

Estudio sobre sistemas tutores inteligentes basados en gamificación

Aldo Cisneros, Yasmín Hernández, Alicia Martínez,
Javier Ortiz, Hugo Estrada

TecNM, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico,
Cuernavaca, Morelos,
México

{m20ce058, yasmin.hp, alicia.mr, javier.oh,
hugo.ee}@cenidet.tecnm.mx

Resumen. Los Sistemas Tutores Inteligentes representan una de las aplicaciones más exitosas de la inteligencia artificial, debido a su capacidad de adaptación y respuesta a las necesidades particulares de los estudiantes. En los últimos años, se han integrado diversos elementos, tales como las dinámicas de juego, con el fin de tener una interacción más personal y motivante. La gamificación es el uso de elementos de juegos en contextos no lúdicos. La aplicación de la gamificación en la educación es un campo de investigación muy prometedor debido a su capacidad para comprometer a los estudiantes, lo que a su vez permite que aprendan, refuercen el conocimiento, y desarrollen habilidades importantes como la resolución de problemas, la colaboración y la comunicación. Se presenta un análisis de la literatura sobre Sistemas Tutores Inteligentes con gamificación y se propone un Sistema Tutor Inteligente lúdico para enseñar matemáticas a niños de educación básica.

Palabras clave: Ambientes inteligentes de aprendizaje, gamificación en educación, juegos educativos, sistemas tutores inteligentes.

Study on Intelligent Tutor Systems based on Gamification

Abstract. Intelligent tutoring systems are a successful application of artificial intelligence, due to their ability to adapt and respond to needs of students. Recently, several elements have been integrated, such as game elements, to have a more personal and motivating interaction. Gamification is the use of game elements in non-playful contexts. The application of gamification in education is a very promising field of research due to its ability to engage students, which in turn allows students to learn, reinforce knowledge, and develop important skills such as problem solving, collaboration, and communication. An analysis of the literature on intelligent tutoring systems with gamification is presented, also an intelligent tutoring system based on gamification to teach mathematics to elementary school children is proposed.

Keywords: Educational games, gamification in education, intelligent learning environments, intelligent tutoring systems.

1. Introducción

La educación es uno de los sectores con más impacto en el desarrollo de la sociedad, por lo que el desarrollo de tecnologías que apoyen el proceso de enseñanza-aprendizaje recibe mucha atención. Desde que inició la era de la computación se han desarrollado diferentes herramientas de apoyo a la educación; un ejemplo son los Sistemas Tutores Inteligentes, estos sistemas tienen la capacidad de adaptarse y dar respuesta a las necesidades particulares de los estudiantes.

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) son programas educativos que imitan los patrones de comportamiento de los tutores humanos [23]. Con el objeto de hacer los STI más precisos y adaptivos, se han integrado diversos elementos tales como el reconocimiento de emociones, la personalidad, así como diferentes estados cognitivos como la motivación y la autoeficacia. Estos elementos permiten una interacción más personal y motivante con dichos sistemas.

En los últimos años se han incluido las dinámicas de juego por su probada capacidad para motivar a los estudiantes. La gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada los elementos de los juegos al ámbito educativo con el objetivo de conseguir mejores resultados. Su función principal es motivar y comprometer al estudiante con el juego, a través de retos y misiones, con la expectativa de obtener recompensas.

La gamificación se define como el uso de elementos de juegos en contextos no lúdicos [5], tales como: puntos, insignias, niveles, trofeos, retos y misiones, entre otros. La aplicación de la gamificación en la educación es un campo de investigación de reciente nacimiento y promete resultados importantes, ya que ha mostrado capacidad para motivar y enganchar a los estudiantes, lo que deriva en el aprendizaje de estos. A través de la enseñanza lúdica, además de interiorizar el conocimiento, los estudiantes pueden desarrollar habilidades importantes como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la colaboración y la comunicación.

En el sistema educativo mexicano, y particularmente en los niveles básicos, hay diversas materias que tienen un bajo nivel de aprovechamiento por parte de los estudiantes. Tal es el caso de matemáticas, en donde México presenta un rezago importante con respecto al resto de los países que integran la OCDE [1]. Por esta razón, se propone el desarrollo de un Sistema Tutor Inteligente para enseñar matemáticas a estudiantes de 6° de primaria. La planeación educativa para este STI se basa en los libros de texto gratuitos, complementada con el conocimiento de profesores expertos en pedagogía con experiencia enseñando a niños de este nivel educativo.

Adicionalmente, en el diseño del STI se incluyen técnicas de gamificación con el fin de dar una enseñanza motivadora además de adaptiva. En este artículo se hace un análisis de la literatura sobre Sistemas Tutores Inteligentes y Ambientes Inteligentes de Aprendizaje con gamificación, y se presenta una propuesta para desarrollar un Sistema Tutor Inteligente con gamificación para enseñar matemáticas a niños de educación básica. Se presenta el trabajo en curso y resultados preliminares en el diseño y desarrollo del STI.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: las secciones 2 y 3 describen los STI y la gamificación, respectivamente. La sección 4 hace una revisión de investigaciones sobre el uso de la gamificación con los ambientes de aprendizaje. La sección 5 presenta una propuesta para un STI con gamificación para matemáticas de nivel básico. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

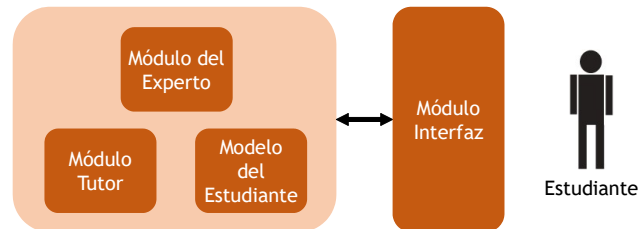


Fig. 1. Arquitectura básica de un Sistema Tutor Inteligente [23].

2. Sistemas tutores inteligentes

Los Sistemas Tutores Inteligentes, han resultado un buen aliado para la educación, y surgen como una alternativa a la enseñanza asistida por computadora. Es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial para decidir qué y cómo enseñar con base en las características y necesidades de los estudiantes. Los STI simulan los patrones de comportamiento de un tutor humano por lo que son capaces de adaptarse a cada una de las necesidades de los estudiantes.

La principal ventaja de los STI radica en la flexibilidad con la que muestran los contenidos personalizados, ya que no presenta información estática, sino que presentan el conocimiento de manera personalizada y dinámica. Esto se logra recopilando, analizando y comprendiendo cada uno de los datos que se generan a través de la interacción uno a uno entre el estudiante y el STI [19].

La inteligencia de los STI se representa a través de los módulos que lo componen: modelo del estudiante, módulo tutor, módulo experto y módulo interfaz. Estos componentes interactúan entre sí para cumplir distintas funciones con el fin de presentar una enseñanza adaptativa [23]. En la Fig. 1 se muestra la arquitectura básica de un STI.

El modelo del estudiante es el componente más importante de STI debido a que almacena conocimiento sobre el estudiante que sirve para adaptar la enseñanza. La importancia del modelo del estudiante radica principalmente en el conocimiento sobre el estudiante que proporcionará al Módulo Tutor a fin de personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje [19]. El modelo del estudiante es una representación del estudiante, ya que refleja las experiencias de aprendizaje y el conocimiento del dominio que ha adquirido.

De manera tradicional, el modelo del estudiante almacena información sobre el conocimiento y el desempeño del estudiante. Pero, ya se han integrado otros elementos tales como: personalidad, estilo de aprendizaje, preferencias, así como las emociones, con el fin de proporcionar una enseñanza adecuada para cada estudiante particular. De acuerdo con Prentzas [15] el modelo del estudiante puede almacenar cuatro elementos principales: parámetros de interacción, conocimiento del dominio y características del estudiante.

Las características del estudiante y el conocimiento del dominio son aspectos que influyen directamente en el proceso de enseñanza, mientras que, los parámetros de interacción influyen de forma indirecta.

Los parámetros de interacción forman la base del modelo tomando en cuenta la interacción del estudiante con el STI, es decir, avance en el curso, conceptos a los que

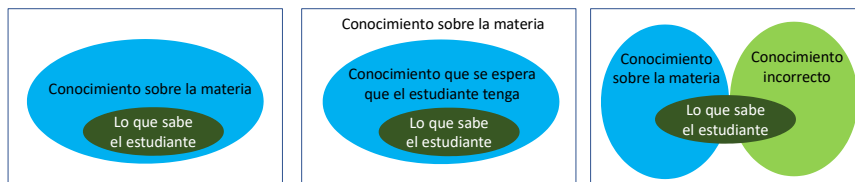


Fig. 2. Tipos de modelos del estudiante. Izquierda: modelo sobrepuesto, centro: modelo diferencial y derecha: modelo de perturbación [17].

accedió, ayuda que solicitó, respuestas y calificaciones en los ejercicios. En las características del estudiante se incluyen las preferencias sobre los medios, nivel de conocimiento del dominio, nivel de concentración, experiencia en el uso de STI, y nivel de detalle deseado del contenido. El conocimiento del dominio se representa a través de estereotipos que denotan diferentes niveles de conocimiento del dominio.

Por otro lado, Cataldi [3] menciona que el modelo del estudiante incluye las siguientes características: estilos de aprendizaje, perfil psicológico y estado de conocimientos. Los estilos de aprendizaje se basan en la Teoría de Felder y Silverman [8]. Se conforma una base de datos que integra las características de cada uno de los estilos de aprendizaje y los métodos de selección del material que considera las características de cada estudiante.

El perfil psicológico se basa en la Teoría de Inteligencias Múltiples de Gardner [10] y se categoriza y actualiza de acuerdo con la interacción del estudiante con el STI. En el estado de conocimientos se encuentra el mapa de los conocimientos que tiene el estudiante sobre la materia, mismo que se actualiza conforme el estudiante avanza en las actividades.

En la literatura se identifican cuatro tipos principales de modelos del estudiante: modelo de superposición (*overlay model*), modelo diferencial (*differential model*), modelo de perturbación (*perturbation model*) y modelo centrado en restricciones (*constraints-based model*) [17].

El modelo de superposición establece que el conocimiento del estudiante es un subconjunto propio del conocimiento del experto y asume que todas las diferencias entre el comportamiento de los estudiantes y el comportamiento del tutor se interpretan como falta de conocimiento del estudiante. En el modelo diferencial se divide el conocimiento del estudiante en dos tipos: el conocimiento que debería tener y el que no se puede esperar que tenga, es decir, reconoce y trata de representar el conocimiento del estudiante con las diferencias entre el estudiante y el tutor.

El modelo de perturbación considera que el conocimiento del estudiante puede ser potencialmente diferente en calidad y cantidad al del experto. En el modelo centrado en restricciones el conocimiento del estudiante se interpreta como una lista de restricciones que han violado el proceso de resolución del problema [17]. En la Fig. 2 se presenta el modelo del estudiante sobrepuesto, diferencial y de perturbación.

La función principal del módulo tutor de un STI es definir, representar, regular y aplicar la mejor estrategia de enseñanza pedagógica, con el objetivo de alcanzar las metas de aprendizaje [13]. El módulo tutor interactúa de manera constante con el modelo del estudiante, ya que analiza la información del estudiante actual para poder

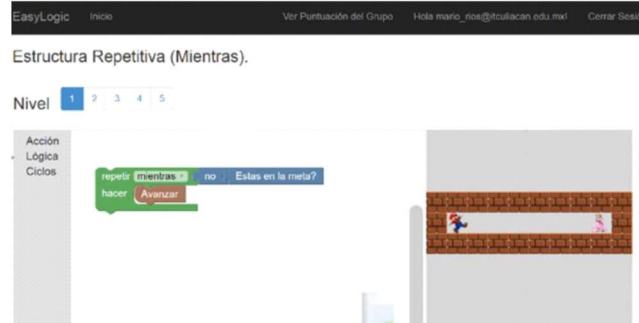


Fig. 3. Interfaz de *EasyLogic* [24].

establecer el material adecuado de acuerdo con su estado. Esto es posible gracias a que integra el conocimiento sobre diferentes estrategias pedagógicas.

De acuerdo con Molina y colegas [14], el módulo tutor consta de tres submódulos: protocolos pedagógicos, planificador de lección y analizador de perfil. Los protocolos pedagógicos, consisten en diferentes estrategias y técnicas de enseñanza que se aplican de acuerdo con el perfil del estudiante. El planificador de lección organiza los contenidos que se presentarán al estudiante.

El analizador de perfil es quien analiza las características del estudiante para seleccionar la estrategia pedagógica más conveniente. El módulo experto es quien contiene el conocimiento sobre el dominio y proporciona la información que se presentará al estudiante de una manera adecuada para que el estudiante pueda adquirir las habilidades y conocimiento de la materia.

El módulo experto también debe cumplir con tres aspectos importantes: i) servir como fuente de conocimiento para ser presentado al estudiante, lo que incluye la generación de preguntas, explicaciones y respuestas, ii) proporcionar un estándar para evaluar el desempeño del estudiante, y iii) tener la capacidad de detectar errores sistemáticos y la brecha en el conocimiento del estudiante y la posible causa de ello.

De acuerdo con Cataldi y colegas [2], el módulo experto consta de conocimiento y elementos didácticos. El conocimiento se presenta a través de conceptos, preguntas, ejercicios, problemas y sus relaciones. Los elementos didácticos se componen de imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia que se requiere para facilitar al estudiante la apropiación de conocimiento en la sesión pedagógica.

3. Gamificación en la educación

Los juegos como herramientas de aprendizaje representan un enfoque prometedor debido a sus habilidades para enseñar y reforzar conocimiento, así como para desarrollar habilidades importantes como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la comunicación y la colaboración. Además, tienen una fuerte capacidad de motivar y de enganchar a las personas en la interacción. El propósito principal de los juegos serios no es únicamente la diversión, si no que busca aprendizaje, capacitación, desarrollo de habilidades, rehabilitación, entre otros fines.

Tabla 1. Principios de diseño de gamificación en la educación [6].

	Principios de Diseño	Mecánica de juego
Metas	Metas específicas, claras, moderadamente difíciles, inmediatas	
Desafíos y misiones	Tareas de aprendizaje claras, concretas y procesables con complejidad creciente	
Personalización	Experiencias personalizadas, dificultad adaptativa; desafíos que se adaptan perfectamente al nivel de habilidad del jugador, aumentando la dificultad a medida que la habilidad del jugador aumente	
Avance	Avance visible hacia dominar el tema y la tarea	Puntos, barras de avance, niveles, bienes/dinero virtual
Retroalimentación	Retroalimentación inmediata o acortar los ciclos de retroalimentación; recompensas inmediatas en lugar de vagos beneficios a largo plazo	
Competencia y cooperación/ciclos de participación social		Insignias, tablas de clasificación, niveles, avatares
Calificación acumulada		Puntos
Estado visible	Reputación, credibilidad y reconocimiento social	Puntos, insignias, tablas de clasificación, niveles, avatares
Acceso/Desbloqueo de contenido		
Libertad de elegir	Múltiples rutas hacia el éxito, permitir a los estudiantes elegir sus propios subobjetivos dentro de la tarea más amplia	
Libertad para fallar	Riesgo bajo de presentación, múltiples intentos	
Narración		Avatares
Nuevas identidades y/o roles		Avatares
Integración		
Restricción de tiempo		Reloj de cuenta regresiva

Tabla 2. Mecánicas de juego [9].

Mecánica de juego	Descripción
Puntos	Se asigna un valor cuantitativo a determinadas acciones y se van acumulando a medida que se realizan
Niveles	Se define una serie de niveles que el usuario debe ir superando para llegar al siguiente
Premios	A medida que se consiguen diferentes objetivos se van entregando premios a modo de “colección”
Regalos	Bienes que se dan al jugador o jugadores de forma gratuita al conseguir un objetivo
Clasificaciones	Clasificar a los usuarios en función de puntos u objetivos logrados, destacando los mejores en una lista
Desafíos	Competencias entre los usuarios, el ganador obtiene los puntos o el premio.
Misiones o retos	Resolver o superar un reto u objetivo, ya sea solo o en equipo

Tabla 3. Dinámicas de juego [9].

Dinámica de juego	Descripción
Recompensas	Obtener un beneficio merecido
Estatus	Establecerse en un nivel jerárquico social valorado
Logro	Superación o satisfacción personal
Competencia	Intentar ser mejor que los demás

Los juegos serios se han aplicado en diferentes sectores e industrias con mucho éxito. Por ejemplo, en salud y educación podemos encontrar muchas investigaciones para apoyar a los niños con problemas de aprendizaje [4]. La gamificación en la educación propone el uso elementos de pensamiento y diseño de juegos en el diseño de ambientes de aprendizaje para mejorar el compromiso y la motivación de los estudiantes. La gamificación se define como el uso de elementos de diseño de juegos en contextos no lúdicos [5]. Se trata de un campo de investigación nuevo.

La gamificación difiere de los juegos educativos o juegos serios en que los juegos educativos implican el diseño de juegos completos con fines no relacionados con el entretenimiento, mientras que las aplicaciones con gamificación solamente incluyen elementos de los juegos [6].

La gamificación ha tenido una rápida adopción en diferentes sectores por su potencial para influir en el comportamiento de los usuarios. Por ejemplo, plataformas como *Stackoverflow.com*, *codeacademy.com* y *khanacademy.org*, entre otras, utilizan elementos de juego para atraer y motivar a los usuarios [6].

De este interés creciente, se han identificado los principios de diseño para la aplicación de la gamificación en la educación [6]. En la Tabla 1 se presentan los principios de diseño y, en su caso, la mecánica del juego que se suele utilizar para implementarlos. Algunos de los principios de diseño son fundamentales y siempre están presentes en los sistemas educativos, pero es posible que deban adaptarse para ajustarse



Fig. 4. Interfaz de PLMan [12].

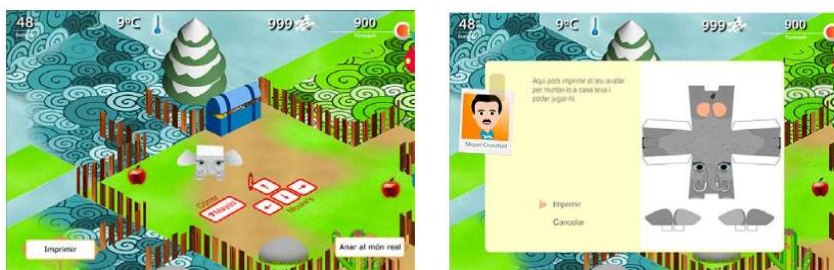


Fig. 5. Interfaz del juego digital Miquel Crusafont [7].

al paradigma de la gamificación. Por ejemplo, la retroalimentación debe ser inmediata o con ciclos más cortos. Algunos principios se han utilizados muy poco, y algunos son nuevos elementos de diseño tomados de los videojuegos [6].

Por otro lado, se identifica que los elementos de la gamificación se clasifican en mecánicas y dinámicas. Las técnicas mecánicas consisten en la forma de recompensar al usuario en función de los objetivos alcanzados, mientras que las técnicas dinámicas hacen referencia a la motivación del propio usuario para jugar y seguir adelante en la consecución de sus objetivos [9]. En la Tabla 2 se presentan las técnicas mecánicas más populares, mientras que en la Tabla 3 se presentan las técnicas dinámicas más utilizadas.

4. Ambientes de aprendizaje con gamificación

Los STI han implementado la gamificación como una parte fundamental para mejorar la interacción con el usuario, motivándolo a finalizar con cada una de las actividades y sobre todo cambiar de manera positiva el estilo de enseñanza-aprendizaje. Son muchas las investigaciones y prácticas realizadas por empresas o investigadores que han utilizado la gamificación en STI, a continuación, se citan algunas, seleccionadas por su carácter innovador y de la enseñanza.

EasyLogic es un ambiente de aprendizaje que integra reconocimiento afectivo con técnicas de gamificación. Este ambiente se ocupa de enseñar lógica algorítmica y

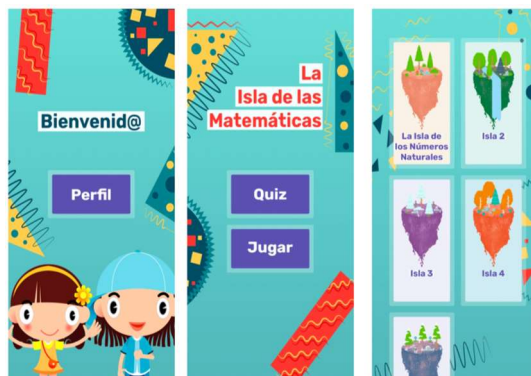


Fig. 6. Diseño preliminar del STI con gamificación.

programación a estudiantes de ingeniería. *EasyLogic* tiene un sistema de puntos en donde el estudiante gana puntos cada vez que lleva a cabo un ejercicio correctamente, y cada cierto número de puntos recibe un trofeo.

También lleva una tabla de clasificaciones en donde se muestran los estudiantes con los mayores puntajes. El desempeño de *EasyLogic* se evaluó comparándolo con el desempeño del mismo sistema sin el reconocimiento de emociones y sin los elementos de gamificación. Los resultados y las pruebas estadísticas mostraron que el aprendizaje de los estudiantes es mejor si se considera el estado afectivo del estudiante y si es motivado por medio de la gamificación [24]. En la Fig. 3 se muestra la interfaz de *EasyLogic*.

PLMan es un sistema de aprendizaje automatizado y personalizado con gamificación. Este sistema apoya dos cursos de primer año de Ingeniería Informática y de Ingeniería Multimedia y tiene como objetivo introducir a los estudiantes en el campo de la lógica. Los estudiantes aprenden el lenguaje de programación Prolog, programando la inteligencia artificial de un personaje similar a Pac-Man y utilizando una base de conocimientos en Prolog.

Para pasar cada nivel del juego, el personaje debe atravesar diferentes laberintos comiéndose los puntos y evitando a todos los enemigos [12]. En la Fig. 4 se muestra un ejemplo de uno de los laberintos de *PLMan*. El juego digital *Miquel Crusafont* se centra en descubrir a dicho personaje y explicar su trabajo en paleontología.

El área básica de estudio del juego es el conocimiento del medio natural y social, aunque también incluye otras áreas relacionadas, como matemáticas. el juego está estructurado en 14 niveles, y se basa en secuencias temporales, de modo que cada bloque puede contener eventos que ocurren en diferentes espacios y tiene una serie de objetivos que los jugadores deben superar. En cada nivel aumenta la dificultad de los retos [7]. En la Fig. 5 se muestra la interfaz de este juego.

SQL-Tutor es un STI maduro que enseña SQL y cuya eficacia ha sido probada en múltiples estudios. Los autores desarrollaron una versión de *SQL-Tutor* con gamificación con el fin de conocer los efectos de la gamificación en el aprendizaje. En esta versión lúdica incluyeron metas, evaluación y desafíos, estos son tres categorías de elementos del juego de la Teoría del Aprendizaje Lúdico [11]. Estos elementos se implementaron a través de 13 tipos de insignias divididas en tres categorías: básica,

clásica y élite. Los autores encontraron que las insignias pueden aumentar positivamente el rendimiento de los estudiantes en el STI. También encontraron evidencia de que el establecimiento de objetivos, los desafíos y los comportamientos de autoevaluación implementados como insignias afectan de manera indirecta y significativa los resultados del aprendizaje a través del tiempo dedicado a la tarea como mediador [20]. La plataforma tecnológica CER promueve el diálogo y el intercambio de experiencias entre docentes de educación técnica.

Esta plataforma cuenta con espacios de interacción tales como: foros y banco de recursos, lo que permite a los usuarios interactuar a través de valoraciones y comentarios a las contribuciones de otros usuarios. Con el fin de motivar un mayor involucramiento en los usuarios, se integraron técnicas de gamificación, tales como insignias, puntos, barras de avance y tablas de líderes. Los autores exponen que con la gamificación aumentó la participación y el intercambio entre los usuarios [21].

La gamificación se ha aplicado en diversos ambientes de aprendizaje basados en la web, tales como *Code Academy*, *Khan Academy* y *Stack Overflow*, entre otros. *Khan Academy* es una plataforma educativa que brinda aprendizaje personalizado a los estudiantes. Se trata de una organización sin fines de lucro que ofrece una variedad de cursos para diversas materias, desde matemáticas, ciencias, gramática, economía, hasta música e historia mundial, y está disponible en más de 36 idiomas. Esta plataforma de aprendizaje lúdica utiliza un sistema de calificación basado en recompensas en el que los estudiantes reciben puntos de experiencia por completar los módulos del curso [16].

5. STI con gamificación para matemáticas

Es ampliamente reconocido que los estudiantes perciben la materia de matemáticas como un área de difícil comprensión. Adicionalmente, en muchas escuelas públicas de nivel básico, la atención de los maestros a los estudiantes es insuficiente debido a que la cantidad de estudiantes por maestro es muy alta por lo que resulta muy difícil para los maestros dar un seguimiento puntual al aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, las diversas evaluaciones al sistema educativo muestran un rezago en matemáticas, ciencias y comprensión lectora, por lo que es necesario desarrollar herramientas tecnológicas que apoyen a combatir dicho rezago. Para apoyar a solucionar este problema proponemos el desarrollo de un sistema tutor inteligente dirigido a enseñar matemáticas a estudiantes de sexto año de educación básica.

Acorde con la naturaleza de los STI, el objetivo es brindar a los estudiantes una enseñanza personalizada que se base en sus necesidades de conocimiento particulares. Además, consideramos que uno de los problemas de las herramientas tecnológicas educativas tradicionales es que no invitan al estudiante a interactuar, por lo que el estudiante las percibe como una carga académica y no como una ayuda en el aprendizaje.

Por esta razón, el diseño de los comportamientos del STI estará basado en técnicas de gamificación, con el objeto de atraer y mantener la atención del estudiante en las actividades de aprendizaje. Un componente importante del STI es el modelo de juego que contiene las reglas y elementos de juego que guiarán la interacción del estudiante con el escenario de juego. Con base en las propuestas de Dicheva y colegas [6], y de Werbach y Hunter [22], el modelo de juego se compone de mecánicas, dinámicas y

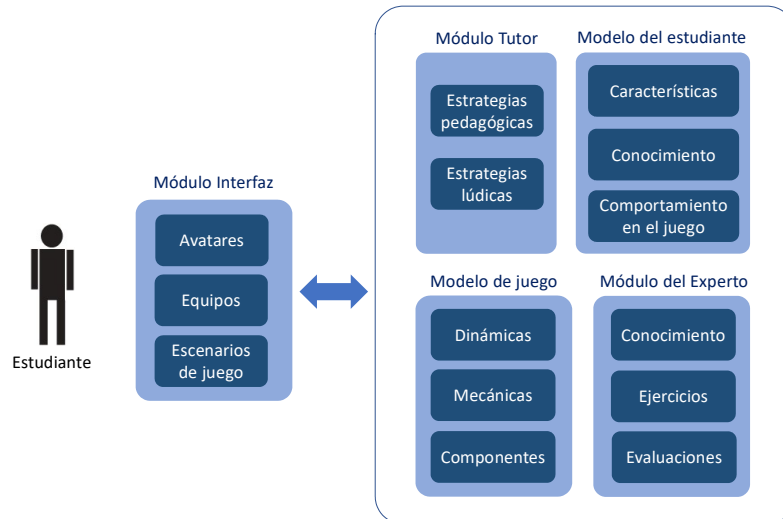


Fig. 7. Arquitectura del STI con gamificación.

componentes. Los componentes son los recursos que se utilizan para diseñar la actividad lúdica, tales como: avatares, puntos, insignias, niveles, misiones, barras de avance y tablas de clasificación. Las mecánicas hacen referencia a las reglas de la actividad lúdica y que establecen cómo recompensar a los estudiantes en función de su desempeño y de los objetivos. Estas pueden ser de varios tipos: competición, colección, cooperación, equilibrio o desafíos. Las dinámicas hacen referencia a la motivación del estudiante para jugar y seguir adelante en la consecución de sus objetivos. Son contextos en los que se desarrolla la actividad y pueden ser narrativa, emociones, avance, restricciones y relaciones sociales.

Al integrar gamificación al STI, estamos agregando módulos y modelos que permitan lograr los objetivos de aprendizaje y la implementación de las dinámicas y mecánicas de juego. En la Fig. 6 se muestra la arquitectura que se propone. Como puede apreciarse, los elementos que la componen son: módulo tutor, módulo experto, modelo del estudiante, módulo interfaz, y el modelo de juego.

El diseño inicial del STI con gamificación considera que los estudiantes llevarán a cabo misiones en una isla y serán recompensados con diferentes insignias y una puntuación acumulada. Se tendrán diferentes niveles que corresponden a la dificultad de las misiones y del material que se esté enseñando. Se tendrán barras de avance y una tabla de clasificaciones.

Se desea motivar tanto la competición como la colaboración, por lo que además se incluirá equipos virtuales para resolver las misiones. También se está trabajando en el diseño de un personaje que acompañe al estudiante en las misiones. En la Fig. 7 se muestra el diseño inicial del STI con gamificación. El módulo tutor establece las actividades pedagógicas y lúdicas que se presentarán al estudiante con base en el modelo del estudiante, es decir, con base en sus características, conocimiento y desempeño.

El módulo experto contiene el conocimiento que se enseña al estudiante, en la forma de explicaciones, ejercicios y material de evaluación. El modelo de estudiante es la representación del estado del estudiante, contiene sus características particulares, el conocimiento que tiene sobre matemáticas, y el desempeño y comportamiento en el juego. El módulo interfaz es el encargado de decidir cuál es la mejor manera de presentar el material educativo al estudiante. El modelo de juego es el responsable de procesar el desempeño de los estudiantes en las actividades para determinar las acciones en el juego, así como recompensas, insignias o castigos que se otorgarán al estudiante.

En el diseño del currículo y del material educativo intervienen expertos en pedagogía y con experiencia en dar clases a estudiantes de educación primaria. La base principal para los contenidos educativos son los lineamientos de la Secretaría de Educación Pública de México, a través de la *Guía para el maestro de educación básica para primaria* y con la ayuda de los expertos en pedagogía [18].

Para el desarrollo de los modelos inteligentes de cada uno de los componentes del STI, estamos evaluando diversas técnicas de inteligencia artificial. Principalmente, estamos trabajando con modelos robustos que nos permitan trabajar con incertidumbre, ya que uno de los problemas a que nos enfrentamos en la construcción de la representación del conocimiento y de la motivación del estudiante es la falta de certeza. Por esta razón se están evaluando modelos preliminares basados en redes bayesianas y en redes de decisión. Con base en nuestra experiencia previa, las redes bayesianas y las redes de decisión son mecanismos robustos ante la incertidumbre.

6. Conclusiones y trabajo futuro

A lo largo de varias décadas, los sistemas tutores inteligentes han demostrado ser una herramienta útil para ayudar a los estudiantes de diferentes niveles educativos a aprender diversas materias. Esto se debe a su habilidad para reconocer las necesidades específicas de cada estudiante y de responder a las mismas de manera adecuada. Sin embargo, los STI son un área abierta de investigación y la comunidad científica continúa buscando maneras de hacer la enseñanza cada vez más precisa y motivante.

La gamificación, definida como la integración de elementos de juego en contextos no lúdicos, ha mostrado ser una herramienta que proporciona experiencias que permiten que los estudiantes se motiven y se comprometan con las actividades, lo que a su vez impacta positivamente en el aprendizaje. En este artículo se presenta un análisis de la literatura sobre herramientas educativas que usan gamificación, se propone un STI para matemáticas de 6° grado de educación primaria y se presenta la arquitectura y diseño iniciales del STI.

Referencias

1. Backhoff Escudero, E.: México en PISA 2018. <https://educacion.nexos.com.mx/mexico-en-pisa-2018/> (2019)
2. Cataldi, Z., Calvo, P., Salgueiro, F. A., Lage, F. J.: Diseño de sistemas tutores inteligentes con tecnología de agentes: Los agentes docentes en el módulo tutor. *Revista Eletrônica Sistemas de Informação*, vol. 6, no. 1 (2007) doi: 10.21529/resi.2007.0601007
3. Cataldi, Z., Lage, F. J.: Modelado del estudiante en sistemas tutores inteligentes. *TE&ET*

- Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, vol. 5, pp. 29–38 (2010)
4. Cornejo, R., Martínez, F., Álvarez, V. C., Barraza, C., Cibrian, F. L., Martínez-García, A. I., Tentori, M.: Serious games for basic learning mechanisms: Reinforcing mexican children's gross motor skills and attention. *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 25, no. 2, pp. 0375–390 (2021) doi: 10.1007/s00779-021-01529-0
 5. Deterding, S., Dixon, D., Khaledet, D., Nacke, L. E.: From game design elements to gamefulness: Defining “gamification. *MindTrek '11*, In: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, pp. 9–15 (2011) doi: 10.1145/2181037.2181040
 6. Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., Angelova, G.: Gamification in education: A systematic mapping study. *Educational Technology Society*, vol. 18, no. 3, pp. 75–88 (2015)
 7. Eguia-Gómez, J. L., Contreras, R., Solano, L.: Juegos digitales desde el punto de vista de los profesores. Una experiencia didáctica en aulas primaria catalanas. *Education in the Knowledge Society*, vol. 16, no. 2, pp. 31–48 (2015) doi: 10.14201/eks2015161
 8. Felder, R. M., Silverman, L. K.: Learning and teaching styles and libraries. *J. Engineering Education*, vol. 78, pp. 674–681 (1988)
 9. Gaitan, V.: Gamificación: El aprendizaje divertido. <https://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/#:~:text=La Gamificación es unatécnica, concretas%2C entre otros muchos objetivos, last accessed 2021/04/03>
 10. Gardner, H.: *Inteligencias múltiples, la teoría en la práctica* (2018) doi: 10.1016/j.quaint.2017.09.030
 11. Landers, R., Armstrong, M. B., Collmus, A. B.: How to use game elements to enhance learning: Applications of the theory of gamified learning. *Serious Games and Edutainment Applications*, vol. 2, pp. 1–702 (2017) doi: 10.1007/978-3-319-51645-5
 12. Llorens-Largo, F., Gallego-Durán, F. J., Villagrà-Arnedo, C. J., Compañ-Rosique, P., Satorre-Cuerda, R., Molin-Carmona, R.: Gamification of the learning process: Lessons learned. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, no. 4, pp. 227–234 (2016) doi: 10.1109/RITA.2016.2619138
 13. Martínez, M., Flores, M., Cruz, R. G., Soberanes, A.: Propuesta de arquitectura para un sistema tutorial inteligente móvil. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, vol. 8, no. 16 (2009)
 14. Molina-Hurtatiz, Y. E., Pascuas-Rengifo, Y. S., Millan-Rojas, E. E.: Sistemas tutores inteligentes como apoyo en el proceso de aprendizaje. *Procedia Computer Science*, vol. 6, no. 1 (2015) doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2015.1.a02
 15. Prentzas, J., Hatzilygeroudis, I., Garofalakis, J.: A web-based intelligent tutoring system using hybrid rules as its representational basis. In: Cerri, S.A., Gouardères, G., Paragaçu, F. (eds) *Intelligent Tutoring Systems. ITS 2002. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, vol. 2363 (2002) doi: 10.1007/3-540-47987-2_16
 16. Van Roy, R., Deterding, S., Zaman, B.: Uses and gratifications of initiating use of gamified learning platforms. In: *CHI EA '18: Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–6 (2018) doi: 10.1145/3170427.3188458
 17. Salisu-Muhammad, S., Abdullahi-Baffa, B., Shehu, A.: Artificial intelligence approaches in student modeling: Half decade review (2010-2015). *IJCSN - International Journal of Computer Science and Network*, vol. 5, no. 5 (2016)
 18. SEP: Programa de estudios 2011, sexto grado (2011)
 19. Suárez-Granados, J. J., Rodríguez del Rey, Y. A., Pérez-Fernández, A. C.: Metodología para desarrollar un sistema tutor inteligente basado en la web, para estudiantes de ingeniería. *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 8, no. 4 (2016)
 20. Tahir, F., Mitrovic, A., Sotardi, V.: Investigating the effects of gamifying SQL-Tutor. In: *Virtual confernece: 28th International Conference on Computers in Education*, pp. 416–425 (2020)

Aldo Cisneros, Yasmín Hernández, Alicia Martínez, et al.

21. Valda-Sanchez, F., Arteaga-Rivero, C.: Diseño e implementación de una estrategia de gamificación en una plataforma virtual de educación. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle*, vol. 9, no. 9, pp. 65–80 (2015)
22. Werbach, K., Hunter, D.: *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press (2012)
23. Woolf, B. P.: *Building intelligent interactive tutors student-centered strategies for revolutionizing e-learning* (2010)
24. Zatarain-Cabada, R.: Reconocimiento afectivo y gamificación aplicados al aprendizaje de lógica algorítmica y programación. *Revista Electrónica Investigación Educativa*, vol. 20, no. 3 (2018) doi: 10.24320/redie.2018.20.3.1636