

Eficacia de los STI como herramienta del milieu con intencionalidad docente, en las situaciones a-didácticas, para la asistencia al aprendizaje en matemática en la universidad

Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems as a tool of the milieu with teaching intentionality, in a-didactic situations, for supporting learning in university mathematics

Javier Llawar Nehuen Cruz Puca

Universidad Nacional de La Pampa, Argentina

javiercruzpuca@gmail.com

 [0009-0007-0421-9359](https://orcid.org/0009-0007-0421-9359)

Resumen

El presente artículo analiza la incidencia de los sistemas de tutoría inteligente (STI) en la superación de obstáculos dentro de las situaciones a-didácticas en la enseñanza de la matemática universitaria bajo una modalidad a distancia. La investigación se fundamenta en un estudio de caso descriptivo realizado en UFLO Universidad durante el segundo cuatrimestre de 2025, donde se observó el desempeño de una cohorte de 37 alumnos mediante registros de interacción en Moodle, encuentros sincrónicos y entrevistas semiestructuradas. El marco teórico integra la teoría de situaciones didácticas de Brousseau, el enfoque TPACK, la teoría de la carga cognitiva y modelos de integración tecnológica como SAMR. Los resultados revelan patrones de aprobación y efectividad pedagógica de entre el 54% (13 de 24 alumnos que cursaron) y el 72% (13 de 18 alumnos que completaron el cursado) en la población activa, logrando que 13 alumnos regularicen la materia mediante la retroalimentación inmediata y la personalización del aprendizaje ofrecida por los STI. No obstante, se identificó un límite crítico en la autonomía tecnológica dado que la sanción del medio resulta inoperante cuando el estudiante carece de una base conceptual mínima, derivando en bloqueos que el software no puede resolver sin una intervención docente intensiva. De la interacción entre el marco teórico y los resultados se concluyó que los STI funcionan como materiales de apoyo dinámicos que potencian la intencionalidad pedagógica y reducen la carga cognitiva, pero su éxito es directamente proporcional a

la solidez del vínculo pedagógico y a una curricularización sistemática de la tecnología. Además, la experiencia demuestra que la inteligencia artificial no actúa como sustituto del profesor sino como un potenciador en espacios de redefinición didáctica.

Palabras clave: enseñanza de la matemática; sistemas de tutoría inteligente; situación a-didáctica; inteligencia artificial; educación superior; tecnología educativa

Abstract

This article analyzes the impact of intelligent tutoring systems (ITS) on overcoming obstacles within a-didactic situations in university mathematics education under a distance learning modality. The research is based on a descriptive case study conducted at UFLO Universidad during the second semester of 2025, observing the performance of a cohort of 37 students through Moodle interaction logs, synchronous meetings, and semi-structured interviews. The theoretical framework integrates Brousseau's Theory of Didactic Situations, the TPACK framework, Cognitive Load Theory, and technology integration models such as SAMR. The results reveal patterns of approval and pedagogical effectiveness between 54% (13 out of 24 students who attended) and 72% (13 out of 18 students who completed the course) within the active population, with 13 students achieving regular status through immediate feedback and the personalized learning offered by the ITS. However, a critical limit in technological autonomy was identified, as the "sanction of the medium" becomes ineffective when the student lacks a minimum conceptual basis, leading to blockages that the software cannot resolve without intensive teaching intervention. From the interaction between the theoretical framework and the results, it was concluded that ITS function as dynamic support materials that enhance pedagogical intentionality and reduce cognitive load, but their success is directly proportional to the strength of the pedagogical bond and a systematic curricularization of technology. Furthermore, the experience demonstrates that artificial intelligence does not act as a substitute for the teacher but as an enhancer in spaces of didactic redefinition.

Keywords: mathematics education; intelligent tutoring systems; a-didactic situation; artificial intelligence; higher education; educational technology

Sección: Artículos de investigación

Recibido: 13/02/2026

Aceptado: 04/05/2025

DOI: [10.63790/jms9qz56](https://doi.org/10.63790/jms9qz56)

El Faro se encuentra bajo la licencia de Creative Commons [Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



1. Introducción

El aprendizaje de la matemática en el nivel superior representa un desafío cognitivo de alta complejidad, donde la transición hacia la autonomía del estudiante suele verse obstaculizada por bloqueos en la resolución de problemas. En este contexto, la situación a-didáctica, definida por Brousseau y analizada por Panizza (2003) como el espacio de interacción donde el alumno debe construir conocimiento sin la guía directa del profesor, se vuelve un escenario crítico, ya que la falta de retroalimentación inmediata en este proceso suele derivar en la ruptura de la secuencia de aprendizaje y el aumento de la frustración académica.

Ante este problema, los sistemas de tutoría inteligente (STI) emergen no solo como herramientas tecnológicas, sino como materiales de apoyo dinámicos que integran la intencionalidad del docente. A diferencia de los recursos estáticos, los STI permiten que el diseño pedagógico del profesor asista al alumno en tiempo real durante su trabajo autónomo, al proporcionar retroalimentación inmediata que permite al estudiante sostener su actividad en la fase a-didáctica sin requerir intervención directa del docente. De aquí que autores como Castro Alonso y Sweller (2020) plantean que la eficacia de estos sistemas reside en su capacidad para gestionar la carga cognitiva, proporcionando andamiajes específicos que permiten al estudiante superar obstáculos técnicos para centrarse en la comprensión profunda del concepto matemático.

El presente artículo fundamenta cómo esta tecnología, bajo una planificación docente rigurosa, logra solucionar los bloqueos que se producen en la fase a-didáctica, facilitando la validación del conocimiento por parte del alumno. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Analizar la incidencia de los Sistemas de Tutoría Inteligente en la superación de obstáculos dentro de las situaciones a-didácticas y del aprendizaje en matemática universitaria.

Objetivos Específicos

- Fundamentar la naturaleza de los STI como materiales de apoyo dinámicos que integran la intencionalidad del profesor dentro del medio didáctico enriqueciendo el *milieu*, mediante retroalimentación que sostiene la actividad a-didáctica del estudiante.
- Identificar el impacto de la retroalimentación inmediata de los STI en la reducción de la carga cognitiva del alumno durante el aprendizaje autónomo de conceptos matemáticos complejos.
- Evaluar la capacidad de los STI para solucionar el bloqueo en la fase a-didáctica, permitiendo que el estudiante universitario pase de la frustración a la validación del conocimiento sin la intervención física del docente.

2. Metodología

La presente investigación se aborda desde un enfoque cualitativo con un diseño de estudio de caso descriptivo, orientado a analizar la mediación tecnológica en el aprendizaje de la matemática universitaria. El estudio se fundamenta en la observación de la cátedra virtual dictada en el segundo cuatrimestre de la UFLO, contrastando la evidencia empírica con los marcos teóricos de la didáctica de la matemática y la ciencia de la educación.

1. 1. Participantes

La población de estudio estuvo constituida por 37 estudiantes universitarios (de diferentes carreras) de la cátedra virtual de matemática. Para el análisis de los resultados se segmentó la muestra entre los 13 alumnos que alcanzaron la regularidad y los 24 casos restantes que no lograron cumplimentar los requisitos de la materia (incluyendo 13 inasistencias iniciales y 11 abandonos). Esta distinción permitió identificar las correlaciones entre el nivel de comprensión inicial en las clases sincrónicas y la capacidad de interacción autónoma con los recursos disponibles.

1. 2. Instrumentos

Se emplearon tres instrumentos de recolección de datos diseñados para capturar la complejidad del proceso de aprendizaje mediado:

- Registro de observación directa, utilizado para evaluar el nivel de interacción y comprensión durante las sesiones sincrónicas.
- Entrevistas semiestructuradas individuales, aplicadas a la totalidad de la muestra para rastrear el uso de la inteligencia artificial (IA) y otros materiales didácticos (clases grabadas, guías teóricas y ejercicios resueltos paso a paso).
- Matriz de análisis de desempeño, empleada para cruzar la variable de “regularidad académica” con la variable de “efectividad en la interacción con el STP”.

1. 3. Procedimiento

El procedimiento se desarrolló en las siguientes fases: en primer lugar, se identificó el grado de asimilación de los contenidos tras la explicación docente tradicional; posteriormente, se relevó el comportamiento de los alumnos durante la fase a-didáctica, detectando que el uso de la IA se concentró específicamente en la resolución de ejercicios práctico; y, finalmente, se realizó un análisis comparativo para determinar por qué la disponibilidad de materiales dinámicos (STI) y estáticos (PDF con explicaciones paso a paso/videos) no fue suficiente para los alumnos que presentaron bloqueos cognitivos profundos desde la instancia sincrónica, estableciendo así los límites de la autonomía tecnológica en función de la base conceptual previa.

2. Desarrollo

2. 1. Marco teórico

El análisis de la enseñanza de la matemática en el nivel superior exige una comprensión profunda de las dinámicas que se suscitan cuando el estudiante se enfrenta a la resolución de problemas de manera autónoma. Panizza (2003) afirma que la teoría de situaciones didáctica de Brousseau identifica dos situaciones explícitas en el proceso del aprendizaje de matemática, una es la situación didáctica y otra la situación a-didáctica. Es en la situación a-didáctica donde el alumno desarrolla su aprendizaje autónomo; allí se hacen presentes las características del

conocimiento y la necesidad de un medio que ofrezca información sobre su producción (como noción de sanción), todo ello sin la intervención del docente.

Gros (2013) aborda dicha situación desde las ciencias de la educación, enfocándose en el aprendizaje en la sociedad digital y observando en particular la educación más allá de la escuela, partiendo desde el concepto de espacio-nodo como un espacio donde se da la educación, pero en una cartografía diferente, atravesada por las tecnologías que se sitúan en redes. Por ello afirma que el proceso educativo no es ajeno a la intervención tecnológica pues ésta se ha convertido en un medio donde se configuran los espacio-nodo, y es allí donde se ofrecen grandes ventajas, por ejemplo, la personalización.

De aquí que el autor identifica la existencia de un aprendizaje basado en el “*just in time*”, en vez del basado en el “*just in case*”, y con ello entiende que los sistemas educativos deben cambiar su enfoque pasando de la centralidad en el contenido a la centralidad en las habilidades de aprendizaje, pues el contexto lo requiere y más que una recomendación es una necesidad de los actores educativos que aprenden, “los alumnos”.

El profesorado debe diseñar situaciones de aprendizaje que proporcionen un aprendizaje personalizado. Los profesores pueden hacer esto eficazmente mediante el uso de una amplia gama de herramientas tecnológicas para involucrar a los estudiantes en diferentes niveles de preparación de múltiples maneras y ofreciendo opciones para demostrar la comprensión y el dominio de la materia. (Gros, 2013, p. 176).

Otros autores como Castro Alonso y Sweller (2020) agregan el término “carga cognitiva” y se enfocan en el aprendizaje asumiendo que éste se da a través de medios. Por ello afirman que cada espacio de entrada supone una carga dependiendo del material empleado para el aprendizaje, de aquí que aprender a través de visualizaciones complementadas con texto escrito es menos efectivo que si se usa texto hablado. Esto se da porque los medios importan tanto que si se utiliza siempre el mismo para que el alumno aprenda, el sujeto se sobresaturará ya que la interacción con el material siempre es la misma. En sus conclusiones recomiendan un empleo efectivo de materiales escritos, auditivos y otros complementarios para no saturar las entradas de aprendizaje.

En la misma línea de abordaje de los medios, Naranjo (2024) analiza y promueve el enfoque TPACK, “conocimiento pedagógico (PK), conocimiento de contenido (CK), conocimiento tecnológico (TK)”, como una postura que permite a los docentes interactuar en

forma real con quienes aprenden, a través de las tecnologías digitales, asumiendo que se deben integrar estos tres conocimientos para producir materiales didácticos efectivos que le permitan al alumno aprender y al docente enseñar, representando una estrategia efectiva para alcanzar niveles eficaces de educación. Afirma el autor: “La calidad docente se refleja en la disposición a ofrecer oportunidades y reconocimientos a los estudiantes, utilizando métodos atractivos y evaluaciones que actualmente son implementadas de manera deficiente” (p. 11).

2. 2. Estado del arte

A su vez, Guaman Cajilema et al. (2025) se enfocan en los STI basados en IA como un medio de apoyo que utiliza el docente para aquellos momentos en donde el alumno se encuentra en situaciones a-didácticas. Los autores identifican varios aspectos positivos, destacando la capacidad de personalización del aprendizaje en matemática, afirmando que éste medio mejora el rendimiento académico en alumnos de bachillerato de Ecuador, porque logran “fomentar su autonomía y optimizar la enseñanza al ajustarse a las necesidades individuales” (p.762), y con ello deconstruyen esquemas tradicionales:

(...) contribuyen a superar el enfoque tradicional de “talla única” en la enseñanza, ya que permiten personalizar la experiencia educativa. Esto es particularmente relevante en matemáticas, una disciplina que suele presentar desafíos de aprendizaje específicos y donde la práctica y el refuerzo constante de conceptos resultan cruciales. En este sentido, los ITS han demostrado ser efectivos al ajustar los contenidos y actividades en función del progreso individual del estudiante (p. 762).

Por su parte, Puyol et al. (2025) realizaron una revisión bibliográfica de la literatura global sobre el empleo y los beneficios de los STI en la enseñanza de la matemática. Asumiendo que la IA dio un giro importante en el campo de la educación, identificaron que se han planteado desafíos didácticos más que tecnológicos, los cuales exigen la unión de la tecnología con la pedagogía, afirmando que la disputa no es disciplinar de lo matemático ni del medio tecnológico, sino que es pedagógico del profesor, quien precisa garantizar un uso equitativo el cual permita continuar desarrollando la autonomía del estudiante en la disciplina. De esta forma los STI crean beneficios para que los alumnos se preparen para enfrentar desafíos del presente y del futuro.

En la misma línea, Carbonell Bernal y Hernández Pardo (2024) analizan las publicaciones científicas acerca de STI en procesos de enseñanza-aprendizaje, desde 2013 a 2023, destacando el impacto obtenido por su empleo en la producción científica, el rendimiento académico de alumnos y la coordinación interdisciplinar, debido a su influencia por la personalización de contenidos y apoyo de autorregulación, que a la vez incide en las actitudes del alumnado, que mejora su participación y compromiso con el aprendizaje de la disciplina.

Con otro foco, Son (2024) también aborda los STI y su empleo en la enseñanza de la matemática, utilizando el modelo de aumento, sustitución, modificación y redefinición (SAMR) en Corea, afirmando que se producen cambios que están modificando el aprendizaje de la matemática, pues la implementación de los STI no reemplaza ni copia los procesos tradicionales del aula o de las tecnologías digitales, sino que interviene en los espacios que no se generan en el aula, creando una infraestructura que permite al alumno aprender en aquellos espacios donde el docente con sus técnicas está ausente. De esta forma también interviene en la enseñanza, señalando que el empleo de STI por sí solo no garantiza ningún éxito, sino que el profesor debe examinar lo que es pedagógicamente factible más allá de lo que sea tecnológicamente posible.

A su vez, Perera Hernández (2023) aborda la temática del aprendizaje de matemática en bachilleratos de Costa Rica, logrando varios resultados respecto del valor de la implementación de STI en la enseñanza de esta asignatura, diseño de arquitecturas de contenidos, de desarrollo de software, destacando entre ellos las habilidades que se pueden lograr en el aprendizaje del alumno si se interviene en la educación con STI al momento de enseñar, afirmando que las habilidades de mayor desarrollo son aquellas que construye el alumno en interacción con la disciplina, como razonar y argumentar, matematización, reconocimiento de patrones, plantear y resolver problemas, conectar.

En tanto, Fernández Sánchez (2024) estudia el impacto de los STI para mejorar la enseñanza en el nivel primario en España, enfocándose en el rendimiento de los alumnos, pero también en las actitudes de ellos ante la complejidad disciplinar, logrando identificar incrementos significativos en el rendimiento de alumnos que utilizaron STI frente a aquellos que estudiaron en el mismo grado pero con métodos tradicionales, atribuyendo dicho resultado a la capacidad de los STI de dar más personalización y mayor profundidad. Respecto de las actitudes, aportó que el empleo de los STI para el estudio demostró un aumento de confianza y

motivación de los alumnos al momento de abordar las clases, pues sabían a dónde dirigirse en caso de tener preguntas.

En el mismo nivel de educación, Chuan Shih et al. (2023) estudiaron el impacto de los STI en alumnos de sexto grado de Taiwán, logrando obtener resultados cuantitativos que diferenciaron dos grupos (un grupo de alumnos que utilizó STI para estudiar para los exámenes y un grupo que no), pudiendo definir que inicialmente en la primer prueba quienes utilizaron STI sobrepasaron al otro grupo en un 60% de efectividades y que en una segunda oportunidad, donde los alumnos con STI se habían integrado con el medio tecnológico, lograron un resultado superior del 75%.

En la educación de nivel superior, la matemática asume diferentes complejidades según la carrera a la cual apoye la disciplina, pero tal como lo mencionan autores anteriores, la intervención de los STI como medio y estructura para apoyar el aprendizaje de los alumnos no es un problema disciplinar ni tecnológico, sino que es de abordaje pedagógico. Por ello Erazo Escudero et al. (2025) afirman que la problemática histórica de la enseñanza de la matemática se sostiene en la dificultad para comprender conceptos abstractos y con ello poder relacionar la realidad con la teoría. En ese sentido, los autores estudian la intervención de diferentes tecnologías en el nivel superior e identifican que varias opciones de producción no poseen una estructura de sistematización institucional para que realmente sean útiles, sino que son esfuerzos individuales de profesores en sus cátedras, siendo los únicos implementados GeoGebra, Phyton, Moodle, Simuladores y sistemas de realidad aumentada y virtual. A la vez, destacan que la intervención de dichas implementaciones en forma sistemática institucional demuestra mejoras en las estadísticas acerca del rendimiento de alumnos, concluyendo que la tecnología digital aplicada a los procesos de enseñanza-aprendizaje genera efectos positivos, pero debe comprender una estructura sistemática (curricularización) que le permita al alumno aprovecharla.

De León de Hernández (2024) también se enfoca en la enseñanza de la matemática en la universidad, reconociendo que existen desafíos para la aplicación de los STI y que ellos están enfocados en los docentes en vez de otras disciplinas, por ello asume que el desafío y las oportunidades están en la formación docente, para que las planificaciones (curricularización) sean efectivas.

Toda esta base teórica y los antecedentes analizados permiten situar la experiencia del dictado de matemática en el segundo cuatrimestre de UFLO en 2025, la cual fue concebida como un ecosistema de validación empírica para los modelos expuestos. En este sentido, la intervención no se limitó únicamente a la observación de la autonomía en situaciones a-didácticas y la configuración de espacios-nodo, sino que buscó poner a prueba la eficiencia del enfoque TPACK a través de la creación de materiales didácticos que respeten los límites de la carga cognitiva y el efecto de modalidad.

Asimismo, la implementación de los STI en esta cohorte permitió evaluar la transición pedagógica mediante las fases de modificación y redefinición del modelo SAMR, analizando si la infraestructura tecnológica logra efectivamente intervenir en aquellos espacios donde la técnica docente tradicional no impacta. De esta forma, la experiencia en la UFLO se constituye como un escenario integral para contrastar si la personalización, el diagnóstico de conceptos abstractos y la autorregulación mencionados por la literatura global se traducen en una mejora medible de las habilidades de razonamiento, matematización y vinculación con la realidad, cuyos hallazgos cuantitativos y evidencias de desempeño se detallan a continuación en la sección de resultados.

3. Resultados

Los hallazgos obtenidos en la cohorte virtual del segundo cuatrimestre de 2025 en UFLO permiten identificar patrones complejos sobre la mediación tecnológica en la enseñanza de la matemática bajo una modalidad a distancia, ya que la articulación del enfoque TPACK se evidenció en la unidad 2, de Funciones, por ejemplo en el tema “Funciones cuadráticas”, donde el diseño pedagógico (PK) consistió en una estrategia de descubrimiento guiado para el cálculo de raíces (CK) mediante la fórmula de Bhaskara. Aquí, la dimensión tecnológica (TK) se integró utilizando el STI para proporcionar la sanción del medio, logrando que el sistema no solo validara los resultados, sino que también se constituyó como alertas sobre errores específicos durante el proceso de cálculo. Asimismo, bajo el modelo SAMR, esta actividad se situó en el nivel de “redefinición”, ya que permitió que el alumno transitara la fase a-didáctica mediante una retroalimentación instantánea sobre su propio proceso algebraico, logrando una

validación autónoma que anteriormente dependía exclusivamente de la corrección diferida del docente.

Además, al analizar la interacción en el entorno Moodle y los encuentros sincrónicos, se observó que la eficacia de los STI no es uniforme, sino que depende de la solidez de la planificación docente y del vínculo pedagógico establecido.

Este comportamiento se evidencia en las respuestas de los estudiantes entrevistados, en particular, quienes lograron sostener la actividad en la fase a-didáctica destacan el valor de la retroalimentación inmediata del sistema:

- ❖ *“Cuando el resultado del ejercicio me daba diferente a la clave de corrección, no entendía dónde buscar el error para corregirlo, pero con la devolución directa de la IA podía ver qué estaba haciendo mal y seguir solo” (Alumno 7).*
- ❖ *“Lo usaba cuando me trababa, porque me guiaba y me decía exactamente la respuesta que precisaba, entonces **podía avanzar en la práctica hasta que lograba hacerlo sola**” (Alumno 12).*
- ❖ *“Me marcaba mi error y eso me ayudaba a **no abandonar el ejercicio**” (Alumno 15).*
- ❖ *“Lo usé para estudiar para el parcial, cada vez que no sabía cómo seguir, me orientaba con los paso a paso para desarrollar el ejercicio, y podía seguir resolviendo **sin esperar la clase**” (Alumno 21).*
- ❖ *“Me indicó el paso en el que estaba fallando y así podía corregir y terminar el ejercicio por mi cuenta, **hasta que podía resolver el resto de los ejercicios**” (Alumno 9).*
- ❖ *“Para los parciales me sirvió, porque me daba ejercicios similares a los que después tuve que resolver en el examen” (Alumno 2).*

Respecto a la métrica de desempeño, la cursada inició con 37 alumnos inscriptos, de los cuales 13 nunca establecieron conexión con la plataforma y 11 abandonaron por diversos motivos. El análisis pormenorizado de las causas de abandono revela que solo 5 alumnos desertaron por razones estrictamente pedagógicas relacionadas con la incomprensión de los temas debido a una base matemática previa insuficiente. Los restantes abandonos se atribuyeron a factores externos como coincidencias horarias laborales o desvinculaciones administrativas,

lo cual permite observar una frecuencia de aprobación que sitúa la efectividad de la propuesta pedagógica entre un 54% (13 de 24 alumnos) en el cálculo global y un 72% (13 de 18 alumnos) si se considera únicamente a la población que mantuvo una participación activa.

En términos de acreditación, la estrategia de evaluación basada en la creación de material específico y la flexibilidad de instancias de recuperación permitió que 13 alumnos aprobaran la cursada. De este grupo, 4 estudiantes alcanzaron la promoción con calificaciones superiores a 7, mientras que 9 lograron la regularidad. Estos resultados demuestran que el uso de STI, complementado con una relación docente-alumno cercana, valoriza la propuesta y facilita la permanencia en el sistema.

Sin embargo, se identificaron límites claros en la capacidad de asistencia del docente frente a los bloqueos cognitivos más profundos, pues los 5 alumnos que abandonaron por no comprender los temas evidenciaron que, ante una brecha de conocimiento inicial muy amplia, el tiempo docente y la autonomía que ofrece el STI resultan insuficientes sin el apoyo de figuras auxiliares o programas de nivelación paralelos. En estos casos, la situación a-didáctica se obstaculiza no por falta de tecnología, sino por la imposibilidad de procesar la sanción del medio sin un andamiaje humano más intensivo.

En las respuestas de estos 5 estudiantes que abandonaron, se evidencia que el obstáculo no fue operativo sino conceptual, como se evidencia la siguiente respuesta:

- ❖ *“Aunque la IA me mostraba el error y el paso a paso, no entendía por qué estaba haciendo eso, no sabía cómo avanzar ni hacer las actividades. A veces me mostraba resultados que yo sabía que eran de otros temas, pero no sabía cómo hacerlo o cómo llegó a eso”* (Alumno 19).

Esto indica que, en ausencia de andamiajes cognitivos previos, la retroalimentación del STI pierde su función de sanción del medio y deja de sostener la actividad a-didáctica, transformándose en información que el estudiante no puede procesar.

Finalmente, el registro de la experiencia indica que la creación de materiales dinámicos y el desarrollo de exámenes personalizados demandaron una carga de trabajo docente significativa, pero fueron determinantes para que el 75% de los alumnos regularizados integrara el STI con éxito. Este hallazgo confirma que la efectividad del medio tecnológico para reducir la carga cognitiva y superar obstáculos depende de una estructura sistemática de

curricularización de los medios tecnológicos (en este caso de los STI). De esta forma, la experiencia en la UFLO permite proyectar mejoras futuras mediante la consolidación de la IA no como un sustituto, sino como un potenciador de la intencionalidad pedagógica en el nivel superior.

4. Discusión

El análisis integral de los resultados obtenidos en UFLO permite establecer una discusión crítica que trasciende la descripción estadística para situarse en la complejidad de la didáctica mediada por tecnologías. En primer lugar, la experiencia pone en tensión la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau y el análisis de Panizza (2003) con la realidad de la educación a distancia en el nivel superior. Si bien la literatura plantea que los STI pueden entenderse como herramientas que enriquecen el *milieu*, en la medida en que aportan retroacciones que sostienen la actividad autónoma del estudiante, la evidencia empírica de esta cohorte demuestra que la sanción del medio es inoperante si el estudiante no posee un esquema cognitivo base. El abandono de los 5 alumnos por incomprensión de contenidos, a pesar de tener el STI a disposición, confirma que la autonomía no es una capacidad que el software genera por sí solo, sino una competencia que requiere de una base pedagógica previa que el sistema no puede construir desde el vacío.

En este sentido, la discusión debe centrarse en la dimensión humana de la tecnología y en la vigencia del enfoque TPACK promovido por Naranjo (2024), ya que los resultados, que muestran una aprobación y efectividad de hasta el 72% (13 de 18 alumnos) en la población activa, no se atribuyen únicamente a la herramienta, sino a la integración del conocimiento tecnológico con una relación alumno-docente sólida y una planificación rigurosa. El trabajo exhaustivo del docente en la creación de materiales y la gestión de múltiples instancias de recuperación fue lo que permitió que el sistema se transformara en un verdadero espacio-nodo (Gros, 2013), donde el aprendizaje *just in time* fue posible gracias a que existía una infraestructura humana que sostenía la red virtual de Moodle junto con la infraestructura de asistencia de los STI. Esto valida lo planteado por Son (2024) mediante el modelo SAMR, ya que la intervención tecnológica no reemplazó la técnica docente, sino que operó en los espacios de redefinición donde la presencialidad tradicional no alcanzaba a impactar.

Asimismo, los hallazgos sobre la carga cognitiva (Castro Alonso & Sweller, 2020) y el efecto de modalidad encuentran en esta investigación una validación práctica fundamental, pues la flexibilidad evaluativa y la diversificación de medios permitieron que los 13 alumnos aprobados gestionaran sus entradas de aprendizaje sin sobreesaturarse. No obstante, el límite detectado en la capacidad de asistencia del docente frente a los bloqueos más profundos coincide con las preocupaciones de Erazo Escudero et al. (2025) y De León de Hernández (2024) sobre la necesidad de una curricularización sistemática de las estructuras/medios/nodos tecnológicos. La falta de apoyo de la figura humana no es aquí un detalle, sino que es una barrera pedagógica que impide que la personalización alcance a quienes presentan mayores dificultades, y tal como indican Carbonell Bernal y Hernández Pardo (2024), el impacto en el rendimiento y la actitud de los alumnos es significativo, pero depende de una coordinación interdisciplinaria que no puede recaer exclusivamente en esfuerzos individuales de la aplicación tecnológica.

Finalmente, el incremento del 60% al 75% en la efectividad observado en estudios internacionales como los de Chuan Shih et al. (2023) encuentra un eco en UFLO, donde la familiarización con el medio tecnológico permitió que 4 alumnos alcanzaran la promoción y 9 la regularidad. Sin embargo, el aporte original de esta investigación radica en identificar que el STI potencia habilidades de matematización y razonamiento (Perera Hernández, 2023) solo si el docente logra “humanizar” la IA mediante una tutoría activa.

A modo de conclusión, se afirma que los sistemas de tutoría inteligente son herramientas excepcionalmente potentes para solucionar los bloqueos en las fases a-didácticas y fomentar la validación del conocimiento sin la presencia física constante del profesor. A su vez, la experiencia de 2025 deja como lección que la efectividad tecnológica es directamente proporcional a la calidad del vínculo pedagógico.

Para futuras cohortes, se ha definido el avance en la creación de manuales propios y programas de nivelación paralelos que aseguren que la tecnología sea un puente inclusivo y no una barrera que profundice la desigualdad académica, a fin de que la inteligencia artificial en la universidad pueda transformar la enseñanza por su capacidad de personalización y desarrollo de infraestructuras para los momentos de situaciones a-didácticas, y que su éxito final siga dependiendo de una planificación humana empática, situada y profundamente pedagógica.

5. Referencias

- Carbonell Bernal, N., & Hernández Prados, M. Á. (2024). Impacto de los sistemas de tutoría inteligente. Una revisión sistemática. *Eduotec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (89), 121-143. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3025>
- Castro-Alonso, J., & Sweller, J. (2020). El efecto de modalidad de la teoría de la carga cognitiva. En W. Karwowski, T., Ahram & S. Nazir (Eds.). *Avances en factores humanos en las ciencias de la formación, la educación y el aprendizaje. AHFE 2019. Avances en sistemas inteligentes y computación*, 963. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7_7
- Chuan Shih, S., Chia Chang, C., Chen Kuo B., & Han Huang, Y. (2023). Mathematics intelligent tutoring system for learning multiplication and division of fractions based on diagnostic teaching. *Education and Information Technologies*, 28, 9189-9210. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11553-z>
- De León de Hernández I. (2024). La enseñanza de la matemática universitaria de la mano de la inteligencia artificial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 10434-10446. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15723
- Erazo Escudero, A., Aguirre Guashpa, K., & Torres Ramos, A. (2025). El impacto del uso de tecnologías digitales en el aprendizaje matemático en estudiantes de nivel superior: Una revisión sistemática. *ASCE*, 4(2), 1254-1274. <https://doi.org/10.70577/mtdvhj18/ASCE/1.20>
- Fernández Sánchez, D. (2024). Implementación de Sistemas de Tutoría Inteligente para Mejorar la Enseñanza de Matemáticas en Escuelas Primarias de Caravaca De La Cruz – Murcia – España. *Revista científica multidisciplinaria Ciencia y Reflexión*, 3(1), 1-13. <https://doi.org/10.70747/cr.v3i1.6>
- Gros, B. (2013). La educación más allá de la escuela, el aprendizaje en la sociedad digital. En J. L. Rodríguez Illera (Comp.). *Aprendizaje, Educación y Sociedad Digital* (pp 171-176). Universidad de Barcelona. <http://www.psyed.edu.es/archivos/grintie/AprendizajeEducacionSociedadDigital.pdf>
- Guaman Cajilema, C., Pilachon Armijo, D., Chucho Rea, J., Inga Cuvi, W., & Chucho Morocho, J. (2025). Implementación de sistemas de tutoría inteligente basados en IA para la personalización

- del aprendizaje en matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 752-766. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15792
- Naranjo, J. (2024). El modelo Conocimiento Tecnológico Pedagógico y de Contenido (TPACK): una estrategia para potenciar las competencias digitales de los docentes. *LATAM. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(4), 2079-2094. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2395>
- Panizza, M. (2003). Conceptos básicos de la Teoría de Situaciones Didácticas. En M. Panizza (Comp.), *Enseñar matemática en el Nivel Inicial y el primer ciclo de la EGB* (pp. 1-17). Paidós. https://matematicasiesoja.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/matematicas_teorico.pdf
- Perera Hernández J. (2024). *Propuesta de un sistema de tutoría inteligente para el apoyo del aprendizaje de las matemáticas para estudiantes de décimo año del Colegio Humanístico Costarricense* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/items/79d90b88-09e7-4369-a115-c8c197523d08/full>
- Puyol, J., Castillo, E., Baloy, A., Campus, J., & Rodríguez, L. (2025). Impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Revista InnovaSciT*, 3(2), 627-638. <https://doi.org/10.70577/innovascit.v3i2.95>
- Son, T. (2024). Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education: A Systematic Literature Review Using the Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition Model. *Computers*, 13(270), 1-24. <https://doi.org/10.3390/computers13100270>