

LOS SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES Y SU APLICABILIDAD EN LA EDUCACIÓN¹

Jairo A. Durango Hernández², Yois Smith Pascuas Rengifo³

*Ingeniería de sistemas, Universidad de la Amazonia
Florencia – Caquetá, Colombia*

Fecha de recepción: Junio 29, 2015
Fecha de Aceptación : Agosto 8, 2015

RESUMEN

Existen modelos pedagógicos donde el alumno es totalmente dependiente del tutor, y es este último el que decide qué y cómo enseñarle; pero es allí donde se genera cierta inconformidad en el proceso pedagógico, puesto que se asume que los estudiantes están condicionados para aprender la misma clase de cosas sin considerar diferencias individuales ni intereses personales. Por esto ha surgido la necesidad de implementar estrategias innovadoras que contribuyan al enriquecimiento del proceso enseñanza-aprendizaje, y es así como gracias al avance de las tecnologías de la información y las comunicaciones han surgido diversas herramientas que apoyen la educación, una de estas son los denominados sistemas tutores inteligentes, las cuales están orientados a crear ambientes atractivos para el estudiante, integrando la instrucción por computador y la inteligencia artificial. En este artículo se hace una revisión del estado del arte del tema, identificando su aplicabilidad en la educación, la conceptualización, finalmente unas conclusiones y propuesta de aplicación.

Palabras claves: Sistemas Tutores Inteligentes, Educación, Inteligencia Artificial, Enseñanza, Aprendizaje.

INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS AND ITS APPLICABILITY IN THE EDUCATION

Abstract

There are pedagogical models where the student is totally dependent on the tutor, and it is the latter that decides what and how to teach; but that is where some disagreement is generated in the educational process, since it assumes that students are conditioned to learn the same kind of things without considering individual differences and personal interests. Why has there been a need to implement innovative strategies that contribute to enriching the teaching-learning process, and that is how thanks to the advancement of information technology and communications have been a number of tools to support the education of these are the called intelligent tutoring systems, which are aimed at creating attractive environments for students by integrating instruction by computer and artificial intelligence. This article reviews the state of the art becomes subject, identifying its applicability in education, conceptualization, finally some conclusions and proposed application.

Keywords: Intelligent Tutoring Systems, Education, Artificial Intelligence, Teaching, Learning.

How to cite/Cómo citar:

Sánchez, I.I., Cabrera, J.M. y Martínez, J. E. (2015). Ayudas virtuales como apoyo al aprendizaje inclusivo en la ingeniería. Revista Horizontes Pedagógicos 17(2), 104-116.

- 1 Artículo derivado de la Investigación “ Desarrollar un entorno *e-learning* para fomentar la cultura ambiental referente al manejo de residuos electrónicos en los niños de 5 a 12 años de Florencia Caquetá-Colombia”.
- 2 Estudiante de noveno semestre de ingeniería de sistemas de la Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá, Sistemas Tutores Inteligentes y su aplicabilidad en la educación, Email: j.durango@udla.edu.co
- 3 Ingeniera de Sistemas, Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Estudiante de Doctorado de Educación y Cultura Ambiental. Actualmente Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia. Grupo de Investigación en Ingeniería de Software. Campus porvenir Calle 17 Diagonal con Carrera 3F – Barrio Porvenir, Florencia - Caquetá. Email: y.pascuas@udla.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología ha incursionado fuertemente en la educación, tanto así que se han llevado a cabo múltiples investigaciones acerca de cómo poder establecer un ambiente de aprendizaje más interactivo que se acople a las necesidades cognitivas de los estudiantes. Se han desarrollado los sistemas tutores inteligentes, que son sistemas de cómputo que se realizan con la finalidad de coadyuvar en el quehacer de las personas que fungen tareas y/o funciones de tutor y así facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Los sistemas tutores inteligentes son: un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo.

Los sistemas tutores inteligentes aplican algunas técnicas de la inteligencia artificial, esto con el objetivo de dotar el sistema de una habilidad que solo los seres humanos poseen, “inteligencia”, contribuyendo así a que estos sistemas identifiquen las falencias en el aprendiz y puedan reforzar el conocimiento en el transcurso del aprendizaje de cierta área de conocimiento. Diversos autores plantean una arquitectura de los sistemas tratados que se constituye de 4 módulos, estos son: 1) el módulo del experto o dominio, 2) el módulo del estudiante, 3) el módulo de instrucción o tutor, 4) el módulo del ambiente o interface de usuario.

Este trabajo investigativo tiene como objetivo general dar a conocer los aspectos más relevantes y representativos de los Sistemas Tutores Inteligentes, cómo ha sido su origen y evolución y qué impacto ha tenido la implementación de estos sistemas en el contexto educativo.

Con base en estos estudios, investigaciones, se realiza una revisión del estado del arte del tema. Se realiza la búsqueda en bases de datos especializadas tales como: Redalyc, IEEE, ACM, entre otras. Durante la investigación, se tiene como criterio de selección de artículos, las investigaciones donde se han implementado los STI para fines académicos. Por otro lado se analiza e identifica la aplicabilidad que tienen estas herramientas en el campo educativo

y qué tan significativo es el aporte de estos para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

CONCEPTUALIZACIÓN

La inteligencia artificial (IA), es la disciplina que estudia la creación y diseño de entidades capaces de razonar por sí mismas (Cataldi & Lage, 2009), la ambición por crear entidades que imiten el comportamiento de la inteligencia humana y la creciente demanda del sistema educativo para medir el rendimiento del estudiantado, que además solicitaba un sistema que enriqueciera el proceso enseñanza aprendizaje; la IA de la mano de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) crearon la CAI (por sus siglas en inglés de Computer-Assisted Instruction O Instrucción Asistida por Computadora), es un sistema de instrucción para ser entregada vía computadora y posee dos características que le son propias: el estudiante es central al sistema y la computadora es solo un vehículo para la instrucción, no un método de enseñanza (Huapaya, 2009). Más adelante este sistema evolucionó a los Sistemas Tutoriales inteligentes.

Como los STI buscan emular un tutor humano, por consiguiente se ofrece la definición de este concepto. Un tutor es una entidad capaz de guiar o modificar el comportamiento, actividad y desempeño de un estudiante o aprendiz (Ramos-Cabral, González-Castolo, & Hernández-Gallardo, 2010).

Un sistema tutorial inteligente (ITS, por sus siglas en inglés), se define como: sistemas computacionales diseñados para impartir instrucción y apoyar inteligentemente los procesos de enseñanza aprendizaje mediante la interacción con el alumno (Arias, Jiménez, & Ovalle, 2009).

El ambiente interactivo de aprendizaje es un sistema de instrucción basado en computadores que ofrece un entorno de trabajo y apoyo a los aprendices para adquirir nuevas habilidades en cierta área del conocimiento (Aleven, Stahl, Schworm, Fischer, & Wallace, 2003).

Desde esta perspectiva un STI es un tipo de ambiente interactivo que está diseñado para el aprendizaje

individual y se distingue de los otros tipos por su capacidad para modelar el estado cognitivo del usuario, permitiendo brindar consejos sensibles al contexto y retroalimentar en todos los pasos de un proceso de aprendizaje (Graesser, Chipman, Haynes, & Olney, 2005). Su objetivo principal, además de dominar un área de conocimiento en específico, es desarrollar una metodología que se adapte al alumno e interactúe dinámicamente con el mismo.

Un STI se compone de una arquitectura de 4 módulos: 1) Módulo del experto (o dominio): es el conocimiento del dominio (o tópicos del tema que será enseñado) introducido en el sistema y representa el conocimiento del experto en el tema y las características de la resolución de problemas asociados. 2) Módulo del estudiante: su función es capturar el entendimiento del aprendiz sobre el dominio. 3) Módulo tutor o tutorial: contiene las estrategias tutoriales e instrucciones indispensables. Estas estrategias deben ajustarse a las necesidades del estudiante sin la intervención del tutor humano. El propósito principal de este módulo es reducir la diferencia del conocimiento entre el experto y el estudiante al mínimo (o a ninguna). 4) Módulo entorno: gestiona la interacción de los otros componentes del sistema y controla la interfaz hombre/máquina. (Huapaya, 2009; Cataldi & Lage, 2009; Urretavizcaya, 2001)

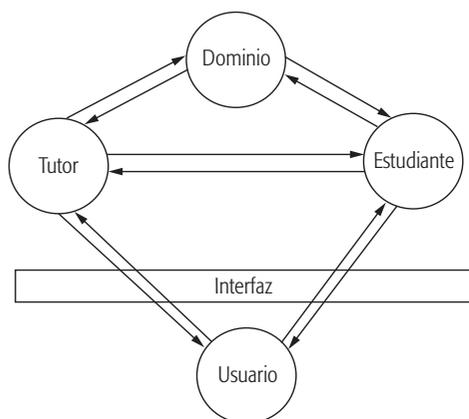


Figura 1. Interacción de los módulos de un sistema tutor inteligente

Tomado de: (Salgueiro, Costa, Cataldi, García Martínez, & Lage, 2005).

TRABAJOS RELACIONADOS

Antecedentes

Los sistemas tutores inteligentes, comenzaron a desarrollarse en los años ochenta y fueron diseñados con la idea de impartir conocimiento guiando al estudiante en el proceso de aprendizaje a través de alguna forma de inteligencia. Se pensó en un sistema que exhibiera un comportamiento similar al de un tutor humano, que asistiera al estudiante con ayudas cognitivas, es decir que se pueda adaptar al comportamiento del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema a fin de ofrecerle ayuda cuando lo requiera (Cataldi & Lage, 2010).

Los primeros STI siguieron las ideas de (Carbonell, 1970) y los paradigmas de programación convencional. Se pueden destacar: Scholar, Why, Sophie, Guidon, West, Buggy, Debuggy, Steamer, Meno, Proust, Sierra (Cataldi & Lage, 2010).

Los STI a medida que ha transcurrido el tiempo y ha incrementado la tecnología e innovación han sufrido varios cambios o evolución. En el trabajo (González, 2004) se da a conocer esta evolución de los mismos dividiéndolos por generaciones.

- **La Primera generación:** Constraint Based Tutors (Tutores basados en restricciones): Se centran en el estado de la interface, en relación a la información que se muestra/oculta, gráficos, ayudas, etc.
- **Segunda generación:** Model-Tracing Tutors / Cognitive Tutors (Tutores basados en modelos cognitivos). Se centran en las acciones del estudiante y las reglas que generan la solución correcta a una tarea propuesta basada en un modelo mental del estado cognitivo (y de la memoria de trabajo) del alumno.
- **Tercera generación:** Dialogue Based Tutors (Tutores basados en diálogo-lenguaje natural): Se centran en la comunicación con el alumno a través del dialogo. Las ayudas, las explicaciones a los ejercicios, críticas y discusiones sobre un

tema o problema se realizan por medio del dialogo entre el sistema y el alumno.

Modelos de sistemas tutoriales inteligentes

En investigaciones sobre los Sistemas Tutores Inteligentes se han planteado distintas técnicas para el diseño y selección apropiada de los modelos de la arquitectura de los mismos.

En Arias, Jiménez, y Ovalle (2009) se propone un modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes que se basa en el nivel de conocimientos de los estudiantes, en la teoría de planificación de la Inteligencia Artificial (IA) y en la estructura de cursos aplicada en el Sistema Tutorial Inteligente CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos). Este modelo permite generar planes de actividades adaptados a las características de los estudiantes, además a medida que los estudiantes avanzan en un curso, van adquiriendo nuevo conocimiento que les permite a su vez habilitar nuevos temas. De esta manera se puede lograr la planificación instruccional basada en el secuenciamiento del currículo.

En el proyecto desarrollado por Peña, Marzo, de la Rosa y Fabregat (2002) se da a conocer el MAS-PLANG que es un sistema hipermedia adaptativo teniendo en cuenta estilos de aprendizaje. Este sistema está desarrollado bajo los paradigmas de los agentes inteligentes con el fin de que se examinen oportunidades de mejora de la enseñanza y motive a los estudiantes a aprender. En este sistema se realiza un modelado del estudiante (modelo del estudiante) aplicando las técnicas de la inteligencia artificial tales como: el razonamiento basado en casos y la lógica difusa.

En la investigación de los autores Ovalle & Jiménez (2006) se evidencia un ambiente inteligente distribuido de aprendizaje, donde se integra los STI y los ambientes colaborativos de aprendizaje, denominado ALLEGRO. Se implementan técnicas de inteligencia artificial, especialmente el aprendizaje automático o conocido en el campo de la IA como razonamiento basado en casos. Es así, como se logra suministrar una educación individualizada y colaborativa.

En Cataldi et al. (2006) se expone una arquitectura básica para los STI, donde se plantea la selección del tutorizado o módulo de tutor. Esta arquitectura presenta una forma más efectiva de comunicación entre el usuario y el sistema, ya que considera el estilo de aprendizaje del estudiante. Esta arquitectura propone integrar los agentes inteligentes para el desarrollo de los sistemas tutores inteligentes.

Debido a la problemática que se descubre a la hora de seleccionar el estilo de enseñanza en los STI, “se propone un módulo tutor que disponga de un listado de protocolos pedagógicos y que pueda decidir, por medio de una red neuronal entrenada, cuál de ellos será el más adecuado para cada estudiante en particular” (Salgueiro, Cataldi, Lage, & García-Martínez, 2005, pág. 1).

Cataldi, Salgueiro, Lage, y García-Martínez (2005) plantean un sistema que sea capaz de solucionar un problema como lo hace un tutor humano; la intención de la investigación es desarrollar un tutor que pueda adaptarse a diferentes estilos de estudiantes, con una fuerte base en psicología cognitiva. Adicionalmente propone elaborar prototipos basado en redes bayesianas y de tipos SOM (Self-Organizing Map) con el fin de ofrecer un ambiente enseñanza/aprendizaje flexible y autónomo, de este modo obtener agrupamientos de individuos con estilos similares del conjunto original.

Los test adaptativos computarizados son herramientas que se implementan comúnmente en los sistemas tutores inteligentes para el diagnóstico del estudiante, es decir el aprendiz interactúa principalmente con el test, luego a través de las respuestas ofrecidas por el alumno se detectan sus falencias y se procede a tomar decisiones para mejorarlas. En el trabajo de Badaracco & Martínez (2013) se argumenta que un test adaptativo computarizado se conforma de unos elementos, pero es en la elección de esos elementos que está el inconveniente puesto que al seleccionar equivocadamente algún elemento puede influenciar negativamente en la evaluación y posterior diagnóstico del aprendiz. Por lo tanto, los autores plantean un nuevo algoritmo que se basa en un modelo de decisión multicriterio que integra el conocimiento del experto modelado por

información lingüística difusa, por lo tanto aplicando este algoritmo de selección se obtendrá con exactitud los elementos requeridos e incrementará la precisión en el diagnóstico del aprendiz. Dicha investigación finaliza con la implementación del algoritmo en una herramienta móvil para un sistema tutor inteligente basado en la educación por competencias.

Otro trabajo relacionado con los test adaptativos se expone en el documento (Guzmán & Conejo, 2004) en este se da a conocer un modelo de evaluación cognitiva para ser aplicado a un STI como módulo de diagnóstico del conocimiento del alumno. Este modelo integra los test adaptativos computarizados y un modelo de respuesta basado en la teoría de respuesta al ítem, esto con el fin de estimar el conocimiento del alumno para decidir qué preguntas se mostraran en el test. Esta investigación finaliza con la implementación del modelo de diagnóstico cognitivo en un STI denominado SIETTE, permitiéndole a este la realización de test adaptativos y test convencionales, facilitando de esta forma el soporte necesario para llevar a cabo la calibración de los ítems.

Es común que los STI proporcionen colaboración a los usuarios en su proceso de aprendizaje, pero en algunas ocasiones los usuarios se han encontrado inconformes con el tipo de asistencia que estos brindan, puesto que es al mismo usuario a quien le corresponde identificar el tipo de ayuda que necesita recibir, por lo tanto, en Vaessen, Prins, y Jeuring (2014) se propone un modelado para el modelo instruccional con base en el modelo discreto de markov y el algoritmo de agrupamiento k - means utilizados para detectar estrategias para la búsqueda de ayuda dentro de un STI. En este artículo se estudia las estrategias para buscar apoyo de un STI para la programación funcional, es mediante este que, el estudiante incrementalmente resuelve problemas de programación funcional recibiendo una retroalimentación, consejos y soluciones de parte del STI. Al ser detectadas las estrategias es retroalimentado a la vez el modelo instruccional del Sistema inteligente.

Distintos autores han planteado el modelado del tutor basado en la teoría de la ontología puntua-

lizando en una parte del mismo, en Kim & Shinn (2010) se ofrece un agente basado en una ontología que ayuda a los instructores para guiar el proceso de selección de estrategias de enseñanza y aprendizaje para el modelado del tutor, por otro lado el trabajo de Tan, Weiling, Liu, & Yang (2008) se centra en el modelo del conocimiento del tutor basándose en la teoría de la ontología y por último analiza las características de su aplicación.

Sistemas tutores inteligentes en el contexto educativo

Se relacionan proyectos y documentos que aplican los sistemas tutores inteligentes en el ámbito educativo identificando su aplicabilidad en varias áreas del conocimiento. En la investigación de Parra (2010), se describen las características de los STI y el procesamiento de la información en las personas, así como diseña un sistema tutorial inteligente para el aprendizaje de la física, puntualmente para el aprendizaje de la rapidez media de una partícula, ayudando de una manera didáctica e interactiva a enriquecer el conocimiento de los estudiantes, captando mayor atención en los mismos.

Por otra parte, en Ossandón (2001) se profundiza en el Sistema Pedagógico Virtual (SPV) el cual se define como un sistema hipermedia adaptable para la formación a distancia. Se vale de los hipertextos para presentar información a los alumnos y permitirles navegar por los contenidos que deben aprender. Integra un tutor virtual que supervisa el aprendizaje y adapta el espacio navegacional del alumno en función de su aptitud y el aprendizaje demostrado en el dominio a conocer.

En la investigación de Rodríguez, Castillo, & Lira (2013) se propone el desarrollo de un sistema tutor inteligente con características reactivas y el componente interactivo de comunicación para el aprendizaje de la matemática. Los investigadores utilizaron el sistema Malvi para realizar un análisis del nivel en que se encontraban algunos estudiantes de las licenciaturas. Luego de evaluar el conocimiento en las matemáticas de un grupo selecto de estudiantes, implementando Malvi, es posible constatar que los alumnos de la licenciatura

en educación para la salud y la licenciatura en comercio internacional manifiestan un conocimiento general muy bajo de las matemáticas básicas y son superados por los de ingeniería, con el 13% de su desempeño.

Bruno (2005) analiza la dificultad para el aprendizaje de la algoritmia en las ingenierías, donde plantea un proceso que, utilizando métodos científicos, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la didáctica de la algoritmia, estudiando una situación particular –la de los alumnos y docentes de la materia Algoritmos y Estructura de datos de la UTN Regional Buenos Aires- para diagnosticar las necesidades y los problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos, y elaborar un sistema tutor inteligente facilitador del aprendizaje.

Especificando la problemática al contexto informático es posible evidenciar que los alumnos de carreras tecnológicas o afines requieren de ayuda para el aprendizaje de SQL, que es un lenguaje estructurado de consultas para las bases de datos. Así mismo, Mitrovic, Olhsson, & Barrow (2013) se plantea un sistema tutor inteligente denominado SQL – TUTOR el cual sirve de guía en la realización de consultas a los estudiantes, aportando para el mejoramiento de los mismos en esta área del conocimiento. El sistema brinda un problema al estudiante, que debe solucionarlo y enviarlo para su posterior análisis, una vez analizado, éste proporciona una respuesta donde evidencia si dicha consulta ha sido realizada correctamente o no, en caso de no estar diligenciada correctamente SQL - TUTOR aporta al aprendiz el error, sirviéndole a este como base para no volver a cometer ese tipo de falta, es allí donde se ve plasmada la retroalimentación.

El proyecto Azoulay-Schwartz y Hani (2006) permite con la retroalimentación enriquecer el conocimiento del alumno. Este sistema se basa en algoritmos inteligentes para determinar el nivel actual del estudiante y poder elegir preguntas apropiadas al nivel determinado.

En Wijekumar, Meyer, y Lei (2013) se implementa un sistema tutor inteligente para mejorar la comprensión de lectura en los estudiantes que cursan

el cuarto y quinto grado de básica primaria. Este sistema tutorial inteligente nació gracias a estudios que han analizado la evolución de los jóvenes en la comprensión lectora, donde se muestra que el nivel de comprensión de lectura ha incrementado en proporciones mínimas. El sistema inteligente cuenta con una interfaz agradable para el alumno, donde se detecta el nivel de comprensión de lectura inicial que tiene éste y posteriormente procede a mejorar ese nivel poco a poco con una monitorización pertinente para que últimamente se obtenga un estudiante con una comprensión lectora óptima y eficiente. La implementación de este sistema en varias escuelas ha manifestado un fuerte impacto ya que los estudiantes que han sido dotados con este sistema han evidenciado mejoras en la lectura en comparación con los que no han hecho uso del STI.

En la educación actualmente se requiere bastante de la aritmética para la solución de problemas ya que estas aportan resultados casi que exactos, en Arnau, Arevalillo-Herráez, Puig, y González-Calero (2013) se da a conocer el diseño de un sistema tutor inteligente (Hypergraph Based Problem Solver en inglés), el cual supervisa al aprendiz en cada paso o cada avance que realiza en la resolución de un problema para así obtener un resultado verídico y preciso. De esta manera el estudiante desarrolla la capacidad para dar solución a problemas aplicando métodos aritméticos. Este STI aplica métodos algebraicos o aritméticos para la resolución de problemas. En Sabo, Atkinson, Barrus, Joseph y Perez (2013) se implementó el STI denominado ALE – KS (sistema tutor inteligente para el aprendizaje de la aritmética y álgebra) en un curso nivelatorio de verano para estudiantes que tenían problema en el aprendizaje de la aritmética y el álgebra, estos estudiantes implementaron el sistema inteligente 4 horas diarias durante 14 días, los resultados que se consiguieron fueron exitosos puesto que los alumnos encontraban a la herramienta útil para incrementar su conocimiento en la materia.

En el trabajo de Waalkens, Alevén y Taatgen (2013) se evidencia el impacto de los STI en el proceso enseñanza-aprendizaje del álgebra, en esta investigación se desarrollan tres versiones de STI con

ciertos grados de libertad, es decir, donde el alumno tiene cierta libertad para tomar decisiones sin tener que estar presente el tutor inteligente en todo momento. Se pudo constatar que el grado de libertad ofrecido por el sistema no afectó en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, el nivel cognitivo hacia el álgebra incrementó, siendo este un resultado favorable para la investigación. Otro aspecto importante que se obtuvo de la investigación fue que el STI debe otorgar cierto grado de libertad al aprendiz para que este no se vuelva dependiente, pero tampoco se debe llegar al extremo brindándole demasiada libertad ya que el alumno estará muy solo en su proceso de aprendizaje, volviendo este poco agradable para él.

Por otro lado, Arevalillo-Herráez, Arnau, y Marco-Giménez (2013) describen un sistema tutorial inteligente que se centra en la etapa de traducción de problemas verbales en notación simbólica puesto que uno de los pasos más difíciles de aprender álgebra es la traducción de un problema verbal a notación algebraica.

Este STI se basa en un lenguaje de descripción basado en hipergrafos y es capaz de representar simultáneamente las posibles soluciones algebraicas a un problema dado, realizar un seguimiento de las acciones del estudiante y a su vez construir un modelo del estudiante. Este sistema cuenta con una interfaz de usuario diseñada para forzar al alumno a seguir la secuencia de pasos que describe el método cartesiano. El sistema ha sido evaluado en un entorno educativo para un grupo experimental al que se le asignaron unos ejercicios algebraicos para resolver, este grupo con ayuda del STI logró, luego de varias sesiones, finalizar los ejercicios correctamente, puesto que el STI presentado permite al alumno tomar cualquier ruta válida que produce una solución correcta. En esta investigación se evidencia muy buenos resultados puesto que el sistema ha sido capaz de mejorar la competencia del alumno en la resolución de problemas algebraicos.

Los autores Schwonke, Ertelt, Otieno, Renkl, y Alevén (2013) prueban si el suministro de conocimiento metacognitivo sobre cómo lidiar con un ambiente de aprendizaje complejo, sirve para la

mejora del aprendizaje. Durante esta investigación se experimentó en un entorno educativo en el que estudiantes de secundaria reciben una lección de geometría a través de un STI, se observó que el entorno de aprendizaje con el cual interactuaban los estudiantes les era agradable permitiendo que el proceso de aprendizaje fuese más eficiente. En este documento se destaca la importancia de la metacognición ya que ayuda al estudiante a razonar sobre su propio conocimiento, ese conocimiento adquirido de procesos cognitivos, para así poder aplicar ese conocimiento en la solución de problemas.

En Gabureanu y Istrate (2013), se expone un proyecto innovador para el aprendizaje de la lengua extranjera. ICE3 es la plataforma en línea de tecnología avanzada para el aprendizaje de inglés o alemán como un idioma extranjero. Este sistema ha sido implementado en entornos educativos donde se expone la importancia del uso de las TIC en el campo educativo, ya que los resultados arrojados han sido positivos.

En el trabajo de Xuechen (2009) se presenta un STI basado en la web para la corrección automática de inglés dictado denominado EDAC, este sistema cuenta con un sistema de síntesis de voz y el sistema de corrección automática. El estudiante selecciona un texto y el sistema traduce cada oración implementado el sistema de texto a voz. Mientras escucha, el usuario escribe en el lugar en blanco del navegador, una vez el usuario termina EDAC lo corrige automáticamente. Este sistema ha sido implementado con gran éxito en estudiantes de quinto a séptimo grado, mostrando mejoría en las habilidades de comprensión y escritura del inglés.

La habilidad social de muchos niños se ve afectada actualmente por razones desconocidas, relativo a esto en Sanchez, Bartel, Brown, y DeRosier (2014) se probó la eficiencia y aceptabilidad de un STI para niños con problemas de habilidad social, dicho sistema está basado en juegos lo que hace de este más llamativo y fácil de usar. El sistema fue probado en niños de tercero a quinto grado y se observó que los niños que interactuaban con aventuras a bordo (nombre del STI) exhibieron menor angustia psicosocial y mayor fuerza conductual y emocional

en comparación a los niños que no lo hicieron. En este trabajo también se discuten las ventajas de utilizar este enfoque y sus implicaciones para la mejora social, emocional y académica.

La creciente complejidad de los sistemas informáticos ha estimulado a la creación de interfaces intuitivas, basado en el humano, como diálogo del lenguaje natural a través de agentes conversacionales (O'Shea, Bandar, & Crockett, 2011). Latham, Crockett, y McLean (2014), da a conocer el STI conversacional Oscar, un sofisticado STI que utiliza una interfaz de lenguaje natural para permitir a los estudiantes construir su propio conocimiento a través de discusiones. El STI al detectar soluciones erróneas o incompletas da comentarios inteligentes para ayudar a los estudiantes en la construcción de soluciones correctas a los problemas. El sistema conversacional Oscar ha sido probado con estudiantes universitarios brindando a estos un tutorial SQL adaptativo, los resultados muestran que los usuarios que tomaron este tutorial exhibieron mayor desempeño que aquellos que implementaron otro tipo de tutoría.

En las universidades estatales y privadas buscan modernizar la enseñanza implementando el paradigma e-learning. Una clase especial de e-learning son los sistemas de tutoría inteligente, en Kresimir, Marijana, y Vlado (2014) exhibe la necesidad de implementar un sistema de información en la universidad de Mostar basándose en la aplicación, para la creación y mantenimiento de cursos en línea, Moodle. Se proyecta que este sistema de información inteligente sea totalmente automatizado y adaptable a las necesidades y conocimientos actuales de cada profesor capacitado. La investigación evidencia mayor flexibilidad para la enseñanza en algún área del conocimiento debido a que los estudiantes pueden acceder a los cursos disponibles en la plataforma.

Realizar trabajos de investigación resulta muy complejo puesto que requiere de una monitorización constante, es allí donde los STI juegan un papel crucial. La investigación de Gorrostieta, González, y López (2014) se centra en exponer un sistema tutorial inteligente basado en la web para

proporcionar asesoramiento a los estudiantes en la estructuración de borradores de proyectos de investigación. El STI incluye el uso de las tecnologías del lenguaje natural para realizar la evaluación automática de la escritura y proporcionar retroalimentación y a su vez un analizador léxico para lograr un nivel aceptable de diversidad y sofisticación en los textos del alumno. Se aplicó una evaluación empírica donde los estudiantes tenían que redactar su anteproyecto, los resultados fueron positivos puesto que los estudiantes que implementaron el STI mejoraron el aspecto léxico a comparación de los que no lo utilizaron.

El español por ser una lengua tan amplia, extensa es compleja de aprender para los no hispanos, es por este motivo que investigadores han tomado este problema para darle una solución óptima y eficiente. En Ferreira y Kotz (2010) se plantea como objetivo principal de investigación diseñar e implementar un analizador automático de errores gramaticales para el español en el entorno de STI para la enseñanza del español como lengua extranjera. Esta investigación implementa el STI ELE – TUTOR para el aprendizaje del español, este sistema recibe los datos de entrada que envía el usuario y por medio del analizador de errores ELE – UDEC, tratado en esta investigación, se identifican y reconocen los tipos de errores apoyando de esta forma el proceso de enseñanza aprendizaje en lo que respecta a la precisión de las formas lingüísticas gramaticales que se requieren desarrollar en la competencia lingüística de los estudiantes.

En Jackson y Graesser (2006) se exhibe un sistema tutor inteligente llamado AutoTutor, sistema de tutoría dialógica en lenguaje natural que simula el patrón discursivo y las estrategias didácticas de un tutor humano típico. Este sistema entabla una conversación con el aprendiz haciendo cuestionamientos, una vez detecta un error en alguna respuesta procede a corregir el concepto erróneo. El AutoTutor ha sido aplicado en la enseñanza de la física newtoniana obteniendo un resultado satisfactorio en cada estudiante que ha accedido a esta herramienta.

Finalmente, en la investigación de Fang y Guo (2013) se evidencia un STI basado en la web di-

señado para un curso de pregrado de ingeniería dinámica. El sistema cuenta con dos módulos de aprendizaje que ayuda a los estudiantes a aprender cómo aplicar el principio de trabajo y energía para resolución de problemas de dinámica en partículas y cuerpo rígido. La implementación de este STI en los estudiantes de ingeniería dinámica arrojó resultados de ganancias de hasta el 43% en el aprendizaje.

Herramienta para la construcción de un sistema tutor inteligente

Debido a que el principal problema para la implementación de un STI es el tiempo de desarrollo, y las herramientas que aportan para disminuirlo no son fáciles de construir. En Romero, Sucar, y Gómez-Gil (2008) se muestran los avances obtenidos hasta cierta fecha del desarrollo de una herramienta que facilita la construcción de tutores inteligentes. La propuesta es una herramienta que sea capaz de desarrollar tutores inteligentes basados en modelos probabilistas relacionales para ambientes virtuales de enseñanza, que sirva de apoyo para el docente adaptándose a sus necesidades. El trabajo investigativo concluye con la exhibición de las arquitecturas preliminares de esta herramienta.

Los STI y nuevas tendencias

En el transcurso de la investigación se encontró una serie de STI que han sido aplicados, no solo en el sector educativo o aulas de clase, sino en otros contextos sin perder su filosofía. Por ejemplo, en Sathyanarayana, Littlewort, y Bartlett (2013) se expone un STI que analiza el comportamiento del aprendiz por medio de los gestos de la mano que este realiza, permitiendo por medio de este análisis evaluar si la metodología de aprendizaje es eficiente y ayudar al desarrollo de nuevas técnicas de aprendizaje.

Por otro lado en la investigación de Qui-rong (2010) exhiben un STI que se enfoca en el estado de ánimo del alumno, puesto que después de un riguroso análisis se ha concluido que los estudiantes carecen de emoción mientras interactúan con el sistema inteligente, esto debido a que los STI se

han centrado más en la capacidad de la cognición del alumno ignorando la parte sentimental. Por lo tanto, el STI expuesto en este documento analiza la información cognitiva que registra el alumno y paralelamente, el sistema por medio de una cámara, detecta información emocional. La información emocional se obtiene luego de un análisis de la expresión facial que se envía al modelo emocional, el cual está dotado con herramientas y modelos de medición de emoción (Feidakis, Daradoumis, & Caballe, 2011), para posteriormente el STI tomar decisiones acerca de la metodología de enseñanza implementada.

El trabajo investigativo de Cabada, Barrón, y Olivares (2014) evidencia un STI para la enseñanza/aprendizaje de la matemática, compatible con sistema operativo Android para dispositivos móviles, esto con el fin de identificar el estado emocional del estudiante. La aplicación educativa realiza su análisis emocional a través de una red neuronal artificial, donde se tiene en cuenta el tiempo y errores dentro de un ejercicio matemático, imágenes del rostro del estudiante o señales cerebrales. Se implementó y se comprobó que el reconocimiento de emociones juega un papel muy importante en el proceso de aprendizaje.

Hsien, Cheng y Lai (2008) se exhibe un STI basado en negociación y juegos de rol para el aprendizaje; este sistema asigna al estudiante un agente participante el cual le va a permitir jugar roles específicos según el problema. El estudiante por medio de su agente participante y con ayuda del tutor induce las soluciones posibles del problema. Este sistema cuenta con un módulo de negociación y es allí donde se evalúan las soluciones brindadas por el estudiante. Durante el proceso de negociación, el agente participante realiza propuestas sobre los temas a resolver y es, de esta manera, el proceso de negociación aumenta la capacidad de metacognición del alumno.

En la investigación de Oulhaci, Tranvouez, Espinasse y Fournier (2013) se integran los STI y los juegos serios (serious games en inglés), que son juegos formativos para un propósito específico diferente del de la pura diversión. Este proyecto denominado

SIMFOR propone un juego serio dedicado a entrenar no profesionales para la gestión de riesgos. El juego cuenta con la adición de diferentes módulos relacionados a los STI y permite crear escenarios en el que simula un acontecimiento con factor de riesgo para la interacción del usuario. Es en ese proceso formativo donde el usuario adquiere conocimiento sobre el riesgo y cómo afrontarlo en caso de que llegase a ocurrir.

En el trabajo de Zhiping, Tianwei y Yu (2008) se presenta un STI personalizado basado en la web que cuenta con un módulo de gestión de recursos, el cual contiene material multimedia de enseñanza. Este sistema, gracias al módulo de gestión de recursos, permite al aprendiz escoger su material multimedia de aprendizaje de preferencia ya sea texto, audio, video, etc. En este documento se evidencia una nueva arquitectura de un STI.

Tabla 1.

Síntesis de las técnicas de la Inteligencia Artificial implementadas por los respectivos autores

Lógica difusa	Peña, C., Marzo, J., de la Rosa, J., Fabregat, R;
Razonamiento basado en casos	Peña, C., Marzo, J., de la Rosa, J., Fabregat, R; D. Ovalle y J. Jiménez,
Agentes inteligentes	Cataldi, Z., Salgueiro, F., Costa, G., Calvo, P., Méndez, P., Rendón, J., Lage, F;
Red neuronal artificial	Salgueiro, F., Cataldi, Z., Lage, F., García-Martínez, R; Arnau, D., Arevalillo-Herráez, M., Puig, L., González-Calero, J; Sanchez, R., Bartel, Ch., Brown, E., DeRosier, M; Oulhaci, M. A., Tranvouez, E., Espinasse, B., Fournier, S; Zhiping, L., Tianwei, X., Yu, S; R. Cabada, M. Barrón y J. M. J. Olivares
Redes bayesianas	Cataldi, Z., Salgueiro, F., Lage, F., García-Martínez, Ramón;
Lingüística difusa	Badaracco, M., Martínez, L; Azoulay-Schwartz, R., Hani, Z;
Representación del conocimiento	Arevalillo-Herráez, M., Arnau, D., Marco-Giménez, L;
Lingüística computacional	Xuechen, He; Ferreira, A., Kotz, G;
Procesamiento del lenguaje natural	Latham, A., Crockett, K., McLean, D; Gorrostieta, J., González, S., López, A; Jackson, T., Graesser, A;
Visión artificial	Sathyanarayana, S., Littlewort, G., Bartlett, M; Qui-rong, Chen;

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

Se destacan los aspectos más relevantes de los STI, dándolos a conocer como una herramienta innovadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha identificado el impacto que han generado en el contexto educativo, creando una forma rápida e interactiva de transmitir información y conocimiento a estudiantes con diversos tipos y estilos de aprendizaje.

La integración de los STI en la educación, evidencia que son herramientas que ayudan a mitigar la problemática de la enseñanza: considerar que todos los estudiantes tienen las mismas necesidades de aprendizaje y la misma manera de aprender. En

relación a esto, los STI juegan un papel muy importante puesto que los mismos han sido creados para identificar las falencias y necesidades de aprendizaje individuales y así establecer una metodología de enseñanza apropiada para el estudiante.

Es de aclarar que no es el objetivo de un STI reemplazar al tutor humano, sino que su implementación es de gran utilidad en situaciones donde se requiere refuerzos en la enseñanza. Con la implementación de los STI, se puede utilizar de forma más eficiente los recursos humanos limitados disponibles, pudiendo el tutor humano hacerse cargo en forma personalizada sólo de un cierto número de tareas que el sistema no puede realizar. Esta perspectiva de la enseñanza tiene al

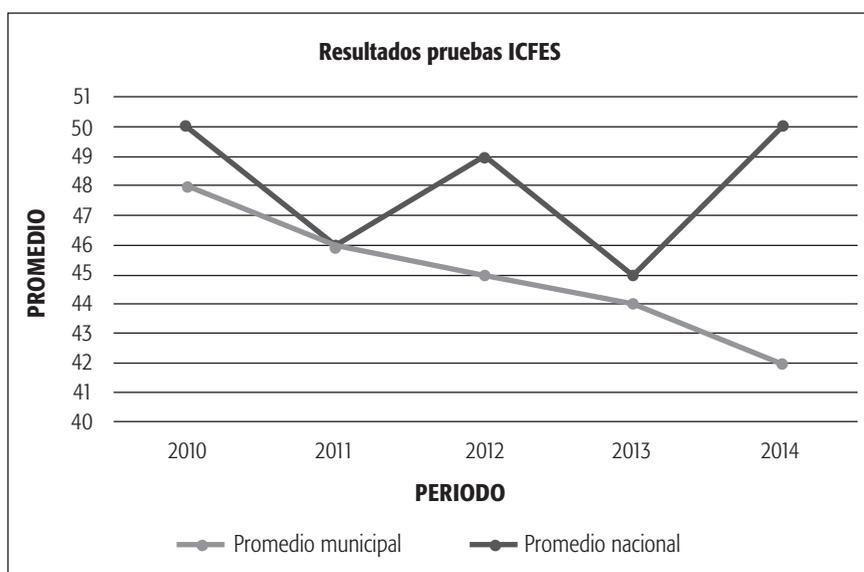
estudiante como el centro del proceso educativo, siendo éste quien regula sus aprendizajes. De esta manera se logra crear una visión de enseñanza donde es el estudiante el protagonista del modelo y sus necesidades la prioridad.

Es posible abordar una problemática que se presenta en las Instituciones Educativas de Florencia – Caquetá, se ha evidenciado que los puntajes en

las pruebas ICFES no han sido muy favorables. Según el reporte generado, (ICFES, 2015) desde el año 2010 al 2014, el área de matemáticas presenta bajos índices, demostrando que el promedio de los puntajes Icfes decaen cada vez más y se mantiene por debajo de la media nacional. En la Figura 2 se muestra el promedio de los puntajes obtenidos por los estudiantes del municipio con relación al promedio nacional.

Figura 2.

Promedio de resultados obtenidos en pruebas ICFES a nivel nacional y en Florencia Caquetá entre 2010 y 2014.



Tomados de: www.icfesinteractivo.gov.co. Reporte Agosto 2015

Se propone desarrollar un sistema tutor inteligente para apoyar la enseñanza del área de las matemáticas, con el objetivo de profundizar el conocimiento en el álgebra, pues se considera fundamental para el desarrollo del razonamiento y el pensamiento analítico en los estudiantes de los grados 10 y 11 de la ciudad de Florencia Caquetá. Se escoge esta herramienta pues se ha considerado eficiente para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje, porque ha demostrado tener en cuenta las capacidades cognitivas de cada estudiante y adaptarse a sus necesidades de aprendizaje.

Debido a que en Colombia actualmente, hay un plan de gobierno donde se fundamenta la impor-

tancia de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones en los planteles educativos, se prevé a futuro la implementación de los STI para la enseñanza-aprendizaje de la matemática en la básica secundaria, pues es desde la base por donde se debe empezar a abordar las debilidades de los alumnos en el área, donde el estudiante por medio de ilustraciones, animaciones y ejemplos sencillos pueda lograr mayor comprensión de los contenidos temáticos y desarrollar mayor destreza en dicha área del conocimiento. De esta manera poder lograr jóvenes idóneos para afrontar los estudios superiores y posteriormente profesionales capaces de abordar y dar solución a los retos que a diario se presentan.

REFERENCIAS

- Aleven, V., Stahl, E., Schworm, S., Fischer, F., & Wallace, R. (2003). Help seeking and help design in interactive learning environments.
- Arevalillo-Herráez, M., Arnau, D., & Marco-Giménez, L. (2013). Domain-specific knowledge representation and inference engine for an intelligent tutoring system.
- Arias, F., Jiménez, J., & Ovalle, D. (2009). Modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes. *6*(1).
- Arnau, D., Arevalillo-Herráez, M., Puig, L., & González-Calero, J. (2013). Fundamentals of the design and the operation of an intelligent tutoring system for the learning of the arithmetical and algebraic way of solving word problems.
- Azoulay-Schwartz, R., & Hani, Z. (2006). An Intelligent Tutoring System for Efficient Usage of Databases.
- Badaracco, M., & Martínez, L. (2013). A fuzzy linguistic algorithm for adaptive test in Intelligent Tutoring System based on competences.
- Bruno, R. (2005). Análisis de la percepción de los alumnos y de los docentes para la incorporación de un sistema tutor inteligente como facilitador del aprendizaje. *2*.
- Cabada, R., Barrón, M., & Olivares, J. M. (2014). Reconocimiento automático y aspectos éticos de emociones para aplicaciones educativas. *Komputer Sapiens*, 27-33.
- Carbonell, J. (1970). AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction. *Man-Machine Systems, IEEE Transactions*, *11*. Obtenido de http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=4081977&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4081977
- Cataldi, Z., & Lage, F. (2009). Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión. *(2)*.
- Cataldi, Z., & Lage, F. (2010). Modelado del estudiante en sistemas tutores inteligentes. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*.
- Cataldi, Z., Salgueiro, F., Costa, G., Calvo, P., Méndez, P., Rendón, J., & Lage, F. (2006). Sistemas tutores inteligentes basados en agentes.
- , Lage, F., & García-Martínez, R. (2005). Sistemas tutores inteligentes: Los estilos del estudiante para la selección del tutorizado.
- Fang, N., & Guo, Y. (2013). A Web-Based Interactive Intelligent Tutoring System for Undergraduate Engineering Dynamics.
- Feidakis, M., Daradoumis, T., & Caballe, S. (2011). Emotion Measurement in Intelligent Tutoring Systems: What, When and How to Measure.
- Ferreira, A., & Kotz, G. (2010). ELE-Tutor Inteligente: Un analizador computacional para el tratamiento de errores gramaticales en Español como Lengua Extranjera. *43*(73).
- Gabureanu, S., & Istrate, O. (2013). The effects of using intelligent tutoring systems for language learning - findings of a research evaluation report.
- González, C. (2004). Sistemas inteligentes en la educación: una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales. *10*(1).
- Gorrostieta, J., González, S., & López, A. (2014). Tutor Inteligente para Propuestas de Investigación. *(47)*.
- Graesser, A. C., Chipman, P., Haynes, B., & Olney, A. (2005). AutoTutor: an intelligent tutoring system with mixed - initiative dialogue.
- Guzmán, E., & Conejo, R. (2004). Un modelo de evaluación cognitiva basado en Tests Adaptativos Informatizados para el diagnóstico en Sistemas Tutores Inteligentes.
- Hsien, C., Cheng, C., & Lai, K. (2008). Developing a Negotiation-based Intelligent Tutoring System to Support Problem Solving: A Case Study in Role-play Learning. *IEEE computer society*.
- Huapaya, C. (2009). Sistemas tutoriales inteligentes. Un análisis crítico. *Facultad de informática. Universidad Nacional de la Plata*.
- ICFES. (2015, 08 12). *icfes interactivo*. Retrieved from icfes interactivo: www.icfesinteractivo.gov.co
- Jackson, T., & Graesser, A. (2006). Aplicaciones del diálogo humano de tutoría del AutoTutor: Un sistema inteligente de tutoría. *39*(60).

- Kim, j., & Shinn, Y. (2010). An Instructional Strategy Selection Model Based on Agent and Ontology for an Intelligent Tutoring System.
- Kresimir, R., Marijana, B., & Vlado, M. (2014). Development of the Intelligent System for the use of University Information System.
- Latham, A., Crockett, K., & McLean, D. (2014). An adaptation algorithm for an intelligent natural language tutoring system.
- Mitrovic, A., Olhsson, S., & Barrow, D. (2013). The effect of positive feedback in a constraint-based intelligent tutoring system.
- O'Shea, J., Bandar, Z., & Crockett, K. (2011). Systems engineering and conversational agents. *10*.
- Ossandón, Y. (2001). Sistemas Tutores: Una Alternativa Para el Proceso Enseñanza-Aprendizaje en la Ingeniería. (4).
- Oulhaci, M. A., Tranvouez, E., Espinasse, B., & Fourrier, S. (2013). Intelligent Tutoring Systems and Serious Game for Crisis Management: a Multi-Agents Integration Architecture.
- Overalle, D., & Jiménez, J. (2006). Ambiente inteligente distribuido de aprendizaje: Integración de ITS y CSCL por medio de agentes pedagógicos. *Revista EIA(6)*, 89-104.
- Parra, F. (2010). Sistema tutorial inteligente.
- Peña, C., Marzo, J., de la Rosa, J., & Fabregat, R. (2002). Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje.
- Qui-rong, C. (2010). Research on Intelligent Tutoring System Based on Affective Model.
- Ramos-Cabral, S., González-Castolo, J., & Hernández-Gallardo, S. (2010). Los sistemas de tutoría inteligente y el aprendizaje.
- Rodríguez, A., Castillo, J., & Lira, A. (2013). Diseño de un sistema tutorial inteligente. *13(18)*.
- Romero, M., Sucar, E., & Gómez-Gil, P. (2008). Herramienta de Autoría para Tutores Inteligentes basada en Modelos Relacionales Probabilistas.
- Sabo, K., Atkinson, R., Barrus, A., Joseph, S., & Perez, R. (2013). Searching for the two sigma advantage: Evaluating algebra intelligent tutors.
- Salgueiro, F., Cataldi, Z., Lage, F., & García-Martínez, R. (2005). Sistemas tutores inteligentes: redes neuronales para selección del protocolo pedagógico. (5).
- Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., García Martínez, R., & Lage, F. (2005). Sistemas Inteligentes para el modelado del tutor.
- Sanchez, R., Bartel, C., Brown, E., & DeRosier, M. (2014). The acceptability and efficacy of an intelligent social tutoring system.
- Sathyanarayana, S., Littlewort, G., & Bartlett, M. (2013). Hand Gestures for Intelligent Tutoring Systems: Dataset, Techniques & Evaluation.
- Schwonke, R., Ertelt, A., Otieno, C., Renkl, A., & Alevén, V. (2013). Metacognitive support promotes an effective use of instructional resources in intelligent tutoring.
- Tan, Z., Weiling, L., Liu, L., & Yang, Z. (2008). The Application of Ontology Model in Intelligent Tutoring System.
- Urretavizcaya, M. (2001). Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación. (3).
- Vaessen, B., Prins, F., & Jeurig, J. (2014). University student's achievement goals and help-seeking strategies in an intelligent tutoring system.
- Waalkens, M., Alevén, V., & Taatgen, N. (2013). Does supporting multiple student strategies lead to greater learning and motivation? Investigating a source of complexity in the architecture of intelligent tutoring systems.
- Wijekumar, K., Meyer, B., & Lei, P. (2013). High-fidelity implementation of web-based intelligent tutoring system improves fourth and fifth graders content area reading comprehension.
- Xuechen, H. (2009). A Web-based Intelligent Tutoring System for English Dictation.
- Zhiping, L., Tianwei, X., & Yu, S. (2008). A Web-Based Personalized Intelligent Tutoring System.