

Gamificación aplicada en matemáticas para discentes de nivel básico empleando avatar emocional reactivo (por intentos)

David Gustavo Lara Velázquez, Luis Ángel Reyes Hernández,
Humberto Marín Vega, Ignacio López Martínez, Giner Alor Hernández

Tecnológico Nacional de México/I.T. de Orizaba, Orizaba,
División de Estudios de Posgrado e Investigación,
México

{M19011379, luis.rh, humberto.mv,
ignacio.lm, giner.ah}@orizaba.tecnm.mx

Resumen. En el contexto de la educación básica mexicana, existe una crisis en el aprendizaje de las matemáticas. Debido al modelo de enseñanza tradicional en el que el principal objetivo es la memorización a través de la repetición. La prueba PISA del 2022 posicionó a México como el tercer país de la OCDE con el peor rendimiento en matemáticas. Por tal motivo, es de vital importancia trabajar el enfoque de la enseñanza de matemáticas con énfasis en el desarrollo de habilidades blandas como la resiliencia y perseverancia. Con la finalidad de reconfigurar la perspectiva del error para disminuir el estrés y ansiedad matemática en discentes de nivel primaria. De tal manera que el objetivo del presente trabajo es presentar la propuesta de una herramienta pedagógica en un entorno web diseñada para discentes de educación básica que integra un avatar emocional reactivo capaz de brindar la situación emocional actual del discente según su desempeño. Además, como parte de la gamificación implementa un sistema de recompensas como incentivo clave para fomentar la motivación intrínseca y el compromiso con el aprendizaje.

Palabras clave: Gamificación, matemáticas, videojuego, avatar reactivo, educación básica.

Gamification Applied to Mathematics for Basic Education Learners Using an Emotionally Reactive Avatar (based on Attempts)

Abstract. In the context of Mexican basic education, there is a crisis in mathematics learning. This is largely due to a traditional teaching model where the primary objective is rote memorization through repetition. The 2022 PISA test ranked Mexico as the OECD country with the third-lowest performance in mathematics. Therefore, it is vital to restructure the approach to math education, emphasizing the development of soft skills such as resilience and perseverance. The aim is to reframe the perspective on making mistakes to reduce math-related

stress and anxiety among elementary school students. Consequently, this paper presents a proposal for a web-based pedagogical tool designed for basic education students. This platform integrates a reactive emotional avatar capable of providing the current emotional status based on the student's performance. Furthermore, as part of the gamification strategy. It implements a reward system as a key incentive to foster intrinsic motivation and engagement with the learning process.

Keywords: Gamification, mathematics, videogame, reactive avatar, elementary education.

1. Introducción

En el contexto de la educación básica mexicana, existe una crisis en el aprendizaje de las matemáticas. Debido al modelo de enseñanza tradicional en el que el principal objetivo es que los discentes memoricen a través de la repetición los diferentes temas abordados de acuerdo con el nivel educativo. La prueba PISA DEL 2022 dejó muy en claro que este es el principal factor por el cual México se encuentra como uno de los países con el peor rendimiento en el área de las matemáticas [1]. Una de las consecuencias más perjudiciales de este enfoque tradicional es la penalización sistemática del error. Esta práctica fomenta altos niveles de estrés y “ansiedad matemática” en los discentes. Lo que perjudica su persistencia y constituye una percepción negativa hacia la disciplina.

Para hacer frente a este desafío, a continuación, se presenta la propuesta de una aplicación web gamificada para matemáticas para discentes de nivel básico. Por medio de la cual se propone fomentar la resiliencia para minimizar el estrés matemático, de tal manera que se reconfigure la perspectiva del error que el modelo de enseñanza tradicional fomentó. Debido a que es un entorno web en el que se desarrollará la aplicación, las tecnologías utilizadas son Next.js, Nest.js y Phaser, con el objetivo de mantener un código estructurado y la armonía de lenguajes de programación, en este caso Typescript.

2. Estado del arte

Para sustentar el desarrollo de la aplicación de gamificación se realizó una revisión de la literatura relacionada, mediante la cual se exploran las diferentes técnicas de gamificación con mayor relevancia para una correcta implementación en cada contexto académico.

Respecto a las herramientas web existentes, en Ojeda et al. [2] se analizaron las técnicas de gamificación con el objetivo de mejorar la motivación y compromiso del discente mediante herramientas web ya existentes como Kahoot!, Memorise, Classcraft y Makebadges. Para analizar las tendencias de investigación en la gamificación matemática, Elmawati et al. [3] proporcionaron un mapeo sistemático de diferentes bases de datos académicas de tal manera que lograron identificar vacíos en estudios interdisciplinarios, sostenibilidad a largo plazo e investigación longitudinal. En cuanto

a la efectividad diferencial de cada tipo de juego educativo a través del modelo GEAM, en Heintz et al. [4] los hallazgos fueron que los rompecabezas benefician el aprendizaje matemático mientras que los juegos de simulación demostraron mayor efectividad para ciencias, los híbridos demostraron versatilidad interdisciplinaria y efectividad moderada comparada con los tipos especializados, de tal manera que la conclusión fue la necesidad de personalización en la selección de juegos y desarrollo de algoritmos.

Desde la perspectiva docente, en Hodedatov et al. [5] identificaron las buenas prácticas y las dificultades del docente al integrar juegos en educación primaria mediante entrevistas, observaciones de aula, análisis de documentos institucionales y grupos focales con discentes, como resultado obtuvieron que las barreras frecuentes es tiempo limitado, formación insuficiente, dificultades técnicas y preocupaciones sobre el tiempo en pantalla. La exploración a profundidad de la percepción, experiencia y creencias de los docentes sobre la gamificación en Koutroumani et al. [6] remarcó la importancia del desarrollo profesional en habilidades técnicas, enfoques de implementación gradual e investigaciones que demuestren la conexión exacta entre la gamificación y las medidas tradicionales de éxito académico.

En el ámbito del desarrollo aplicado, en Li et al. [7] desarrollaron un videojuego de Realidad Aumentada colaborativo para matemáticas elementales, mediante el cual los discentes no solo mejoraron en el área de las matemáticas, sino también las habilidades blandas como resiliencia, interacción social, ayuda mutua y comunicación matemática.

La inteligencia artificial también juega un rol importante, como en Koravuna et al. [8] que desarrollaron la plataforma NOVA Labs, mediante la cual implementaron inteligencia artificial con la finalidad de mejorar la alfabetización digital en discentes universitarios, las herramientas que utilizaron principalmente fueron Python, HTML5, TensorFlow y JavaScript. Para incrementar la motivación museística en discentes de nivel primaria, en Ioannou et al. [9] desarrollaron aplicaciones gamificadas para dispositivos móviles con códigos QR mediante el cual identificaron factores críticos en la gamificación como narrativa coherente, progresión clara en la dificultad y oportunidades regulares para interacción social.

De manera similar, en Stappen et al. [10] desarrollaron MathBuilder, en donde implementaron realidad aumentada para construir soluciones en espacios compartidos, mediante el cual los discentes mejoraron la comprensión conceptual, motivación, comunicación y eficacia en geometría y fracciones.

En el contexto de enseñanza STEM, en Ranzos et al. [11] Integraron sistemas de juegos 3D inmersivos, en los cuales incorporaron sistemas de progresión interdisciplinarios, portafolios digitales de proyectos, competencias inter-escolares y mentorías virtuales con profesionales STEM, como resultado demostraron mejoras significativas en la motivación hacia carreras científicas, colaboración y pensamiento computacional.

Para fortalecer el pensamiento lógico de los discentes, en Liang et al. [12] desarrolló una plataforma web gamificada, en donde implementaron técnicas de gamificación como sistemas de logros por tipos de razonamiento, desafíos de tiempo adaptativos, pistas contextuales y celebraciones de soluciones conceptuales.

Otro elemento esencial es la cultura, en Alaa et al. [13] exploró cómo la relevancia cultural en juegos educativos impacta en los resultados de aprendizaje, motivación y la

atención del discente, mediante el cual identificaron que elementos culturalmente familiares facilitaron conexiones entre conocimientos previos y nuevos.

Las narrativas en Kaymakci et al. [14] potenciaron la retención y motivación de los discentes, de tal manera que los discentes demostraron patrones de exploración más profundos, mayor tendencia a re-visitar contenidos y desarrollo de conexiones inter-conceptuales más sofisticadas.

Para aumentar el acceso a actividades de programación computacional en educación básica Hunter et al. [15] desarrollaron y evaluaron un currículo gamificado que integró narrativas, arte digital, creación de música y activismo social para dar relevancia a la programación, concluyeron que es esencial implementar sistemas de apoyo sostenido y materiales curriculares culturalmente sensibles.

Para mejorar la motivación y competencia en inglés, en Xue et al. [16] implementaron elementos de gamificación mediante los cuales obtuvieron una tasa de adquisición de vocabulario con mejora del 67%, la precisión de la pronunciación mejoró un 43%, además de un aumento motivacional significativo para el aprendizaje del inglés.

En general, se concluye que cada trabajo relacionado implementó y analizó una técnica diferente para enriquecer la gamificación. Los trabajos relacionados se distinguen de este proyecto en que no tomaron en cuenta todos los factores importantes que no están relacionados con la gamificación, como el aspecto cultural y social. En consecuencia, la presente propuesta hará uso de las técnicas para el enriquecimiento de las actividades gamificadas más relevantes y con mayor efectividad para incrementar el interés en los discentes. De tal manera que no solo se enfoque en el aprendizaje matemático, sino también en impulsar el desarrollo de las habilidades blandas de los discentes.

3. Metodología

En esta sección se presenta la metodología empleada para delimitar el grado óptimo para la aplicación de este proyecto, los elementos de gamificación correctos de acuerdo con docentes experimentados y el temario adecuado.

3.1. Arquitectura de la aplicación web

La propuesta consiste en desarrollar un videojuego de matemáticas con universos y misiones lúdicas con un avatar emocional el cual mediante inteligencia artificial proporcione retroalimentación inmediata al discente sobre su avance. De igual manera el docente tendrá acceso a las estadísticas de las partidas de cada discente con la finalidad de analizar los resultados de cada discente. El diagrama de la arquitectura se encuentra en la Fig. 1.

Arquitectura MVC Distribuida: Next.js + Phaser ↔ Nest.js + PostgreSQL

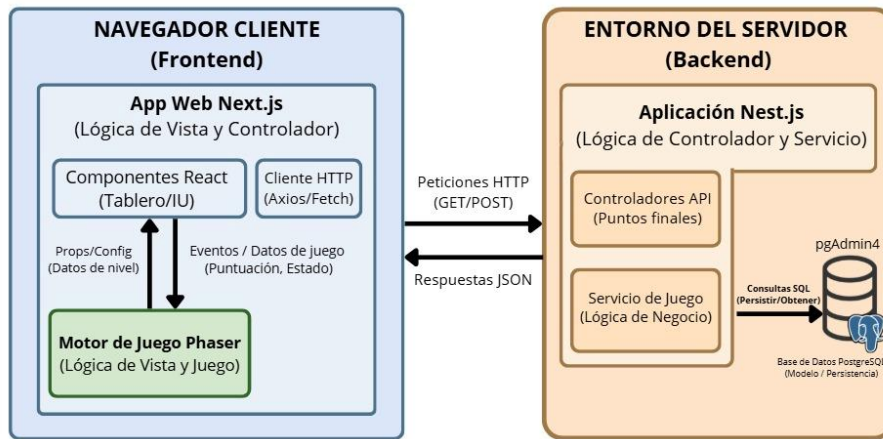


Fig. 1. Arquitectura MVC para el desarrollo de la aplicación web que contiene el videojuego.

La arquitectura del proyecto es MVC (Modelo, Vista, Controlador) como se puede observar en la ilustración. Debido al uso de microservicios que conectan y procesan la información para guardarla en la base de datos, así como mostrar la información proveniente de la base de datos en el navegador del usuario. En donde el navegador del cliente es la vista. Incrustado en una etiqueta canva, se encuentra también el videojuego desarrollado con phaser. Los usuarios interactúan con la vista, de tal manera que todos los tableros que muestran información, formularios que reciben información y el juego que también recibe y genera información emitirá una petición HTTP o recibirán una respuesta JSON.

La lógica del negocio está repartida en el videojuego en phaser, el frontend en Next.js y el backend en Nest.js. En el juego se encuentran los algoritmos para el avatar emocional; como el de acumulación por umbrales [17] y el de máquina de estados finitos [18], algoritmos de puntaje, entre otros. Debido a que el frontend también se comunicará con el videojuego para definir la dificultad del nivel también esto cumple con los requisitos para tomarse en cuenta como lógica del negocio. En el backend también se encuentran los algoritmos para tratar la información.

El controlador se encuentra en el backend, el cual se encarga de recibir información de la vista y enviarla a la base de datos y viceversa. Recibe una petición HTTP de parte de la vista y da una respuesta JSON con la información que la vista necesite de la base de datos.

3.2. Análisis de requisitos

Encuesta. Se llevó a cabo una encuesta¹ dirigida a normalistas cuya formación se especializa en educación básica, ellos actualmente ya cuentan con experiencia vasta

¹ <https://forms.gle/S7Zfqr5kGjh7wtu16>

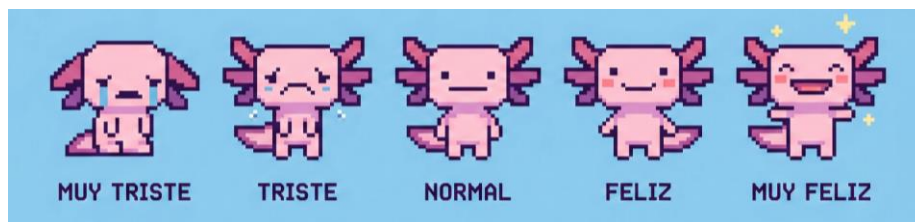


Fig. 2. Personaje ganador.

frente a grupos de primaria y logran identificar las carencias y las virtudes de cada grado en específico. A continuación, se presenta el resumen de la encuesta aplicada.

La encuesta arrojó que el grado con mayor problema en matemáticas es el cuarto grado, debido a que en este nivel se introducen los temas de suma, resta, multiplicación y división y en los siguientes grados es un repaso de lo aprendido en cuarto grado. Por consiguiente, si se tienen buenas bases, en los niveles venideros los discentes tienen menos problemas y sufren menos ansiedad matemática.

La propuesta de un videojuego incrustado en una aplicación web fue aceptada ya que el entorno de uso es un ambiente controlado, en donde está prohibido para los discentes de estas edades portar con un teléfono inteligente. De tal manera que una aplicación web es óptima para ingresar desde cualquier dispositivo que el docente tenga acceso.

La encuesta indicó que la mejor dinámica de juego es la de plataformas y destreza, junto con un progreso visual del avatar para fomentar el hábito de estudio. Además de un enfoque mixto del tiempo, en donde la práctica no tenga tiempo límite pero que existan pruebas con tiempo límite. Un Sistema de vidas y reinicio de nivel es un punto clave para fomentar la atención del discente, ya que de lo contrario el discente podría perder el interés en la práctica. Un refuerzo auditivo de las instrucciones es esencial ya que no todos los discentes tienen la misma manera de aprendizaje. Las recompensas emocionales por parte del avatar junto con el rango de emociones “Muy triste”, “Triste”, “Normal”, “Feliz”, “Muy Feliz” son adecuados para estas edades ya que ayudaría al discente a entender más sus emociones.

Además, en una versión posterior se implementarán recompensas como estrellas almacenables para cada discente, otorgadas al finalizar un intento con cantidad variable dependiendo de la eficacia del discente durante el juego y fanfarrias al finalizar un intento correcto, todo esto crea un entorno adecuado para incrementar la motivación del discente.

Se presentaron seis propuestas de personajes y el personaje para el avatar más votado de acuerdo con lo popular entre estas edades fue el ajolote (ver Fig. 2) y la temática seleccionada fue el planeta tierra (ver Fig. 3), con hincapié en la inmersión del discente en el videojuego, ya que este es el ambiente en el que los discentes de estas edades conocen más.

Análisis de los temarios de primaria. Se realizó el análisis de los temarios de la Nueva Escuela Mexicana de cuarto, quinto y sexto grado de primaria, a continuación, se



Fig. 3. Temática ganadora.

muestran los resultados del análisis del temario de cuarto grado [19] ya que este es el recomendado por los normalistas encuestados.

1. Estudio de los números:
 - Lectura, escritura y orden de números naturales (5 cifras máximo)
 - Identificación de sucesiones numéricas ascendentes y descendentes
 - Uso de fracciones para expresar medidas y repartos (medios, cuartos, octavos y dieciseisavos)
 - Fracciones equivalentes y comparación de fracciones con igual numerador o denominador
2. Suma y resta:
 - Algoritmos convencionales de suma y resta con números naturales de hasta cinco cifras
 - Cálculo mental de sumas y restas con múltiplos del 100 y 1000
 - Suma y resta de fracciones con el mismo denominador
3. Multiplicación y división:
 - Multiplicación de números naturales (3 cifras X 2 cifras)
 - División de números naturales (cociente de hasta 3 cifras y residuo)
 - Uso del algoritmo de la división
4. Cuerpos geométricos y figuras:
 - Simetría: identificación de ejes de simetría en figuras y objetos
 - Características de cuerpos geométricos (número de caras, aristas y vértices)
 - Clasificación de cuadriláteros
5. Medición:
 - Cálculo de perímetros y áreas (mediante cuadrículas y formulas básicas para rectángulos)
 - Noción del tiempo (lectura del reloj y calendario)
6. Organización de datos:
 - Lectura e interpretación de tablas de doble entrada y barras



Fig. 4. Prototipo de nivel. Caso de desenlace positivo.

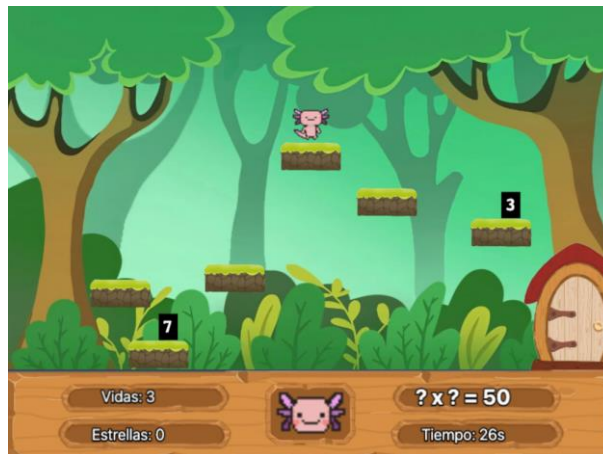


Fig. 5. Prototipo de nivel. Caso de desenlace positivo.

- Moda con un conjunto de datos.

Prototipo de nivel. A continuación, se muestra el primer prototipo funcional de un nivel para práctica de multiplicación de uno por dos dígitos.

Como se observa en la primera captura de pantalla (ver Fig. 4) el avatar emocional reactivo se encuentra en el centro de la pantalla en la parte inferior con un estado “Normal”. Si el discente recolecta los números correctos que multiplicados dan el resultado solicitado, el avatar emocional reactivo cambia a estado “Feliz” (ver Fig. 5). Finalmente, cuando el discente recolecta los números correctos y se aproxima a la puerta de salida el avatar emocional reactivo cambia de estado a “Muy Feliz”, se le recompensa al discente con una estrella y la puerta se abre (ver Fig. 6).



Fig. 6. Prototipo de nivel. Caso de desenlace positivo.

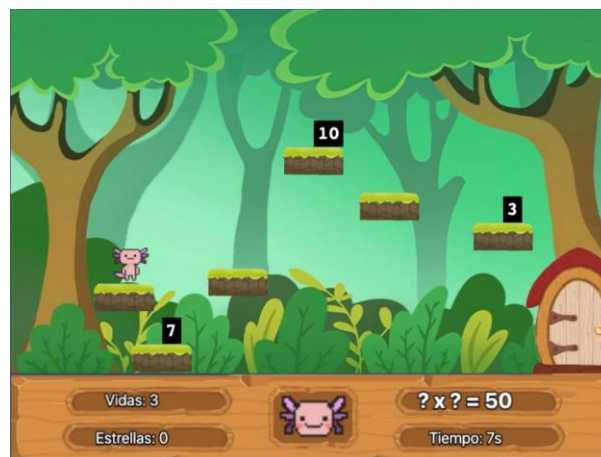


Fig. 7. Prototipo de nivel. Caso de desenlace negativo.

Para el caso de prueba con un desenlace negativo, se observa en la primera captura de pantalla que el discente recolecta un número correcto y el avatar emocional reactivo cambia a estado “Feliz” (ver Fig. 7). Sin embargo, cuando el discente recolecta un número equivocado, el avatar emocional reactivo cambia de estado a “Triste” (ver Fig. 8). Finalmente, cuando el discente se aproxima a la puerta de salida se muestra un mensaje para que lo vuelva a intentar y la puerta no se abre (ver Fig. 9).

4. Conclusiones

Se remarcó la importancia de la gamificación de matemáticas con un avatar emocional reactivo en un entorno web dirigido a educación básica, centrado en



Fig. 8. Prototipo de nivel. Caso de desenlace negativo.

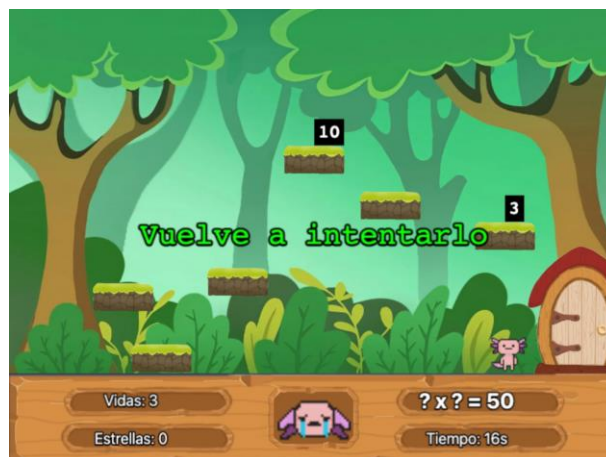


Fig. 9. Prototipo de nivel. Caso de desenlace negativo.

discentes de cuarto grado con temas seleccionados, los cuales son: suma, resta, multiplicación y división. Además, la literatura revisada junto con las sesiones con los normalistas sirvió de gran ayuda para aclarar puntos clave como delimitar el alcance del proyecto, enfoque y mecánicas principales para lograr la correcta implementación de la gamificación, esta revisión sistemática justificó y validó las decisiones tomadas.

Así mismo, la implementación de mecánicas de gamificación como recompensas como incentivo demostró ser eficaz para mitigar la ansiedad matemática reportada, de tal manera que fomenta la motivación intrínseca al celebrar la perseverancia sobre la velocidad de respuesta, lo que se convierte en resiliencia.

Finalmente, la implementación en un entorno web garantizó la accesibilidad del recurso, factor crucial para brindar un acceso en una amplia variedad de dispositivos, de tal manera que se eliminen las limitaciones de hardware y los discentes tengan

acceso a la práctica sin barreras. La propuesta tiene el potencial de reconfigurar la percepción del error tradicional en las nuevas generaciones, por medio de la implementación de una experiencia de aprendizaje segura y motivadora.

Como trabajo a futuro se contempla el desarrollo de las actividades y misiones lúdicas, además de una fase de pruebas en una escuela primaria para validar la utilidad del contenido educativo, jugabilidad y usabilidad del software.

Agradecimientos. Se expresa un agradecimiento al Tecnológico Nacional de México por su respaldo, destacando al Instituto Tecnológico de Orizaba como el anfitrión en el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. PISA 2022: Dos de cada tres estudiantes en México no alcanzan el nivel básico de aprendizajes en Matemáticas. <https://imco.org.mx/pisa-2022-dos-de-cada-tres-estudiantes-en-mexico-no-alcanzan-el-nivel-basico-de-aprendizajes-en-matematicas/>, last accessed 2025/10/12 (2025)
2. Ojeda-Lara, O.G., Zaldívar-Acosta, M. del S.: Gamificación como Metodología Innovadora para Estudiantes de Educación Superior. *Revista Docentes 2.0.*, Vol. 16, pp. 5–11 (2023). Doi:10.37843/rted.v16i1.332.
3. Elmawati, E., Martadiputra, B.A.P., Samosir, C.M.: Gamification Research Focus in Learning Mathematics. *ACM International Conference Proceeding Series*, Vol. 142–149 (2023). Doi:10.1145/3631991.3632012.
4. Heintz, S., Law, E.L.C.: Digital Educational Games. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 25, (2018). Doi:10.1145/3177881.
5. Hodedatov, S., Avidov-Ungar, O., Hayak, M.: The integration of digital games in elementary schools: The principals' point of view. *Educ. Inf. Technol. (Dordr)*, Vol. 29, pp. 18003–18021 (2024). Doi:10.1007/S10639-024-12568-4.
6. Koutroumani, M., Balaskas, S., Rigou, M.: Learning through Gamification as perceived by Educators: A Survey-based Analysis of Affecting and Mediating Factors using SEM. *Proceedings - 28th Pan-Hellenic Conference on Progress in Computing and Informatics with International Participation, PCI*, pp. 307–314 (2025). Doi:10.1145/3716554.3716601.
7. Li, J., Van Der Spek, E.D., Yu, X., Hu, J., Feijs, L.: Exploring an augmented reality social learning game for elementary school students. *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference, IDC*, pp. 508–518 (2020). Doi:10.1145/3392063.3394422.
8. Koravuna, S., Surepally, U.K.: Educational gamification and artificial intelligence for promoting digital literacy. *ACM International Conference Proceeding Series* (2020). Doi:10.1145/3415088.3415107.
9. Ioannou, I., Kyza, E.A.: The role of gamification in activating primary school students' intrinsic and extrinsic motivation at a museum. *ACM International Conference Proceeding Series* (2017). Doi:10.1145/3136907.3136925.
10. Van Der Stappen, A., Liu, Y., Xu, J., Yu, X., Li, J., Van Der Spek, E.D.: MathBuilder: A collaborative AR math game for elementary school students. *CHI PLAY - Extended*

- Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play. 731–738 (2019). Doi:10.1145/3341215.3356295.
11. Ranhosz, J., Leszczyński, C., Kumor, S., Popiel, A., Głowaczewska, J., Garwol, P., Kaczmarek, M., Maik, M.: Advancing STEM Education in Primary Schools with an Integrated System of 3D Games. *Proceedings - Web3D 2023: 28th International Conference on Web3D Technology* (2023). Doi:10.1145/3611314.3615919.
 12. Liang, H., Sitthiworachart, J.: Game-based learning to enhance students logical thinking abilities in primary school Mathematics. *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 86–93 (2023). Doi:10.1145/3629296.3629336.
 13. Alaa, M., Hammouda, N., Abdennadher, S.: The effect of culture in educational games for school students. *ACM International Conference Proceeding Series* (2023). Doi:10.1145/3623462.3630609.
 14. Kaymakci Ustuner, K., Law, E.L.C., Li, F.W.B.: Digital Educational Games with Storytelling for Students to Learn Algebra. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 14145 LNCS, pp. 459–463 (2023). Doi:10.1007/978-3-031-42293-5_54.
 15. Hunter, H., Payton, J., Julien, C.: Expanding Elementary School Computer Science Education with an Introduction to Machine Learning Through Rhythmic Studies. *Proceedings of the International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc)*, pp. 463–467 (2023). Doi:10.1145/3565287.3617623.
 16. Xue, S., Han, Z.: Using Game Elements to Enhance Chinese Middle School Students' English Learning Motivation in the Classroom, pp. 100–104 (2024). Doi:10.1145/3729434.3729442.
 17. Belokurov, V., Koshelev, V., Kagalenko, M.: The use of Characteristic Functions in the Multi-Frame Accumulation Algorithm. *2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2019 - Proceedings* (2019). Doi:10.1109/MECO.2019.8760010.
 18. Zeng, Z., Goodman, R.M., Smyth, P.: Learning Finite State Machines With Self-Clustering Recurrent Networks. *Neural Comput.*, Vol. 5, pp. 976–990 (1993). Doi:10.1162/neco.1993.5.6.976.
 19. Secretaría de Educación Pública: Programa de Estudio para la Educación Primaria: Programa Sintético de la Fase 4 (2024)