

Gamified tangible interfaces with artificial intelligence to improve emotional skills in children with autism

Interfaces tangibles gamificadas con inteligencia artificial para mejorar las habilidades emocionales en niños con autismo

Mónica A. Carreño-León¹[0000-0002-6658-725X], J. Andrés Sandoval-Bringas²[0000-0003-2035-9523], María de Jesús Antonia Ochoa-Oliva³[0000-0002-8723-8446], Italia Estrada Cota⁴[0009-0003-3132-5975], Alejandro Leyva Carrillo⁵[0009-0005-5164-2518], Mónica Andrea Sandoval Carreño³[0009-0001-2482-6101]
^{1,2,4,5,6} Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. ³ Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México
mcarreno@uabcs.mx, sandoval@uabcs.mx, o.maria.ochoa@uanl.edu.mx, iestrada@uabcs.mx, aleyva@uabcs.mx, ma.sandoval@uabcs.mx

Fecha de recepción: 13 de agosto de 2025

Fecha de aceptación: 10 de diciembre de 2025

Resumen. Los niños que padecen trastornos del espectro autista se distinguen por mostrar un grupo de síntomas que surgen en la primera infancia y afectan primordialmente a la comunicación y el lenguaje, el comportamiento repetitivo y la interacción social. Estos síntomas se manifiestan a lo largo de su existencia, comprometiendo y restringiendo su desempeño cotidiano. Diversas disciplinas dentro de la ciencia y la tecnología han manifestado interés en la atención a individuos con requerimientos particulares. Este trabajo expone el desarrollo de una herramienta tecnológica gamificada para mejorar las emociones en niños diagnosticados con trastorno del espectro autista. Se plantea la formulación de un concepto interactivo que reúne componentes tangibles, aplicaciones de software y elementos de gamificación. La interfaz de usuario sugerida se compone de una tarjeta lectora RFID y un conjunto de objetos equipados con etiquetas RFID para facilitar su identificación por parte del software. La herramienta fue sometida en una primera fase a evaluación por docentes de educación especial y en una segunda fase fue utilizada por tres niños, obteniendo resultados positivos en ambas etapas.

Palabras Clave: Discapacidad, enseñanza de braille, ceguera.

Summary. Children with autism spectrum disorder are distinguished by a group of symptoms that emerge in early childhood and primarily affect communication and language, repetitive behavior, and social interaction. These symptoms persist throughout their lives, compromising and restricting their daily functioning. Various disciplines within science and technology have expressed interest in addressing the needs of individuals with specific requirements. This work presents the development of a gamified technological tool to improve emotional well-being in children diagnosed with autism spectrum disorder. It proposes the formulation of an interactive concept that combines tangible components, software applications, and gamification elements. The proposed user interface consists of an RFID reader card and a set of objects equipped with RFID tags to facilitate their identification by the software. The tool was initially evaluated by special education teachers and subsequently used by three children, yielding positive results in both phases.

Keywords: Disability, Braille teaching, Blindness.

1 Introduction

En los últimos años, los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) han experimentado una expansión

El desarrollo emocional en niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) representa un reto educativo y terapéutico. Estos niños suelen presentar dificultades para identificar y expresar emociones, limitando su interacción social. En años recientes, la tecnología educativa basada en inteligencia artificial (IA) ha abierto nuevas posibilidades para la personalización del aprendizaje y la retroalimentación afectiva.

Por otro lado, las interfaces tangibles de usuario (TUI) permiten que los niños aprendan a través de la manipulación física, favoreciendo la comprensión de conceptos abstractos. La herramienta tecnológica surge de la convergencia de ambas áreas: interacción tangible e IA emocional, con el propósito de crear un entorno de aprendizaje inclusivo, adaptativo y multisensorial que apoye la educación emocional de los niños con autismo.

1.1 Emotions and autism

Las emociones constituyen un elemento indispensable en la interacción humana. Los niños diagnosticados con Trastorno del Espectro Autista (TEA) manifiestan dificultades significativas en la percepción e interpretación de las emociones ajenas, así como en la respuesta emocional apropiada.

A nivel mundial, el TEA afecta aproximadamente a uno de cada cien niños (5). El TEA tiene una mayor prevalencia en hombres, con una relación de más de cuatro a uno en todo el mundo (6). Hasta un 47 % de los niños diagnosticados con TEA en 2005 también presentaban otro diagnóstico; el déficit de atención o la hiperactividad fueron los más comunes (30 %) (7). El 83 % de los niños con TEA a los ocho años tenían un diagnóstico de desarrollo concomitante, el 16 % una afección neurológica concomitante y el 10 % un diagnóstico psiquiátrico concomitante (8).

1.2 Tangible User Interfaces (TUI)

To carry out a communication between 2 or more people, there is a structure for this which is as follows: sender, as its name says, it issues the message, the next concept is the receiver, it is responsible for receiving the message from the sender, another element What is part of the structure is the message, it is defined as what you want to transmit to another person. Finally, in order for the objective of transmitting the message to be met, it is essential that there be a channel whose function is the physical medium. so that it can be transmitted.

One of the alternatives to communicate with a blind person is through the Braille language, this concept is not only and mainly a special reading and writing code. It is considered an alternative visual means of communication in conventional literacy through the sense of sight. Therefore, in the teaching and learning of this system, everything related to such mechanisms (its structure, impact on sensory and intellectual processes) [4].

Braille is defined as a system consisting of raised dots that allows blind people to read by touch, and for writing, it consists of a sheet, a strip, and a stylus. There is Braille signography for letters, numbers, punctuation marks and there is also an abbreviation system called Stenography [5].

The Braille system is of vital importance for people who are blind or visually impaired, as it provides them with access to written information and allows them to actively participate in society.

Braille is a tactile writing system designed specifically for people who are blind or visually impaired. It was invented by Louis Braille, a young blind Frenchman, in the 19th century. The Braille system is based on a series of tactile symbols or Braille characters that represent letters, numbers, punctuation marks and other symbols, allowing blind people to read and write independently.

Braille has been indispensable throughout history for people with visual impairments, as a necessary tool for communication, which goes beyond being a writing technique for the blind.

Thanks to this system of representation of alphabetic and numerical signs that uses dots as musical, mathematical, and scientific symbols, blind people can learn, educate themselves, and connect with their environment from an equitable and autonomous perspective.

1.3 Inclusive Technologies

ICTs are tools that promote equity, relevance, and inclusion in school learning environments and foster the development of skills such as reasoning, interpreting, arguing, proposing, modeling, decision-making, and problem-solving, among others. Therefore, their use as learning mediators, even for people with disabilities, is essential to achieving the goal of educational quality [6].

In [7] it is mentioned that electronic devices are commercially distributed that allow people with visual disabilities to read digital content translated into Braille, such as the BraiBook, which is a portable device that has an 8-point Braille cell based on the principle of piezoelectric materials and an audio system for greater ease in reading digital content, however, this is a personal device and does not allow interaction between teachers and students as a teaching tool in training environments, in addition there are no documented methodologies that use this type of devices for the training of people with visual disabilities.

Using ICTs can help overcome learning barriers related to disability, poverty, distance and geographical location [8] [9]. They can also help provide students, regardless of their needs, with the learning opportunities they need[10] .

In [11] it is stated that ICT can help create a more inclusive learning environment by providing all students with access to educational information and resources.

It is essential to recognize the possibilities offered by ICT according to a series of authors[12] [13] [14] to generate processes that make quality learning possible for all students, they are diverse since they promote communication between all participants in the training action, break the barriers of space and time allowing integration and decontextualized and ubiquitous learning, offer the opportunity to access high quality materials from remote sites, promote flexible and ubiquitous learning, facilitate access to information, delocalize information and facilitate access to it regardless of the economic conditions of the place of residence, and present

the information in the symbolic system most appropriate to the cognitive and physiological characteristics of the person.

The main objective of this work is to design an electronic prototype as a technological teaching tool that supports the teaching-learning process of Braille for reading and writing for children with visual impairments. The teaching tool promotes inclusion and inclusive education by providing an innovative way to teach and learn Braille.

The technological tool was developed in the laboratory of the Research and Development Group for Inclusive Technologies and Educational Innovation (GIDTIITEC, by its Spanish initials), at the Autonomous University of Baja California Sur (UABCS, for its Spanish initials).

2 Methodology

For the development of the project, a methodology based on Design Thinking and Agile Development was used [15]. This methodology balances user-centered design, rapid iteration, and continuous validation. To achieve the project's objectives, four stages were established, as shown in Figure 1.

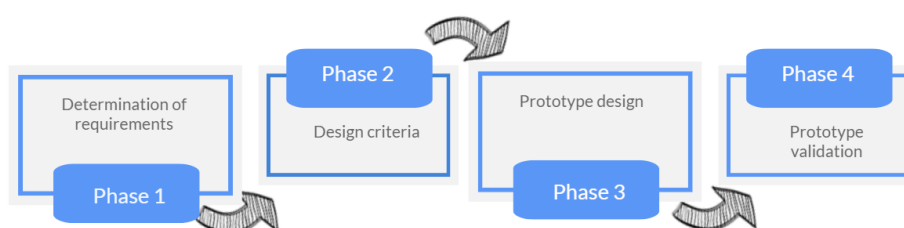


Figure 2. Project stages.

2.1 Determination of requirements

Para determinar los requisitos de la herramienta se llevaron a cabo reuniones con expertos en educación especial y con docentes de educación primaria. A partir de la información recopilada mediante cuestionarios y entrevistas, se establecieron los requisitos para desarrollar un sistema que diera solución al problema identificado.

Durante las reuniones de trabajo, se determinó que, para que el prototipo funcionara, sería necesario integrar los requisitos de hardware y software, como se muestra en la Figura 2.

Favorecer el desarrollo de la inteligencia emocional y las habilidades socioemocionales en niños con autismo a través de la interacción con interfaces tangibles que promueven la reconocimiento, expresión y regulación de emociones.

Asociar expresiones faciales con emociones básicas (alegría, tristeza, enojo, miedo, sorpresa, calma).

Desarrollar la empatía mediante historias interactivas con personajes virtuales.

Fomentar la autorregulación emocional mediante dinámicas de respiración y juego guiado.

Potenciar la motricidad fina y la atención sostenida a través de la manipulación de objetos tangibles.

2.2 Design criteria

Based on the analysis of the collected information and the hardware and software requirements, design criteria were established to be considered during the development of the electronic prototype as a learning tool. In the working meetings, strategies for learning the Braille system were analyzed, as well as the requirements and fundamental characteristics of the system's elements.

The reading and writing process in people with visual impairments is developed using the Braille system, which is adapted to the characteristics of the sense of touch (Álvarez, Sumba, & Arteaga, 2020).

There are various strategies to facilitate learning the Braille system, especially for children with visual impairments. These strategies seek to integrate the tactile, cognitive, and pedagogical aspects of the teaching-learning process to make learning Braille effective and engaging.

It is essential to consider a series of design criteria to ensure that the device is accessible, functional, educational, and suitable for children with visual impairments. The main design criteria to consider:

1. Touch and auditory interface: The design should focus on providing an accessible experience, where users can interact through touch and hearing (auditory feedback or spoken instructions).

2. Ergonomics: The device should be comfortable and easy for children to use, considering the size of their hands and ease of access to buttons or touch sensors.
3. Ease of use: The prototype should offer a simple and intuitive experience, especially for young users, avoiding complex interactions.
4. Adaptive design: The prototype should be suitable for different levels of Braille knowledge, allowing both beginners and more advanced users to use it effectively.
5. Clear and understandable interface language: Auditory instructions and any feedback provided should be clear and appropriate to the child's cognitive level.
6. Progress tracking: Implement functionality that allows the software to monitor and record the user's learning progress, offering suggestions or adaptations as the child improves.
7. Affordability: Components used in the design must be accessible and low-cost to ensure that the final product is affordable for mass production and can reach schools and families without prohibitive costs.

2.3 Prototype design

The prototype design was divided into two fundamental parts: hardware and software, which interact harmoniously. The hardware component of the prototype focuses on creating a physical platform that allows children to interact with the braille system through tactile exploration and haptic feedback. The software component of the prototype is responsible for processing input from the hardware, managing the interaction logic, and providing feedback to the user.

2.3.1 Hardware design

For the hardware design, it was necessary to use various electronic components that provide the device's functionality. The components required for operation are listed below, and the component connection diagram is shown in Figure 3.

1. Raspberry Pi programming board: this technology has its own operating system, which allows the user to program the GPIO ports, as well as design software to monitor the execution process.
2. Arduino programming board: This technology has an IDE for programming the board. Its task is to send signals so the servomotors can perform the corresponding actions.
3. Push button: it will be used to validate if the point was saved for the representation of the symbol in Braille.
4. LED: It will be used to verify the signal monitoring if the execution process is working correctly.
5. Servomotors: they will perform the operation for reading in Braille, for this, by means of the gears they will raise the needles that allow the user to have contact with them.
6. Resistors: used to control the flow of energy to protect various electronic components.
7. Buzzer: It is an alarm to notify the user if he or she is doing the exercises correctly for learning Braille.
8. Battery: to power the circuit.
9. Switch: so that the prototype can be turned on and off.

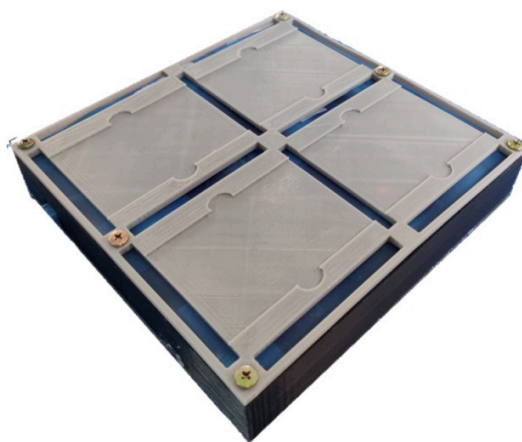


Figure 3. Physical design of the electronic components container of the RFID reader board.

2.3.2 Software design

Python was used for software development. Python was also used for programming the Raspberry Pi's GPIO ports, along with the RPi.GPIO library for configuring and controlling the GPIO pins.

Software plays a key role in managing interaction logic and providing appropriate feedback to users, as well as making the hardware work properly.

The software functionality is broken down into:

- a) Input processing. The software is responsible for receiving and processing signals sent by hardware input devices, such as buttons or touch sensors.
- b) Control of output components. After processing the inputs, the software controls the device's output, including auditory feedback by playing a sound or a spoken message through speakers, such as pronouncing the character or word the child is writing or reading in braille.
- c) Learning flow management. The software is responsible for guiding the user through the different stages of learning the Braille system. This includes real-time assessment while the child interacts with the device. The software can evaluate whether the answers are correct or incorrect, providing immediate feedback.

2.4 Prototype validation

During the validation phase, the prototype's functionality was tested. A validation and learning recognition instrument consisting of one session was applied, the objective of which was to evaluate Braille reading ability at a total of 10 levels.

3 Results

El juego se compone de niveles o misiones, cada uno centrado en una emoción específica. La experiencia se desarrolla en cuatro fases principales:

3.1 Fase 1. Exploración emocional

En la primera fase del juego el niño inicia su interacción con la herramienta a través de la manipulación de los bloques tangibles que representan diferentes emociones básicas, como alegría, tristeza, enojo, miedo, sorpresa y calma. Cada bloque cuenta con características sensoriales distintivas —color, textura y símbolo— que facilitan su identificación y estimulación táctil. Al colocar uno de los bloques sobre la base lectora, el sistema lo reconoce mediante tecnología RFID y activa en la pantalla una escena interactiva protagonizada por el avatar del juego, quien introduce al niño en una situación cotidiana relacionada con una emoción específica. Estas escenas presentan narrativas simples y visualmente claras, por ejemplo: “un amigo comparte un juguete” o “un niño pierde su pelota”, diseñadas para facilitar la comprensión y conexión con las experiencias emocionales del día a día.

Durante esta fase, la inteligencia artificial del sistema analiza las elecciones del niño y adapta las situaciones de acuerdo con su nivel de comprensión emocional. Si el niño selecciona un bloque incorrecto, el avatar ofrece pistas visuales o verbales que lo orientan hacia la respuesta adecuada, reforzando el proceso de aprendizaje sin generar frustración. El objetivo principal de esta etapa es que el niño reconozca y asocie las emociones básicas con diferentes contextos sociales, utilizando tanto la percepción visual como la experiencia táctil. A través de esta dinámica, se promueve el desarrollo de la conciencia emocional y se sientan las bases para las siguientes fases del juego, centradas en la expresión y la regulación de emociones.

3.2 Fase 2. Expresión emocional

En la segunda fase el niño avanza hacia la identificación activa y la comunicación de las emociones reconocidas en la fase anterior. En este nivel, la herramienta invita al usuario a expresar las emociones a través de múltiples modalidades sensoriales y tangibles. La dinámica inicia cuando el avatar del juego plantea una situación emocional —por ejemplo, “tu amigo te invita a jugar” o “te quitan un juguete que te gusta”— y solicita al niño que exprese cómo se sentiría en esa circunstancia. Para ello, el participante puede utilizar tarjetas tangibles con expresiones faciales, cubos de colores asociados a cada emoción o incluso realizar gestos faciales frente a la

cámara del dispositivo, los cuales son interpretados mediante inteligencia artificial con reconocimiento facial y análisis de microexpresiones.

El sistema analiza la respuesta del niño en tiempo real, ofreciendo retroalimentación positiva y adaptativa. Si la emoción expresada coincide con la esperada, el avatar celebra con una animación o sonido agradable; si no, ofrece una breve explicación o ejemplo visual que ayude a comprender mejor la emoción representada. Esta fase tiene como propósito fortalecer la capacidad de comunicación emocional, promoviendo que el niño no solo identifique lo que siente, sino que aprenda a manifestarlo de manera apropiada y comprensible.

Además, la IA del sistema ajusta progresivamente el nivel de dificultad, variando la complejidad de las situaciones o combinando emociones secundarias, como frustración o sorpresa, a medida que el niño demuestra avances. Esta personalización permite que la experiencia sea inclusiva y empática, respetando el ritmo individual de aprendizaje de cada usuario. De esta manera, la fase de expresión emocional se convierte en un espacio lúdico-terapéutico que potencia la autoconfianza, la empatía y la conexión social a través del juego tangible y la tecnología inteligente.

3.3 Fase 3. Regulación emocional

La tercera fase representa el nivel más avanzado de la herramienta y tiene como objetivo que el niño aprenda a manejar y modular sus emociones ante distintas situaciones sociales o personales. En esta etapa, el sistema propone escenarios dinámicos y más complejos en los que las emociones se entrelazan —por ejemplo, “un amigo accidentalmente rompe tu juguete favorito” o “ganas un juego después de varios intentos”—. A partir de estos contextos, el niño debe seleccionar entre los bloques tangibles de estrategias emocionales (por ejemplo: respirar, pedir ayuda, esperar, expresar con palabras), identificados por símbolos y texturas particulares. Al colocar uno de estos bloques en la base lectora, la herramienta activa una secuencia animada donde el avatar modela la estrategia elegida, mostrando las posibles consecuencias de su uso.

Durante el proceso, la inteligencia artificial analiza el patrón de decisiones del niño, identificando tendencias impulsivas o reacciones repetitivas, y adapta las respuestas del avatar para ofrecer apoyo emocional personalizado. Por ejemplo, si el sistema detecta que el niño tiende a elegir respuestas de enojo ante la frustración, la IA introduce un módulo de práctica guiada con ejercicios de respiración o empatía visual, reforzando alternativas más equilibradas. Asimismo, mediante el reconocimiento de voz, el sistema evalúa el tono emocional del niño cuando se le invita a verbalizar su respuesta, ayudándole a tomar conciencia de su estado emocional y a autorregular su conducta de manera constructiva.

Esta fase concluye con una retroalimentación global del progreso emocional del niño, donde se muestran sus avances en reconocimiento, expresión y regulación de emociones a través de un recorrido visual gamificado. El objetivo final es fomentar el autoconocimiento emocional y la autorregulación adaptativa, fortaleciendo la autonomía y las habilidades sociales del niño. Gracias a la integración de interfaces tangibles e inteligencia artificial, la herramienta convierte el aprendizaje emocional en una experiencia interactiva, empática y significativa, contribuyendo al bienestar emocional y a la inclusión educativa de niños con autismo.

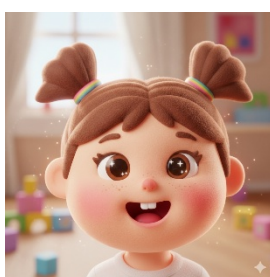


Figure 4. Design of the housing for the placement of the final circuit.



Figure 4. Design of the housing for the placement of the final circuit.



Figure 4. Design of the housing for the placement of the final circuit.

4 Conclusions

The process of inclusion in students with disabilities is constituted as an emerging field that requires a global change in culture and a greater involvement of all the actors involved [17].

The development of the electronic prototype as a teaching tool represents a significant advance in supporting the teaching and learning process of Braille for children with visual impairments. Through the design and implementation of this technology, the feasibility of integrating accessible and interactive solutions that contribute to strengthening both Braille reading and writing skills from an early age has been demonstrated.

The results obtained throughout the design process show that the use of technological devices can promote student autonomy, motivate learning, and facilitate the work of teachers or tutors in the educational process. Furthermore, the didactic approach incorporated in the prototype allows for dynamic adaptation of content, providing a personalized experience tailored to the specific needs of users.

References

- [1] Organización Mundial de la Salud: Discapacidad, Organización Mundial de la Salud (2023).
- [2] WHO: World Health Organization, 10 August 2023. [En línea]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment..> [Último acceso: March 2024].
- [3] INEGI: Discapacidad: La discapacidad en México datos al 2014 (2014).
- [4] Martínez-Liéban, I and Polo-Chacón, D.: Guía didáctica para la lectoescritura Braille, Madrid: ONCE (2004).
- [5] Chiluisa, A.: Estrategias metodológicas para la lectura en el sistema Braille en niños con discapacidad visual, Universidad Técnica de Cotopaxi (2020).
- [6] Mesa Agudelo, W. D. J.: Las TIC como herramientas potenciadoras de equidad, pertinencia e inclusión educativa (2012).
- [7] Aldana Pulido, D.A., Arias Quinter, P.A. and Angarita Reina, F.: Prototipo electrónico BlindTI como herramienta de aprendizaje para niños en condición de discapacidad visual, Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, vol. 48, pp. 5-22 (2022).
- [8] Claro, M.: El papel de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la educación inclusiva, CEPAL, Santiago de Chile (2011).
- [9] Screpnik, C.R.: Tecnologías digitales en la educación inclusiva: oportunidades, desafíos y perspectivas para personas con discapacidad cognitiva, UTE Teaching & Technology, vol. 2 (2024).
- [10] Marín Díaz, V.: TIC para la educación inclusiva, Bordón: Revista de pedagogía, vol. 69, nº 3, pp. 17-22 (2017).
- [11] Watts, C. and Lee, L.: Las TIC como herramientas para la inclusión educativa, de Acta Scientiae Informaticae, Chile (2017).
- [12] Tedesco, J.: TIC y la desigualdad educativa en América Latina, de Seminario Las Tecnologías de Información y Comunicación y los Desafíos del Aprendizaje en la Sociedad del Conocimiento, Santiago de Chile (2006).
- [13] Barroso, J. and Cabero, J.: Nuevos escenarios digitales, Madrid: Pirámide (2013).
- [14] Sánchez, J. and Ruiz, J.: Recursos didácticos y tecnológicos en educación, Madrid: Síntesis (2013).
- [15] Arias Bareño, E.O.: Integración de Lean, Design Thinking y Agile en la gestión de proyectos, SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión, vol. 12, nº 2 (2020).
- [16] Álvarez, M.E., Sumba, R.A. and Arteaga, A.C.: Braillet: dispositivo tecnológico para el aprendizaje del sistema Braille dirigido a niños con discapacidad visual, vol. VI (2020).
- [17] Torrijo, M.L.: De la exclusión a la inclusión: Políticas y prácticas de la universidad Española respecto a los alumnos con déficit auditivo (2008).