

# AbcTEAndo: Tecnología educativa inclusiva a través de realidad aumentada para la enseñanza del alfabeto a niños con TEA

Gloria Eliziabeth Hernández Retama<sup>1</sup>, María Salomé Alejandre Apolinar.<sup>1</sup>, Virginia Lagunes Barradas<sup>1,2</sup>, Alejandro Hernández Hernández<sup>1</sup> y Hugo Amores Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TECNMI/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Sección 5ª Reserva Territorial S/N, C.P.91096, Xalapa, Ver., México, 197002819@itsx.edu.mx, salome.aa@xalapa.tecnm.mx, virginia.lb@xalapa.tecnm.mx, 197000281@itsx.edu.mx, hugo.ap@xalapa.tecnm.mx

<sup>2</sup> Universidad Veracruzana, Licenciatura en Ingeniería de Ciberseguridad e Infraestructura de Cómputo, Av. Xalapa S/N, Col. Obrero Campesina, CP.91020 Xalapa, Ver., México

## Resumen

El artículo que aquí se presenta, muestra las fases de desarrollo de AbcTEAndo, una herramienta tecnológica educativa diseñada para la enseñanza del alfabeto a niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Dicha aplicación utiliza la realidad aumentada (RA) para ofrecer una experiencia de aprendizaje interactiva y visualmente atractiva que permite a los niños comprender y memorizar las letras de forma dinámica. Asimismo, la aplicación responde a las necesidades específicas de los niños con TEA, quienes enfrentan dificultades en la comunicación, interacción social y flexibilidad cognitiva, características que suelen complicar el aprendizaje tradicional. Además, AbcTEAndo no solo mejora la enseñanza, sino que también actúa como un recurso accesible para padres y docentes, facilitando la inclusión educativa a un bajo costo. Las cuatro fases que se describen son, en primer lugar, la fase de análisis, en donde se definen los antecedentes, el problema, los objetivos, la metodología y los requerimientos del sistema, lo que permitió identificar las necesidades específicas de la población objetivo. Posteriormente, la fase de diseño, que incluyó la arquitectura del sistema, prototipos no funcionales, base de datos y diagramas UML. Una tercera fase de desarrollo, centrada en la programación del código fuente, las modificaciones y mejoras, con especial atención a la precisión y funcionalidad de la aplicación. Y finalmente, una fase de validación, en la cual se verificó que el sistema cumpliera con los requerimientos especificados a través de pruebas con niños neurotípicos y con TEA en el aula Bambú, documentando el análisis de los resultados obtenidos.

**Palabras clave**— Realidad Aumentada, Trastorno del Espectro Autista (TEA), Tecnología Educativa Inclusiva, Enseñanza del Alfabeto, Innovación en el Aprendizaje.

## Abstract

The article presented here shows the development phases of AbcTEAndo, an educational technology tool designed to teach the alphabet to children with Autism Spectrum Disorder (ASD). The application uses augmented reality (AR) to provide an interactive and visually engaging learning experience that allows children to understand and memorise letters in a dynamic way. The app also responds to the specific needs of children with ASD, who face difficulties in communication, social interaction and cognitive flexibility, characteristics that often complicate traditional learning. Furthermore, AbcTEAndo not only enhances teaching, but also acts as an accessible resource for parents and teachers, facilitating educational inclusion at a low cost. The four phases described are, firstly, the analysis phase, where the background, problem, objectives, methodology and requirements of the system are defined, allowing the identification of the specific needs of the target population. This was followed by the design phase, which included system architecture, non-functional prototypes, database and UML diagrams. A third development phase focused on source code programming, modifications and improvements, with special attention to the accuracy and functionality of the application. And finally, a validation phase, in which it was verified that the system was fully functional.

**Keywords**— Augmented Reality, Autism Spectrum Disorder (ASD), Inclusive Educational Technology, Alphabet Teaching, Innovation in Learning.

## I. INTRODUCCIÓN

La educación inclusiva para niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) representa un desafío significativo debido a las dificultades inherentes en áreas como la comunicación, la interacción social y la flexibilidad mental, que limitan su capacidad para aprender con métodos tradicionales. A pesar de los avances en el desarrollo de recursos educativos, la falta de herramientas didácticas adecuadas para esta población sigue siendo un problema. En este contexto, la tecnología, y en particular la realidad aumentada (RA), ofrece nuevas oportunidades para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje de forma interactiva y adaptada a las necesidades individuales.

En primera instancia, [1] describe algunos de los síntomas nucleares del autismo, entre las que destacan todas aquellas dificultades para establecer y mantener relaciones sociales, expresar emociones y comprender las emociones y/o expresiones de los demás; dificultades en la comunicación e integración verbal y no verbal; así como, intereses restringidos y conductas repetitivas.

Por otro lado, la lectoescritura es el proceso por el cual los individuos desarrollan las habilidades necesarias para leer y escribir. Durante este proceso, los niños aprenden a identificar y entender letras, palabras y oraciones, además de adquirir la capacidad de expresarse de forma escrita. Esta habilidad es fundamental para el progreso tanto académico como personal de un individuo [2]. Además, en el proceso de aprendizaje de la

lecto-escritura intervienen los tres sistemas fundamentales del organismo mostrados en la Fig. 1: visual, auditivo y motor.



Fig. 1. Sistemas del organismo que intervienen en la lecto-escritura [3].

Actualmente pueden encontrarse múltiples aplicaciones para complementar la educación de los niños desde casa, siempre y cuando éste cuente con dispositivo electrónico que le permita ejecutar dicha aplicación. Entre algunos ejemplos, destacan LEA (Lectoescritura para Autismo), enfocada en incrementar las habilidades motoras y cognitivas a través de la estimulación de forma virtual [4] y Leo con Lula, aplicación desarrollada para el sistema operativo iOS, la cual consiste en enseñar por medio del método de enseñanza global [5].

El objetivo de este artículo explora el desarrollo de AbcTEAndo, una aplicación educativa diseñada específicamente para apoyar a los niños con TEA en la enseñanza del alfabeto. Aprovechando la RA, AbcTEAndo no solo hace el aprendizaje más atractivo y efectivo para los estudiantes, sino que también se presenta como una herramienta de bajo costo accesible para padres y docentes.

Las fases de desarrollo del proyecto son:

1. *Análisis*: Se recopilaron antecedentes del uso de RA en la educación y se plantearon los problemas relacionados con la enseñanza del alfabeto a niños con TEA. En esta fase se definieron los objetivos, la metodología, los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, así como el estado del arte en tecnologías educativas inclusivas.
2. *Diseño*: Se elaboraron los esquemas de la arquitectura del sistema, un prototipo no funcional, las ayudas visuales y la base de datos que soporta la información. También se diseñaron los diagramas UML de clases y de secuencia, asegurando una estructura sólida para el desarrollo posterior. Se crearon y analizaron casos de uso para verificar que el software cumpliera con los requerimientos definidos. Los diagramas de casos de uso apoyaron el entendimiento de las interacciones del usuario con el sistema.

3. *Desarrollo*: Se llevó a cabo la programación del código fuente del software, realizando las modificaciones y mejoras necesarias para garantizar la usabilidad y funcionalidad de la aplicación. Se implementaron ajustes y correcciones durante el proceso.
4. *Validación y verificación*: Finalmente, se elaboró un manual de usuario, se realizaron pruebas con estudiantes del aula Bambú y se analizaron los resultados obtenidos, destacando la efectividad del software para apoyar el desarrollo de habilidades de lectura y escritura en niños con TEA.

Esta iniciativa subraya la importancia no sólo de investigar y desarrollar materiales didácticos tecnológicos que favorezcan la inclusión y el desarrollo cognitivo de niños con TEA, sino del uso de metodologías formales de desarrollo de software.

## II. ANÁLISIS

Tras hacer un estudio sobre el uso de la RA en la implementación de aplicaciones, [5] plantean en su revisión sistemática, que ésta es usada para mejorar el modelado mental y el pensamiento geométrico; así como para mejorar la resolución de problemas, la motivación, la creatividad y el rendimiento académico en física; otros usos fueron el aprendizaje de las ciencias de la computación a través del juego y la utilización de la RA con imágenes de los libros para mejorar la comprensión inferencial en los procesos de lectura.

Sobre los problemas relacionados con la enseñanza del alfabeto a niños con TEA, [6] explora algunas dificultades relacionadas con los aprendices, como la confusión al momento de aprender y la escasa motivación para aprender a leer, y por otro lado, la incorrecta aplicación de estrategias didácticas y pedagógicas que ejecutan los docentes para los procesos de lectura, lo cual produce una escasa comprensión para procesar letras y números.

De acuerdo con [7], llamamos requerimientos a aquello que podemos nombrar como una necesidad documentada la cual describe cómo debe funcionar un sistema. La descripción que menciona debe ser clara y concisa para cumplir con las expectativas de los usuarios.

Los requerimientos se dividen en dos categorías: funcionales y no funcionales. Los requerimientos funcionales se refieren a las tareas y servicios que el sistema debe llevar a cabo, abarcando sus funciones y procesos. También se les denomina requerimientos de comportamiento, ya que describen cómo debe actuar el sistema. En contraste, según [8], los requerimientos no funcionales están relacionados con las características del sistema, detallando aspectos técnicos como tiempos de respuesta, fiabilidad, rendimiento y diseño de la interfaz, entre otros.

Para los requerimientos no funcionales se hizo una lluvia de ideas entre los diferentes actores involucrados, entre los puntos más importantes se encuentran:

- La interfaz de la aplicación se debe presentar en tonalidades de azul porque este color conecta mejor con la identidad del niño.
- La aplicación debe tener un diseño infantil y llamativo.

- Debe ser fácil e intuitivo manejo.
- Diseño de interfaces únicas, por cuestiones legales.
- El niño puede elegir un avatar para identificarse.
- El niño puede ganar recompensas por cada nivel superado y puede canjearse en una tienda.
- Que pueda jugar minijuegos para implementar lo aprendido en los niveles.
- Que tenga un conteo de sus recompensas.
- El audio implementado sea amigable y alegre.

Los requerimientos funcionales por su parte, se muestran en la Fig. 2, a partir del diseño de un diagrama de casos de uso en el que se utiliza la plantilla para visualizar las figuras en realidad aumentada por medio de un código QR, que posteriormente cambia a un mapeo de nodos para visualizar la imagen en tercera dimensión.

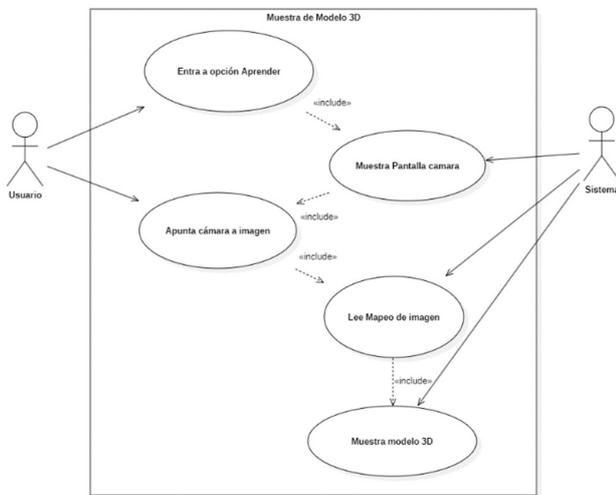


Fig. 2. Caso de uso para la muestra de plantilla y mapeo de imagen.

Mediante los casos de uso se definieron los requisitos centrados en una tarea específica, describiendo las acciones que los usuarios realizan para completar un proceso determinado.

Como se observa, los diagramas de casos de uso incluyen cuatro elementos principales: casos de uso, que representan las funciones relacionadas con un requisito funcional; actores, que son los usuarios que interactúan con el sistema, ya sean personas o el propio sistema; relaciones, que muestran las asociaciones entre actores y casos de uso; y, finalmente, el límite del sistema, representado por un recuadro que delimita las funcionalidades del sistema respecto a los actores [9].

De manera complementaria, en la tabla 1 puede observarse el comportamiento del sistema con el usuario, mediante un flujo principal y un flujo alterno, cuando se escanean los códigos QR y se muestra el diseño o ilustración 3D.

### III. DISEÑO

El diseño del sistema debe garantizar que todos los requisitos se transformen en funcionalidades de manera eficiente, incluyendo la estructura de la base de datos, la interfaz de usuario, y la interacción entre los diferentes módulos del sistema.

TABLA I  
MUESTRA DEL MODELO 3D A TRAVÉS DE ABCTEANDO

Nombre del Caso de Uso	Muestra de modelo 3D	
<b>Objetivo</b>	Llevar a cabo la actividad de mostrar los modelos 3d	
<b>Descripción</b>	La función para mostrar los modelos 3D de los animales en la aplicación.	
<b>Actores</b>	Usuario	
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe aceptar los permisos para el uso de la cámara.	
	Usuario	Sistema
<b>Flujo Principal</b>	1.- Ingres a la aplicación. 2.- Ingres a opción aprender. 3.- Apunta la cámara a imagen de mapeo.	4.- Capta la imagen de mapeo. 5.- Busca el modelo asignado al código. 6.- Muestra el modelo 3D. (F. A. 6.1)
<b>Flujo Alternativo</b>	F. A. 6.1: Error de carga 1.- Sistema muestra un logo de "cargando". 2.- Realiza desde paso 4.	
<b>Post-condición</b>	Continua hasta que salga de la opción.	

#### A. Modelo Conceptual

Este modelo busca mostrar aquellos elementos esenciales del sistema y cómo se relacionan entre ellos, sin hablar de detalles técnicos. Su principal función es ayudar a visualizar cómo es que se organiza la información. Este se puede representar a través de uno o más diagramas UML donde se ve la relación de los objetos. Estos pueden ser de clases, objetos o instancias [10].

En la Fig. 3, se muestra el diagrama de clases de la única entidad utilizada para registrarse en el sistema, en él se pueden observar tanto los atributos como los métodos correspondientes:

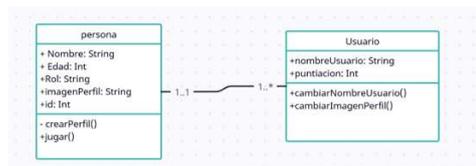


Fig. 3. Diagrama de clase Persona

En este diagrama se especifican los atributos como el nombre, edad, rol y su relación con la clase Usuario para crear un perfil y comenzar a jugar.

#### B. Diseño de interfaces

En esta fase se desarrollaron varios prototipos funcionales mediante Unity como los que se pueden ver en las Fig 4 y 5: Todos los prototipos encaminados a validar la interacción inicial con el usuario y su navegación entre pantallas. Inicialmente, se diseñaron diversas interfaces iniciales, para analizar el uso de colores con los niños con TEA. AbcTEAndo anteriormente se llamó ABC – Texa, nombre que fue cambiado por derechos de autor.

Para el segundo prototipo, se diseñaron las tarjetas que muestran el trazo de las letras como en la Fig. 5.



Fig. 4. Página principal de AbcTEAando (antes ABC-Texa)

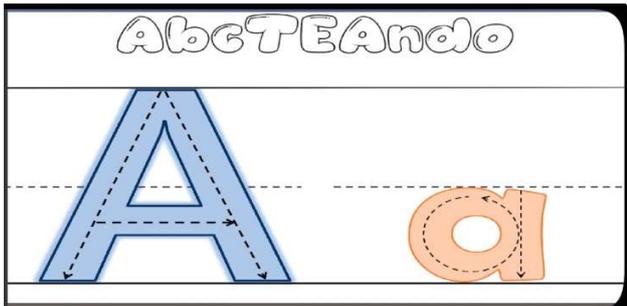


Fig. 5. Tarjeta para trazo de la letra A

#### IV. DESARROLLO

Para poder visualizarse en pantalla, se programaron las siguientes funcionalidades:

Una interfaz que muestra el trazo de cada letra igual a la tarjeta física anteriormente descrita. Muchos de los usuarios al encontrarse con el trazo de las letras, quisieron hacer el trazo con su dedo sobre la pantalla, y eso no era posible, por lo que se consideró como una mejora a realizar.

Adicionalmente, por cada letra del abecedario se hizo uso de la realidad aumentada, como se muestra en la Fig. 6, con la cual a través del escaneo de un código QR, se muestra mediante la aplicación AbcTEAando un animal por cada inicial de la letra del abecedario, A = Abeja, P = Perico, T = Tortuga, entre otros.

Este diseño se modificó para evitar la saturación de colores que distraían la atención de los niños y se optó por cambiar los códigos QR por un reconocimiento de objetos a través de la lectura de las imágenes como la que se encuentra en la Fig. 7 para la muestra del animal correspondiente. Este concepto se describe como visión por computadora, una tecnología que se integra a la RA. Ya que puede ayudar a la identificación de objetos que se encarga de enseñar a los dispositivos a interpretar y comprender el entorno visual que los rodea [11]. Su base radica en el procesamiento de imágenes y videos con el fin de extraer información relevante y realizar tareas específicas [12].



Fig. 6. Animal generado con RA de letra C



Fig. 7. Animal generado con RA de animal Ballena

Asimismo, las tarjetas sólo contienen el dibujo de los animales por cada letra del Abecedario como la de la Fig. 8.



Fig. 8. Tarjeta de Animal para RA

#### V. VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN

Se pudo notar un considerable avance en las pruebas de las últimas versiones de la aplicación. Uno de los elementos a considerar fue el tiempo en que los niños realizaban cada ejercicio y el estado de ánimo que se percibía al utilizar la RA que simulaba que los animales salían de la pantalla.

En la Tabla II se muestra el análisis comparativo de un niño neurotípico y uno con TEA, observando una mejora consistente en el tiempo requerido para completar las actividades.

Aunque el niño con TEA tiene tiempos iniciales más largos, la reducción porcentual es similar a la de los niños neurotípicos, lo que sugiere un progreso positivo con el uso repetido.

TABLA II  
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TIEMPO UTILIZADO PARA REALIZAR ACTIVIDADES CON ABCTEAANDO ENTRE UN NIÑO NEUROTÍPICO Y UN NIÑO CON TEA

Niño	Neurotípico	Con TEA
Tiempo 1a vez	4.15 min	8 min
Tiempo 5ta vez	3.24 min	6 min
Reducción tiempo	del 21.9 %	25 %

Aunque el niño con TEA tiene tiempos iniciales más largos, la reducción porcentual es similar a la de los niños neurotípicos, lo que sugiere un progreso positivo con el uso repetido.

Tanto los niños neurotípicos como los niños con TEA mostraron mejoras en sus tiempos de uso después de varias repeticiones, lo cual sugiere que las aplicaciones permiten un aprendizaje progresivo.

Un patrón común entre los niños, neurotípicos y con TEA, es la dificultad en la primera interacción con la aplicación, especialmente si no tienen experiencia previa en lectoescritura. Este tipo de observación puede guiar mejoras en la interfaz para que sea más intuitiva desde el principio.

## VI. CONCLUSIÓN

La aplicación desarrollada es una alternativa adaptada al uso de tecnologías móviles y virtuales para el aprendizaje de la lectoescritura preferentemente en los primeros años de vida. Ésta, se recomienda como apoyo al uso de métodos tradicionales de enseñanza mediante la interacción amigable con dispositivos móviles.

Los principales problemas a resolver fueron la estrategia para obtener las muestras y las interacciones con el público objetivo para la obtención de la retroalimentación necesarias. Las respuestas fueron variadas dependiendo de las condiciones de cada usuario, para que las aplicaciones no perdieran el objetivo por lo que fueron construidas.

Las limitaciones técnicas se refirieron al desconocimiento de las herramientas de hardware, tanto de los dispositivos donde se programaban, como de los dispositivos receptores. La aplicación de interacción de realidad aumentada llegaba a saturar algunos dispositivos, por lo que se hizo un cambio en los modelos 3D para obtener modelos más ligeros, y una tecnología que tardará menos en responder.

Sin embargo, aún con las problemáticas antes mencionadas, un enfoque estructurado y metódico tienden a garantizar que el proyecto logre sus objetivos y que el producto final sea funcional, eficiente y fácil de usar. El análisis permitió una comprensión profunda del contexto en el que se implementaría la tecnología, en este caso la realidad aumentada (RA) aplicada a la enseñanza para niños con TEA. La recopilación de antecedentes y la definición clara de los problemas relacionados con la enseñanza del alfabeto, junto con los requerimientos funcionales y no funcionales, aseguran que el desarrollo esté alineado con las necesidades reales de los usuarios.

Finalmente, probar el software con usuarios reales dentro del Aula Bambú, en este caso estudiantes neurotípicos y con TEA, permitieron analizar los resultados obtenidos y validar la efectividad del producto en un entorno controlado.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al COVEICYDET por financiar el Proyecto CP: 1011 2030, titulado "Tecnología Asistida para facilitar el Aprendizaje, la Comunicación y Autonomía en niños con Autismo". También extendemos nuestro reconocimiento a los doctores Jorge Manzo Denes, Rebeca Toledo Cárdenas, María Elena Hernández Aguilar y al estudiante de doctorado Edgar Hernández Durán, del Instituto de Investigaciones Cerebrales de la UV, quienes brindaron valiosa información sobre el comportamiento de niños con TEA

y aportaron retroalimentación tanto para la aplicación como para los instrumentos destinados a medir la ansiedad en los infantes. Su colaboración y disposición para participar en entrevistas y pruebas fueron esenciales para la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Los trastornos del espectro autista | Pediatría integral. (2020, October 18). <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2020-09/los-trastornos-del-espectro-autista-2/>
- [2] Gonzales Remigio, C. K. (28 de 01 de 2022). El desarrollo psicomotor y el aprendizaje de la iniciación de la lectoescritura en el nivel inicial. <https://revistahorizontes.org/index.php/revistahorizontes/article/view/412/832>
- [3] Aribau, E. (2021, January 21). La complejidad del aprendizaje de la lectoescritura - Elisa Aribau. Elisa Aribau. <https://www.elisaribau.com/la-complejidad-del-aprendizaje-de-la-lectoescritura/>
- [4] UV. (01 de febrero de 2021). Aplicación web para el desarrollo del potencial de lectoescritura en niños con autismo". Universidad Veracruzana: <http://148.226.24.32:8080/bitstream/handle/1944/50410/AguilarVelazquezRosalba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Muñino, L., Velasco, R., y Montero, L. (2017). Lectura global para personas con autismo. LEO CON LULA: [www.leoconlula.com](http://www.leoconlula.com)
- [6] Lancheros-Bohorquez, W. F., & Vesga-Bravo, G. J. (2024). Uso de la realidad aumentada, la realidad virtual y la inteligencia artificial en educación secundaria: una revisión sistemática. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 14(1), 95–110. <https://doi.org/10.19053/uptc.20278306.v14.n1.2024.17537>
- [7] Murillo Guamán, J. (2024). La lectoescritura y su relación con estudiantes autistas. [Tesis de Maestría]. Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica, 102 p.
- [8] Wieggers, K., & Hokanson, C. (2023). Requirements Defined. In *Software Requirements Essentials: Core Practices for Successful Business Analysis* (pp. 2, 3). Addison-Wesley.
- [9] Barajas, C. T. (2017). Impacto de los requerimientos en la calidad de software. TIA: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/7607/pdf>
- [10] Martínez, F. Y. (Diciembre de 2022). ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS DE CASOS DE USO. Universidad Cooperativa de Colombia Sede Villavicencio: <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/a7ea175f-de13-49fd-afba-c021ba7a6d0/download>
- [11] Delgado, L. B. (2017). Las bases de datos descriptivas: Un diseño de Modelo conceptual orientado a objetos. *e-Ciencias de la Información*, 7(2), 11, 12, 13, 14. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/eci.v7i2.29616>
- [12] Sánchez López, L. (10 de 06 de 2022). Inteligencia artificial y visión por computadora aplicada a la educación. <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/ro/article/view/587/607>