journal of Intelligent Networks*, 3, 119-132.
- [14] Zhan, Y., Xiong, Y., Han, R., Lam, H. K., Blome, C. (2024). The impact of artificial intelligence adoption for business-to-business marketing on shareholder reaction: A social actor perspective. *International Journal of Information Management*, 76, 102768.
- [15] Ali, M.I., Ali, S.M., Tahseen, S., Nisar, M., Saleem, M.F. (2021). Application of Mathematics in Artificial Intelligence and Machine Learning. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 4(12), 140-141.
- [16] Zapata, R. E., Guerrero, E. C. y Montilla, R. E. (2024). Emerging Technologies in Education: A Bibliometric Analysis of Artificial Intelligence and its Applications in Health Sciences. *Seminars in Medical Writing and Education*, 3, 49.
- [17] Wen, Z., Wang, Y., Zhong, Y., Hu, Y., Yang, C., Peng, Y., Zhan, X., Zhou, P., Zeng, Z. (2024). Advances in research and application of artificial intelligence and radiomic predictive models based on intracranial aneurysm images. *Frontiers in Neurology*, 15, 1391382.
- [18] Kotsilieris, T., Karanikas, H., Tsanas, A., Anagnostopoulos, I. (2024). Emerging E-Health Applications and Medical Information Systems. *Electronics*, 13(13), 2470.
- [19] Maqsood, A., Chen, C., Jacobsson, T. J. (2024). The Future of Material Scientists in an Age of Artificial Intelligence. *Advanced Science*, 11(19), 2401401.
- [20] Jablonka, K. M., Ai, Q., Al-Feghali, A., Badhwar, S., Bocarsly, J. D., Bran, A. M., Bringuier, S., Brinson, L. C., Choudhary, K., Circi, D., Cox, S., de Jong, W. A., Evans, M. L., Gastellu, N., Genzling, J., Gil, M. V., Gupta, A. K., Hong, Z., Imran, A., Kruschwitz, S., Labarre, A., Lála, J., Liu, T., Ma, S., Majumdar, S., Merz, G.W., Moitessier, N., Moubarak, E., Mouriño, B., Pelkie, B., Pieler, M., Ramos, M.C., Ranković, B., Rodrigues, S.G., Sanders, J.N., Schwaller, P., Schwarting, M., Shi, J., Smit, B., Smith, B.E, Van Herck, J., Völker, C., Ward, L., Warren, S., Weiser, B., Zhang, S., Zhang, X., Zia, G.A., Scourtas, A., Schmidt, K. J., Foster, I., White, A.D., Blaiszik, B. (2023). 14 examples of how LLMs can transform materials science and chemistry: a reflection on a large language model hackathon. *Digital Discovery*, 2(5), 1233-1250.
- [21] Boehnlein, A., Diefenthaler, M., Sato, N., Schram, M., Ziegler, V., Fanelli, C., Hjorth-Jensen, M., Horn, T., Kuchera, M.P., Lee, D., Nazarewicz, W., Ostroumov, P., Orginos, K., Poon, A., Wang, X.-N., Scheinker, A., Smith, M.S., Pang, L.-G. (2022). Colloquium: Machine learning in nuclear physics. *Reviews of Modern Physics*, 94, 031003.
- [22] Zarembo, I. (2019). Analysis of artificial intelligence applications for automated testing of video games. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference*, Vol. 2, pp. 170-174.

- [23] Goecks, V. G., Waytowich, N., Asher, D. E., Park, S. J., Mittrick, M., Richardson, J., Vindiola, M., Logie, A., Dennison, M., Trout, T., Narayanan, P., Kott, A. (2022). On games and simulators as a platform for development of artificial intelligence for command and control. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 20(4), 495-508.
- [24] Savage, T., Almeida-Trasvina, H. F., Del Río-Chanona, E. A., Smith, R., Zhang, D. (2020). An adaptive data-driven modelling and optimization framework for complex chemical process design. *Computer-Aided Chemical Engineering*, 48, 73-78.
- [25] Mann, V., Sales-Cruz, M., Gani, R., Venkatasubramanian, V. (2024). eSFILES: Intelligent process flowsheet synthesis using process knowledge, symbolic AI, and machine learning. *Computers & Chemical Engineering*, 181, 108505.
- [26] Nayak, M., Dhanarajan, G., Dineshkumar, R., Sen, R. (2018). Artificial intelligence driven process optimization for cleaner production of biomass with co-valorization of wastewater and flue gas in an algal biorefinery. *Journal of Cleaner Production*, 201, 1092-1100.
- [27] Mahmoudian, F., Moghaddam, A. H., Davachi, S. M. (2021). Genetic-based multi-objective optimization of alkylation process by a hybrid model of statistical and artificial intelligence approaches. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 100(1), 90-102.
- [28] Wu, Z., Rincon, D., Christofides, P. D. (2020). Process structure-based recurrent neural network modeling for model predictive control of nonlinear processes. *Journal Of Process Control*, 89, 74-84.
- [29] Wang, Y., Ren, Y. M., Li, H. (2020). Symbolic multivariable hierarchical clustering based convolutional neural networks with applications in industrial process operating trend predictions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(34), 15133-15145.
- [30] Zhu, W., Zhan, Y., Romagnoli, J. (2019). A deep learning approach on industrial pyrolysis reactor monitoring. *Chemical Engineering Transactions*, 74, 691-696.
- [31] Machado Cavalcanti, F., Kozonoe, C. E., Pacheco, K. A., de Brito Alves, R. M. (2021). Application of Artificial Neural Networks to Chemical and Process Engineering. En P.L. Mazzeo y P. Spagnolo (Eds.) *Deep Learning Applications*. InTech Open, 75690.
- [32] Xu, R.-Z., Cao, J.-S., Wu, Y., Wang, S.-N., Luo, J.-Y., Chen, X., Fang, F. (2020). An integrated approach based on virtual data augmentation and deep neural networks modeling for VFA production prediction in anaerobic fermentation process. *Water Research*, 184, 116103.
- [33] Mosqueda-Huerta, Z.J., Lara-Montaña, O.D., Toledano-Ayala, M., Gómez-Castro, F.I. (2024). Desarrollo de modelos de red neuronal artificial para el diseño de intercambiadores de calor de tubos y coraza. *Avances en Ingeniería Química*, 3(1), PRO75-PRO80.
- [34] Manzhos, S., Carrington Jr., T. (2021). Neural network potential energy surfaces for small molecules and reactions. *Chemical Reviews*, 121, 10187-10217.

- [35] Teixeira Lopes, A., de Aguiar, E., De Souza, A.F., Oliveira-Santos, T. (2017). Facial expression recognition with Convolutional Neural Networks: Coping with few data and the training sample order. *Pattern Recognition*, 61, 610-628.
- [36] Yu, H. (2023). Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective of education and teaching. *Frontiers in Psychology*, 14, 1181712.
- [37] Aydin, Ö., y Karaarslan, E. (2022). OpenAI ChatGPT generated literature review: digital twin in healthcare. En Ö. Aydin (Ed.) *Emerging Computer Technologies 2*, pp. 22-31.
- [38] Bhatia, P. (2023). ChatGPT for academic writing: a game changer of a disruptive tool?. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, 39(1), 1-2.
- [39] Ariyaratne, S., Iyengar, K.P., Nischal, N., Babu, N.C., Botchu, R. (2023). A comparison of ChatGPT-generated articles with human-written articles. *Skeletal Radiology*, 52, 1755-1758.
- [40] Forbes Staff (2023). Creadores de ChatGPT afrontan demanda colectiva por violación de datos personales. En <https://www.forbes.com.mx/creadores-de-chatgpt-afrontan-demanda-colectiva-por-violacion-de-datos-personales/>. Última visita el 12 de julio de 2024.
- [41] Xiong, W., Fan, H., Ma, L., Wang, C. (2022). Challenges of human—machine collaboration in risky decision-making. *Frontiers of Engineering Management*, 9(1), 89-103.
- [42] Li, B. H., Hou, B. C., Yu, W. T., Lu, X. B., Yang, C. W. (2017). Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 18(1), 86-96.
- [43] Dhamija, P., Bag, S. (2020). Role of artificial intelligence in operations environment: a review and bibliometric analysis. *The TQM Journal*, 32(4), 869-896.
- [44] Abdallah, M., Talib, M. A., Feroz, S., Nasir, Q., Abdalla, H., Mahfood, B. (2020). Artificial intelligence applications in solid waste management: A systematic research review. *Waste Management*, 109, 231-246.