



Sistemas Tutores Inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje

Intelligent System Tutors as Support in the Learning Process

Yilver Estiven Molina Hurtatiz¹ Yois Pascuas Rengifo² Edwin Eduardo Millán Rojas³

Para citar este artículo: Molina, Y., Pascuas, Y. y Millán, E. (2015). Sistemas Tutores Inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje. *Redes de Ingeniería*, 6(1), 25-44.

Recibido: 09-marzo-2015 / **Aprobado:** 29-mayo-2015

Resumen

En los procesos de enseñanza-aprendizaje surgen diversos problemas en cuanto al entendimiento y la comprensión del conocimiento. Estas dificultades radican principalmente en que todas las personas tienen un estilo de aprendizaje diferente y los métodos clásicos de enseñanza no cubren sus necesidades particulares. El desarrollo de la tecnología ha impulsado la creación de herramientas que brindan una solución eficiente a dicha problemática: los Sistemas Tutores Inteligentes (STI). El objetivo principal de este artículo es la identificación de las principales características de estos tutores, haciendo énfasis en los beneficios que ofrece como apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el contexto educativo. El método utilizado es el descriptivo y sistémico, el cual permite recopilar los datos necesarios. La investigación permitió reunir los aspectos más relevantes de los STI y presentarlos como una herramienta óptima para llevar a cabo un proceso de aprendizaje.

Palabras clave: aplicaciones inteligentes, estrategias pedagógicas, Inteligencia Artificial (IA), módulos, conocimiento.

Abstract

In the teaching and learning processes various problems arise as to the understanding and comprehension of knowledge. These difficulties are mainly in which everyone has a different way of learning and classic teaching methods do not meet your particular needs. The development of technology has led to the creation of tools that provides an efficient solution to this problem: Intelligent Tutoring Systems (ITS). The main objective of this article is to identify the main features of these tutors, emphasizing the benefits and support in the teaching-learning in the educational context. The method used is the descriptive and systemic, which allows you to collect the necessary data. The research brought together the most important aspects of ITS and present them as an excellent tool to perform a learning process.

Keywords: intelligent applications, teaching strategies, Artificial Intelligence (IA), modules, knowledge.

1. Estudiante de VII semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia. Florencia Caquetá, Colombia. yi.molina@udla.edu.co
2. Ingeniera de sistemas, magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, estudiante de Doctorado en Educación y Cultura Ambiental. Actualmente es docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia. Florencia Caquetá, Colombia. y.pascuas@udla.edu.co
3. Ingeniero de sistemas, magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, candidato a Doctor en Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Actualmente es docente de carrera de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Amazonia. Florencia Caquetá, Colombia. e.millan@udla.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) son de gran importancia en el apoyo hacia un proceso de aprendizaje óptimo y en labores de toma de decisiones. Conocer, identificar y enmarcar sus características en un contexto educativo, colaborativo y de aprendizaje resulta fundamental para establecer un punto de partida hacia la investigación en este campo, donde se tiene como propósito encontrar o ir en la búsqueda de focos de aplicación en la enseñanza de diferentes disciplinas.

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo tiene por objetivo general la identificación de las principales características de los tutores inteligentes y la forma como a partir de su origen y evolución se pueden ofrecer elementos para la formulación de nuevos proyectos de investigación, relacionados con la educación y el uso de los tutores.

Resulta necesario destacar que la educación es un activo valioso que se apoya frecuentemente en los desarrollos tecnológicos para abordar los diferentes procesos de enseñanza y aprendizaje. En [1] se hace alusión a los STI como aquellos encargados de interactuar con el estudiante para adaptarse a sus características cognitivas y generar estrategias a su medida. Por esta razón, el tutor debe mantener actualizada la información referente a cada estudiante por separado, a través de pruebas que valoren su evolución en un determinado tema.

En este artículo se muestran los STI como herramienta de la Inteligencia Artificial (IA), destacando sus antecedentes y la forma como empezaron a impactar los procesos de aprendizaje.

En la sección II se describe el proceso de enseñanza-aprendizaje y la importancia de la tecnología como medio diferenciador en la interacción maestro-alumno.

En la sección III, desde una perspectiva técnica, se darán a conocer los antecedentes y la arquitectura de un STI haciendo énfasis en sus componentes o módulos para lograr un mayor entendimiento de los mismos y el modo como estos inciden en el objetivo final que es la mejora del aprendizaje; para ello es importante el conocimiento de la planificación instruccional dentro del contexto de la IA hacia la consecución de los objetivos de aprendizaje.

También en ella se hablará de las debilidades de los STI, algunas plataformas o proyectos y métodos o herramientas que pueden abordarse para el diseño de los STI.

Así, es de gran relevancia reconocer que actualmente la educación se centra en el entendimiento de grandes cantidades de información sin hacer mucho énfasis en su aplicación a la realidad. Por ello, se ha hecho visible la necesidad de una educación activa, participativa y creativa, que permita a los estudiantes avanzar en sus procesos académicos de manera notoria.

2. EL CONTEXTO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

El ser humano se caracteriza por su inteligencia y habilidad para innovar permanentemente y solucionar sus propios problemas. A lo largo de la historia se han venido experimentando cambios en la sociedad, los cuales obedecen a la creatividad de las personas, quienes en su afán por explorar y generar nuevo conocimiento avanzan en el descubrimiento e implementación de diversos mecanismos que facilitan su vida.

Cada uno de los aportes del hombre a la sociedad hace parte de los elementos que conforman un proceso de aprendizaje, en el cual intervienen una serie de variables importantes para cumplir un

objetivo. Tales variables son aquellas que se han tenido en cuenta siempre en el momento de crear una solución innovadora que incremente la eficiencia de cualquier proceso que se lleve a cabo.

En este orden de ideas, es necesario resaltar que el hombre desde que nace hasta que culmina su ciclo de vida está en continua producción de conocimiento, a través de los diversos procesos de enseñanza y aprendizaje a los cuales se enfrenta. Todos los días se experimentan nuevas necesidades que lo motivan a la investigación y a la exploración del mundo real, a fin de dar respuesta a diferentes interrogantes planteados.

Antiguamente la realización de dichos procesos presentaba muchas limitaciones, en cuanto no se contemplaba, tal vez, cada una de las características de quienes intervenían en ellos, de igual forma los métodos empleados no eran lo suficientemente óptimos. Sin embargo, es admirable el trabajo desarrollado por los antiguos hombres, quienes plantearon las diversas teorías sobre las cuales gira el mundo actualmente.

Pero gracias al talento del ser humano, la tecnología ha evolucionado de manera tal que ofrece muchos beneficios en cualquier entorno en donde se aplique. El campo educativo ha sido fuertemente permeado por la tecnología, con el propósito de que la sociedad en general se pueda vincular a este y se avance cada día de manera positiva.

Las herramientas tecnológicas actuales tienen en cuenta las características cognitivas de las personas y, sobre su base, brindan los elementos adecuados para llevar a cabo un proceso de enseñanza y aprendizaje, en el cual intervienen cuatro elementos claves: el alumno, el docente, la información y el medio que rodea al alumno [2].

Al destacar el énfasis especial de las herramientas que han apoyado el proceso de enseñanza y aprendizaje

de las personas, a los alumnos les resulta muy motivante relacionarse desde temprana edad con el manejo de la tecnología; se considera que dedican mayor tiempo a actividades que utilizan el computador con la única recompensa de utilizarlos. Actualmente la interacción con máquinas inteligentes se ha sumado a la actividad diaria de los alumnos en el salón de clase, dando paso a herramientas como los STI, caracterizados por promover una respuesta activa en el alumno, verificar el desempeño, permitir un aprendizaje autónomo de manera eficiente y eficaz. Según lo planteado en [2], los STI al igual que el maestro plantean interrogantes como: ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar? y ¿cómo enseñar?

2.1. Metodologías de enseñanza

A raíz de los interrogantes planteados anteriormente, se dice que en todo proceso de enseñanza-aprendizaje es necesaria la implementación de diversas metodologías de enseñanza, a fin de garantizar la evolución del estudiante en la medida en que experimenta diferentes contextos y se adapta a los ambientes generados. El conocimiento se construye en la medida en que se motiva al estudiante de diversas formas, para que se involucre en procesos de estudio con objetivos previamente definidos y encaminados a la solución o explicación de una determinada situación.

Con el apoyo tecnológico actual, los estudiantes se interesan en aprender temas de interés que aportan al desarrollo en diversas áreas, proceso que requiere en la mayoría de los casos del seguimiento por parte de un tutor, el cual se enfrenta a la elección de la metodología adecuada.

En este orden de ideas, es importante plantear que la forma concreta de enseñar se establece a través del uso de una metodología, además del camino que se debe seguir y de las herramientas que faciliten al estudiante los contenidos y procedimientos requeridos para cumplir los objetivos propuestos

en cualquier proceso educativo. Dichos elementos hacen más eficiente el proceso de aprendizaje, en cuanto se brindan las posibilidades a los estudiantes para explorar y contrastar en diversos contextos. Si en un proceso de enseñanza-aprendizaje el docente no implementa una metodología de enseñanza, los objetivos no estarían debidamente definidos y, por ende, tampoco las etapas a seguir, en las cuales se espera el compromiso por parte del estudiante en lo que atañe a la ejecución de sus tareas.

Surge el siguiente interrogante: ¿en el momento de emplear una metodología de enseñanza, qué variables se deben tener en cuenta para su elección? Según lo propuesto en [3], la elección de una metodología depende de diversos factores:

- El *proceso de modelado*, que consiste en la experiencia previa del docente al observar las prácticas de enseñanza de los demás, es decir, basado en un modelo de enseñanza de otra persona. En este caso el docente toma como referencia el modo en que otras personas han logrado afrontar una situación para implementarlo con sus estudiantes.
- *Concepciones propias*. Algunos docentes suponen que el estilo de enseñanza o aprender se limita a la transmisión de conceptos. Otros docentes se encargan de apoyar a los alumnos para que interroguen sobre un conocimiento previo y se descubra más allá.
- Los *objetivos de enseñanza* también varían dependiendo del profesor, pues algunos desean que el alumno piense e interactúe de manera activa con preguntas y formulación de problemas, y otros que simplemente se limitan a que el alumno reproduzca literalmente los textos.
- La metodología también depende del alumno (edad, intereses, nivel de conocimiento) y del contenido, pues existen diferencias entre lo práctico y lo teórico.
- Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se logra clasificar las metodologías de

enseñanza dependiendo del grado de protagonismo del docente y el alumno, según [3]: *Metodología expositiva*. Los alumnos se limitan a recibir contenidos expuestos mediante ejemplos y esquemas que expresan ideas claras, lo cual indica que la información no ha sido adquirida por medio de la experiencia.

- *Metodología interactiva*. Esta consiste en la profundización de un tema mediante el diálogo entre docente y alumnos. Se mantiene un ambiente participativo, de valoración de puntos de vista, de formulación de nuevos interrogantes y de sistematización de la nueva información.
- *Metodología de descubrimiento*. En esta metodología el conocimiento se adquiere mediante la experiencia del alumno. Existe el caso en que el estudiante toma los contenidos brindados por el docente y los reproduce mediante la práctica, y el caso en el cual se potencia el pensamiento productivo (el estudiante por sí solo). Un ejemplo de este último es el estudio de territorios, elaboración de obras de arte, investigaciones, entre otros.

La implementación de las anteriores metodologías de enseñanza abre paso a la creación de diversos ambientes de aprendizaje, los cuales han recibido cambios en los últimos años. Actualmente, no se concibe solamente el aprendizaje de manera presencial sino que, con los avances tecnológicos, han surgido otros ambientes que facilitan el desarrollo de enseñanza-aprendizaje. Los diversos procesos *e-learning* (aprendizaje electrónico), son el ejemplo claro para demostrar que el estudiante puede acceder a contenidos e interactuar con otras personas para generar conocimiento. Para esto, se debe pensar en la implementación de una metodología que garantice el aprendizaje del estudiante, empleando herramientas tecnológicas y digitales, es decir, construir un contenido curricular manejado con métodos adaptables a las necesidades del alumno.

Estos elementos que componen el ambiente de aprendizaje, junto al equipamiento e influenciado por los factores sociales permiten la interactividad, la comunicación y el trabajo en equipo, que conllevan a la ejecución de las actividades planeadas en todo el proceso, según la descripción presentada en [4].

Así, la creación de ambientes de aprendizaje toma relevancia a medida que el uso de la tecnología permea en los entornos educativos, teniendo en cuenta lo expuesto en [4], con la tecnología se evidencia la participación de los actores de la educación en una forma más activa e interactiva. En estos contextos, se pueden apreciar otros métodos de enseñanza:

- *Estudio de casos.* Según [5], un caso es aquella situación o entidad social única que merece interés de investigación. En el contexto educativo, un aula, un alumno o un programa de enseñanza pueden considerarse ejemplos de ello. Un caso plantea una situación-problema que se expone al alumno para que este desarrolle propuestas conducentes a su análisis o solución [6].
- *Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).* Según [6], el ABP es una estrategia pedagógica que permite resolver problemas reales en un determinado tiempo a través de la práctica y la investigación. En esta metodología de enseñanza el estudiante toma el rol de solucionador del problema y el docente como su tutor.

Con el ABP los estudiantes trabajan de manera cooperativa, seleccionan adecuadamente la información proveniente de diversas fuentes, y con la ayuda del tutor comprenden el entorno, formulan hipótesis y las comprueban mediante la experiencia. Es importante resaltar que el estudiante desarrolla su habilidad para analizar y enfrentar problemas abiertos (con alto grado de complejidad), como por ejemplo en la medicina, para explicar el origen de

alguna enfermedad, posibles causas genéticas en una persona, entre otros casos.

La diferencia del ABP con respecto al método anterior consiste en que en este no se requiere de conocimientos previos, pues los alumnos tienen que ampliar esa información, según lo planteado en [7]. Para ilustrar este caso con mayor claridad se propone una situación en la cual un grupo de estudiantes reciben un problema formulado por su docente. En ese momento los estudiantes identifican qué saben acerca del tema y se asignan roles entre sí para cubrir los puntos que faltan por investigar. Luego, cada estudiante expone sus hallazgos sobre el tema y los comparten al tutor, el cual realiza la respectiva retroalimentación hasta encontrar una estrategia de solución.

- *Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP).* Se conoce como un método de aprendizaje activo, que según lo descrito en [8] consiste en la integración de personas con perfiles diferentes, que trabajan juntos y de manera autónoma para realizar proyectos hacia la solución de problemas reales sobre la base de un plan. Este método de enseñanza surge a raíz de la necesidad de exploración, por parte de los estudiantes, más que la memorización de los conceptos dados por el docente. Según [8], la idea fundamental del AOP es el diseño de un plan de acción en el que se identifique el ¿qué?, ¿con quién?, ¿para qué?, ¿cómo?, ¿cuánto?, factores de riesgo, entre otras variables que inciden en la situación definida y que los resultados obtenidos permitan la elección de la solución.

Con lo descrito anteriormente se puede apreciar la relación que existe entre el ABP y el AOP. No obstante, a pesar de que el objetivo de ambos métodos de enseñanza es indagar a fondo sobre un problema y proponer la solución al mismo, según [57], aunque parezcan similares, difieren en los procesos que siguen y en el producto final. En el AOP

el análisis del sistema se puede hacer de manera individual o en grupo, el estudiante indaga por sí solo, el profesor supervisa el plan de trabajo y evalúa, y el producto final consta de un proyecto con todas las fases propuestas.

Otros métodos de enseñanza frecuentemente usados son los foros de discusión, el manejo de paquetes estadísticos y la elaboración de mapas conceptuales [9].

Los STI juegan un papel importante como apoyo en la implementación de estos métodos de enseñanza, en cuanto al seguimiento y atención personalizada requerida para los estudiantes integrados en un proceso de aprendizaje. Tal es el caso de COMET, un sistema tutor inteligente colaborativo para ABP en medicina, en el cual se hace uso de redes bayesianas (encargadas de estimar probabilidades) para modelar el conocimiento y actividades de los estudiantes en forma individual y en grupo. En [10] se dice que el sistema le permite al estudiante diseñar imágenes y conceptos médicos, así como establecer hipótesis.

De esta manera, los STI en la actualidad se emplean como apoyo a los diversos métodos de enseñanza, con el objetivo de que el alumno adquiera con mayor facilidad los contenidos sobre diversos temas.

2.2. Estilos de aprendizaje

En [9] se explica que los alumnos deben “aprender a aprender” y consideran que “los profesores deben reconocer las diferencias individuales de sus alumnos para personalizar su educación, tratando de que sus preferencias en cuanto a los Estilos de Enseñanza no influyan en los Estilos de Aprendizaje de los Alumnos”.

En [11] se describen los siguientes estilos de aprendizaje.

Según los sentidos:

- *Visual*. Leer o ver la información mediante textos, mapas, dibujos, gráficos.
- *Auditivo*. Aprender a través de información oral (diálogos).
- *Táctil o kinestésico*. El aprendizaje se logra haciendo cosas e interactuando directamente con ellas. Ej.: trabajos de campo, bailar.

Según la dimensión social:

- *Activo*. Los estudiantes se implican activamente en las tareas, son abiertos, improvisadores y espontáneos y no les importa correr riesgos o cometer errores.
- *Reflexivo*. Observar asuntos desde diferentes puntos de vista y reflexionar sobre ellos.
- *Teórico*. Alumnos con sentido crítico, metódicos y disciplinados, que suelen enfocar los problemas desde un punto de vista lógico.
- *Pragmático*. Experimentación con cuestiones prácticas y que tengan alguna aplicación inmediata.

Partiendo del hecho de que el éxito en el aprendizaje se basa en la capacidad para ajustar a cada uno de los alumnos su propia forma de aprender, los STI implementan algoritmos que cumplen con este paradigma.

Un ejemplo del caso anterior es el proyecto desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, que consiste en la implementación de un sistema tutor inteligente que define un método de enseñanza de acuerdo a los estilos de aprendizaje de ingeniería informática en la asignatura Algoritmos y Programación. Sabiendo que un mismo problema de algoritmos puede admitir soluciones válidas a través de diferentes estructuras, el STI debe adaptarse a la solución del estudiante y mostrar las pistas adecuadas en caso de que la respuesta sea incorrecta, como se da a conocer en [12].

En [13] se dice que en muchos casos los estudiantes se detienen frente a un problema y no saben cómo proseguir, requiriendo en este momento la intervención del STI para que lo guíe. El tutor debe controlar que no baste con que la respuesta del estudiante sea parcial o aproximada, sino correcta y, además, debe estar en la capacidad de explicar al estudiante un concepto de diferentes maneras (por ejemplo, mediante el uso de redes neuronales).

Los STI implementan redes neuronales para asimilar conocimiento con base en las experiencias mediante la generalización de casos, redes bayesianas orientadas a la inferencia probabilística (en el caso de definir la estrategia de enseñanza adecuada de acuerdo al estilo de aprendizaje), minería de datos para descubrir y detallar patrones presentes en los datos con el fin de clasificar los tipos de estudiantes, algoritmos genéticos para la evaluación de los problemas presentados, entre otros métodos mencionados en [14].

También en [14] se expone un modelo de STI que almacena todos los estilos de aprendizaje mencionados anteriormente. A cada estudiante se hace entrega de una planilla con preguntas que permiten categorizarlo de acuerdo a los estilos disponibles en el sistema.

Además de verificar los estilos de aprendizaje, los STI evalúan el estado de conocimiento del alumno, que se va modificando a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo tutor. Según lo que se menciona en [15], el STI debe contar con una arquitectura que le posibilite la reutilización de los módulos que la componen, y un lenguaje generalizado para representar el conocimiento y las herramientas, a fin de manipularlo. Seguidamente, el tutor debe identificar los métodos de enseñanza más efectivos y los estilos de aprendizaje de cada estudiante, y relacionarlos con dichos métodos, como se expresa en [16].

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS Tutores INTELIGENTES

Con base en [17], el propósito del STI es presentar un comportamiento similar al de un tutor humano, que satisfaga las necesidades del estudiante y le brinde ayuda cuando cometa errores mediante la identificación de la forma en que él mismo resuelve un problema. Esto da la opción de mejorar su rendimiento a través de cada “sesión pedagógica”.

3.1. Antecedentes de los STI

Antes de la aparición de los primeros STI existían los Sistemas de Instrucción Asistida por Computador, conocidos como CAI, por sus siglas en inglés (Computer Assisted Instruction), los cuales según [18] y [19] no apoyaban de manera efectiva los procesos de aprendizaje debido a cursos muy extensos, falta de comunicación entre el tutor y el alumno, reacción de los sistemas de enseñanza sin tener en cuenta las actitudes y preferencias del alumno, la falta de evolución y modificación del conocimiento con el tiempo, entre otros.

Según [20], los primeros programas desarrollados en la rama de la IAC aplican esta metodología: presentación del material de estudio, preguntas con respuesta breve, análisis de respuestas, diagnóstico del alumno y bifurcación a material de apoyo, si es necesario, o presentación de nuevo material. Sin embargo, estos sistemas de enseñanza fueron evolucionando, como se muestra en la figura 1.

- *Programas lineales.* Mostraban el conocimiento de una manera lineal. No se podía cambiar el orden de enseñanza establecido en su momento por el programador.
- *Programas ramificados.* A diferencia de los anteriores, estos podían actuar según la respuesta del alumno.
- *Sistemas generativos.* Estos sistemas tenían la capacidad de generar un problema acorde con

el nivel de conocimiento del alumno, construir su solución y diagnosticar la respuesta del alumno.

- *Sistemas Tutores Inteligentes*. Proceso de enseñanza-aprendizaje efectivo, correcto y agradable.

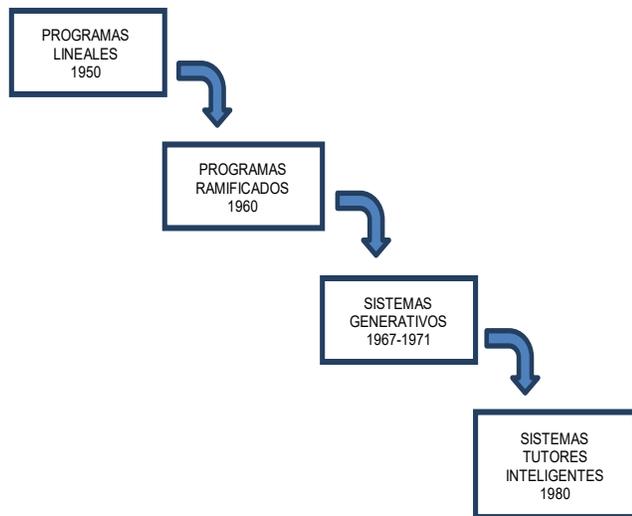


Figura 1. Evolución de los sistemas de enseñanza según lo descrito en [21].

Según [21], los STI surgieron a finales de la década de los setenta como una evolución de los CAI en combinación con técnicas de la IA y de los métodos clásicos de enseñanza. Se empezaron a estudiar las diversas formas de enseñanza, teniendo en cuenta que en algunos casos el estudiante aprende con un seguimiento continuo del profesor, y en otros el estudiante es más autónomo y por ende se adentra en un entorno que facilite el descubrimiento y experimentación de nuevo conocimiento.

3.2. Inteligencia Artificial (IA)

La IA es el área de investigación de la cual nacen diferentes desarrollos entre los que se encuentran los tutores y agentes inteligentes. En [22] se dice que la IA consiste en el diseño de sistemas informáticos inteligentes, es decir, con características muy asociadas a la inteligencia humana en cuanto a la

comprensión del lenguaje natural, capacidad para aprender y solucionar problemas, razonamiento lógico, entre otros. Un programa de IA manipula informaciones simbólicas bajo la forma de conceptos, de objetos o reglas [23].

La IA se creó siguiendo los siguientes objetivos: a) duplicar las facultades del comportamiento humano, como ser razonable; b) resolver problemas de la realidad, mediante un conjunto de ideas que permiten fijar cómo representar y utilizar el conocimiento para el desarrollo de sistemas informáticos; y c) buscar la explicación de diversas clases de inteligencia, a través de la representación del conocimiento y de la aplicación que se da a este en los sistemas informáticos desarrollados, según [22]. Las propuestas sobre el desarrollo de la IA apuntan a la creación de modelos para soluciones inteligentes de problemas en dominios específicos. En [54] aclara que el propósito de la IA en realidad es la creación de sistemas inteligentes (empleando este concepto, no en toda su extensión, sino en lo referente a lo cognitivo).

Según [24], en el campo de la IA se destacan varias áreas de aplicación, tales como la robótica, el procesamiento de lenguaje natural, reconocimiento de patrones, sistemas expertos, tutores inteligentes, agentes inteligentes, redes neuronales, programación automática, web inteligentes, entre otras. En específico, se abordará el tema de los tutores inteligentes en las actividades educativas.

Hay que resaltar que la Web 3.0 se ha empleado para mostrar la evolución de la red en dirección a la IA. Internet se ha vuelto más inteligente debido a la presencia de la IA, que enseña a las computadoras el significado de las palabras y le brinda un vocabulario muy amplio para asociar la búsqueda de un usuario con el contexto y obtener un resultado eficiente dentro de una gran cantidad información, con base en [25].

3.3. Arquitectura de los STI

Según [17], la arquitectura de los STI debe soportar lo que se denomina procesamiento distribuido, para poder utilizar la red de una manera eficiente, ya sea la Internet o cualquier otra red. Se compone de cuatro módulos principales que se definen en la figura 2.

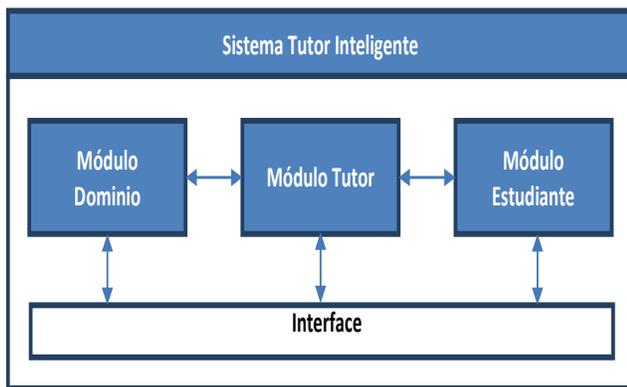


Figura 2. Estructura clásica de un Sistema Tutor Inteligente propuesta por Carbonell (1970) [17].

- Módulo Dominio

Tiene el objetivo global de almacenar por completo los conocimientos del campo de aplicación del STI. En este se recopilan todas las temáticas que van a ser orientadas por el tutor inteligente. Según [26], este módulo consta de los siguientes submódulos:

- Parámetros básicos del sistema: los cuales se almacenan en una base de datos.
- Conocimientos: son los contenidos que deben cargarse en el sistema, a través de los conceptos, las preguntas, los ejercicios, los problemas y las relaciones.
- Elementos didácticos: son las imágenes, videos, sonidos, es decir, material multimedia que se requiere para facilitarle al alumno apropiarse de conocimiento en la sesión pedagógica.

- Módulo Estudiante

En [27] se dice que el Módulo Estudiante tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno. En este módulo se privilegian las interacciones del estudiante con referencia al modelo del dominio. Cada vez que el estudiante comete un error, el STI diagnostica el problema y luego intenta remediarlo con un consejo muy detallado acerca de cómo el sistema experto habría operado en esta etapa. En [26] se exponen los siguientes submódulos:

- Estilos de aprendizaje: compuesto por una base de datos con los estilos de aprendizaje disponibles en el sistema, los métodos de selección de estilos y las características de cada uno de ellos.
- Estado de conocimientos: contiene el mapa de conocimientos obtenido inicialmente a partir del módulo del dominio, y que progresivamente el actualizador de conocimientos irá modificando a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo del tutor, quien le enviará dichos resultados procesados.

- Módulo Tutor

Define y aplica una estrategia pedagógica de enseñanza. Es una de las características principales del sistema, pues permite ver el avance del estudiante con respecto a cierto contenido y de esta manera diseñar la mejor táctica de enseñanza de acuerdo a sus características. Con base en [26], se exponen los siguientes submódulos:

- Protocolos pedagógicos: almacenados en una base de datos, con un gestor para la misma.
- Planificador de lección: que organiza los contenidos de la misma.
- Analizador de perfil: analiza las características del alumno, seleccionando la estrategia pedagógica más conveniente.

- Interfaz

Según [28], la interfaz es la que permite al usuario visualizar la información respectiva en el momento de interactuar con el sistema. Si la interfaz está pobremente diseñada, al estudiante se le dificultará el manejo del computador y tendrá poca energía emocional e intelectual para aprender. El objetivo es hacer la interfaz transparente para el usuario.

En [29] se dice que las interfaces deben ser dinámicas, dotadas de multimedia, flexibles y de fácil acceso. Con el tiempo, se realizaron avances importantes en las tecnologías basadas en la Web que permitieron darles a los STI la flexibilidad necesaria. En [30] se expone un ejemplo de tutor para el aprendizaje en matemáticas, el cual proporciona al estudiante los ejercicios a resolver, planos, gráficas, tablas, variables, objetos en movimiento, entre otros elementos dirigidos a estudiantes que aprenden más fácilmente mediante la observación (estilo de aprendizaje visual). Uno de los resultados obtenidos es que el aprendizaje en la creación e interpretación de diagramas de dispersión y gráfico de barras, alcanzó en algunos casos el 47% y en otros el 28%, pasando de un 34% a un 81% en el aprendizaje de los conceptos asociados al tema.

3.4. Planificación instruccional en los STI

La planificación desde el ámbito de la IA consiste en encontrar un conjunto de acciones que permitan alcanzar un estado objetivo, a partir de un estado inicial. En [31] se dice que las acciones deben ser formuladas sobre un conjunto de elementos (propios del dominio) y pueden ser llevadas a cabo, siempre y cuando se cumplan un conjunto de restricciones previamente definidas. En el campo de los STI se determina el objetivo principal (apoyo a los procesos de aprendizaje), y luego se determinan las acciones de acuerdo a las características del estudiante, en lo que respecta a su conocimiento sobre el tema y el ritmo con el cual obtiene un nuevo conocimiento.

Con base a lo anterior, se pone de manifiesto que para lograr procesos de enseñanza y aprendizaje de calidad oportunos desde el enfoque social, tecnológico y científico y contribuir en la formación integral del alumno, se requiere de la realización de una *Planificación instruccional* que sirva como guía a la hora de seleccionar y organizar los contenidos, medios, estrategias, metodologías, tiempo y duración del proceso de enseñanza.

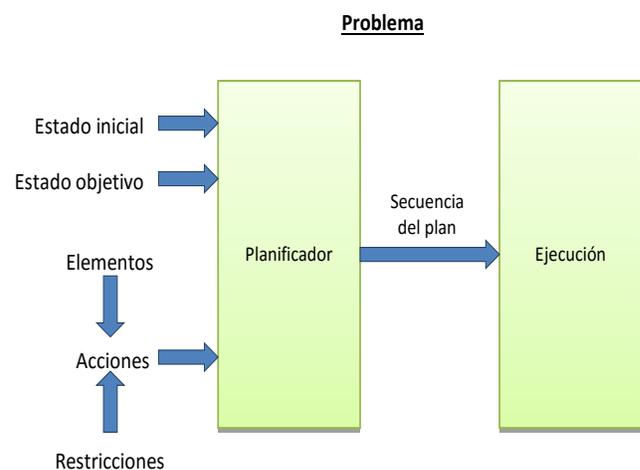


Figura 3. Sistema de planeación clásico [31].

Para construir un sistema de planificación es necesario inicialmente identificar el problema en el que se desea trabajar y luego abstraer un conjunto de elementos tales como el estado inicial, en el que se hace un análisis del contexto para detectar, por ejemplo, las falencias de un grupo de estudiantes en una determinada temática, como se expresa en [32]. Luego se identifica el objetivo a alcanzar, elementos que son relevantes en el problema (información y conocimiento sobre los temas a abordar, estudiantes, tutores), acciones a disposición para generar un resultado que dé solución al problema y las restricciones o precondición sobre las acciones.

En este orden de ideas, se puede decir que la planificación instruccional ejerce una labor relevante en los sistemas educativos para obtener la adaptación

de la instrucción al aprendiz. Según [33], la planificación es la forma más efectiva para determinar la secuencia de las acciones de manera consistente, coherente y continua, las cuales maximizan las actividades de aprendizaje de cada alumno para alcanzar los objetivos instruccionales durante una sesión de aprendizaje. Cabe resaltar que una buena planificación de la instrucción debe facilitar la evaluación continua y sistemática de cada uno de los elementos que integran los procesos de enseñanza y aprendizaje.

3.5. Técnicas de planificación instruccional

Según [31], las técnicas de la planificación instruccional han evolucionado de manera paralela a las técnicas de resolución de problemas en la IA. Los primeros sistemas disponían de un *plan instruccional condicional prefijado* por un profesor. Este definía el curso mediante una secuencia de actividades de enseñanza en donde se podía tomar un camino u otro dependiendo de las necesidades del aprendiz. Estos planes eran costosos de crear y difíciles de modificar. Luego surgieron los *planificadores algorítmicos*, que crean todos los componentes de un curso de tal manera que existan relaciones entre ellos que conlleven al entendimiento de un curso de principio a fin. Posteriormente surgen técnicas de planificación instruccional que utilizan el *razonamiento basado en casos*, en el cual un nuevo problema se compara con los casos almacenados previamente en la memoria de casos, utilizando y evaluando una solución sugerida, tal como se expresa en [34].

3.6. Los STI como aplicaciones de agentes inteligentes en la educación

En [35] se describe a un agente como aquel sistema capaz de percibir su entorno, procesar tales percepciones y responder o actuar de manera racional tendiendo a maximizar el resultado esperado. Con base en esto, los agentes inteligentes en el campo

de la educación, al igual que los STI, son herramientas de la IA que proveen diversos elementos para facilitar el aprendizaje.

Pero realmente existe una diferencia entre los dos, y esta radica en las estrategias de enseñanza utilizadas para determinada función. Los agentes inteligentes simulan el comportamiento humano no solo para tutorizar, sino también para convertirse en un miembro más de un grupo de estudiantes, colaborando o compitiendo con el estudiante humano. Según [22], los agentes inteligentes pueden actuar como competidores, colaboradores, ser críticos, es decir, actuar no solo como tutor sino también como estudiante.

Los agentes inteligentes surgieron a raíz de la influencia de la tecnología para hacer cambios en las habilidades y competencias requeridas, para lograr una inserción de las personas en la sociedad actual. En [36] se hace alusión a los agentes inteligentes como una de las herramientas de software educativo, que juega un papel importante en el apoyo al docente y al estudiante en su formación.

Según [13], un agente educativo no solo puede imponer directamente sus perspectivas en el estudiante, sino que también estimula el aprendizaje y colabora entre los estudiantes humanos. El proyecto de Justine Cassell del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) consiste en el desarrollo de sistemas con agentes inteligentes, en particular de interfaces, los cuales pueden tomar la información y representarla con discurso, con gesto, con expresión facial, con postura, etc. Según [37], estos sistemas son capaces de entender gestos de manos, faciales, detectar la presencia o ausencia del usuario, si lo conoce o no, entre otros elementos.

3.7. Los STI y los sistemas

Según [38], los sistemas hipermedia son aquellos que emplean un conjunto de métodos para escribir, diseñar o componer contenidos que tengan texto,

video, audio, mapas u otros medios para interactuar con los usuarios.

Según [39], los sistemas hipermedia no son adecuados para un fin educativo debido, en primer lugar a su flexibilidad, pues el usuario se puede “perder” en la cantidad de información disponible si el dominio (campo de enseñanza) es grande; y segundo, por su escasa adaptación al usuario: la información que contienen los hipermedia tradicionales no es dinámica, significa que no toma en cuenta las características del usuario ni su conocimiento adquirido, lo cual conlleva a que el acceso a la información sea algo tedioso o que haya un cambio de tema sin la total asimilación por parte del estudiante.

La coalición de algún otro sistema inteligente con un sistema hipermedia puede resultar muy eficiente para el estudiante en su aspiración por obtener el conocimiento. A raíz de esta unión surgen los hipermedia adaptativos, cuyo objetivo principal es incrementar la funcionalidad del hipermedia clásico mediante el acceso personalizado a la información, como se describe en [53].

Un ejemplo o caso de aplicación es el sistema *Hyper Tutor* que se expone en [39], resultado de la integración de un sistema tutor inteligente y un sistema hipermedia. El diseño del sistema ha sido realizado de manera que la parte tutor se beneficie de la flexibilidad y utilización de distintos medios audiovisuales que motivan al alumno y proporcionan distintas formas de presentar la información que provee la parte hipermedia. Esta última se beneficia de la adaptación al alumno que realiza el tutor haciendo que el resultado sea un sistema más educativo. Por lo tanto, *Hyper Tutor* tiene la capacidad de adecuar el hiperespacio disponible dependiendo del conocimiento del alumno y, a medida que este va aprendiendo, la accesibilidad crece, dándole la oportunidad de alcanzar nuevas informaciones.

3.8. La WWW y los Sistemas Tutores Inteligentes

La *World Wide Web* nace a principios de los años noventa en Suiza con el objetivo de ordenar y distribuir la información que existe en internet, la WWW se basa en páginas en las que se pueden insertar hipervínculos que conducen al usuario de una página web a otra o a otro punto de esa web, como se menciona en [41].

Aunque algunos sistemas de tutoría tienen la información correcta y estrategias de enseñanza apropiadas, un aprendiz aún podría carecer de la motivación para completar un proceso de aprendizaje, según [42]. La principal razón es que en estos sistemas se aplica el mismo enfoque para todos los alumnos y no se tienen en cuenta los diferentes niveles de conocimiento de los usuarios, estilos de aprendizaje y las demandas.

En [43] se dice que con la aparición de la WWW se ha incrementado la aplicación de STI en los cuales se considera plenamente la psicología del alumno, características, preferencias multimedia, nivel de conocimientos y evolución en el proceso de enseñanza para mejorar los efectos pedagógicos.

En [44] se propone el modelo de un sistema tutor inteligente personalizado basado en la web, como se evidencia en la figura 4.

Este modelo consta de cuatro módulos de usuario, interfaz, modelo de usuario y la base de conocimiento del dominio.

- Módulo de usuario: interactúa con los usuarios para construir modelos de usuario (registro de información básica, como los datos personales, el usuario, características, etc.) para los nuevos usuarios; y para actualizar los modelos de usuario en el proceso de aprendizaje.

- Módulo de gestión de los recursos: utiliza material didáctico multimedia para representar y actualizar el conocimiento del dominio.
- Módulo pedagógico: produce unidades didácticas personalizadas de acuerdo a los modelos de usuario, la enseñanza, materiales, métodos de enseñanza y así sucesivamente.
- Módulo de guía: interactúa con los alumnos durante todo el proceso de aprendizaje y mejora su confianza para seguir un curso.

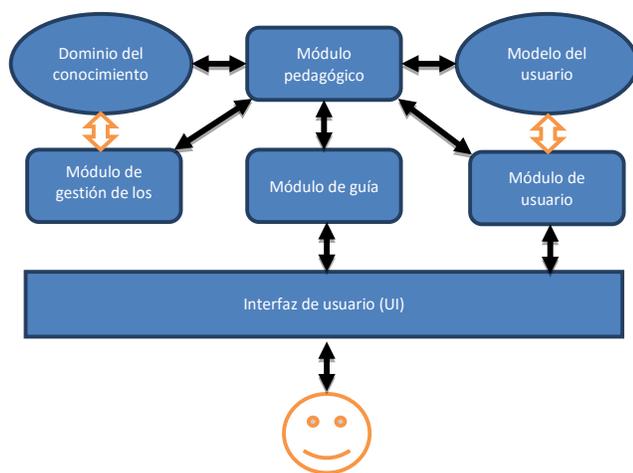


Figura 4. Modelo de una web basada en un STI personalizado [42].

3.9. Debilidades en los STI

Una de las debilidades más notorias de los STI es que sus módulos no se han construido como sistemas expertos independientes, pues cada parte no constituye un área de investigación diferente sino que intervienen en todas las actividades llevadas a cabo con los aprendices. Esto hace que la complejidad de STI aumente y que sea más difícil su elaboración. En [45] se exponen otras limitaciones de los STI:

- Alto costo de desarrollo.
- Alto costo del equipamiento requerido para su uso.
- Incapacidad para manipular dominios complejos.

- Carencia de métodos de representación del conocimiento que faciliten el acceso a dicho conocimiento.
- Necesidad de añadir al dominio conocimiento secundario relacionado.

La disminución de los costos mencionados anteriormente ha llevado a la creación de entrenadores inteligentes, cuya función no está orientada a la formación total del estudiante sino a supervisar la actividad práctica del estudiante mediante el control de errores, hacer recomendaciones y controlar la presentación dosificada de problemas y ejercicios, según [20].

3.10. Métodos, técnicas y herramientas para la creación de un STI

A continuación se muestra el conjunto de métodos, técnicas y herramientas que según [33] se requieren para desarrollar un Sistema Tutor Inteligente, señalando además el área al cual pertenece cada uno de ellos:

- *Psicología cognitiva.* Relacionado con mapas conceptuales.
- *Teorías de aprendizaje y enseñanza.* Métodos de enseñanza y teorías de evaluación.
- *Diseño de interfaces.* Hipermedias, interfaces con lenguaje natural que faciliten la comprensión por parte del usuario.
- *Computación gráfica.* Tratamiento de recursos multimedia y algoritmos de comprensión.
- *Bases de datos.* Bases multimedia, técnicas de minería de datos y ontologías.
- *Herramientas de sistemas inteligentes.* Redes neuronales [55], algoritmos genéticos, técnicas de clasificación e inducción de estudiantes.
- *Herramientas de ingeniería de software.* Metodologías de diseño (necesarios antes de la programación), prototipos para pruebas, reusabilidad (en caso de sistemas existentes) y componentes.

3.11. Casos de estudio

Sistema de Tutorías Inteligente para Tuberculosis STI-TB. En [1], se afirma que en la ciudad de Popayán, Colombia, se creó un prototipo de STI denominado STI-TB, que aplica la arquitectura de un STI para la formación de profesionales de la salud en los planes de prevención y control de enfermedades graves, como la tuberculosis. El STI se basa en el razonamiento basado en casos, que consiste en el estudio de casos anteriores (si existe alguno similar) para dar solución al problema planteado.

ELE-TUTOR: STI para el español como lengua extranjera. En [27] se expone la arquitectura de un STI para la enseñanza del español como lengua extranjera, desarrollado en Chile. Este tutor implementa técnicas de procesamiento de lenguaje natural basadas en teorías gramaticales para procesar la entrada del estudiante, superando además los errores lingüísticos de los estudiantes. El STI implementa sistemas de aprendizaje de lenguas asistido por computador, conocido como CALL por sus siglas en inglés (Computer-Assisted Language Learning), para gestionar la comunicación con los estudiantes mediante elementos multimedia (estilos de aprendizaje visual, auditivo).

MAS-PLANG. Es un sistema tutor inteligente que se adapta a los estilos de aprendizaje del estudiante mediante el manejo de cinco niveles de estilos de aprendizaje propuestos en el modelo FLSM (que según [46], son los estilos de Aprendizaje propuestos por Felder & Silverman), el cual permite categorizar estudiantes de acuerdo a su habilidad para procesar, percibir, recibir, organizar y entender la información, como se explica en [29]. Además el STI modela al estudiante empleando técnicas de razonamiento basado en casos y reglas de lógica difusa (basada en reglas lógicas y matemáticas).

Tutor para el aprendizaje en matemática. En un estudio realizado en 2008 en Costa Rica, se determinó

la necesidad de utilizar las nuevas tecnologías por parte de los docentes de matemáticas de un colegio académico rural. Según [30], este resultado influyó en la creación de un tutor cognitivo que permite a los estudiantes trabajar a su propio ritmo, dándole al profesor la posibilidad de monitorear a los estudiantes más de cerca y ayudar a aquellos que tienen más dificultades en el aprendizaje de la materia. En este caso resultó muy efectiva la elección del estilo de aprendizaje visual, basado en métodos de enseñanza como aprendizaje basado en problemas matemáticos y estadísticos. El resultado mostró la satisfacción de los estudiantes por el trabajo de manera didáctica e interactiva, mucho más fácil de comprender.

Existen otros casos de estudio como [47], [48], [49], [50], [51], [52], [56], donde se emplean elementos de los tutores inteligentes (módulos de la arquitectura) y de la relación con otras herramientas de la IA (mencionadas anteriormente) para la solución de problemas de aprendizaje.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La investigación llevada a cabo ha permitido reunir los aspectos más relevantes de los STI y presentarlos como una herramienta óptima para lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje. Se ha destacado la ventaja de los tutores inteligentes en cuanto se adaptan a las características del estudiante y de acuerdo a estas diseña la mejor estrategia pedagógica para dirigirse a él y lograr su aprendizaje.

Los conceptos plasmados en este documento han sido producto de un extenso proceso de investigación, en el cual se ha descubierto no solo el impacto de los STI sino también de otras herramientas que apoyan los procesos de aprendizaje, y la forma como cada una de estas aplica diferentes técnicas y métodos de la IA para lograr los objetivos definidos.

Los casos de aplicación de STI han generado resultados positivos por parte de los usuarios, quienes

aseguran que el aprendizaje se logra más rápidamente y, aún más, cuando a raíz de la unión con sistemas hipermedia se brinda un nuevo conocimiento de manera interactiva. Esto revela de nuevo la evolución de la IA a lo largo de la historia, que busca siempre el beneficio para las personas mediante la solución a sus problemas, teniendo en cuenta que se evidencia en la mayoría de los contextos educativos, en los cuales influyen varios factores: primero, se piensa que el estudiante no cuenta con las bases de conocimiento suficientes para enfrentarse a un determinado curso, y es muy difícil retomar los conceptos que son pre-requisitos. También se pueden dar casos en los que el docente no aplica la metodología correcta o que su estrategia pedagógica es ineficiente, y no permite que el estudiante se sienta cómodo en su entorno.

Estas posibles causas son evidentes en cualquier ambiente de aprendizaje, sin desconocer que el problema principal y sobre el cual se ha hablado a lo largo del documento, consiste en los estilos de aprendizaje de cada estudiante y las metodologías que se deben implementar. Sin duda alguna, este estilo de aprendizaje es innato al estudiante y por ende, no se puede obviar la posibilidad para involucrarse en un proceso de aprendizaje cualquiera. Sin embargo, se considera importante el aporte de cada estudiante, en cuanto complementa de manera más intensa los resultados obtenidos.

En relación a esto, se destaca una problemática presentada en la Universidad de la Amazonia, para asignaturas relacionadas con lógica, algoritmos y programación. Según el reporte generado, donde se muestra el número de estudiantes aprobados y no aprobados en los periodos académicos del 2012, 2013 y 2014 para los programas de ingeniería, el índice de no aprobación ha aumentado. La figura 5 muestra los resultados obtenidos por el número de estudiantes matriculados en estas asignaturas para cada uno de los periodos académicos.



Figura 5. Resultados obtenidos en lógica, algoritmos y programación entre 2012 y 2014. Tomados de: Chairá Universidad de la Amazonia. Reporte Febrero 2015.

Ante esta problemática, se considera recomendable el desarrollo de un sistema tutor inteligente (STI) con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en esta área. La elección de esta herramienta obedece a su eficiencia en los procesos de aprendizaje, pues ha resultado ser muy adaptativa para cualquier estudiante, en particular teniendo en cuenta sus capacidades cognitivas.

Se prevé a futuro la implementación de este STI en la Universidad de la Amazonia, en el que mediante ejemplos y simulaciones claras el estudiante pueda entender fácilmente los contenidos y poco a poco obtener la lógica necesaria para estar en la capacidad de construir diversos algoritmos. En la universidad se da el caso de estudiantes que para entender los contenidos de esta asignatura recurren a diagramas y animaciones que simulen un comportamiento determinado (estos tendrían el estilo de aprendizaje visual), mientras que otros comprenden con mayor facilidad. Se deben resaltar las habilidades de cada uno de ellos y sus formas de aprender, reto al cual se le apuesta con la implementación del STI.

REFERENCIAS

- [1] C. González, J. Burguillo, M. Llamas y J. Vidal, "Sistemas tutores inteligentes: propuesta de una arquitectura para aprendizaje en salud pública", 2010, [en línea]. Consultado el 01 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2004/breve/breves1236-1245.pdf>
- [2] F. Parra, *Sistema Tutorial Inteligente*, Centro de Investigación Científica y Tecnológica (CICYT), Instituto de ciencias físicas, 2010, [en línea]. Consultado el 01 de septiembre de 2014, disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13617/1/Sistema%20Tutorial%20Inteligente.pdf>
- [3] C. Hernández, "Metodologías de enseñanza y aprendizaje en altas capacidades". Dpto. de Psicología Evolutiva y de la Educación, pp. 6-8, S.f., Consultado el 23 de abril de 2015, disponible en: <http://gtisd.webs.ull.es/metodologias.pdf>
- [4] M. Ramírez, *Modelos y estrategias de enseñanza para ambientes innovadores*, Monterrey, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2012, [en línea]. Consultado el 24 de abril de 2015, disponible en: https://www.editorialdigitaltec.com/materialadicional/ID254_RamirezMontoya_Modelosyestrategiasdeensenanza.cap1.pdf
- [5] I. Barrio, J. González, L. Padín, P. Peral, I. Sánchez y E. Tarín, "Métodos de investigación educativa. El estudio de casos". *Magisterio Educación Especial. Universidad Autónoma de Madrid*, no. 3, pp. 5-6. 2009 [en línea]. Consultado el 23 de abril de 2015, disponible en: https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Est_Casos_doc.pdf
- [6] F. Díaz, *El aprendizaje basado en problemas y el método de casos. Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. México, McGraw Hill, 2005, [en línea]. Consultado el 24 de abril de 2015, disponible en: http://caps.educacion.navarra.es/infantil/attachments/article/15/El_aprendizaje_basado_en_problemas_y_el_metodo_de_casos%5B1%5D.pdf
- [7] Servicio de Innovación Educativa de la Universidad Politécnica de Madrid, *El método del caso*, 2008, [en línea]. Consultado el 22 de abril de 2015, disponible en: <http://innovacioneducativa.upm.es/guias/MdC-guia.pdf>
- [8] L. Galeana, "Aprendizaje basado en proyectos". Universidad de Colima. 2007 [en línea]. Consultado el 22 de abril de 2015, disponible en: <http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf>
- [9] J. García, C. Sánchez, M. Jiménez y M. Gutiérrez, "Estilos de aprendizaje y estrategias de aprendizaje: un estudio en discentes de postgrado". *Revista Estilos de Aprendizaje*, no. 10, vol. 10, 2012, [en línea]. Consultado el 25 de abril de 2015, disponible en: http://www.uned.es/revistaestilosdeaprendizaje/numero_10/articulos/Articulo06.pdf
- [10] S. Suebnukarn y P. Haddawy, "Sistema de tutorías inteligente colaborativo para ABP en medicina". *Revista Educación en Ciencias de la Salud*, vol. 41, pp. 32-35, 2007, [en línea]. Consultado el 27 de octubre de 2014, disponible en: <http://www2.udec.cl/ofem/recs/anteriores/vol412007/artrev4107a.pdf>
- [11] Aula Diez, *Descripción y clasificación de los estilos de aprendizaje*, 2005 [en línea]. Consultado el 24 de abril de 2015, disponible en: <http://www.auladiez.com/didactica/estilos-aprendizaje-01.html>. Fecha acceso: 24/04/15.
- [12] F. Salgueiro, G. Costa, Z. Cataldi, F. Lage y R. García-Martínez, *Sistemas tutores inteligentes con modelado del tutor y del estudiante para mejorar los aprendizajes de programación en ingeniería*. LIEMA-Laboratorio de Informática Educativa y Medios, 2005 [en línea]. Consultado el 07 de octubre de 2014, disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/hand->

- [le/10915/18488/Documento_completo_.pdf?sequence=1](#)
- [13] Z. Cataldi, F. Salgueiro, F. J. Lage y R. G. Martínez, *Sistemas tutores inteligentes: los estilos del estudiante para selección del tutorizado*, 2011, [en línea]. Consultado el 01 de septiembre de 2014, disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/21144/Documento_completo.pdf?sequence=1
- [14] Z. Cataldi y F. Lage, "Modelado del Estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes". *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET)*, pp. 29-38. no. 5, 2010 [en línea]. Consultado el 30 de septiembre de 2014, disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/14197/Documento_completo.pdf?sequence=1
- [15] Z. Cataldi y F. J. Lage, "Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión". *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, no. 28, 2009, [en línea]. Consultado el 01 de septiembre de 2014, disponible en: http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec28/articulos_n28_pdf/Edutec-E_Cataldi_Lage_n28.pdf
- [16] Z. Rongmei y L. Lingling, "Research on Internet Intelligent Tutoring System Based on MAS and CBR", *Information Technology and Applications. IFITA'09. International Forum on*, vol. 3, pp. 681-684, 2009.
- [17] F. J. Lage y Z. Cataldi, "Modelo de sistema tutor distribuido para educación a distancia". *LIEMA-Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Facultad de Ingeniería. UBA*, 2014, [en línea]. Consultado el 12 de septiembre de 2014, disponible en: http://web-cache.googleusercontent.com/search?q=cache:g2XgtxR_9zYJ:repositoral.cuaed.unam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1571/1/Modelo%2520STI%2520Internet-1.doc+&c-d=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
- [18] C. Huapaya, G. Arona y F. Lizarralde, "Enseñanza de la Ingeniería con Sistemas Tutoriales Inteligentes", *Inf. tecnol.* vol. 16 no. 5, 2005, [en línea]. Consultado el 09 de septiembre de 2014, disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642005000500012
- [19] G. Ruddeck y A. Martens, "Communication Patterns in Component-Based Intelligent Tutoring Systems", *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on*, pp. 181-185, 2010.
- [20] M. Corredor, "Sistemas Tutoriales Inteligentes", S.f., [en línea]. Consultado el 01 de septiembre de 2014, disponible en: <http://186.113.12.12/discoext/collections/0007/0029/02370029.pdf>
- [21] M. Urretavizcaya, "Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación". *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 5, no. 12, pp. 5-12, 2001, [en línea]. Consultado el 12 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92551202>
- [22] G. Villareal, *Agentes inteligentes en educación*, Chile, EDUTEC–Universidad Santiago de Chile, S.f., [en línea]. Consultado el 30 de septiembre de 2014, disponible en: <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec16/villarreal.pdf>
- [23] T. Hardy, "IA: Inteligencia Artificial". *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, vol. 1, no. 2, p. 0, 2001, [en línea]. Consultado el 14 de octubre de 2014, disponible en: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=30500219>
- [24] V. Tarongí, "Sistema Tutor Inteligente Adaptativo para laboratorios virtuales y remotos", 2010, [en línea]. Consultado el 07 de octubre de 2014, disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13851/Trabajo%20de%20Investigacion.pdf?sequence=1>
- [25] H. L. Álvarez, M. P. Ferraro y F. G. Peñalvo, "Metodología para determinar atributos y métricas de calidad en sistemas hipermedia adaptativos educativos basados en estilos de aprendizaje". *Educación. Revista de la Universidad de Costa Rica*, vol. 29, no. 1, pp. 91-101, 2005, [en línea]. Consultado el 14 de

- octubre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44029109>
- [26] Z. Cataldi, P. Calvo y F. Fernando, "Diseño de Sistemas Tutores Inteligentes con Tecnología de Agentes: Los Agentes Docentes en el Módulo Tutor". *RESI—Revista Electrónica de Sistemas de Información*, nº 1, 2007, [en línea]. Consultado el 07 de octubre de 2014, disponible en: <http://revistas.facecla.com.br/index.php/reinfo/article/viewFile/191/99>
- [27] A. Ferreira, P. Salcedo, G. Kotz y F. Barrios, "La Arquitectura de ELE-TUTOR: Un Sistema Tutorial Inteligente para el Español como Lengua Extranjera". *Revista Signos*, vol. 45, nº 79, pp. 102-131, 2012, [en línea]. Consultado el 12 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=157023091001>
- [28] I. Morales y M. Jiménez, "Tutores inteligentes en la enseñanza de la matemática en secundaria". Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia, Universidad de Costa Rica, 2008, [en línea]. Consultado el 15 de mayo de 2015, disponible en: <funes.uniandes.edu.co/4799/1/MoralesTutoresALME2010.pdf>
- [29] T. Jacson y A. Graesser, "Aplicaciones del diálogo humano de tutoría al Auto Tutor: Un sistema inteligente de tutoría". *Revista Signos*, vol. 399, no. 60, pp. 31-48, 2006, [en línea]. Consultado el 12 de octubre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=157013768002>
- [30] M. Castro, E. Cárdenas, A. Ogan y R. Baker, *Tutor Cognitivo y el incremento de aprendizaje en matemática*. XIII CIAEM- Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Recife, Brasil, 2011, [en línea]. Consultado el 07 de octubre de 2014, disponible en: <http://www.columbia.edu/~rsb2162/CIAEM.pdf>
- [31] F. Arias, J. Jiménez y D. Ovalle, "Modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes". *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 6, no. 1, pp. 155-164, 2009, [en línea]. Consultado el 23 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133112608016>
- [32] H. El-Sattar, "An Intelligent Tutoring System for Improving Application Accessibility of Disabled Learners", *Computer Graphics, Imaging and Visualisation. CGIV'08. Fifth International Conference on*, pp. 286-290, 2008.
- [33] Z. Cataldi y F. Lage, "Sistemas Tutores Inteligentes: Procedimientos, métodos, técnicas y herramientas para su creación". *Virtual Educa Argentina*, 2009-2010, [en línea]. Consultado el 13 de octubre de 2014, disponible en: <http://repositorial.cuaed.unam.mx:8080/jspui/handle/123456789/1902>
- [34] Z. Tan, L. Weiling, L. Liu y Z. Yang, "The Application of Ontology Model in Intelligent Tutoring System", *Computer Science and Software Engineering. International Conference on*, vol. 5, pp. 1176-1179, 2008.
- [35] M. Lobato y L. Morales, "Agentes Inteligentes En La Educación Formativa". *Revista TEC*, 2010, [en línea]. Consultado el 24 de abril de 2015, disponible en: http://www.itsteziutlan.edu.mx/site2010/index.php?option=com_content&view=article&id=591:agentes-inteligentes-en-la-educacion-formativa&catid=27:artlos&Itemid=288
- [36] F. Salgueiro, Z. Cataldi y R. García-Martínez, "Los estilos pedagógicos en el modelado del tutor para Sistemas Tutores Inteligentes". *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, vol. 2, pp. 70-79, 2005, [en línea]. Consultado el 30 de septiembre de 2014, disponible en: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020204/A4mar2005.pdf>
- [37] K. Ryokai, C. Vaucelle y J. Cassell, "Literacy Learning by Storytelling with a Virtual Peer". In *Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning*, 2002.
- [38] L. Cobaleda y F. Duitama, "Personalización de contenidos en sistemas hipermedia educativos adaptativos: una revisión". *Revista*

- Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, n° 50, pp. 217-226, 2009, [en línea]. Consultado el 14 de octubre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43016338020>
- [39] C. Peña, J. Marzo, J. de la Rosa y R. Fabregat, "Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje". *UIS Ingenierías*, vol. 1, no. 2, 2002, [en línea]. Consultado el 13 de mayo de 2015, disponible en: <http://www.niee.ufrgs.br/eventos/RIBIE/2002/actas/paper-020.pdf>
- [40] Y. Dinza, "Sistema Entrenador Inteligente con Tecnología Multimedia. Óptima-Geometría". *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, vol. 3, no. 2, pp. 99-129, 2000, [en línea]. Consultado el 23 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33530202>
- [41] A. Cruces, "Multiagentes en el diseño de un sistema de enseñanza inteligente". *Perfiles Educativos*, no. 75, 1997, [en línea]. Consultado el 23 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13207503>
- [42] H. Xuechen, "A Web-based Intelligent Tutoring System for English Dictation", *Artificial Intelligence and Computational Intelligence. AICI'09. International Conference on*, vol. 4, pp. 583-586, 2009.
- [43] C. Qi-rong, "Research on Intelligent Tutoring System Based on Affective Model", *Multimedia and Information Technology (MMIT). Second International Conference on*, vol. 1, pp. 7-9, 2010.
- [44] L. Zhiping, X. Tianwei y S. Yu, "Developing a Negotiation-based Intelligent Tutoring System to Support Problem Solving: A Case Study in Role-play Learning", *Advanced Learning Technologies. ICAIT'08. Eighth IEEE International Conference on*, pp. 356-360, 2008.
- [45] M. Espinosa y Z. Valdivia, "La Inteligencia Artificial en la Informática Educativa". *Laboratorio de Informática Educativa*, 2008, [en línea]. Consultado el 07 de octubre de 2014, disponible en: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/050510/A2mar2008.pdf>
- [46] D. Caviedes, V. Medina y O. García, *Diseño de un STI basado en estilos cognitivos*, 2009, [en línea]. Consultado el 23 de octubre de 2014, disponible en: <http://www.istec.org/wp-content/gallery/ebooks/sibd/docs/sibd09-final9.pdf>
- [47] C. Lan, C. Tseng y R. Lai, "Developing a Negotiation-based Intelligent Tutoring System to Support Problem Solving: A Case Study in Role-play Learning", *Advanced Learning Technologies. ICAIT'08. Eighth IEEE International Conference on*, pp. 356-360, 2008.
- [48] B. Manjón, "Sistemas de ayuda inteligente para entornos informáticos complejos". *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, n° 12, pp. 59-67, 2001, [en línea]. Consultado el 12 de octubre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92551207>
- [49] C. Pagés, J. Martínez, O. Gutiérrez y T. Díez, "Sistema Inteligente de Tutorización Avanzada (SITA). Un caso de aplicación: GEKA". *RED. Revista de Educación a Distancia*, n° 2, pp. 1-13, 2005, [en línea]. Consultado el 23 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54709507>
- [50] J. Marciniak, "Building intelligent tutoring systems immersed in repositories of e-learning content". *Elsevier*, pp. 541-550, 2014.
- [51] C. Mercado y J. Reynoso, "Un estudio piloto sobre el efecto de los tutores cognitivos para la enseñanza de conceptos básicos de programación". *Investigación y Ciencia*, vol. 18, no. 48, pp. 17-29, 2010, [en línea]. Consultado el 14 de octubre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67413203004>
- [52] Y. Ossandón, "Sistemas Tutores: Una Alternativa Para el Proceso Enseñanza-Aprendizaje en la Ingeniería". *Revista Facultad de*

- Ingeniería*, no. 9, pp. 63-67, 2001, [en línea]. Consultado el 12 de septiembre de 2014, disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11400908>
- [53] C. Soledad, "Sistemas inteligentes en la educación: una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales". *Revista RELIEVE (Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa)*, vol. 10, no. 1, pp. 3-22, 2014, [en línea]. Consultado el 01/09/2014, disponible en: http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.pdf
- [54] E. Parra, *Sistemas tutoriales inteligentes, un aporte de la inteligencia artificial para la mediación pedagógica*, 2013, [en línea]. Consultado el 01/09/2014, disponible en: <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/279/528>
- [55] Z. Salgueiro, "Sistemas tutores inteligentes: redes neuronales para selección del protocolo pedagógico". *LIEMA-Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 2012, [en línea]. Consultado el 30 de septiembre de 2014, disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23270/Documento_completo.pdf?sequence=1
- [56] G. Santos y Á. Figueira, "Web-Based Intelligent Tutoring Systems Using the SCORM 2004 Specification - a conceptual framework for implementing scorm compliant intelligent web-based learning environments", *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on*, pp. 676-678, 2010.
- [57] Universidad Politécnica de Madrid, *Aprendizaje Orientado a Proyectos*. Servicio de innovación educativa, 2008, [en línea]. Consultado el 24 de abril de 2015, disponible en: http://innovacioneducativa.upm.es/guias/AP_PROYECTOS.pdf

