

## COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA

*Recibido 20/07/2019*

*ReCIBE, Año 8 No. 2, Noviembre 2019*

*Aceptado 04/09/2019*

# Arquitectura de un juego serio inteligente basado en retos de matemáticas básicas

**Carlos Enrique Flores Méndez<sup>1</sup>**  
cfloresm932@alumno.uaemex.mx

**Maricela Quintana López<sup>1</sup>**  
mquintanal@uaemex.mx

**Héctor Rafael Orozco Aguirre<sup>1</sup>**  
hrorozcoa@uaemex.mx

**Ivonne Rodríguez Pérez<sup>1</sup>**  
irodriguezp@uaemex.mx

<sup>1</sup>Centro Universitario UAEM Valle de México  
Universidad Autónoma del Estado de México

**Resumen:** En México, en el mes de junio de 2018, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación aplicó a más de 100,000 estudiantes de sexto año de primaria, la prueba PLANEA, la cual se encarga de evaluar aprendizajes de lenguaje, comunicación y matemáticas. Los resultados muestran que, en matemáticas, el 59% de los estudiantes se encuentran en un nivel insuficiente. Para solventar estas deficiencias durante los últimos años se han desarrollado nuevas técnicas de aprendizaje, entre ellas, el aprendizaje basado en retos y los juegos serios, los cuales, tienen como fundamento involucrar a los estudiantes en un entorno de aprendizaje en un contexto de entretenimiento. Nuestra propuesta es crear un juego serio que incorpore estas técnicas, con el objetivo de que los estudiantes adquieran o refuercen sus conocimientos en matemáticas básicas. Como un primer paso, una arquitectura para el juego serio se propone y se presenta en este trabajo.

**Palabras clave:** Juegos serios, aprendizaje basado en retos, arquitectura de juegos serios, inteligencia artificial.

**Abstract:** On June 2018, the National Institute for the Evaluation of Education in Mexico, applied the PLANEA test to roughly 100,000 students in the sixth year of elementary school, that evaluates language, communication and mathematics learning. The results show that, in mathematics, 59% students achieved insufficient level. To solve these deficiencies in recent years, new learning techniques have been developed, including challenge-based learning and serious games, which are based on involving students in a learning environment in a context of entertainment. Our proposal is to create a serious game that incorporates these techniques, with the intend of acquire or reinforce their basic mathematic knowledge. An architecture for the serious game is proposed and presented in this paper.

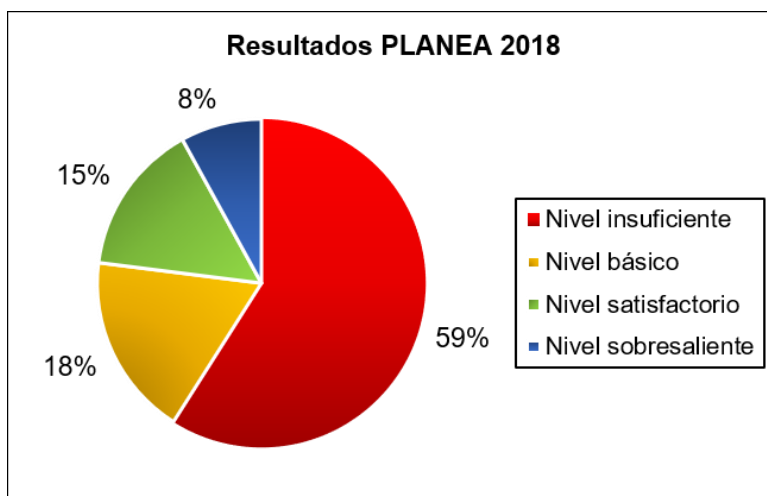
**Keywords:** Serious games, challenge-based learning, serious game architecture, artificial intelligence.

## 1. Introducción

En México, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) es un organismo público autónomo descentralizado de la Secretaría de Educación Pública (SEP). De acuerdo con su reporte: PLANEA – Resultados Nacionales (INEE, 2018), en el mes junio del año 2018, este organismo, en conjunto con la SEP, aplicó en 3,753 escuelas del país y a 104,973 alumnos de sexto año de primaria la prueba PLANEA, la cual consta de 141 reactivos para evaluar aprendizajes de Lenguaje y Comunicación y 147 que evalúan conocimientos de Matemáticas.

Los resultados obtenidos y presentados en el reporte de noviembre de 2018 indican que en Matemáticas el 59% de los estudiantes tienen un nivel insuficiente, 18% un nivel básico, 15% se halla en nivel satisfactorio y, por último, un 8% se localiza en nivel sobresaliente, en la figura 1 se muestra la distribución de resultados de esta prueba.

Desde el año 2005 en México se aplican pruebas estandarizadas para medir el desempeño de los estudiantes, tal es el caso de la prueba Enlace y su sucesor: PLANEA, los propósitos de esta prueba pretenden aportar información útil para que tanto autoridades, consejos técnicos y profesores, mejoren los procesos educativos y sus prácticas de enseñanza (Barragán, 2017). Otro de los objetivos de la prueba PLANEA es informar cuáles son las competencias en las que los estudiantes están fallando, sin embargo, esta prueba no está diseñada para advertir el motivo de estas deficiencias (Santibáñez, 2015). A pesar de los esfuerzos gubernamentales, los resultados indican que una porción significativa de los estudiantes mexicanos no está aprendiendo lo suficiente, y lo más preocupante es, que el desempeño de los estudiantes ha ido en declive (Santibáñez, 2015).



**Figura 1.** Distribución de resultados de la prueba PLANEA

En la sección 2 de este trabajo, se tratará del aprendizaje basado en retos, mientras que en la sección 3 se hablará de los juegos serios, así como de la arquitectura general de estos. En la sección 4, se presenta el juego serio y la arquitectura propuesta. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

## **2. Aprendizaje basado en retos**

La tecnología educativa está basada en diversas teorías de aprendizaje y enfoques pedagógicos como lo es el constructivismo (Medina, 2007), en este sentido (Piaget, 1978) menciona que el conocimiento se edifica a través de la experiencia, donde cada persona construye significados a medida que se involucra en la realización de actividades, de esta manera, el sujeto realiza esquemas mentales que en un principio no se entienden, ni se utilizan de manera inmediata, sino que con cada experiencia se va aprendiendo.

Durante los últimos años se han creado nuevas técnicas de aprendizaje entre las cuales se encuentra el Aprendizaje Basado en Retos, el cual de acuerdo con el Instituto Tecnológico de Monterrey en su Reporte Edutrends (2015), el aprendizaje basado en retos es un enfoque pedagógico que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real. Esta situación debe ser relevante y de vinculación en un entorno que sirva para definir un reto y que a los estudiantes les permita implementar una solución posible.

El aprendizaje basado en retos se basa en el aprendizaje vivencial, el cual tiene como fundamento principal que los estudiantes aprenden mejor cuando participan en experiencias de aprendizaje abiertas, en lugar de cuando se participa en forma pasiva y secuencial, por otro lado, se han cuantificado numerosas ventajas de este enfoque:

- Los estudiantes logran una comprensión más profunda de los temas, además, aprenden a diagnosticar y definir los problemas antes de proponer soluciones (ITM, 2015).
- Los estudiantes se involucran tanto en la definición del problema, como en la solución a desarrollar (Johnson, 2015)
- Los estudiantes fortalecen la conexión entre lo que aprenden en la escuela y lo que perciben en el mundo que los rodea (Johnson, 2015).

Una de las características fundamentales del Aprendizaje Basado en Retos está relacionado con la evaluación, si bien, este enfoque no cuenta un método general y unificado, es posible identificar estrategias para valorar los procesos y las soluciones presentadas para proveer a los estudiantes de una retroalimentación de cada una de las fases a las que se ha sometido. De forma general, la evaluación de los estudiantes debe considerar dos tipos de estrategias de evaluación: la formativa y la sumativa, la formativa ocurre durante todo el proceso, guiando y facilitando el

aprendizaje; mientras que la sumativa valora el progreso en puntos clave o la finalización de este (ITM, 2015).

### 3. Juegos serios

La tecnología educativa incorpora a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como apoyo a los procesos de aprendizaje, de acuerdo con el Glosario de Términos de Tecnología Educativa (UNESCO, 1984), la tecnología educativa es un modo sistemático de concebir, aplicar y evaluar los procesos de enseñanza y aprendizaje, reconociendo los recursos técnicos, humanos y sus interacciones.

En este sentido, dentro de los múltiples servicios que ofrecen las TIC, se encuentran los servicios educativos como lo es el e-learning, el cual es un tipo de enseñanza, que se caracteriza por la utilización de Internet como canal de distribución de conocimiento a través de distintos dispositivos, esto, mediante sistemas informáticos como son: el software educativo, los sistemas tutores inteligentes y los juegos serios.

Un juego serio constituye una herramienta que tiene como objetivo principal el aprendizaje y donde los jugadores se enfrentan a retos individuales o colectivos con el objetivo de entretener a los participantes, mientras estos, ponen en práctica sus habilidades (Urquidí, Cristina, & Aznar, 2015). Los juegos serios aportan ventajas para los estudiantes: Marcano (2008), explica que, a nivel sensorial, los juegos serios permiten mejorar la agudeza de la percepción visual, la rapidez de reflejos, la memoria y la capacidad de seguir instrucciones; a nivel cognitivo, facilitan el desarrollo de estrategias para la solución de problemas, es decir, aprenden con las nuevas experiencias que se les presentan y aprenden a desarrollar estructuras de pensamiento.

La clasificación de los juegos serios no es un tema que este propiamente consolidado, sin embargo, se pueden definir dos tipos: los orientados a procesos y los orientados a resultados. Cada tipo tiene su propia clasificación, estas se presentan en las tablas 1 y 2.

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Descubrimiento</b>	Proporcionan nuevas perspectivas en temas de marketing, equipo de trabajo, clientes y votantes.
<b>Toma de decisiones</b>	Proporcionan mecanismos para que la toma de decisiones sea más rápida.
<b>Simulación</b>	Son simulaciones cara a cara o virtuales de situaciones que podrían presentarse en el mundo real

**Tabla 1.** Clasificación de los juegos serios orientados a procesos.

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Educación</b>	Ejercicios que comunican y evalúan habilidades, conceptos y capacidades.
<b>Toma de decisiones</b>	Proporcionan experiencias que construyen marcas que influyen en formar una opinión.
<b>Simulación</b>	Proporcionan insignias puntajes y otras recompensas basadas en el trabajo.

**Tabla 2.** Clasificación de los juegos serios orientados a resultados

El juego serio que se está desarrollando para el aprendizaje de las matemáticas, pertenece a los orientados a resultados, y específicamente, a la clase educacional. En este trabajo, se presenta una propuesta de su arquitectura que permita cumplir su propósito.

Por otro lado, la aplicación de juegos serios, no importando su orientación y clasificación, se considera beneficiosa y estos se han utilizado en diferentes tipos de ambientes por ejemplo el militar, el político, en entornos empresariales y corporativos y por supuesto en el área educativa (Marcano, 2008). Por ejemplo, en el sector médico se encuentra el juego serio “Pulse”, el cual reproduce las condiciones de una sala de emergencias de un hospital, donde el objetivo central, es que los futuros enfermeros puedan practicar todo lo aprendido en las clases teóricas, identificando los problemas de cada paciente y aprendiendo a priorizar a los más graves y en base a ello aplicar las medidas apropiadas para no dejar que mueran (GameLearn, 2017). Otro ejemplo, es “Dragon Box Elements”, en el cual los jugadores tienen que construir un ejército para derrotar un dragón, para esto los jugadores tienen que aprender las bases de la geometría (GameLearn, 2017).

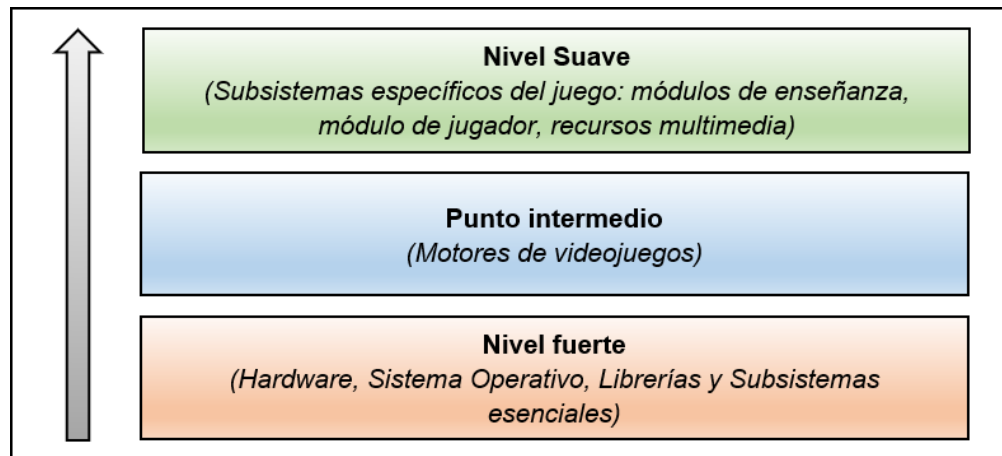
### **3.1 Arquitectura de un juego serio**

El diseño de un juego serio requiere de un fuerte conocimiento que involucra diversas disciplinas como: la programación, diseño de componentes de juego, dominio del aprendizaje y elementos pedagógicos, el objetivo del diseño de un juego serio es tener una combinación de aprendizaje y diversión, sin embargo el diseño de un juego serio sigue siendo difícil de lograr (Walid Mestadi, 2018)

Los juegos serios están usualmente basados en la simulación de un contenido de aprendizaje que se debe representar; desde el punto de vista del diseño de un juego serio, el diseño puede lograrse por medio de una aproximación global, llamada aproximación endógena, la cual consiste en que el contenido de aprendizaje esté fuertemente ligado con la estructura general del juego y sus reglas. Para el diseño de juegos serios, se considera que la aproximación endógena es un buen enfoque, ya que la jugabilidad está integrada con el contenido de aprendizaje de una manera natural (Walid Mestadi, 2018), además de tener una importancia contextual, ya que el jugador se encuentra en el centro del proceso de desarrollo, por lo que el juego serio puede contar con objetivos de aprendizaje más complejos (Fullerton, 2008).

En esta aproximación, no se especifica cómo debe representarse el contenido de aprendizaje dentro del juego, sin embargo, existen elementos comunes que debe tener: los objetivos pedagógicos, la simulación, las interacciones de los jugadores con la simulación, los problemas a los que debe enfrentarse el jugador y el progreso que lleva en la solución de estos.

De forma general, la arquitectura de un juego serio con una aproximación endógena se puede definir en dos niveles o arquitecturas: la fuerte y la suave. El nivel o arquitectura fuerte es aquella que concentra el hardware y un sistema operativo para que los diseñadores, mediante un motor de juegos, creen un juego concreto. A este nivel también se le conoce como la arquitectura del sistema (Capdevilla, 2013). Por otro lado, el nivel o arquitectura suave, comprende la creación del juego concreto utilizando los módulos que los diseñadores del juego consideren necesarios. En la Figura 2, se puede observar la arquitectura general de un juego serio.



**Figura 2.** Arquitectura general de un juego serio

Esta no es la única propuesta de una arquitectura de un juego serio, por ejemplo, (Ricardo Emmanuel Gutiérrez-Hernandez, 2013) propone una arquitectura con aspectos culturales para un juego serio multicultural que cuente con las características de diversas actividades lúdicas y aprendizaje.

A continuación, se presentan las ideas básicas del juego y la arquitectura propuesta para alcanzar los objetivos.

#### **4. Juego serio basado en retos y la arquitectura propuesta**

El juego serio tiene como objetivo que los estudiantes adquieran o refuercen sus conocimientos en matemáticas básicas, es un juego de tipo educativo, en el que el jugador toma el rol de un navegante que se vio envuelto en una extraña tormenta que lo hizo perder el conocimiento y su nave encalla en una isla. Para salir de esta situación, el navegante debe encontrar las 6 piezas faltantes de su embarcación, para ello, el jugador se enfrentará a diversos retos que exponen desafíos matemáticos específicos que van acorde a las competencias evaluadas en la prueba PLANEA.

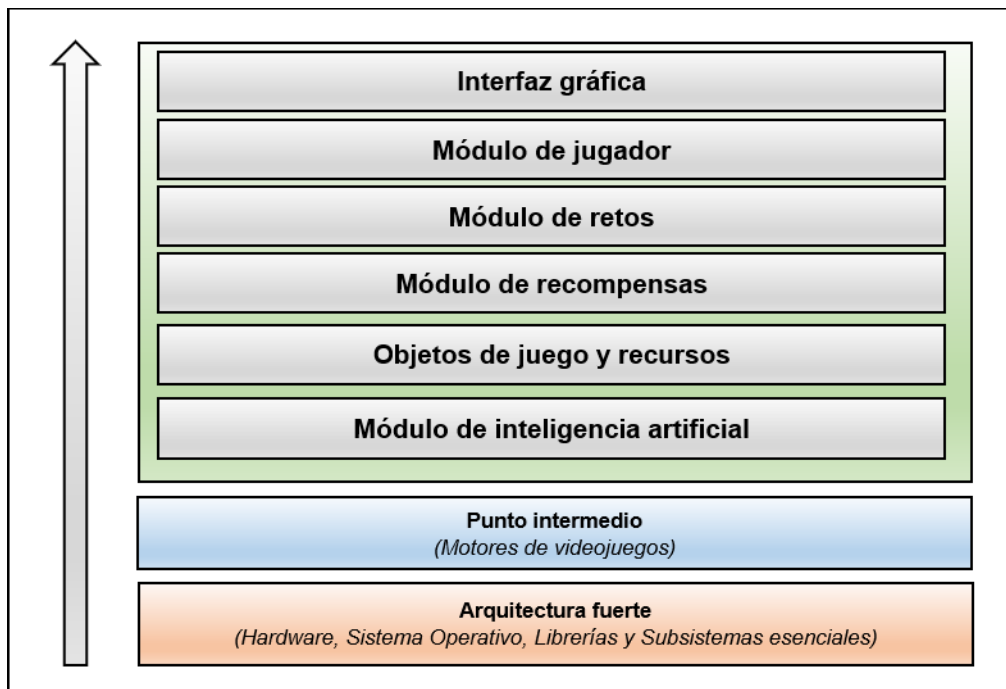
Para el juego, se propone una arquitectura suave con aproximación endógena, donde cada uno de los módulos estén completamente integrados para cumplir con el objetivo de incorporar la técnica de aprendizaje basado en retos. En la figura 3, se muestra la arquitectura general propuesta del juego serio y en la figura 4 cómo sus elementos se relacionan.

A continuación, se explica cada uno de los módulos:

**Interfaz gráfica:** es la representación visual de todos los elementos gráficos y auditivos del juego, que en conjunto proporcionan una experiencia gráfica e inmersiva con la que el jugador interactúa a través de la historia resolviendo diferentes retos.

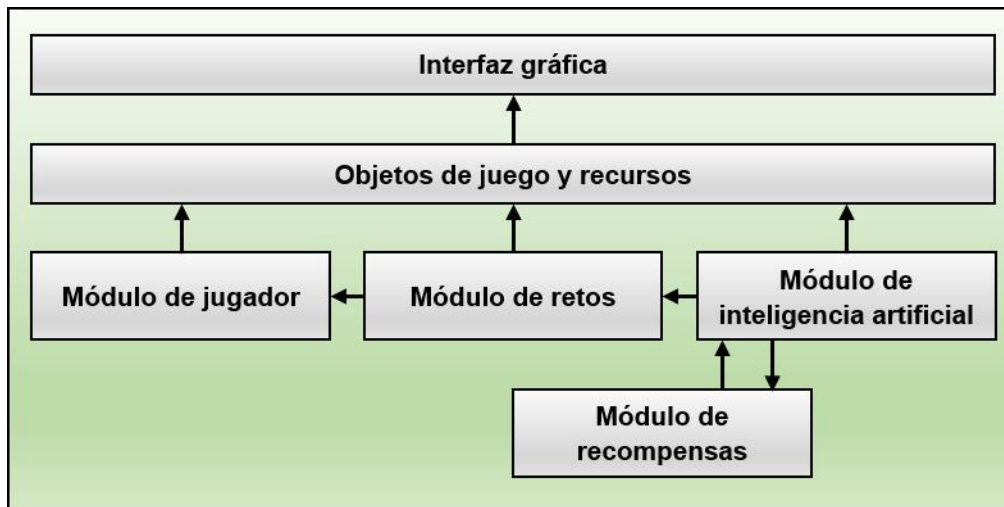
**Módulo del jugador:** este módulo se encargará de representar al jugador dentro del juego, así como de almacenar los atributos del jugador, como lo son su nombre, el avance y el desempeño que ha tenido durante el juego.

**Módulo de retos:** se encarga de proveer al jugador los retos basados en las competencias matemáticas de la prueba PLANEA. Los retos se presentan en forma de misiones, en donde el jugador se enfrenta a una problemática que tiene múltiples soluciones, estas misiones implican un desafío que le permitirá al jugador generar ideas para probar su destreza y presentar una solución.



**Figura 3.** Arquitectura propuesta para un juego serio basado en retos.





**Figura 4.** Interrelación de los módulos de la arquitectura propuesta

**Módulo de recompensas:** este módulo implementa la evaluación del reto de forma sumativa; se encarga de evaluar la solución presentada por el jugador al final de cada reto, para finalmente proporcionar una recompensa y una retroalimentación.

**Objetos y recursos del juego:** se encarga de almacenar todos los elementos pertenecientes al juego en su forma lógica, como lo es el jugador, los enemigos, los escenarios y los elementos necesarios que conforman los retos.

**Módulo de inteligencia artificial:** Este módulo se encarga de varias tareas, una de ellas es implementar la evaluación formativa del estudiante proporcionando, durante todo el reto, retroalimentación que facilite el aprendizaje. Por otro lado, dependiendo de la evaluación realizada por el módulo de recompensas, permitirá aumentar o disminuir la dificultad del juego.

La forma en que esta arquitectura será implementada provee un escenario de libre exploración que permitirá a los jugadores involucrarse en la resolución del reto, durante el progreso de este juego serio el jugador se someterá a: la fase de jugabilidad que se muestra en el diagrama de secuencia de la figura 5 y la fase de aprendizaje que se muestra en la tabla 3.

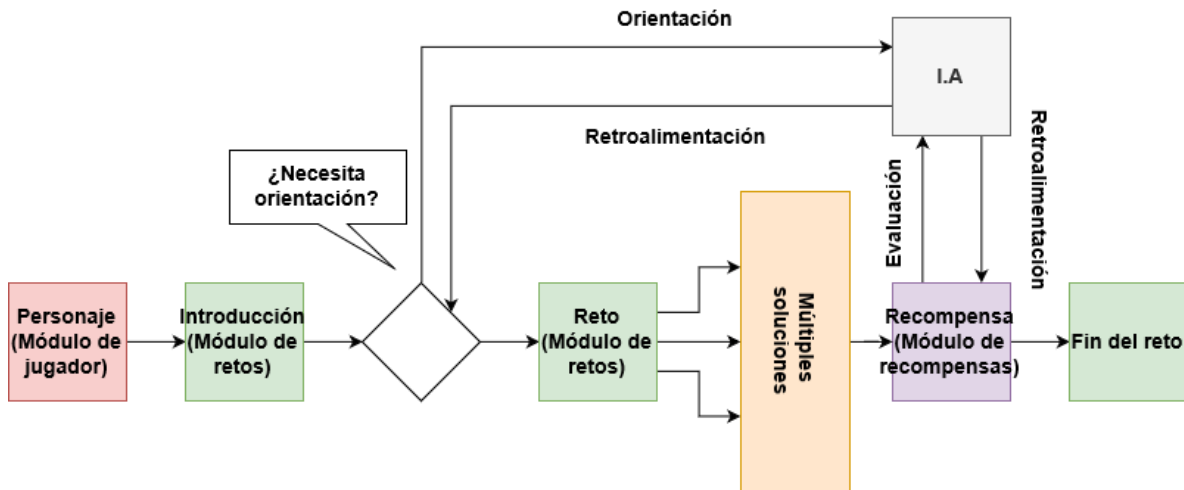


Figura 5. Diagrama de secuencia de la arquitectura propuesta.

Módulo	Fase de jugabilidad	Fase de aprendizaje
<b>Módulo de jugador</b>	El jugador configura al personaje que controlará en el juego	Aprende a configurar el juego
<b>Módulo de retos</b>	Recibe una introducción de la situación específica del nivel del juego y sus objetivos. El jugador intenta resolver el reto propuesto.	Aprende las mecánicas del juego y cómo realizar la interacción específica del nivel. El jugador se somete a la experimentación de soluciones dentro del reto
<b>Módulo de recompensas</b>	Se evalúa el desempeño del jugador y se determina la recompensa apropiada	El jugador aprende de sus errores en caso de fallo para obtener una mejor recompensa
<b>Módulo de inteligencia artificial</b>	El jugador obtiene información valiosa y consejos de cómo pasar el nivel del juego dependiendo de su desempeño. Además, incrementa o disminuye la dificultad del juego	El jugador recuerda los consejos del avatar y los aplica al jugar de nuevo el nivel

Tabla 3. Fases de progresión del juego serio basado en la arquitectura propuesta.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

La arquitectura suave propuesta permite la inclusión de los módulos de retos, de recompensas, de inteligencia artificial, y del jugador, los cuales al interactuar entre sí y con los objetos y recursos del juego permiten una experiencia diferente para cada jugador de acuerdo con sus habilidades, conocimientos.

Particularmente, el uso de un módulo de inteligencia artificial que permita variar la dificultad de un nivel de acuerdo con el desempeño del jugador, en conjunto con las técnicas de aprendizaje vivencial como lo es el aprendizaje basado en retos, dentro

de la arquitectura del juego serio permite aprovechar el potencial y objetivo general de este tipo de software: entretener mientras se enseña.

Como trabajo futuro, se encuentra implementar esta arquitectura para crear un juego concreto que contenga las características apropiadas para implementar el aprendizaje basado en retos, y que sirva como herramienta adecuada para que los estudiantes mexicanos que cursan el sexto año de educación básica obtengan un aprendizaje significativo y en consecuencia mejoren sus habilidades matemáticas que son evaluadas en la prueba PLANEA.

## **Agradecimientos**

- Agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de México por otorgarme la beca de estudios avanzados y por apoyarme con las herramientas necesarias para realizar mi maestría.
- Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la asignación de la beca que me ha permitido estudiar mi Maestría en Ciencias de Computación.
- Un agradecimiento especial a mis tutores por su guía y valiosos consejos que me han permitido realizar este trabajo.

## **REFERENCIAS**

- Barragán, A. S. (17 de 07 de 2017). Planea: Tensiones y Contradicciones. *La Jornada*.
- Capdevilla, B. I. (6 de 2013). Serious Game Architecture and Design: modular component-based entity system framework to support systemic modeling and design in agile serious game developments. *Tesis Doctoral*. Paris, Francia.
- Fullerton, T. (2008). *Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games, Second Edition*. Morgan Kaufman Publishers.
- GameLearn. (6 de 3 de 2017). *GameLearn*. Obtenido de GAMELEARN, S.L.: <https://www.game-learn.com/lo-que-necesitas-saber-serious-games-game-based-learning-ejemplos/>
- INEE. (2018). *PLANEA - Resultados Nacionales*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- ITM. (2015). Reporte Edutrends. *Observatorio de Inovacion Educativa del Tecnologico de Monterrey*.
- Johnson, J. (2015). Changing the Learning Environment in the College of Engineering and Applied Science Using Challenge Based Learning. *International Journal of Enginnering Pedagogy*.
- Marcano, B. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*.
- Medina, A. C. (2007). *Nuevas tecnologías para la educación en la era digital*. Piramide.
- Piaget, J. (1978). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata.

Ricardo Emmanuel Gutiérrez-Hernandez, F. J.-A. (2013). Arquitectura de Software para Juegos Serios con Aspectos Culturales: Caso de estudio en un Videojuego para Formulas Temperatura.

Santibáñez, L. (2015). ¿Qué nos dice Planea? *Nexus*.

UNESCO. (1984). Glosario de Terminos de Tecnologia Educativa. *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada*.

Urquidí, M., Cristina, A., & Aznar, C. T. (2015). Juegos serios como instrumento facilitador del aprendizaje: evidencia empirica. *Opción*.

Walid Mestadi, K. N. (2018). An Assessment of Serious Games Technology: Toward an Architecture for Serious Games Design. *International Journal of Computer Games Technology*.

## Notas biográficas



**Ing. Carlos Enrique Flores Méndez** recibió el título de Ingeniero en Sistemas y Comunicaciones por la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente, se encuentra estudiando la Maestría en Ciencias de la Computación en el Centro Universitario UAEM Valle de México de dicha institución. Sus áreas de interés se encuentran en el desarrollo de juegos serios, inteligencia artificial y desarrollo de software educativo.



**Dra. Maricela Quintana López** es Profesora de Tiempo Completo del Centro Universitario UAEM Valle de México de la Universidad Autónoma del Estado de México. La Dra. Quintana es Ingeniera en Sistemas Computacionales, y tiene la Maestría y el Doctorado en Ciencias Computacionales con especialidad en Inteligencia Artificial por el Tecnológico de Monterrey. Cuenta con el reconocimiento de Perfil Deseable PRODEP de la SEP en México. Ha dirigido tesis de maestría y licenciatura, ha sido conferencista magistral y ponente en diversos eventos. Ha publicado artículos en las áreas de Inteligencia Artificial y Minería de Datos relacionados con sus proyectos de Investigación.



**Dr. Héctor Rafael Orozco Aguirre** es Profesor de Tiempo Completo del Centro Universitario UAEM Valle de México. Obtuvo su Maestría en 2006 y Doctorado en 2010 en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Guadalajara. Como parte de sus estancias de investigación en el extranjero, de 2007 a 2008 estuvo en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Escuela Politécnica Federal de Lausana en Suiza, y de 2011 a 2012 en el Instituto de Innovación en Medios de Comunicación de la Universidad Tecnológica de Nanyang en Singapur. En 2011, fue galardonado por la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial a la Tercera Mejor Tesis de Doctorado a nivel nacional. Actualmente, trabaja en Proyectos de Investigación referentes a Simulación de Estrategias de Predicción y Anticipación de Crimen para su Control y Reducción, Tutores Virtuales para la Mejora de la Enseñanza Educativa, así como Análisis, Modelado y Simulación de Tráfico Vehicular y Comportamiento Peatonal. Ha dirigido tesis de maestría y licenciatura, Ha sido conferencista magistral y ponente en diversos eventos y ha publicado artículos y capítulos de libro en las áreas de Inteligencia Artificial Aplicada e Inteligencia Computacional. Cuenta con el reconocimiento de Perfil Deseable PRODEP de la SEP en México.



**Dra. Ivonne Rodríguez Pérez** Licenciada en Matemáticas Aplicadas y Computación egresada de la Universidad Nacional Autónoma de México, tiene la Maestría en Ciencias de la Educación en la Universidad del Valle de México, Doctorado en Educación en el Centro de Estudios Superiores en Educación, es Profesora de Tiempo Completo del Centro Universitario UAEM Valle de México de la Universidad Autónoma del Estado de México. Cuenta con el reconocimiento de Perfil Deseable PRODEP de la SEP en México.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.