

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

ALBERTO PICARDO

Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería del Diseño

AMANDA MARTÍN-MARISCAL

Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería del Diseño

ESTELA PERALTA

Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería del Diseño

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de inteligencia artificial (IA) en los contextos de enseñanza de educación superior está adquiriendo alta relevancia. La transformación digital e inteligente experimentada por las actividades industriales a través de los modelos de Industria 4.0 y 5.0 está siendo adaptada a otros sectores, como es el caso de las enseñanzas técnicas. La implementación de recursos basados en inteligencia artificial en las universidades puede suponer la transformación de los procesos de gestión y docencia, mejorando los resultados en eficiencia, personalización y calidad. En cuanto a la gestión, la inteligencia artificial puede agilizar los procesos administrativos (como matriculaciones, planificación de horarios, administración de recursos, elaboración y tramitación de documentos, etc.), automatizando tareas rutinarias y repetitivas, liberando tiempo y recursos que podrían ser destinados a actividades estratégicas. En el ámbito de la docencia, las herramientas de inteligencia artificial pueden transformar la metodología de enseñanza con estrategias de personalización según las necesidades de cada estudiante, facilitar la elaboración de material didáctico, la generación de contenidos educativos interactivos y herramientas de apoyo (como bibliotecas virtuales, simuladores y plataformas de colaboración), que enriquecen la experiencia educativa y promueven el aprendizaje activo y autónomo (Phobun &

Vicheanpanya, 2010). Así mismo, agilizar tareas administrativas y de gestión del profesorado. Una de las principales ventajas es el enriquecimiento de la experiencia de aprendizaje. Gracias a un análisis de resultados de evaluación en tiempo real que genera una retroalimentación personalizada, las herramientas de IA identifican áreas de mejora y ofrecen recursos adicionales según perfil (estilo de aprendizaje) y progreso, sugiriendo materiales y actividades de refuerzo, de ampliación, y otras relevantes según las necesidades de cada estudiante (Long & Aleven, 2013); o incluso, actividades diseñadas según sus preferencias ante la contextualización del contenido, estrategia útil para potenciar la motivación intrínseca del grupo, aumentando el compromiso de los estudiantes con la materia. Otro de los beneficios a resaltar es la mejora de la calidad de la evaluación. Mediante algoritmos de aprendizaje automático (Mousavinasab et al., 2018) es posible analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias en el rendimiento del grupo. Esto permite una evaluación más objetiva, brindando retroalimentación detallada y personalizada sobre el progreso individual de cada estudiante.

En los últimos años, nuevos procedimientos y herramientas de aprendizaje interactivo y adaptativo basados en inteligencia artificial están siendo integrados en los medios digitales convencionales (como plataformas de aprendizaje integrales donde se comparten contenidos, planificación y diferentes entornos colaborativos para las actividades de enseñanza-aprendizaje) (Zhai et al., 2021). Es posible disponer de diferentes herramientas basadas en inteligencia artificial y adaptadas a la educación, como son los asistentes virtuales, los sistemas de retroalimentación automática, las plataformas de análisis de datos o los sistemas de tutoría. Estas herramientas pueden, además de útiles para los estudiantes, facilitar las actividades de profesores y gestores universitarios. Concretamente, para la optimización de las actividades no lectivas, se están desarrollando sistemas de tutorización inteligentes o STI (Intelligent Tutoring System - ITS). Los STI son la evolución de los predecesores modelos de enseñanza asistida por computadora (Computer Assisted Instruction - CAI).

El uso de los STI se ha extendido rápidamente en las universidades a nivel internacional. Ejemplos como *ALEKS* de la Universidad de Illinois

(College of Liberal Arts and Sciences & Department of Mathematics, 2023), Smart Sparrow de la Universidad de Nueva Gales del Sur en Sydney (Dror Ben-Naim & University of New South Wales in Sydney, 2023), Open Learning Initiative de la Universidad de Carnegie Mellon (Carnegie Mellon University, 2022) y Open EdX de la Universidad de Harvard y el MIT (Universidad de Harvard & MIT, 2023) son algunos ejemplos. Existe un incremento en la aceptación por parte de los estudiantes desde el año 2019, periodo en el cual la educación superior ha experimentado transformaciones significativas debido a la pandemia de la COVID-19 (Cao et al., 2021). Es importante destacar que hay regiones donde el uso de estas tecnologías es una práctica frecuente, como Estados Unidos, donde el uso de estas herramientas ha experimentado un crecimiento del 47,5% entre los años 2017 y 2021 (Kuleto et al., 2021).

La principal diferencia entre estos sistemas y otras herramientas de IA, es que ofrecen una experiencia de aprendizaje personalizada y adaptativa para los estudiantes que les permite progresar a su propio ritmo, tanto en horas lectivas o como no lectivas, y obtener un mejor rendimiento académico. Mousavinasab et al. (Mousavinasab et al., 2018) analizan el uso de los STI en educación. Los campos más frecuentes son las ciencias de la computación (37%), ciencias de la salud (15%), matemáticas (15%), física (6%), inteligencia artificial (4%) y otras aplicaciones interdisciplinarias (23%). Aunque actualmente es una línea de investigación activa, existen diferentes ejemplos de STI en la literatura científica aplicados al aprendizaje de idiomas (Alhabbash et al., 2016; Aljameel et al., 2017; I. et al., 2016; Sh Bakeer & Abu-Naser, 2018), matemáticas (Abueloun & Naser, 2017; Lu et al., 2021), ingeniería (Albatish et al., 2018; Anderson et al., 2018; Butz et al., 2006; Hoppe et al., 2021; Marouf et al., 2018), ciencias de la salud (Bernard et al., 2021) o para el apoyo de estudiantes en diferentes competencias o con necesidades especiales (Ahuja et al., 2022; Dutt et al., 2022; Fang et al., 2022; Laine et al., 2022; Long & Alevan, 2013; Xu et al., 2019).

2. OBJETIVOS

Este trabajo analiza el objetivo de los Sistemas de Tutorización Inteligente, las estructuras de diseño más comunes, así como aplicaciones implementadas con éxito en diferentes contextos universitarios.

Con los resultados del análisis, se propone un conjunto de estrategias necesarias para su óptimo aprovechamiento en las enseñanzas técnicas de educación superior, así como el análisis de las oportunidades y retos futuros para su correcta implementación.

3. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN SUPERIOR

La inteligencia artificial, como la rama de la ingeniería encargada del desarrollar sistemas que imiten los procesos cognitivos del sistema humano en la realización de tareas, tiene actualmente múltiples aplicaciones en el ámbito educativo, desde la automatización de tareas administrativas hasta la personalización del aprendizaje y la evaluación. Desde los primeros desarrollos en la segunda década del siglo XX (Ahmad et al., 2021) llevados a cabo por Alan Turing, John McCarthy o el desarrollo de sistemas expertos, se destacan cinco periodos significativos donde la IA ha transformado los procesos de enseñanza-aprendizaje: década de 1970, con las investigaciones sobre sistemas de tutorización inteligente que comenzaron a adaptar los contenidos de las materias según las necesidades de los estudiantes (como por ejemplo, el ritmo de aprendizaje); década de 1980, donde se crean los primeros entornos de aprendizaje inteligentes con disponibilidad de recursos para facilitar el aprendizaje autónomo y cooperativo; década de 1990, con el desarrollo de las tecnologías aprendizaje automático y la minería de datos destinados a analizar grandes cantidades de datos educativos y extraer patrones útiles para mejorar el proceso de evaluación de los estudiantes; década 2000-2012, caracterizada por el auge de los entornos educativos interactivos y personalizados gracias a la web semántica y agentes inteligentes; y finalmente desde 2010 hasta la actualidad, donde el esfuerzo de investigación y desarrollo está siendo enfocado a la optimización de las tecnologías de procesamiento de lenguaje natural, reconocimiento de voz, la

independencia de la tecnología ante la actuación del sistema humano o el desarrollo de inteligencia emocional artificial.

Concretamente, los sistemas de tutorización inteligentes han experimentado un notable desarrollo y evolución (Guo et al., 2021). Su origen se establece en la década de 1960, con los primeros intentos de utilizar la tecnología para dar apoyo educativo personalizado. En sus inicios, estos sistemas se basaban en reglas predefinidas y no contaban con capacidades de aprendizaje automático. Con el desarrollo de la inteligencia artificial en términos de razonamiento y gracias al desarrollo del procesamiento del lenguaje natural, en la década de 1980 se potencian las capacidades de interacción de los STI. En la última década, se han explorado nuevas tecnologías y enfoques a través de la incorporación del reconocimiento de voz, realidad o métodos de gamificación. Los siguientes apartados analizan el diseño, el funcionamiento, así como las ventajas y retos futuros de estos sistemas.

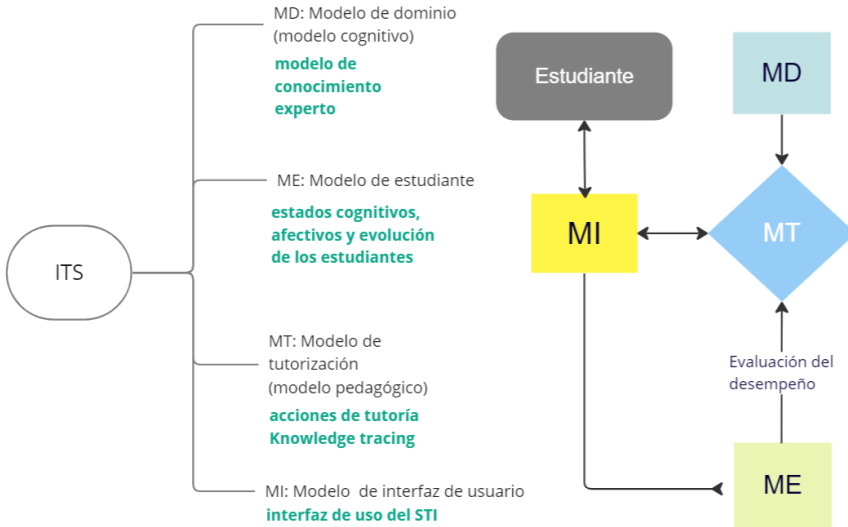
3.1. DISEÑO DE UN SISTEMA DE TUTORIZACIÓN INTELIGENTE

El diseño de un STI se realiza a través de una arquitectura de cuatro módulos (Ma et al., 2014), aunque existen otras tipologías de tres módulos o multiatente, con una implementación menos frecuente (Erümit & Çetin, 2020; Kintsch et al., 2014; Mousavinasab et al., 2018).

La figura 1 representa la arquitectura de cuatro módulos, recogiendo las propiedades y la interacción de elementos que componen cada uno.

El módulo de dominio (también denominado cognitivo o de experto) incluye los contenidos de la asignatura (conceptos, procedimientos, estrategias de resolución de problemas o actitudes), estrategias de aprendizaje, casos y ejercicios resueltos. La base de datos de este módulo contiene estándares, reglas de diseño y restricciones ligadas a la adquisición de las competencias y el alcance de objetivos de la materia. Puede incluir la extracción de conocimiento de bases de datos, libros, revistas, artículos, e incluso la retroalimentación de los usuarios (Padayachee, 2002). Las posibles teorías más utilizadas para su desarrollo son ACT-R (Control Adaptativo del Pensamiento—Racional) y CBD (Constraint-Based Modelling).

FIGURA 1. Estructura de un sistema de tutorización inteligente



Fuente: Elaboración propia

El módulo de estudiante, también denominado de diagnóstico, es el espacio personal donde se incluyen datos de reconocimiento del estudiante (identificación) y los materiales adaptados, así como la recopilación de los accesos al sistema y la información sobre el desempeño o progreso (es decir, la evaluación del aprendizaje). De forma específica, incluye el nivel de conocimiento, actividades y respuestas realizadas, comportamiento, estilos de aprendizaje, carencias y otra información importante del proceso de aprendizaje.

El módulo de tutorización, también denominado instructor o pedagógico colecciona información a través del módulo de estudiante y la contrasta con la de dominio, con el objetivo de evaluar el proceso de aprendizaje. Así mismo, establece el avance en las lecciones según el nivel adquirido por el estudiante. Detecta problemas y resultados no adecuados y desarrolla estrategias y métodos de enseñanza para solucionar sus dificultades; con esta información se indican recomendaciones y presentan contenidos adaptados.

Por último, el módulo de interfaz permite llevar a cabo la comunicación entre los usuarios y el propio STI. Integra la interfaz del entrenador, donde el administrador (es decir, el profesorado) agrega recursos didácticos (como lecciones, ejemplos, ejercicios, modificación y eliminación de material docente), gestiona cuentas de usuarios (estudiantes) y configura el sistema; y la interfaz del estudiante, donde estos realizan las tareas asignadas (estudio y revisión de las lecciones, análisis de ejemplos y resolución de los ejercicios propuestos).

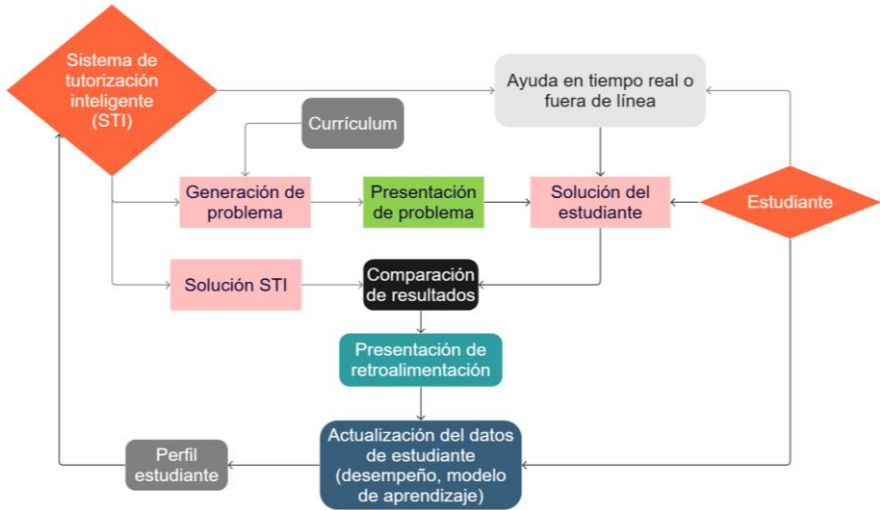
3.2. SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE UN SISTEMA DE TUTORIZACIÓN INTELIGENTE

Los STI utilizan algoritmos para personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las etapas de funcionamiento quedan representadas en la figura 2.

De forma iterativa el flujo de procesos del sistema puede resumirse en:

1. El sistema recopila información sobre el estudiante, como su historial académico, habilidades y preferencias de aprendizaje, para diseñar un plan de estudios personalizado y recomendaciones de estudio.
2. Para presentar este plan de estudios, utiliza diferentes métodos de enseñanza, como juegos interactivos, simulaciones, videos, cuestionarios y retroalimentación en tiempo real. Esto permite involucrar al estudiante y mejorar su aprendizaje.
3. El estudiante interacciona con el sistema y realiza el estudio y práctica de los contenidos. En este proceso, el STI puede ofrecer ayuda en línea o fuera de línea para apoyar en las necesidades, dificultades y dudas.
4. Finalizadas las actividades relativas al estudio, los resultados del estudiante son comparados con las soluciones almacenadas en el STI. A través del análisis masivo de datos y uso de aprendizaje automático, el sistema evalúa el progreso del estudiante y ajusta el plan de estudios y las recomendaciones de estudio.

FIGURA 2. Procesos de actividad de un sistema de tutorización inteligente



Fuente: Elaboración propia

Con este proceso, el sistema de tutorización inteligente puede proporcionar un enfoque de enseñanza y aprendizaje personalizado y adaptativo para cada estudiante, estrategia ligada a la mejora significativa de los resultados.

3.3. OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS DE LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE TUTORIZACIÓN INTELIGENTE

Es importante resaltar la importancia de la inteligencia artificial en los entornos universitarios. Estas herramientas aportan una experiencia educativa personalizada y adaptativa para los estudiantes, pudiendo ser más independientes en sus actividades (Guo et al., 2021; Mousavinasab et al., 2018; Selwyn, 2019). Así mismo, proporcionan asistencia a los profesores, facilitando las tareas de elaboración de material y tutorización. Los beneficios más importantes se resumen a continuación:

1. La personalización del aprendizaje para cada estudiante en función de sus fortalezas, debilidades y estilo de aprendizaje. Esto repercute en un aprendizaje más efectivo y puede mejorar la retención de conocimientos.

2. Una retroalimentación inmediata, lo que permite a los estudiantes identificar y corregir errores, mejorando la comprensión del material de estudio.
3. Flexibilidad para adaptarse a niveles de conocimiento y ofrecer diferentes rutas de aprendizaje o planes de estudio en función de los objetivos y necesidades del estudiante.
4. Escalabilidad o adaptación sencilla a grandes grupos de estudiantes, ventaja para su uso en cursos en línea y en aulas con ratios elevados. estudiantes.
5. En cuanto al profesorado, reducción de la dedicación de tiempo, al automatizar tareas como la evaluación y la tutorización. Además, con el STI obtienen información de desempeño de los estudiantes más completa, al generarse numerosas valoraciones continuas del rendimiento de todo el grupo. Disponer de este tipo de datos durante todo el periodo lectivo mejora la calidad del seguimiento, en comparación en los enfoques tradicionales donde los resultados del progreso del grupo se obtienen exclusivamente en pruebas objetivas (como exámenes, resultados de proyectos o actividades).

4. RESULTADOS

A pesar de los diferentes beneficios que la IA puede proporcionar en la educación universitaria, es esencial tener en cuenta que también existen riesgos potenciales y consideraciones éticas que deben tenerse en cuenta. Es importante abordar los retos futuros de la IA para solventar dos grupos de riesgos: (1) los derivados del diseño y desarrollo de la propia tecnología, y (2) los derivados del proceso didáctico.

En primer lugar, derivados del diseño tecnológico, un sistema de tutorización inteligente presenta limitaciones en la personalización. Aunque tienen cierta capacidad de personalización del aprendizaje para cada estudiante, a menudo tienen limitaciones en cuanto a la disponibilidad de un número suficiente de datos y en cuanto a la complejidad del análisis que pueden abordar. Esta circunstancia puede condicionar la correcta

adaptación de los materiales y recursos generados a las necesidades de cada estudiante. También pueden incurrir en sesgos algorítmicos; es decir, pueden estar sesgados debido a la calidad de los datos de entrenamiento o la configuración del algoritmo, llevando a evaluaciones injustas o a recomendaciones erróneas, lo que puede afectar a la calidad de la educación. Por otro lado, uno de los principales problemas que podría derivarse de una mala gestión del STI es la privacidad de los datos. Es importante garantizar que se cumplan las leyes y regulaciones de privacidad de datos y que se proteja adecuadamente la información personal de los estudiantes; si no es así, pueden sobrevenir fugas de datos, uso indebido o con fines malintencionados, así como ciberataques. Es importante que las universidades y los proveedores de sistemas de tutorización inteligente tomen medidas para garantizar la seguridad y privacidad de los datos de estudiantes y profesorado. Esto puede implicar la implementación de medidas de seguridad y privacidad sólidas, la capacitación del personal y la sensibilización de los estudiantes sobre los riesgos y beneficios de estos sistemas. Por último, otro de los retos importantes a abordar en la próxima década es la elevada inversión en recursos ligada a la complejidad de desarrollo. La implementación de sistemas de tutoría inteligente es uno de los principales obstáculos actuales para muchas universidades; se requieren grandes inversiones en infraestructura y personal capacitado para utilizar y mantener estos sistemas.

En segundo lugar, es necesario abordar los retos derivados del proceso didáctico. Los riesgos más importantes están relacionados con la falta de flexibilidad y la adaptación de la tecnología al desarrollo de ciertas habilidades.

La dependencia de la tecnología para ciertos aprendizajes puede provocar que los estudiantes no desarrollen habilidades manuales y prácticas necesarias para su trabajo. Por ejemplo, la utilización de simulaciones en línea podría provocar una frágil adquisición de las habilidades prácticas necesarias para realizar la tarea en el contexto real. Así mismo, este tipo de tecnologías son buenas para evaluar habilidades técnicas y conocimientos concretos, pero tienen dificultades para valorar las habilidades blandas, socioemocionales y de comportamiento, como la comunicación, la resolución de conflictos o el trabajo en equipo; esta situación

viene derivada de la complejidad de cuantificar objetivamente el alcance de estas competencias, así como ser influenciadas por factores contextuales y personales de los estudiantes.

Por último, la forma de abordar la interacción humana se identifica como uno de los principales problemas de los STI. Las deficiencias en habilidades interpersonales que actualmente tienen las herramientas de aprendizaje automatizadas pueden limitar la interacción entre el grupo-aula, y entre los estudiantes y los profesores; sin la interacción humana con el profesor o con otros compañeros, los estudiantes pueden sentirse desmotivados y desconectados de la materia (Taub et al., 2021). Esta circunstancia tiene un impacto negativo sobre el aprendizaje y el desarrollo social. Hay que destacar que la retroalimentación directa, el diálogo y la discusión con el tutor son altamente útiles en el proceso de aprendizaje, al ofrecer una perspectiva única y adaptada a las necesidades individuales del estudiante. Hasta el momento, los STI no pueden abordar en su totalidad una interacción adecuada; la falta de empatía o un reconocimiento emocional débil, les impide reconocer emociones como la frustración, miedo al fracaso, miedo al rechazo o ansiedad generada ante una tarea erróneamente realizada; no reconocer este tipo de emociones imposibilita la recomendación de soluciones y apoyo ante una mala comprensión de un contenido por motivos diferentes a la realización correcta o incorrecta de una actividad. Tampoco pueden establecer una relación personal con los estudiantes, un factor relevante para la motivación extrínseca y el éxito en la materia. En este contexto, es importante que los STI se complementen con otros métodos de análisis, como la observación en situaciones de trabajo en equipo o la retroalimentación de los compañeros, para obtener una evaluación más completa de las habilidades blandas. Algunas soluciones (actualmente en desarrollo) incluyen inteligencia emocional y la posibilidad de interactuar con el profesorado o con otros estudiantes para recrear un contexto de aula o comunidad, como apoyo emocional adicional. Existen herramientas que intentan simular esta interacción dentro del ITS (como los chatbots u otras de comunicación personalizada), pero actualmente tienen funciones limitadas y no pueden sustituir completamente la interacción humana.

5. DISCUSIÓN

Como se ha analizado a lo largo del trabajo, los sistemas de tutorización inteligente representan una prometedora herramienta que ofrece oportunidades para personalizar el aprendizaje, acceder a recursos educativos diversos, mejorar la calidad de los sistemas de evaluación y promover el aprendizaje colaborativo. Si se implementan de manera efectiva, estos sistemas pueden transformar la educación, empoderar a los estudiantes y mejorar los resultados educativos. Sin embargo, es importante abordar los desafíos éticos y prácticos asociados con el uso de los STI para garantizar su aprovechamiento efectivo, igualitario y ético (Selwyn, 2019).

Existen diferentes líneas de investigación futuras que actualmente están siendo exploradas para mejorar los sistemas de tutorización inteligente:

- Integración de sistemas de reconocimiento de emociones y lenguaje natural.
- Desarrollo de sistemas adaptativos, modelos de aprendizaje no supervisado y aprendizaje profundo.
- Análisis de datos para mejorar la retroalimentación.
- Uso de tecnologías emergentes como la realidad virtual y aumentada.
- Desarrollo de sistemas de tutorización que puedan enfrentarse al reconocimiento de habilidades blandas.
- Desarrollo de modelos para evaluación de la eficacia del sistema de tutorización inteligente, más allá del desempeño del estudiante.
- Ética y privacidad.
- Diseño e implementación flexible y adaptada a diferentes ámbitos de conocimiento con la mejora de herramientas de autor (actualmente escasas).

De todas ellas, hay que destacar el desarrollo de herramientas de autor (Dermeval et al., 2018). Para desarrollar un sistema de tutorización

inteligente se requieren conocimientos en programación, inteligencia artificial y didáctica. Esto puede ser un desafío para el profesorado sin conocimientos previos en estas áreas. Para solventar este inconveniente, existen herramientas de autor que permiten la creación de un STI sin la necesidad de llevar a cabo actividades de programación (Dermeval et al., 2018). Consisten en aplicaciones software que permiten crear contenidos de forma intuitiva, sin necesidad de conocimientos de programación o diseño. Estas herramientas proporcionan una interfaz gráfica y una serie de componentes predefinidos que se pueden seleccionar y utilizar para construir el sistema; suelen estar compuestas por elementos como procesadores de contenido multimedia, herramientas de edición de contenido, herramientas de animación y programación, entre otros. De esta manera, cualquier usuario con conocimientos básicos de diseño instruccional y de los conceptos pedagógicos subyacentes a los sistemas de tutoría inteligentes puede crear y personalizar este recurso. El alcance de las herramientas de autor depende del tipo de dominio y de los objetivos de aprendizaje de la materia. Desde las más sencillas, que permiten desarrollar materiales didácticos basados en diapositivas con cuestionarios de auto-evaluación y seguimiento, tareas y proyectos, hasta las más completas que facilitan la personalización del contenido y la monitorización del progreso del estudiante en tiempo real. Así mismo, suelen estar diseñadas para integrarse fácilmente con otras plataformas de aprendizaje. En general, son útiles para la actualización de los contenidos, al permitir modificarlos fácilmente y compartirlos con otros docentes.

Aunque estas herramientas han avanzado significativamente en los últimos años, el desarrollo de sistemas eficaces y de calidad, que garanticen una accesibilidad igualitaria y la efectividad del aprendizaje, definen una de las líneas de investigación principales para la comunidad científica. Esta línea de trabajo está siendo abordada a través del desarrollo y refinamiento de los algoritmos de aprendizaje automático, junto con la optimización de la recopilación de datos y análisis de estos. Así mismo, la optimización de la usabilidad, la posibilidad de integración en la mayoría de las plataformas educativas existentes, la precisión de la retroalimentación en la interacción con el estudiante, o el análisis y establecimiento de cuestiones éticas y de privacidad, son algunos de los retos

fundamentales ligados al avance de las herramientas de autor de IA en contextos educativos.

Es importante abordar los retos y preocupaciones asociados con la implementación de la inteligencia artificial en las universidades. En primer lugar, la inversión y la infraestructura necesaria, actualmente ligada a notables recursos de hardware, software y personal capacitado, junto con los costos de mantenimiento y actualización a largo plazo. En segundo lugar, los aspectos éticos y de privacidad de los datos de los estudiantes y la necesidad de garantizar la transparencia de los algoritmos utilizados. En tercer lugar, la capacitación y actualización constante del personal docente y administrativo para aprovechar las ventajas de estas tecnologías. A medida que la IA se integre en las aulas, se requerirán nuevas habilidades y conocimientos que permitan al profesorado integrarlas en sus proyectos docentes de manera efectiva.

6. CONCLUSIONES

La inteligencia artificial ha demostrado ser una herramienta útil en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Permite adaptar los contenidos y las metodologías educativas a las necesidades individuales del grupo-aula. Las nuevas tecnologías inteligentes aportan una experiencia educativa interactiva y avanzada para los estudiantes, pudiendo ser más autónomos en el aprendizaje. Así mismo, proporcionan asistencia al profesorado, facilitando las tareas de elaboración de material y tutorización. Su integración en los recursos didácticos convencionales flexibiliza el proceso de enseñanza-aprendizaje, adaptándolo de forma universal e inclusiva al conjunto de necesidades del profesorado y estudiantado universitario. Concretamente, los denominados sistemas de tutorización inteligente guían en el proceso de aprendizaje, proporcionando instrucciones claras para la resolución de problemas, estableciendo procesos estructurados de estudio y generando contenidos personalizados según el desempeño; también aportan una retroalimentación en tiempo real (medida en aciertos y errores), ajustando la complejidad o dificultad de los contenidos según el nivel de conocimiento y generando aproximaciones sucesivas de las competencias a adquirir. Finalmente, recopilan información detallada sobre el

desempeño del estudiante en tiempo real, facilitando al profesorado el establecimiento de modificaciones de contenidos, tareas, métodos o actividades de evaluación según el avance del grupo-aula. Sin embargo, la sociedad se enfrenta en la próxima década a un conjunto de desafíos éticos, sociales y pedagógicos: concretar el alcance y evaluar las consecuencias ligadas al uso masivo de las herramientas de IA en el proceso de enseñanza para asegurar un correcto avance social y un aprendizaje efectivo.

7. REFERENCIAS

- Abueloun, N. N., & Naser, A. (2017). Mathematics intelligent tutoring system. *International Journal of Advanced Scientific Research*, 2, 11–16.
- Ahmad, S. F., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., Alam, M. M., & Hyder, S. I. (2021). Artificial Intelligence and Its Role in Education. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 12902, 13(22), 12902. <https://doi.org/10.3390/SU132212902>
- Ahuja, N. J., Dutt, S., Choudhary, S. Iohmor, & Kumar, M. (2022). “Intelligent Tutoring System in Education for Disabled Learners Using Human–Computer Interaction and Augmented Reality.” <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2124359>
- Albatish, I., Mosa, M. J., & Abu-Naser, S. S. (2018). ARDUINO Tutor: An Intelligent Tutoring System for Training on ARDUINO. <http://dspace.alazhar.edu.ps/xmlui/handle/123456789/223>
- Alhabbash, M. I., Mahdi, A. O., Abu Naser, S. S., & Abu, S. S. (2016). An Intelligent Tutoring System for Teaching Grammar English Tenses.
- Aljameel, S. S., O’Shea, J. D., Crockett, K. A., Latham, A., & Kaleem, M. (2017). Development of an Arabic Conversational Intelligent Tutoring System for Education of children with ASD. 2017 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications, CIVEMSA 2017 - Proceedings, 24–29. <https://doi.org/10.1109/CIVEMSA.2017.7995296>
- Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (2018). An Intelligent Tutoring System for Learning Android Applications UI Development. *Journal of the Learning Sciences*, 4(2), 167–207. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS0402_2
- Bernard, J., Wainman, B., Walker, L., Pitt, C., Bayer, I., Mitchell, J., Bak, A., Saraco, A., & Sonnadara, R. (2021). Grading OSPE Questions with Decision Learning Trees: A First Step Towards an Intelligent Tutoring System for Anatomical Education. Proceedings of the AAAI 2021 Fall Symposium on Human Partnership with Medical AI: Design, Operationalization, and Ethics (AAAI-HUMAN 2021).

- Butz, B. P., Duarte, M., & Miller, S. M. (2006). An intelligent tutoring system for circuit analysis. *IEEE Transactions on Education*, 49(2), 216–223. <https://doi.org/10.1109/TE.2006.872407>
- Cao, J., Yang, T., Lai, I. K. W., & Wu, J. (2021). Student acceptance of intelligent tutoring systems during COVID-19: The effect of political influence. *International Journal of Electrical Engineering Education*. <https://doi.org/10.1177/00207209211003270>
- Carnegie Mellon University. (2022). OLI – Transforming higher education through the science of learning. <https://oli.cmu.edu/>
- College of Liberal Arts and Sciences, & Department of Mathematics. (2023). ALEKS PPL . ALEKS PPL Mathematics Assessment Exam. <https://math.illinois.edu/academics/undergraduate-program/aleks-ppl-mathematics-assessment-exam>
- Dermeval, D., Paiva, R., Bittencourt, I. I., Vassileva, J., & Borges, D. (2018). Authoring Tools for Designing Intelligent Tutoring Systems: a Systematic Review of the Literature. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28(3), 336–384. DOI: 0.1007/S40593-017-0157-9
- Dror Ben-Naim, & University of New South Wales in Sydney. (2023). Smart Sparrow. Smart Sparrow. <https://www.smartsparrow.com/about/>
- Dutt, S., Ahuja, N. J., & Kumar, M. (2022). An intelligent tutoring system architecture based on fuzzy neural network (FNN) for special education of learning disabled learners. *Education and Information Technologies*, 27(2), 2613–2633. <https://doi.org/10.1007/S10639-021-10713>
- Erümit, A. K., & Çetin, İ. (2020). Design framework of adaptive intelligent tutoring systems. *Education and Information Technologies*, 25(5), 4477–4500. <https://doi.org/10.1007/S10639-020-10182-8>
- Fang, Y., Lippert, A., Cai, Z., Chen, S., Frijters, J. C., Greenberg, D., & Graesser, A. C. (2022). Patterns of Adults with Low Literacy Skills Interacting with an Intelligent Tutoring System. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(2), 297–322. <https://doi.org/10.1007/S40593-021-00266-Y>
- Guo, L., Wang, D., Gu, F., Li, Y., Wang, Y., & Zhou, R. (2021). Evolution and trends in intelligent tutoring systems research: a multidisciplinary and scientometric view. *Asia Pacific Education Review*, 22(3), 441–461. <https://doi.org/10.1007/S12564-021-09697-7>
- Hoppe, L. V., Gembariski, P. C., & Lachmayer, R. (2021). Intelligent tutoring system as a tool of formative assessment in design education. DS 110: Proceedings of the 23rd International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2021), VIA Design, VIA University in Herning, Denmark. 9th -10th September 2021. <https://doi.org/10.35199/EPDE.2021.40>

- I., Alhabbash. M., MAHDI, A. O., & Abu-Naser, S. S. (2016). An Intelligent Tutoring System for Teaching Grammar English Tenses. <http://dspace.alazhar.edu.ps/xmlui/handle/123456789/410>
- Kintsch, W., Miller, J. R., & Polson, P. G. (2014). *Method and tactics in cognitive science*. Psychology Press.
- Kuleto, V., Ilić, M., Dumangiu, M., Ranković, M., Martins, O. M. D., Păun, D., & Mihoreanu, L. (2021). Exploring Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence and Machine Learning in Higher Education Institutions. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 10424, 13(18), 10424. <https://doi.org/10.3390/SU131810424>
- Laine, J., Lindqvist, T., Korhonen, T., & Hakkarainen, K. (2022). Systematic Review of Intelligent Tutoring Systems for Hard Skills Training in Virtual Reality Environments. *International Journal of Technology in Education and Science*, 6(2), 178–203. <https://doi.org/10.46328/IJTES.348>
- Long, Y., & Aleven, V. (2013). Active learners: Redesigning an intelligent tutoring system to support self-regulated learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8095 LNCS, 490–495. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40814-4_44
- Lu, Y., Pian, Y., Chen, P., Meng, Q., & Cao, Y. (2021). RadarMath: An Intelligent Tutoring System for Math Education. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(18), 16087–16090. <https://doi.org/10.1609/AAAI.V35I18.18020>
- Ma, W., Olusola O, Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918. <https://doi.org/10.1037/A0037123>
- Marouf, A., Yousef, M. K. A., Mukhaimer, M. N., & Abu-Naser, S. S. (2018). An Intelligent Tutoring System for Learning Introduction to Computer Science. *International Journal of Academic Multidisciplinary Research*, 2(2), 1–8
- Mousavinasab, E., Zarifsanaiey, N., R. Niakan Kalhori, S., Rakhshan, M., Keikha, L., & Ghazi Saeedi, M. (2018). Intelligent tutoring systems: a systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods, *Interactive Learning Environments*, 29(1), 142–163. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558257>
- Padayachee, I. (2002). Intelligent Tutoring Systems: Architecture and Characteristics. *Proceedings of the 32nd Annual SACLA Conference*, 1–8.
- Phobun, P., & Vicheanpanya, J. (2010). Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4064–4069. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2010.03.641>
- Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. John Wiley & Sons.

- Sh Bakeer, H. M., & Abu-Naser, S. S. (2018). An Intelligent Tutoring System for Learning TOEFL. *International Journal of Academic Pedagogical Research*, 2, 9–15.
- Taub, M., Azevedo, R., Rajendran, R., Cloude, E. B., Biswas, G., & Price, M. J. (2021). How are students' emotions related to the accuracy of cognitive and metacognitive processes during learning with an intelligent tutoring system? *Learning and Instruction*, 72, 101200. <https://doi.org/10.1016/J.LEARNINSTRUC.2019.04.001>
- Universidad de Harvard, & MIT. (2023). Open edX. <https://openedx.org/es/>
- Xu, Z., Wijekumar, K., Ramirez, G., Hu, X., & Irey, R. (2019). The effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' reading comprehension: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3119–3137. <https://doi.org/10.1111/BJET.12758>
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J. B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>