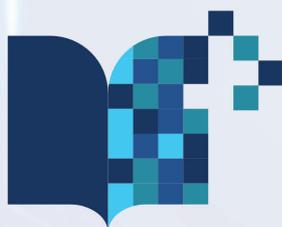
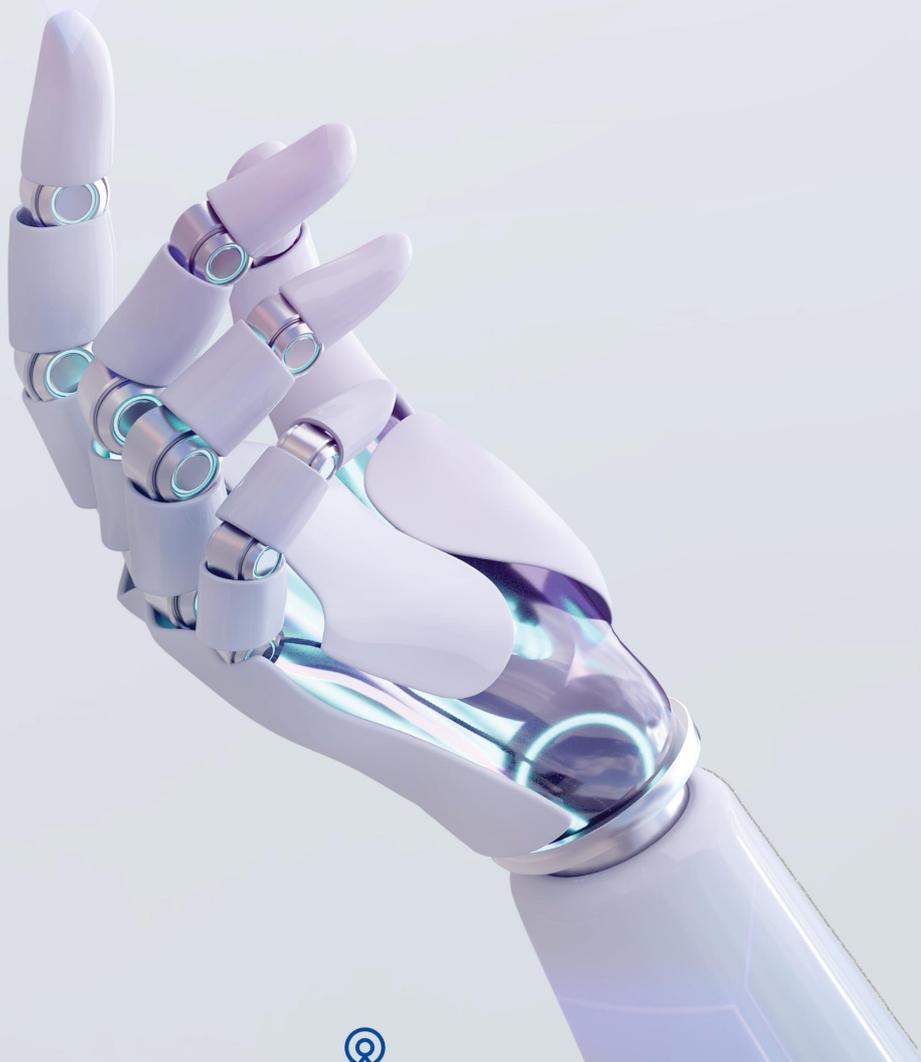


Volumen XI, Número 1, Enero - Abril 2024 - ISSN: 2395-9061



# TECNOLOGÍA EDUCATIVA

# REVISTA CONAIC



## CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, Volumen XI, Número 2, Mayo – Agosto 2024, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, <http://www.conaic.net/publicaciones.html>, [editorial@conaic.net](mailto:editorial@conaic.net). Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Tecnología Educativa Revista CONAIC, MTIE. Francisco Javier Colunga Gallegos, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos.

Enfatiza y declara expresamente la publicación de artículos de investigaciones con exigencia en la originalidad con carácter inédito y arbitrado.

Al menos el 60% del contenido de la publicación tiene carácter de investigación original dentro del ámbito científico y académico en el área de la tecnología educativa en torno a la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta, los cuales son ajenos a la entidad editora y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

## EDITORES

Dra. Alma Rosa García Gaona - [Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.](#)

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez – [Universidad Autónoma de Aguascalientes.](#)

### Asistente Editorial

MTIE. Francisco Javier Colunga Gallegos - [Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.](#)

## INDEXACIÓN

- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal – LATINDEX
- Google Académico
- Directory of Open Access Journals – DOAJ
- Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico – REBID
- DOI – Crossref Content Registration

## PORTADA

Diseño: Lic. Yamil Alberto Muñoz Maldonado.

Propiedad del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.

## CONSEJO EDITORIAL

### COLOMBIA

Dr. Cesar Alberto Collazos Ordóñez

*Universidad del Cauca*

### ECUADOR

Dr. René Faruk Garzozzi Pincay

*Universidad Estatal Península de Santa Elena*

### MÉXICO

Dra. Ana Lidia Franzoni Velázquez

*Instituto Tecnológico Autónomo de México*

Dr. Jaime Muñoz Arteaga

*Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Dr. Raúl Antonio Aguilar Vera

*Universidad Autónoma de Yucatán*

Dra. Ma. del Carmen Mezura Godoy

*Universidad Veracruzana*

### VENEZUELA

Dr. Antonio Silva Sprock

*Universidad Central de Venezuela*

## COMITÉ EDITORIAL

Dra. Rosa García Tamayo

Dr. José Luis Hernández Ameca

Mtra. Judith Pérez Marcial

Mtro. Fernando Rodríguez Bernal

Mtra. María del Carmen Santiago Díaz

Mtra. Ana Claudia Zenteno Vázquez

*Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*

Dr. José Ramón Zavala Ramírez

*Centro de Desarrollo Académico en Investigación Científica*

Dr. Jorge Edmundo Mastache Mastache

*Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán*

Mtro. Francisco Javier Colunga Gallegos

*Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías Interactivas A.C.*

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez

*Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Dra. Ana Marcela Herrera Navarro

Mtro. Diego Octavio Ibarra Corona

Dr. Mauricio Arturo Ibarra Corona

Dr. Hugo Jiménez Hernández

Mtro. Jorge Luis Pérez Ramos

Dra. Selene Ramírez Rosales

*Universidad Autónoma de Querétaro*

Mtro. Javier Alejandro Granados Magaña

Mtro. Janoé Antonio González Reyes

*Universidad Autónoma de Nayarit*

Mtro. Rubicel Cruz Moreno

Mtro. José Luis Gómez Ramos

Dra. Martha Patricia Silva Payró

Dr. Miguel Antonio Wister Ovando

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*

Ing. José Alfredo Cobián Campos

*Universidad Nacional Autónoma de México*

Dra. María Andrade Aréchiga

Dr. Pedro Damián Reyes

Dr. Juan Antonio Guerrero Ibáñez

Dr. José Roman Herrera Morales

Dr. Osva Antonio Montesinos López

Dr. Juan Manuel Ramírez Alcaraz

Mtro. Armando Román Gallardo

Mtra. Sara Sandoval Carrillo

*Universidad de Colima*

Dr. José Luis David Bonilla Carranza

*Universidad de Guadalajara*

Mtra. Karina Balderas Pérez

*Universidad de Ixtlahuaca*

Dr. Edgard Iván Benitez Guerrero

Dra. Margarita Edith Canal Martínez

Dra. María de Lourdes Hernández Rodríguez

Dr. Sergio Francisco Juárez Cerrillo

Dra. Virginia Lagunes Barradas

Dr. Jesús Roberto Méndez Ortiz

Mtro. Carlos Alberto Ochoa Rivera

Mtro. Christian Pérez Salazar

Mtra. María Yesenia Zavaleta Sánchez

*Universidad Veracruzana*

## CONTENIDO

Editorial.....	7
----------------	---

## ARTÍCULOS

Implementación de aprendizaje adaptativo para el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes de primer año de ingeniería. Implementation of adaptive learning for the development of computational thinking of first-year engineering students.....	8 - 15
Cabello Pinales, M. Del C. y Álvarez Rodríguez, F.J.	

Aplicaciones virtuales interactivas y la recolección de datos a través de un servidor: un sistema complementario de aprendizaje en el espectro autista. / Interactive Virtual Applications and Data Collection via a Server: A Complementary Learning System on the Autism Spectrum.....	16 - 25
Wilfredo Molina Wills y Vanessa Rodríguez de Molina.	

Random Forest in the early detection of suicide. / Bosque Aleatorio en la detección temprana del suicidio.....	26 - 30
Daniel Alejandro Barajas Aranda, Aurora Torres Soto y María Dolores Torres Soto.	

Empowering Students with Autism Spectrum Disorder in Mathematics. A Case Study of Successful Interventions. / Empoderando a Estudiantes con Trastorno del Espectro Autista en Matemáticas. Un Estudio de Caso de Intervenciones Exitosas.....	31 - 36
Gamboa Graus, M.E. y Zaldivar Guzmán, Y.	

Aplicación Móvil Centrada en el Usuario para que las Personas con Síndrome de Down Comprendan Conceptos Matemáticos Básicos. / User-Centered Mobile Application for People with Down Syndrome to Understand Basic Math Concepts.....	37 - 48
Solís Ramírez, J.A. y Rojano Cáceres, J.R.	

CataBraille: Dispositivo pedagógico para la enseñanza del sistema Braille. / CataBraille: Pedagogical device for the teaching of the Braille system.....	49 - 55
Brenda C. Lara Rubio, Luisa F. Rodríguez Valdez, Karim Zamora Mendoza, Arath A. Estrada Orozco y Luis A. Davis Amador.	

Diseño de una Experiencia de Gamificación para reforzar las habilidades de lectu-escritura en Educación Básica. / Design of gamification experience to reinforce reading and writing skills in basic education.....	56 - 67
José Eder Guzmán Mendoza, Ana Karen Ortiz Hernández y Ana Helene Sandoval González.	

Un acercamiento a la Lengua de Señas desde la biomecánica. / An approach to Sign Language from biomechanics.....	68 - 75
Becerra Martínez, L. y Rojano Cáceres, J.R.	

Engineering for UDL-based education: translating book images into interactive 3D educational materials for Health Sciences subjects. / Ingeniería para la educación basada en el Diseño de Aprendizaje Universal: Interpretación de imágenes de libros, a materiales educativos e interactivos, impresos en 3D para temas de ciencias de la salud.....	76 - 82
Magaña-Cruz, E., Garza Vera, L.F., Arévalo Arguijo, J.E., Treviño Peña, A., Gómez Flores, L. y Reynaga-Peña, C.G.	

Experience in the use of a technological platform for the transdisciplinary follow-up of university students with some type of condition and/or disability. / Experiencia en el uso de una plataforma tecnológica para el seguimiento transdisciplinario de estudiantes universitarios con algún tipo de condición y/o discapacidad.....	83 - 89
J. Andrés Sandoval Bringas, Mónica A. Carreño León, Italia Estrada Cota, Alejandro Leyva Carrillo, Andrea Sandoval Carreño y Teresita Álvarez Robles.	

Identification of language disorder oriented to improve academic performance in college level. / Identificación de desórdenes de lenguaje orientada a mejorar rendimiento escolar en licenciatura.....90 – 96  
Cardona Salas, J.P., Álvarez, F.J., Velázquez Amador, C.E., Muñoz Arteaga, J. y Domínguez Aguilar, G.

Desigualdad e inclusión en el contexto rural; un diagnóstico socioeducativo de la familia en una comunidad de Jalisco. / Inequality and inclusion in the rural context; a socio-educational diagnosis of the family in a Jalisco community.....97 – 103  
Zepeda Peña H.H., Galván Álvarez H.I., Méndez M.E. y Morales Hernández J.C.

## EDITORIAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC dentro de su segundo número del año lo integran artículos de alta calidad en función a la Implementación de aprendizaje adaptativo para el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes de primer año de ingeniería; las Aplicaciones virtuales interactivas y la recolección de datos a través de un servidor: un sistema complementario de aprendizaje en el espectro autista; el Random Forest in the early detection of suicide; el Empowering Students with Autism Spectrum Disorder in Mathematics. A Case Study of Successful Interventions; la Aplicación Móvil Centrada en el Usuario para que las Personas con Síndrome de Down Comprendan Conceptos Matemáticos Básicos; el CataBraille: Dispositivo pedagógico para la enseñanza del sistema Braille; el Diseño de una Experiencia de Gamificación para reforzar las habilidades de lectu-escritura en Educación Básica; Un acercamiento a la Lengua de Señas desde la biomecánica; la Engineering for UDL-based education: translating book images into interactive 3D educational materials for Health Sciences subjects; la Experience in the use of a technological platform for the transdisciplinary follow-up of university students with some type of condition and/or disability; la Identification of language disorder oriented to improve academic performance in college level; la Desigualdad e inclusión en el contexto rural; un diagnóstico socioeducativo de la familia en una comunidad de Jalisco.

El presente año de Tecnología Educativa Revista CONAIC transcurre en propósitos de un espacio académico y científico de alta calidad consolidado, enfocado en brindar investigaciones que contribuyen al quehacer científico en pro de los avances en materia de la computación y la informática desde una visión transdisciplinaria, inclusiva y educativa acorde a los retos actuales.

**LOS EDITORES**

Implementación de aprendizaje adaptativo para el desarrollo del pensamiento computacional  
de los estudiantes de primer año de ingeniería  
Implementation of adaptive learning for the development of computational thinking of first-  
year engineering students

Cabello Pinales, M. Del C.<sup>1</sup>, Álvarez Rodríguez, F.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Computación e Ingeniería Industrial, Universidad de Monterrey  
Ave. Ignacio Morones Prieto 66238 San Pedro Garza García, Nuevo León, México.  
<sup>1</sup>maria.cabellop@udem.edu, <sup>2</sup>fjalvar.uaa@gmail.com

<sup>2</sup> Dpto. de Ciencias de la Computación, Centro de Ciencias Básicas.  
Av. Universidad, #. 940, CP 20120, Aguascalientes, Ags. México.

Fecha de recepción: 7 de febrero de 2024

Fecha de aceptación: 1 de agosto de 2024

**Resumen.** Este estudio presenta los resultados de aplicar una herramienta de aprendizaje adaptativo en un grupo de primer año de ingeniería en un curso de programación. El objetivo fue verificar si esta herramienta promueve un mejor desarrollo del pensamiento computacional. Se utilizó estadística descriptiva e inferencial, dividiendo a los alumnos en grupos de control y experimental. La metodología fue aplicar pruebas estandarizadas de pensamiento computacional al inicio y final del semestre a dos grupos, el grupo experimental utilizó la herramienta durante una clase y además contestó una encuesta de satisfacción al término del curso. Los resultados del grupo experimental revelan un incremento en el dominio del pensamiento computacional y alta satisfacción. Se concluye que el uso de tecnología adaptativa mejora el rendimiento académico.

**Palabras Clave:** Aprendizaje, Adaptativo, Pensamiento, Computacional, Programación, Ingeniería.

**Summary.** This study presents the results of applying an adaptive learning tool in a group of first-year engineering students in a programming course. The objective was to verify if this tool promotes a better development of computational thinking. Descriptive and inferential statistics were used, dividing the students into control and experimental groups. The methodology was to apply standardized computational thinking tests at the beginning and end of the semester to two groups. The experimental group used the tool during a class and also answered a satisfaction survey at the end of the course. The results of the experimental group reveal an increase in the mastery of computational thinking and high satisfaction. It is concluded that the use of adaptive technology improves academic performance.

**Keywords:** Learning, Adaptive, Computational, Thinking, Programming, Engineering.

## 1 Introducción

Actualmente, los avances en inteligencia artificial presentan una oportunidad significativa para el aprendizaje adaptativo, alineado con el enfoque de Educación 4.0 que promueve un aprendizaje personalizado y auto regulado que se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes [1][2][3]. Dada la creciente demanda global de profesionales en desarrollo de software, la investigación en este campo se vuelve crucial, especialmente para abordar los desafíos en el desarrollo del pensamiento computacional entre los estudiantes de primer año de universidad [4][5][6].

El objetivo de aprendizaje del curso de programación y algoritmos de las carreras de ingeniería en la Universidad de Monterrey es que el alumno sea capaz de analizar e identificar la forma en que un problema puede ser resuelto por medio de la computadora, definiendo las especificaciones y diseñando la solución mediante algoritmos, por ello es que el alumno debe poder aplicar el pensamiento computacional. Este curso es obligatorio para todas las ingenierías y es el primero de una serie de cursos de programación para las carreras de tecnologías computacionales, mecatrónica y robótica, por lo que es de suma importancia para dejar en los alumnos bases sólidas.

En la búsqueda continua de lograr que los alumnos comprendan el pensamiento computacional se llevó a cabo un experimento utilizando un recurso de aprendizaje adaptativo ya aplicado en otros países y contextos: el software Autothinking. para el curso de programación y algoritmos de la escuela de ingeniería en la Universidad de Monterrey.

## 1.1 Marco teórico

Educause es una asociación sin fines de lucro que apoya a quienes lideran, administran, implementan y utilizan la tecnología de la información en todos los niveles dentro de la educación superior [7] en su publicación: *7 Things You Should Know About Adaptive Learning* [8] brinda la información concisa de tecnologías educativas emergentes y señala que el aprendizaje adaptativo es una técnica para proporcionar un aprendizaje personalizado, cuyo objetivo es brindar rutas de aprendizaje eficientes, efectivas y personalizadas a cada estudiante para conseguir su involucramiento. Por otra parte, menciona que, en apoyo al aprendizaje adaptativo se han desarrollado sistemas computacionales de aprendizaje adaptativo que utilizan datos para brindar rutas de aprendizaje al ritmo de cada estudiante, esto consigue atender a más cantidad de estudiantes.

Actualmente, gracias a los adelantos en la inteligencia artificial, el estudio de la aplicación del aprendizaje adaptativo utilizando tecnología es un área de oportunidad, [2]. Además, en el informe del Foro Económico Mundial [3], en el marco de trabajo de Educación 4.0, se plantea a la educación como un aprendizaje personalizado y auto regulado, “De un sistema donde se estandariza el aprendizaje, a uno basado en las diversas necesidades individuales de cada alumno, y lo suficientemente flexible como para permitir que cada estudiante progrese a su propio ritmo”.

Samuel, et al.[9], realizaron una investigación en estudiantes de nivel profesional del departamento de ciencias en la universidad de Enugu, ellos utilizaron el modelo de enseñanza intrínseca de Crowder (ramificación), los principales hallazgos del estudio mostraron que los estudiantes universitarios de la especialidad en matemáticas y la especialidad en física a los que se les enseñó el curso de dinámica con el modelo de instrucción de Norman Crowder lograron mejores resultados que sus contrapartes a los que se les enseñó los mismos temas con el método expositivo.

Spruel [10] realizó una investigación en el curso de Biología de la universidad en la que labora en Luisiana, USA donde utilizó dos grupos, uno con la tecnología de aprendizaje adaptativo y el otro sin la tecnología. Los resultados fueron que los estudiantes inscritos en el grupo con aprendizaje adaptativo obtuvieron calificaciones más altas, hubo disminución de bajas académicas y mayor tasa de aprobación contrariamente a los estudiantes inscritos en el grupo de enseñanza tradicional.

Muñoz [11] presenta una revisión sistemática de las tecnologías de aprendizaje adaptativo utilizadas en educación superior. Entre sus hallazgos menciona que de manera predominante los investigadores utilizaron exámenes y encuestas para adquirir los datos para estudios de diseño experimental y se sugiere que es necesario realizar investigaciones utilizando más tipos de metodologías. En la mayoría de los estudios revisados se utilizaron sistemas de aprendizaje adaptativo, por ejemplo, Knewton, Realizeit, Dreambox learning, Smart Sparrow, Cogbooks, McGrawHill Connect, entre otras [12] [13].

En México, la Academia Mexicana de Computación A.C., en su compendio titulado “Pensamiento computacional en México”, señala que en el país aún no existe una estrategia nacional para el desarrollo del pensamiento computacional, a diferencia de otros países que sí existe, como Estados Unidos, Gran Bretaña, Europa, entre otros. [14]. Denning y Tedre [15] señalan que la complejidad de lograr el pensamiento computacional es lograr representar los elementos del mundo en números o símbolos, esto se logra por medio de separar el problema en piezas funcionales, contar con comunicación entre ellas y mantener la revisión de calidad en las entradas y salidas. Lyon & Magana, [16], Team [17], Félix [18] y Ng [19] presentan en cuatro etapas el proceso de pensamiento computacional, además, Iglesias y Bordignon [20] y Ortega-Ruipérez [21] añaden una quinta etapa:

1. Descomposición, es la técnica para resolver grandes problemas, separarlos en partes y resolver cada una de ellas.
2. Abstracción, es la técnica de ver las partes más importantes de cada pieza, esto permite llevar la solución a otros problemas a resolver.
3. Reconocimiento de patrones, consiste en identificar las conexiones entre las partes que fueron separadas, revisando repeticiones o cambios, así entender el problema complejo, algunos autores lo describen como generalización.
4. Pensamiento algorítmico, es el proceso de describir paso a paso la solución a un problema que brinda un resultado confiable y consistente, es decir, que siempre que se repita dará el mismo resultado.
5. Evaluación de las soluciones planteadas, permite analizar datos e ideas, a través de comparaciones lógicas que ayudan a verificar las ideas y acciones elaboradas.

Herrero-Álvarez [22] en su tesis de máster investigó la competencia en pensamiento computacional entre estudiantes de formación profesional en España, evaluando diversas herramientas cuantitativas para medir esta habilidad. Tras un análisis exhaustivo, seleccionó el Computational Thinking Test (CTt, o TPC en español) desarrollado por Román-González [23]. Herrero-Álvarez destacó que, a diferencia de otros instrumentos que se

enfocan en las percepciones subjetivas de los estudiantes sobre sus habilidades, el CTt permite una medición cuantitativa precisa del pensamiento computacional.

Mooney y Lockwood [24] realizaron un estudio longitudinal con 292 estudiantes de ciencias computacionales en Irlanda para evaluar el desarrollo de sus habilidades de pensamiento computacional. La evaluación incluyó habilidades como descomposición de problemas, formulación de soluciones, pensamiento algorítmico, automatización, depuración de errores y generalización. Utilizando una prueba con ítems del sitio web de Bebras, administrada en dos ocasiones —durante la tercera semana y en la semana 10 del primer semestre—, evaluaron la efectividad de la enseñanza en función de las mejoras en estas competencias y la capacidad de la prueba para predecir el éxito académico. También se recogieron datos demográficos y percepciones sobre computación a través de dos encuestas, para explorar cómo el origen y la demografía de los estudiantes influían en sus resultados y perspectivas sobre el curso.

## 1.2 Planteamiento del problema

A pesar de que el aprendizaje adaptativo ha sido explorado en niveles educativos desde primaria hasta maestría, su aplicación en el desarrollo del pensamiento computacional a nivel profesional es limitada [25]. Además, se identificó que, aunque existen tecnologías de aprendizaje adaptativo que ofrecen contenido prediseñado o permiten su personalización por parte de los instructores, ninguna aborda específicamente el pensamiento computacional [26]. Revisando los estudios de Herrero-Álvarez [22] y de Mooney y Lockwood [24] en los que miden el desarrollo de la competencia de pensamiento computacional con la prueba de TPC y obteniendo resultados cuantitativos y positivos, se considera para este estudio el uso de la misma herramienta para medir la competencia de pensamiento computacional. Esta investigación responde a la necesidad del departamento de computación de la Escuela de Ingeniería y Tecnologías de la Universidad de Monterrey de mejorar el rendimiento académico de los alumnos de primer ingreso en el curso de Programación y algoritmos, donde los índices de reprobación son elevados. Esto subraya la importancia y la oportunidad de investigar y desarrollar recursos adaptativos específicos para el pensamiento computacional en contextos universitarios en México.

## 2 Metodología

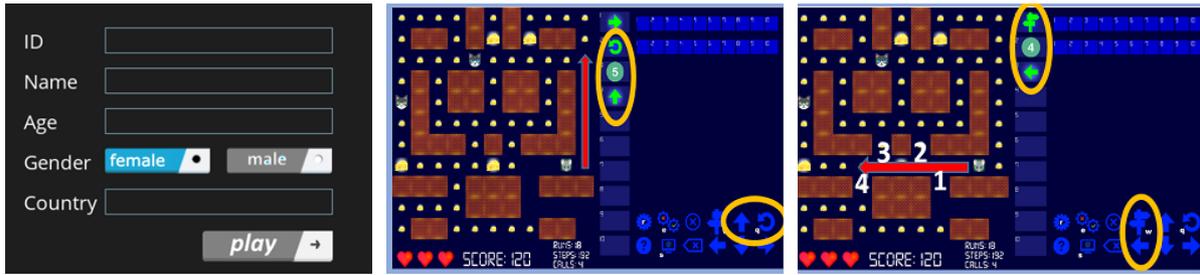
El estudio se realiza en la Escuela de Ingeniería y Tecnologías, la cual cuenta con una población de 1,384 estudiantes a la fecha del estudio. El período de estudio abarcó desde agosto de 2023 hasta diciembre de 2023, siendo en total 16 semanas de clases. La población objetivo fue conformada por alumnos de primer año inscritos en el curso de Programación y Algoritmos, este curso es requisito para todas las carreras de ingeniería. Para esta investigación se seleccionaron aleatoriamente dos grupos, uno para la parte experimental y otro para la de control, uno con población de 23 (el experimental) y el de control con una población de 20 alumnos. Se aplicó la prueba de diagnóstico de pensamiento computacional validada, elaborada y proporcionada por el Dr. Román González [27] a ambos grupos al inicio del semestre y se midió el nivel de competencia de pensamiento computacional al inicio del periodo académico, se trabajó durante el semestre en el grupo experimental con la herramienta Autothinking, la cual aplica el aprendizaje adaptativo y fue utilizada anteriormente por Samuel [9] y Spruel [10] en otras disciplinas. La herramienta fue instalada en el laboratorio, se dio acceso a los estudiantes en la semana 5 y 10 del curso y se proporcionó toda la hora de clase. Al finalizar el semestre se aplicó la misma prueba que se realizó al inicio del curso para medir el nivel de competencia de pensamiento computacional adquirida en ambos grupos. Además, se aplicó una prueba para medir la experiencia de usuario UX CSAT a los estudiantes del grupo experimental para analizar el nivel de satisfacción de la herramienta adaptativa.

En la figura 1 se muestran las pantallas más representativas. El grupo de control se conformó de 20 alumnos. A ambos grupos se les aplicó la prueba de pensamiento computacional TCP-Bebras la segunda semana del semestre y la última del semestre, en las figuras 2 y 3 se muestran los reactivos más representativos.

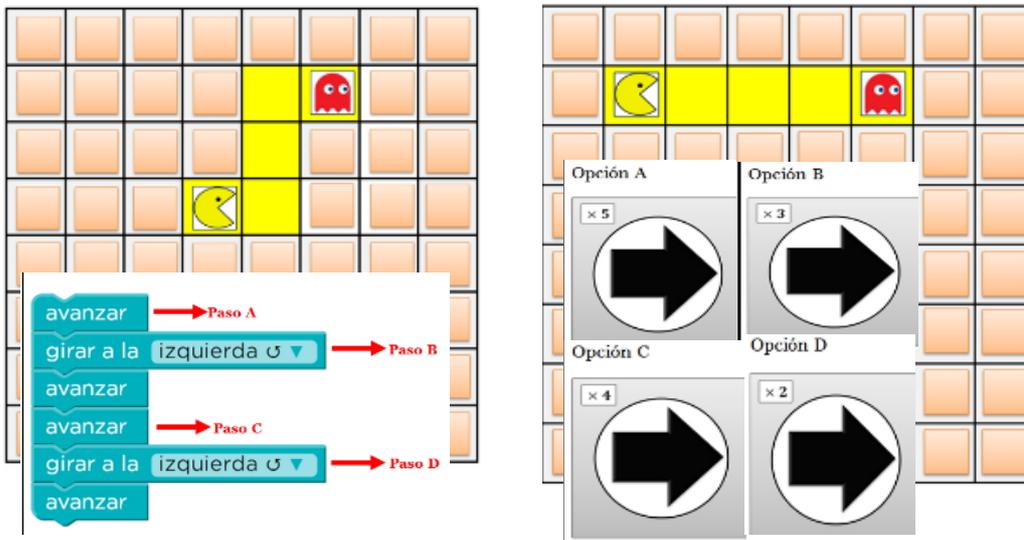
Para el análisis descriptivo, en primer lugar, se obtuvieron los promedios de calificaciones de cada grupo por la prueba de pensamiento computacional; luego, se analizaron los datos con una media de dos muestras independientes y se comparó la distribución de las calificaciones de cada grupo mediante los diagramas de caja. Se realizó de nuevo el mismo análisis, pero ahora con los resultados de la prueba de pensamiento computacional al terminar el curso, analizando ahora los datos con una media de dos muestras buscando que la primera media fuera mayor que la segunda, es decir, que el grupo experimental realmente obtuviera mejores resultados.

Además de lo anterior, se repitió el segundo análisis, pero ahora utilizando las actas de calificaciones finales que se reportan al departamento de escolar, buscando validar de nuevo el uso de la tecnología adaptativa.

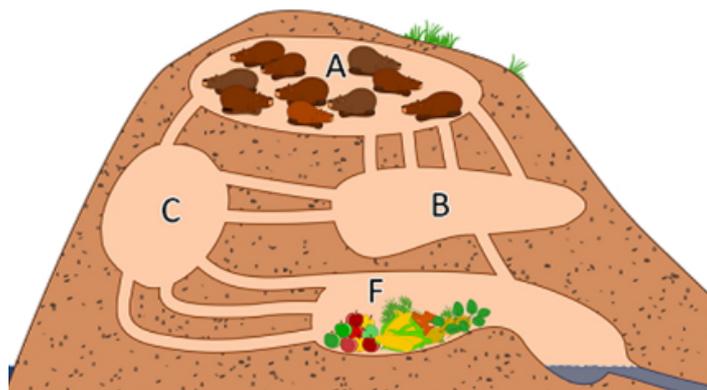
Finalmente, se pidió a los alumnos del grupo experimental que contestarán una encuesta de satisfacción UX, para conocer cualitativamente su opinión del uso de la herramienta.



**Figura 1.** En la figura de la izquierda se muestra el *login*, para que el algoritmo adaptativo funcione se deberá poner la información del jugador en secuencia cada vez que se juegue, por ejemplo: ID=1,2,3,4; nombre, sexo, país, y edad. En la del centro se muestra la aplicación del concepto de Ciclos, el ratón se mueve la cantidad de veces que se colocó en la barra y en la dirección indicada con la flecha. En la pantalla de la derecha se practica el estatuto condicional, el ratón se mueve hasta la separación indicada con el número y en dirección de la flecha



**Figura 2.** Reactivos del TPC-RA+Bebras. En la imagen de la izquierda se evalúa el manejo de secuencias, preguntando en cual paso está el error, en la imagen de la derecha se evalúan ciclos, cuantas casillas se debe mover ( $\times 5, \times 3, \times 4$  o  $\times 2$ ).



**Figura 3.** Reactivos del TPC-RA+Bebras. En la imagen se muestra un problema del sitio de Bebras: la casa de los castores: la casa de los castores es una cueva que tiene 4 habitaciones conectadas por túneles y los castores deben de llegar lo más rápido posible a una habitación para comer siguiendo unas reglas establecidas, en este problema se aplican claramente las etapas del pensamiento computacional.

### 3 Resultados

Los resultados del análisis descriptivo de la tabla 1 muestran los promedios de calificaciones de la prueba de pensamiento computacional de cada grupo; luego, se analizaron los datos con una media de dos muestras independientes presentados en la tabla 2, encontrando una confianza del 99% de la diferencia entre las medias y se comparó la distribución de las calificaciones de cada grupo mediante los diagramas de caja en la Figura 4. Se realizó de nuevo el mismo análisis mostrado en la tabla 3, pero ahora con los resultados de la prueba de pensamiento computacional al terminar el curso, analizando ahora los datos con una media de dos muestras buscando que la primera media fuera mayor que la segunda, es decir, que el grupo experimental realmente obtuviera mejores resultados, se encontró satisfactorio con una confianza del 95%, se presenta en la tabla 4.

Además de lo anterior, se repitió el segundo análisis mostrado en la tabla 5, pero ahora utilizando las actas de calificaciones finales, reforzando que el uso de la herramienta adaptativa, en conjunto con todo el resto de recursos que se emplean en el curso, mejoraron el aprendizaje de los alumnos. Este resultado corrobora los encontrados en estudios efectuados por Samuel [9], Spruel [10] y Muñoz [11], reforzando el hallazgo de que el uso de la herramienta adaptativa mejora el aprendizaje de los alumnos que la utilizan.

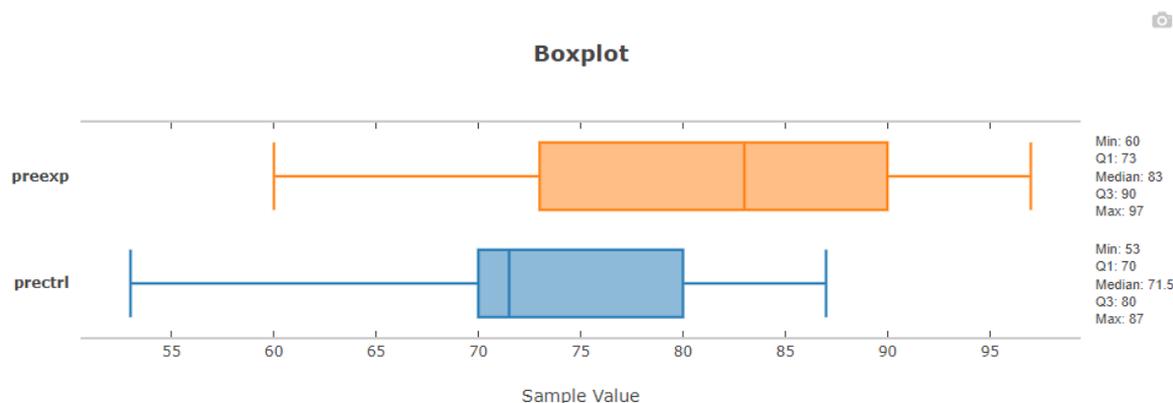
En la tabla 6 se presentan los resultados de la prueba de medias, en la que se esperaba que la calificación promedio del grupo experimental fuera mayor a la del grupo de control, y por lo tanto rechazar  $H_0$  con  $\alpha = 0.05$ .

**Tabla 1.** Estadística descriptiva del pre test de pensamiento computacional

Grupo	n	$\bar{X}$	$\sigma$	MIN	MAX
Experimental	23	80.087	10.099	60	97
Control	18	72.555	9.363	53	87

**Tabla 2.** Prueba de medias de dos muestras independientes pre test

Estadístico t	2.46896
Valor crítico	$\pm 2.71223$
P value	0.01818
Grados de libertad	37.82113



**Figura 4.** Diagrama de caja que muestra la distribución de las calificaciones de cada grupo, se observa que el grupo experimental tiene una desviación mayor en las calificaciones mínima y máxima, siendo estas 60 y 97. En cuanto al grupo de control las calificaciones de este se presentaron de forma homogénea en el rango de 53 como mínima y 87 como máxima.

**Tabla 3.** Estadística descriptiva del post test de pensamiento computacional

Grupo	n	$\bar{X}$	$\sigma$	MIN	MAX
Experimental	20	79.70	9.3082	60	93
Control	16	71.125	13.5345	47	90

**Tabla 4.** Prueba de medias de dos muestras independientes post test

Estadístico t	2.15857
Valor crítico	1.70659
P value	0.02022
Grados de libertad	25.60495

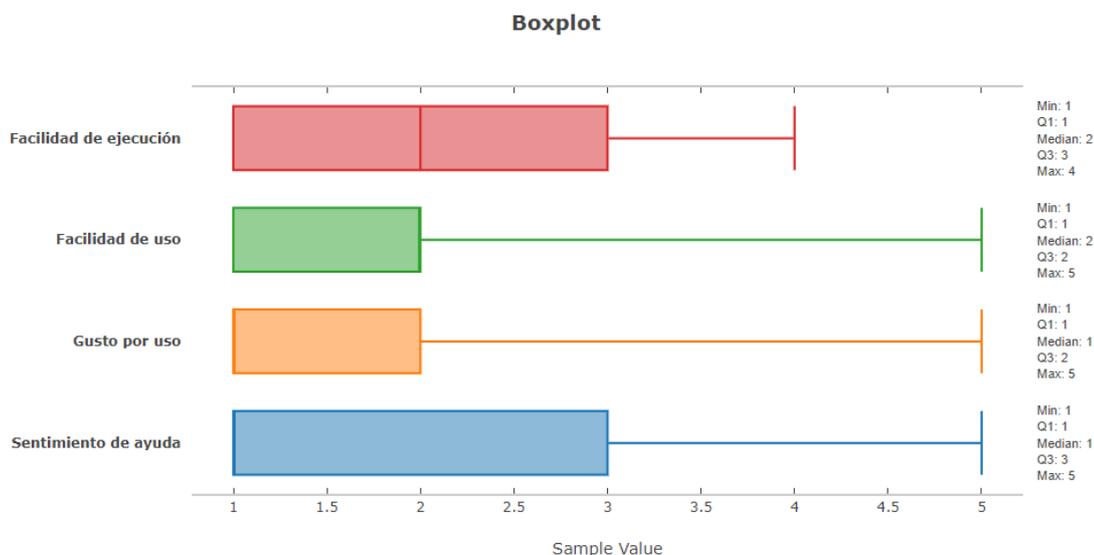
**Tabla 5.** Estadística descriptiva de las calificaciones finales del curso

Grupo	n	$\bar{X}$	$\sigma$	MIN	MAX
Experimental	23	84.3478	13.44216	56	100
Control	19	71.421	21.1878	23	100

**Tabla 6.** Prueba de medias de dos muestras independientes calificaciones finales

Estadístico t	2.30381
Valor crítico	1.69853
P value	0.01426
Grados de libertad	29.30886

La satisfacción de los estudiantes ante el uso de la aplicación en el curso con la herramienta adaptativa se midió mediante una encuesta de satisfacción con escala UX CSAT obteniendo 18 respuestas. Las primeras cinco preguntas iban del rango de 1 a 5 en donde 1 es lo más positivo o mejor y 5 lo contrario. La figura 5 muestra la tendencia en las respuestas en donde se aprecia una predominancia en la aceptación de la herramienta.



**Figura 5.** En el diagrama de caja podemos observar que las respuestas de facilidad de uso y gusto por la herramienta adaptativa son más concentradas hacia el mejor nivel de satisfacción que la ejecución de la herramienta y el sentir que les ayudó en el curso, sin embargo, la tendencia en las primeras 4 respuestas resume que el nivel de satisfacción por la herramienta fue exitoso.

#### 4 Conclusiones y trabajos futuros

De acuerdo con los resultados, la implementación de la herramienta adaptativa en el curso de programación y algoritmos de alumnos de primer año de la escuela de ingeniería y tecnologías de la Universidad de Monterrey permitió que los alumnos que utilizaron esta herramienta (grupo experimental) hayan obtenido un mejor resultado académico respecto del grupo que no dispuso de dicho recurso adicional al curso, de acuerdo a los resultados estadísticamente significativos al final del semestre.

A partir del intervalo de confianza de 95%, el grupo experimental incrementó su desempeño académico en el curso respecto al grupo de control. Al finalizar el semestre, Basado en los resultados, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con  $\mu_1$  siendo mayor que  $\mu_2$ .

Los resultados soportan la hipótesis alternativa a un nivel de confianza del 95%. La prueba proporciona evidencia suficiente para afirmar que la media de la muestra del grupo experimental es superior a la de la segunda que es el grupo de control, lo cual revela una ventaja en el aprovechamiento académico.

A partir del análisis inferencial, al realizar la prueba t de Welch para comparar las medias de dos muestras independientes, suponiendo que estas muestras no tienen varianzas iguales, se encontró que la prueba de igualdad de medias al inicio del semestre es estadísticamente igual y los promedios de calificaciones son estadísticamente diferentes al final del semestre, en el que el resultado del grupo experimental fue mejor que el de control.

El análisis de los diagramas de caja realizado al inicio del semestre para comparar ambos grupos de estudiantes muestra que el grupo experimental tiene una desviación mayor en las calificaciones mínima y máxima, siendo estas 60 y 97 y en el grupo de control las calificaciones se presentaron de forma homogénea en el rango de 53 como mínima y 87; sin embargo, al finalizar el semestre, la concentración de calificaciones del grupo experimental es mayor que el de control al obtener notas superiores, en el cual el grupo experimental obtuvo una mediana de 79, mientras que el de control, de 71.

Dados los resultados anteriores, concluimos que los promedios de calificaciones son iguales en el grupo de control y en el experimental al inicio del semestre; después el promedio se incrementa al final del semestre a favor del grupo experimental. Aparte del beneficio en el aprovechamiento académico, el uso de la herramienta adaptativa presenta ventajas en cuanto al involucramiento de los estudiantes, ya que, al ser una herramienta lúdica, lo hace más atractivo para mantener su atención. A partir de los resultados de la encuesta de satisfacción, el 78% de los alumnos opinaron que les gustó la herramienta, y el 61% de ellos recomendó que se utilizara en todos los cursos que imparten la materia de programación y algoritmos.

La experiencia descrita en este estudio aporta significativamente en dos ámbitos principales: en primer lugar, ofrece una propuesta para que los educadores implementen recursos de contenido adaptativo en sus metodologías de enseñanza. En segundo lugar, fomenta la exploración de nuevos recursos adaptativos que incorporados en clase impacten positivamente en el rendimiento académico de los estudiantes. Además, se sugiere como futura línea de investigación la inclusión de recursos con inteligencia generativa, con el objetivo de determinar si la introducción de esta nueva herramienta de aprendizaje influye en los comportamientos de estudio de los estudiantes. Específicamente, se propone investigar si apalancados en la inteligencia artificial se pueden generar recursos lúdicos adaptativos que contribuyan a un aumento en el tiempo dedicado al estudio y cómo esto reflejarse en mejores resultados académicos de los estudiantes.

#### Referencias

- 1 Novelo, V. A., & Córdova, K. E. G. Modelo de diseño de un instrumento para el aprendizaje y evaluación adaptativa de saberes algebraicos. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, 15, e37264. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.37264> (2022).
- 2 Fengying, L. F., Yifeng, H. Y., & Qingshui, X. Q. Progress, Challenges and Countermeasures of Adaptive Learning: A Systematic Review. *Educational Technology & Society*, 24(3), 238–255. (2021).
- 3 Weforum. *Catalysing Education 4.0 Investing in the Future of Learning for a Human-Centric Recovery*. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Catalysing\\_Education\\_4.0\\_2022.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Catalysing_Education_4.0_2022.pdf) (2022, mayo).
- 4 Cen, H. México requiere de más programadores para abastecer la demanda global. *Expansión*. <https://expansion.mx/opinion/2022/07/28/mexico-requiere-programadores-abastecer-demanda-global> (2022).
- 5 Robledo, J. V. Programación y desarrollo digital, las carreras más demandadas en la actualidad. *Diario La República*. <https://www.larepublica.co/especiales/oportunidades-educativas/programacion-y-desarrollo-digital-lo-mas-demandado-3454226> . (2022, 21 diciembre).
- 6 Rojas-López, A., & García-Peñalvo, F. J. Evaluación del pensamiento computacional para el aprendizaje de programación de computadoras en educación superior. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.409991> (2020).

- 7 EDUCAUSE Overview. EDUCAUSE. <https://www.educause.edu/about/discover-membership/member-benefits/educause-overview> (2022).
- 8 7 Things You Should Know About Adaptive Learning. EDUCAUSE. <https://library.educause.edu/resources/2017/1/7-things-you-should-know-about-adaptive-learning> (2017, 4 enero).
- 9 Samuel Onyinyechi, Nneji & Anamezie, Rose. EFFECT OF NORMAN CROWDER'S PROGRAMMED INSTRUCTION MODEL ON UNDERGRADUATES' ACADEMIC ACHIEVEMENT IN DYNAMICS: IMPLICATIONS FOR EFFECTIVE TEACHING AND LEARNING OF MATHEMATICS AND PHYSICS. 5. 223-237 .(2022).
- 10 Spruel, L. The impact of adaptive learning technology on academic achievement in a stem course at an HBCU institution (TFG) (2020).
- 11 Muñoz, J. L. R., Ojeda, F. M., Jurado, D. L. A., Peña, P. F. P., Carranza, C. P. M., Berríos, H. Q., ... & Vasquez-Pauca, M. J. Systematic Review of Adaptive Learning Technology for Learning in Higher Education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 98(98), 221-233. (2022).
- 12 Small, G. A. G. 10 Adaptive Learning Platforms. *EdApp Microlearning Blog*. <https://www.edapp.com/blog/adaptive-learning-platforms/> (2022, 23 diciembre).
- 13 Capuano, N., & Caballé, S. Adaptive Learning Technologies. *Ai Magazine*, 41(2), 96-98. <https://doi.org/10.1609/aimag.v41i2.5317> (2020).
- 14 Mexicana De Computación, A., Pensamiento, A. C., En México, C., Morales, R., Morales Manzanares, G. E., Pacheco González, A., Quiroz, M., Luis, C., Sucar, E., & Pensamiento, S. *Pensamiento Computacional en México*. Amexcomp.mx. (2021.).
- 15 Denning, P. J., & Tedre, M. *Computational Thinking* (MIT Press Essential Knowledge series). The MIT Press. (2019).
- 16 Lyon, J. L., & Magana, A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1174-1189. <https://doi.org/10.1002/cae.22295> (2020).
- 17 Team, L. *Computational Thinking Definition | Learning.com*. <https://www.learning.com/blog/defining-computational-thinking/> (2023, 14 febrero).
- 18 Félix, J., Zatarain-Cabada, R., Estrada, M. R. B., & Vara, J. P. An Intelligent Learning Environment for Computational Thinking. *Computación Y Sistemas*, 24(3). <https://doi.org/10.13053/cys-24-3-3480> (2020).
- 19 Ng, A. K., Atmosukarto, I., Cheow, W. S., Avnit, K., & Yong, M. H. Development and Implementation of an Online Adaptive Gamification Platform for Learning Computational Thinking. 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). <https://doi.org/10.1109/fie49875.2021.9637467> (2021).
- 20 Iglesias, A. A.-. A., & Bordignon, F.-. A. *Introducción al pensamiento computacional*. (2020).
- 21 Ortega-Ruipérez, B. *Pedagogía del Pensamiento Computacional desde la Psicología: un Pensamiento para Resolver Problemas*. *Cuestiones Pedagógicas*, 2(29), 130-144. <https://doi.org/10.12795/cp.2020.i29.v2.10> (2020).
- 22 Herrero-Alvarez, R. *Diagnóstico de habilidades de Pensamiento Computacional en estudios de Formación Profesional*. (2022).
- 23 Román-González, M., Moreno-León, J., & Robles, G. Complementary Tools for Computational Thinking Assessment. *International Conference on Computational Thinking Education 2017 Hong-Kong*. <https://www.researchgate.net/publication/318469859> *Complementary Tools for Computational Thinking Assessment* (2017).
- 24 Mooney, A., & Lockwood, J. The Analysis of a Novel Computational Thinking Test in a First Year Undergraduate Computer Science Course. *AISHE-J*, 12(1). <https://www.researchgate.net/publication/339713142> (2020).
- 25 Alamri, H. A., Watson, S. L., & Watson, W. HLearning Technology Models that Support Personalization within Blended Learning Environments in Higher Education. *TechTrends*, 65(1), 62-78. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00530-3> . (2020).
- 26 Gebhardt, K. Adaptive learning courseware as a tool to build foundational content mastery: Evidence from principles of microeconomics. *Current Issues in Emerging ELearning*, 5(1), 2. (2018).
- 27 Román-González, M. *Solicitud de instrumento CTt para medir pensamiento computacional [Correo electrónico]*. (2023).

Aplicaciones virtuales interactivas y la recolección de datos a través de un servidor: un sistema complementario de aprendizaje en el espectro autista  
Interactive Virtual Applications and Data Collection via a Server: A Complementary Learning System on the Autism Spectrum  
Aplicações virtuais interativas e coleta de dados via servidor: um sistema complementar de aprendizagem no espectro do autismo

Dr. Wilfredo Molina Wills  
DDs, MSc, MShr, PhD.  
<https://orcid.org/0000-0001-7233-4972>  
ISAE Universidad de Panamá

Vanessa Rodríguez de Molina  
DDS  
Práctica privada

Fecha de recepción: 17 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 1 de agosto de 2024

**Resumen.** Este artículo tiene como objetivo resaltar la importancia de adoptar enfoques innovadores y basados en evidencia para satisfacer las necesidades educativas y terapéuticas de las personas en el espectro del autismo. Al integrar las AVI y la recopilación de datos basada en servidor en programas educativos y de tratamiento, es posible crear un futuro más inclusivo y centrado en la persona para todos los estudiantes con TEA. Métodos: El enfoque de investigación es el experimental junto con el análisis de datos. Para recopilar información de los usuarios en tiempo real, se creó una aplicación virtual interactiva utilizando este método. Para examinar los patrones y comportamientos observados, se utilizaron métodos de análisis de datos. El propósito era analizar cómo la interacción en un ambiente virtual afecta la recolección y la calidad de los datos, así como cómo el servidor puede optimizar estos datos. La información proporcionada por el operador autista se transmite a un servidor -Fabricante HP, Modelo ProLiant DL180 Gen9, CPU 16, Tipo de procesador Intel Xeon CPU E5-2620 2.10GHz, Núcleos 8, Memoria 64GB, HDD 1.81 GB, HDD 1GB copia de seguridad externa. Análisis estadístico: se utilizó la prueba t de student Paired Two Sample para comparar los resultados de dos aplicaciones (prueba 1 y prueba 2). Resultados: Es posible observar que el 70% de la muestra presenta un incremento de respuestas positivas en la segunda prueba con un intervalo de 24 horas. La comparación de las medias para muestras pareadas, mostró los siguientes resultados: diferencia -10, t (valor observado) -3000, ItI (valor crítico) 2262, GL 9, valor p (dos caras) 0,015, alfa 0,05. Hipótesis: las medias son iguales  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ . Hipótesis alternativa: las medias son diferentes  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ . Conclusión: los datos emitidos por el servidor permitieron observar un incremento de las respuestas acertadas en la segunda prueba. De igual manera, no se recogieron respuestas negativas o equivocadas. El recoger la información de la aplicación de una prueba grupal en tiempo real con una muestra cuyos individuos estaban en diferentes locaciones, permite entender las bondades de la utilización de un servidor como almacenaje y procesamiento de la información.

**Palabras clave:** sistema de enseñanza, aprendizaje interactivo, autismo, tecnología educacional, método educacional.

**Summary.** This article aims to highlight the importance of adopting innovative and evidence-based approaches to meet the educational and therapeutic needs of people on the autism spectrum. By integrating AVIs and server-based data collection into educational and treatment programs, it is possible to create a more inclusive and person-centered future for all students with ASD. Methods: The research approach is experimental together with data analysis. To collect information from users in real-time, an interactive virtual application was created using this method. To examine the observed patterns and behaviors, data analysis methods were used. The purpose was to analyze how interaction in a virtual environment affects data collection and quality, as well as how the server can optimize this data. The information provided by the autistic operator is transmitted to a server -Manufacturer HP, Model ProLiant DL180 Gen9, CPU 16, Processor Type Intel Xeon CPU E5-2620 2.10GHz, Cores 8, Memory 64GB, HDD 1.81 GB, HDD 1GB external backup. Statistical analysis: The student Paired Two Sample t-test was used to compare the results of two applications (test 1 and test 2). Results: It is possible to observe that 70% of the sample presents an increase in positive responses in the second test with an interval of 24 hours. The comparison of the means for paired samples showed the following results: difference -10, t (observed value) -3000, ItI (critical value) 2262, GL 9, p-value (two-sided) 0.015, alpha 0.05. Hypothesis: the means are equal  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ . Alternative hypothesis: the means are different  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ . Conclusion: The data emitted by the server allowed us to observe an increase in the correct answers in the second test. Similarly, no negative or wrong answers were collected. Collecting the information from the application of a group test in real time with a sample whose individuals were in different locations, allows us to understand the benefits of using a server as storage and processing of information.

**Keywords:** teaching system, interactive learning, autism, educational innovation, educational method.

## 1 Justificación del método

Las personas con trastorno del espectro autista pueden practicar comportamientos y habilidades sociales en un ambiente controlado y sin riesgos a través de aplicaciones de realidad virtual. La ansiedad se reduce y el aprendizaje de habilidades se facilita gracias a esta habilidad de replicar situaciones del mundo real. En comparación con los métodos educativos convencionales, la interacción con entornos virtuales con frecuencia resulta más atractiva y motivadora para los usuarios con trastorno del espectro autista. El interés y el compromiso pueden aumentar con la gamificación y las interfaces interactivas, lo que permite un aprendizaje más efectivo. El uso de plataformas en línea para recopilar y analizar datos en intervenciones para TEA ha demostrado cómo estos sistemas pueden brindar información útil, en tiempo real y sin sesgo. Autores como De Luca, R (2021), Tuna, A. (2023) y Lakshminarasimhappa, M. (2022) han presentado resultados sobre la realidad virtual como métodos innovadores para la educación y el entrenamiento de habilidades en individuos con TEA, ofreciendo una perspectiva sobre cómo estas tecnologías pueden mejorar la motivación y el aprendizaje, cómo estos entornos pueden facilitar la práctica de habilidades sociales y comunicativas, y el uso de plataformas en línea para la recolección y análisis de datos en intervenciones para TEA, destacando cómo estos sistemas pueden proporcionar información valiosa para personalizar las estrategias educativas.

## 2 Introducción

En la búsqueda constante de métodos innovadores para mejorar la calidad de vida y el desarrollo educativo de las personas en el espectro del autismo, las tecnologías digitales son muy prometedoras. Entre estas tecnologías, las aplicaciones virtuales interactivas (AVI) han demostrado ser recursos valiosos para la enseñanza y el aprendizaje de personas con trastornos del espectro autista (TEA). La capacidad de personalizar el contenido, el ritmo y el nivel de interacción de las AVI las convierte en herramientas altamente personalizables que se adaptan a las necesidades únicas de los individuos con TEA.

En este mismo contexto, la recopilación de datos del servidor es una parte importante del desarrollo y evaluación efectivos de estas aplicaciones. Los datos recopilados de las interacciones de los usuarios con las AVI proporcionan información detallada sobre el progreso de aprendizaje, el comportamiento y los intereses de cada individuo. Este flujo constante de información permite a profesores y terapeutas ajustar dinámicamente el contenido y las estrategias de enseñanza, optimizando la eficacia del aprendizaje. En el mismo orden de ideas, estos programas generan grandes expectativas por su potencial, una de las cuales es la velocidad de procesamiento, gestión, búsqueda y presentación de datos, así como la mejora de la calidad de la investigación y la transparencia del proceso de análisis, (Gómez, M.2014)

La recopilación de datos en aplicaciones virtuales de cualquier tipo incluyendo a aquellas aplicadas para personas en el espectro del autismo puede presentar múltiples desafíos. Los problemas comunes que se pueden encontrar incluyen la accesibilidad, donde es importante que las aplicaciones no solo sean accesibles para personas con diferentes necesidades incluidas personas en el espectro del autismo, con consideraciones que deben incluir un diseño intuitivo, instrucciones claras y adaptabilidad a las preferencias personales. En el desarrollo y la investigación de sistemas educativos para personas con trastorno del espectro autista, es fundamental la recopilación de datos precisos y confiables. El uso de métodos de recolección de datos a través de servidores puede mejorar la eficacia del aprendizaje y la personalización de las aplicaciones virtuales interactivas, la calidad y la interpretación de los resultados. Sin embargo, pueden verse afectadas por los grandes desafíos que presenta la recolección manual de datos. Los datos recolectados de forma manual sobre todo en este tipo de individuos comúnmente presentan errores y sesgos que afectan la intervención educativa para personas con TEA. La adaptación de las estrategias educativas y la evaluación del progreso pueden verse afectadas negativamente por estos sesgos. Similarmente, La percepción subjetiva del evaluador puede afectar la calidad de los datos y su análisis, lo que puede resultar en interpretaciones inconsistentes y erróneas de las habilidades y comportamientos de las personas con TEA; esto puede ocurrir debido a la variabilidad en la forma en que los observadores registran los datos. En el mismo orden de ideas, los sesgos y errores en los datos pueden dificultar la correcta personalización de las intervenciones educativas, reduciendo su efectividad en abordar las necesidades específicas de cada individuo con TEA, y la interpretación de los resultados puede verse afectada por la calidad de los datos, lo que puede llevar a decisiones educativas incorrectas y a la falta de ajuste en las estrategias de enseñanza.

Uno de los puntos críticos en la recolección de los datos en este tipo de condiciones es la Confianza y validez de los mismos. Por esta razón, Para sacar conclusiones significativas, es importante garantizar que los datos recopilados sean precisos y válidos. La generalidad de los resultados, solo es posible si los datos recopilados logran reflejar completamente la diversidad de experiencias y respuestas aportadas por los individuos con esta condición. Por lo tanto, los resultados deben interpretarse con precaución y se debe considerar el contexto individual de cada usuario. En los casos en que las respuestas al uso de la aplicación presentan varias respuestas

posibles, hay una mayor flexibilidad de uso si se evalúa la posibilidad de distribuir la carga computacional entre el operador, en este caso el autista y el servidor (Hernández, A, et al 2005)

La recopilación de datos a través de un servidor en una aplicación de aprendizaje virtual tiene varias ventajas. Dentro de ellas tenemos las siguientes: - centralización de datos. En este caso, al utilizar un servidor central, todos los datos recopilados se almacenan en un solo lugar. Esto proporciona un acceso más fácil a la información y permite un análisis de datos más completo y profundo. -Seguridad. Los servidores suelen tener sólidas medidas de seguridad para proteger sus datos contra accesos no autorizados y ataques cibernéticos. Esto garantiza la confidencialidad e integridad de la información del usuario. Escalabilidad: los servidores pueden manejar grandes cantidades de datos y usuarios simultáneos sin afectar el rendimiento de la aplicación. Esto es especialmente importante para aplicaciones de aprendizaje que tienen una base de usuarios potencialmente creciente. - Actualizaciones y mantenimiento centralizados. El servidor central le permite realizar actualizaciones de aplicaciones y mantenimiento de la infraestructura de forma centralizada, simplificando el proceso y garantizando que todos los usuarios tengan acceso a las últimas versiones y funciones. - Análisis de datos avanzado. Los datos centralizados facilitan la ejecución de análisis avanzados, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, para identificar patrones, tendencias y correlaciones en los datos del usuario. Bajo esta condición se proporciona información valiosa para mejorar la experiencia de aprendizaje y adaptar el contenido a las necesidades individuales de cada usuario. - Soporte multiplataforma. Al utilizar el servidor central, puede acceder a sus datos desde una variedad de dispositivos y plataformas, brindando a sus usuarios una experiencia consistente independientemente del dispositivo que utilicen para acceder a su aplicación. El uso de servidores como medio para recopilar y analizar datos facilita la interacción con contenidos, usuarios y comunidades en todas las latitudes del planeta, uno de los mayores logros en este campo, aumentando la abstracción del mundo físico hacia el mundo virtual. (Kanematsu et al., 2017).

Por el contrario, recoger información de forma individual y personal por un docente, tutor o facilitador en aplicaciones Virtuales Interactivas (AVIs) dentro de los Sistemas Complementarios de Aprendizaje en el Espectro Autista puede presentar algunas desventajas, dentro de las cuales es posible puntualizar las siguientes: 1- La recopilación de información personal de forma individual puede generar preocupaciones con respecto a la privacidad y confidencialidad de la información, particularmente en el caso de datos confidenciales relacionados con personas en el espectro del autismo. Si no se toman las medidas de seguridad adecuadas, existe el riesgo de que la información recopilada se vea comprometida o se utilice de manera inapropiada. 2 - Los resultados pueden ser difíciles de generalizar a una población más amplia. Cada individuo en el espectro del autismo es único y los datos recopilados individualmente pueden no reflejar la diversidad de experiencias y necesidades dentro de esta población. 3- La recopilación de datos discretos puede generar grandes cantidades de información para educadores y terapeutas. Gestionar y analizar grandes conjuntos de datos requiere importantes recursos y tiempo adicional, lo que puede afectar la eficiencia del proceso educativo. 4- Los datos recopilados individualmente sobre personas en diferentes lugares pueden resultar difíciles de interpretar sin el contexto adecuado. Sin comprender la situación específica de cada individuo y las variables que influyen en el aprendizaje, puede resultar difícil interpretar los datos con precisión y tomar decisiones informadas. 5- Puede haber sesgos inherentes tanto del lado del usuario (como el sesgo de autoinforme) como del lado del diseñador de aplicaciones (como el sesgo de diseño de actividades o problemas). Estos sesgos pueden distorsionar los resultados y afectar la validez de las conclusiones extraídas de los datos.

Uno de los grandes problemas de los sistemas interactivos convencionales es la manipulación de la recogida de datos por parte del tutor o profesor. Estos aspectos constituyen un punto crítico que puede modificar o desviar la esencia del feedback. Esta situación tiende a complicarse cuando se aplica una prueba de manera grupal y sobre todo cuando los participantes se encuentran en diferentes locaciones. En este sistema virtual mediado por un servidor, no hay aspectos subjetivos involucrados en la manipulación de los datos porque su recopilación y análisis se lleva a cabo por este instrumento. Del mismo modo, la aplicación de un sistema interactivo virtual a grupos de individuos autistas en tiempo real, aunque se encuentren en diferentes ubicaciones geográficas, permite obtener un mayor número de datos que son procesados y analizados de forma inmediata.

El uso de aplicaciones virtuales interactivas para centrar la atención de las personas con autismo ofrece muchos beneficios, entre ellos la personalización del enfoque, el control de estímulos, la retroalimentación inmediata, la estructura y la rutina, la interactividad y la participación activa.

Al Personalizar las aplicaciones virtuales interactivas es posible captar y mantener la atención. Esto es especialmente beneficioso para las personas en el espectro del autismo que tienen intereses y necesidades específicas que requieren un enfoque individualizado del aprendizaje. Pueden proporcionar estimulación visual y auditiva de forma controlada y estructurada, ayudando a dirigir y mantener la atención. Estos estímulos se presentan de una manera atractiva y significativa para el individuo, promoviendo así la participación y el compromiso. Este sistema proporciona retroalimentación instantánea y refuerzo visual para mejorar la atención y el aprendizaje. Las tecnologías del aprendizaje y del conocimiento ha enriquecido la experiencia ya que promueve la participación, Quispe-Urco, N. E. (2023).

La retroalimentación inmediata ayuda a mantener la motivación y reforzar los comportamientos deseados, mientras que los elementos de refuerzo visual actúan como incentivos para mantener la atención y completar las tareas. Proporciona una estructura clara y predecible que ayuda a las personas en el espectro del autismo a desarrollar y mantener la atención. La constancia y la rutina que proporciona las AVIs pueden ayudar a reducir la ansiedad y mejorar la capacidad de concentración y participación en actividades educativas y terapéuticas. Y similarmente, A menudo son muy interactivos y fomentan la participación y la exploración activas. Ser capaz de interactuar con el contenido de manera significativa y práctica aumenta la atención y el compromiso de las personas en el espectro del autismo, permitiéndoles aprender de manera más efectiva y significativa. Estos elementos es posible observarlos cuando aumentan el número de respuestas o se disminuye el tiempo de esas respuestas cuando son aplicadas las mismas pruebas de manera repetitiva, Angulo, E. F., & Guato, S. G. (2023)

Las estrategias de innovación docente pueden considerar el uso de aplicaciones interactivas como medio de aprendizaje. Estas prácticas pretenden fortalecer la forma en que se transmite el conocimiento potenciando su adquisición. El uso de herramientas metodológicas proporciona un conjunto de posibilidades que incrementan los procesos de captura de información.

El diseño y aplicación de modelos interactivos con función analítica, permite obtener resultados que son expresiones fieles de lo correcto o incorrecto de las respuestas de la participación de cada individuo. Este tipo de intervención educativa puede ser muy beneficiosa en casos como el del espectro autista. El desarrollo de habilidades relacionadas con la comunicación, la interacción social y el desarrollo conductual puede considerarse en aquellos individuos que presentan deficiencias persistentes en la comunicación social, (Hortal, 2014).

El uso de contextos o realidades virtuales, donde se utiliza el ordenador y un conjunto de aplicaciones gráficas interactivas con una interfaz visual, puede facilitar el proceso de aprendizaje mediante la identificación de imágenes visuales (Parsons, S., Mitchell, P., Leonard, A. 2004). El uso de aplicaciones virtuales interactivas para el aprendizaje de personas en el espectro del autismo y la recopilación de datos a través de un servidor puede personalizar el aprendizaje, monitorear el progreso, personalizar las intervenciones, facilitar el análisis y la investigación, proporcionar acceso remoto y ofrece muchos beneficios importantes, incluida la continuidad del aprendizaje. Estos beneficios pueden ayudar a mejorar el desarrollo y el bienestar de las personas con la condición y permitir enfoques más efectivos e individualizados de educación e intervención, e inclusive, facilitar la autorregulación como proceso de mejora del aprendizaje a través de esta enseñanza virtual. Este tipo de proceso permite una mayor independencia y permite evaluar el desempeño a través de sus resultados. En este tipo de individuos, es necesario evaluar características de cómo aprender haciendo. Del mismo modo, para confirmar el nivel de aprendizaje alcanzado, se deben considerar varios factores, entre ellos la interacción con el entorno, (Sáez, 2018).

La intervención focalizada es un procedimiento de aprendizaje o técnica específica que se pone en práctica para potenciar el desarrollo y el aprendizaje específico, minimizando las conductas que interfieren (Salvadó et al., 2012)

La idea de utilizar entornos tridimensionales con los que el sujeto interactúa en tiempo real es centrar su atención disminuyendo las distracciones. Por esta razón, la inmersión de la persona que lo utiliza en esa realidad creada, provoca un mayor sentido de la experiencia que se está viviendo (Levis, 2007).

En este entorno surge la siguiente interrogante ¿Cómo influye el uso de una aplicación virtual interactiva (AVI) en el aprendizaje de personas en el espectro autista, y cómo se ve beneficiado este proceso con la recopilación de datos a través de un servidor?

El sistema virtual interactivo tiene como objetivo potenciar aspectos de la imaginación, la creatividad o la representación simbólica. Pero además, su intención es que el individuo responda de forma eficaz a indicaciones concretas para desarrollar actividades como hablar, vestirse, cepillarse u otras. El objetivo principal de este estudio es evaluar los resultados del uso de un método virtual interactivo en grupos de individuos con autismo ubicados en diferentes locaciones y al mismo tiempo, y los resultados de la aplicación de las pruebas son procesados por un servidor y ordenados, y procesados de forma inmediata. Y de igual manera, resaltar la importancia de adoptar enfoques innovadores y basados en evidencia para satisfacer las necesidades educativas y terapéuticas de las personas en el espectro del autismo. Al integrar las AVI y la recopilación de datos basada en servidor en programas educativos y de tratamiento, es posible crear un futuro más inclusivo y centrado en la persona para todos los estudiantes con TEA.

### 3 Métodos

El enfoque de investigación es el experimental junto con el análisis de datos. Para recopilar información de los usuarios en tiempo real, se creó una aplicación virtual interactiva utilizando este método. Para examinar los patrones y comportamientos observados, se utilizaron métodos de análisis de datos. Fue una investigación de corte transversal ya que se aplicaron dos pruebas similares con un intervalo de 24 horas con la finalidad de realizar un estudio comparativo.

## **4 Flujo de participantes y periodo de reclutamiento**

La prueba se realizó en dos fases con un intervalo de 24 horas entre cada fase. Los participantes fueron seleccionados en función de sus condiciones en el espectro autista. Las condiciones de los participantes fueron similares. Durante la aplicación de las dos pruebas del estudio no hubo deserción de ningún participante.

## **5 Eventos adversos**

No hubo eventos secundarios durante el estudio que pudieran comprometer su validez.

## **6 Participantes o muestra y criterios de inclusión**

### **6.1 Grupo piloto**

Un grupo de diez niños venezolanos autistas (dos niñas y 8 niños) con edades comprendidas entre los 8 y los 16 años fueron seleccionados de manera no probabilística por conveniencia. Los criterios de inclusión solo tuvieron en cuenta a los individuos que habían sido sensibilizados en procesos de enseñanza-aprendizaje que incluían estudios de letras, palabras, animales, etc. Es decir, aquellos niños que no mostraban signos de lenguaje hablado fueron descartados de la prueba piloto. De igual manera, los niños seleccionados estaban ubicados en zonas geográficamente diferentes. Esta condición permitía evaluar la eficiencia del servidor en cuanto a registro, ordenamiento y respuesta en tiempo real para cada individuo.

Después de instalar la aplicación en tabletas u ordenadores personales, se aplicaron dos pruebas en el mismo grupo de niños y al mismo tiempo. Figuras de animales hablantes, animaban al niño a responder su tipo o nombre.

## **7 Instrumentos**

### **7.1 Instalación de la aplicación**

La aplicación se instaló en las tabletas o computadoras personales de los participantes. Cada aplicación tenía la misma secuencia de figuras de animales que le preguntaban al participante: "¿quién soy? Dime quién soy, habla" Y esta pregunta se repitió 3 veces para cada animal.

Cada respuesta fue procesada por un servidor.

### **7.2 Tipo de servidor:**

Fabricante HP, Modelo ProLiant DL180 Gen9, CPU 16, Tipo de procesador Intel Xeon CPU E5-2620 2.10GHz, Núcleos 8, Memoria 64GB, HDD 1.81 GB, y HDD 1GB copia de seguridad externa.

### **7.3 Instalación del sistema en su versión web:**

Se instala un sistema operativo Centos 9 Server, una base de datos Maria DB y una instancia xampp del servidor apache con bibliotecas PHP.

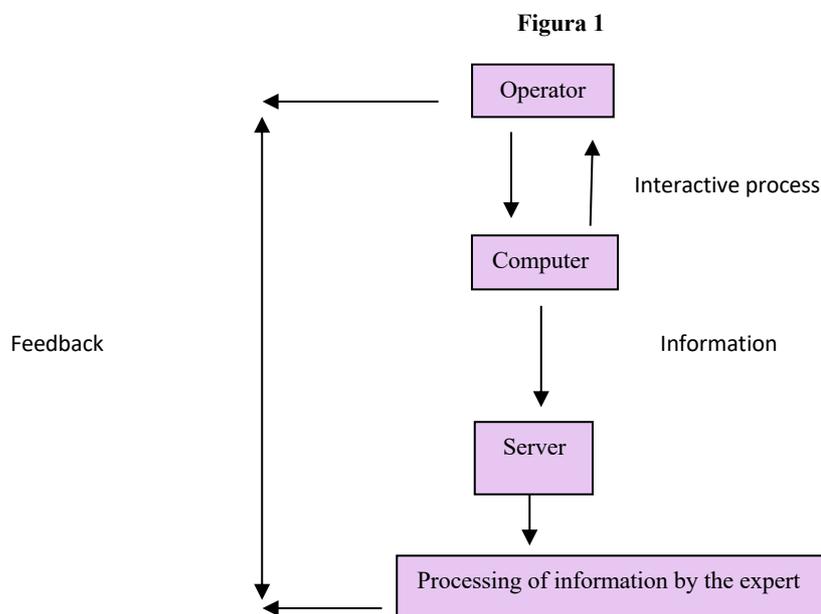
### **7.4 Procedimiento de trabajo**

La respuesta obtenida por la interacción entre el operador autista y la aplicación se registra en un servidor (fig. 1). Esta información permite procesar datos estadísticos sobre la capacidad de respuesta, las respuestas positivas o negativas y el tiempo de respuesta. En otros casos que no sean la estimulación del habla, el tutor puede proporcionar información sobre si la actividad se ha completado o no.

## 7.5 Captura de información:

El sistema se basa en un servidor Apache. Este es un tipo de servidor web HTTP de código abierto que se encarga de almacenar, procesar y servir páginas web a los usuarios del programa. Este tipo se distribuye bajo una licencia de código abierto, y también es gratuito. Es un software multiplataforma, por lo que funciona en servidores Linux como Windows. El servidor Apache maneja las solicitudes HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto), que son realizadas por los navegadores web. En este servicio puedes almacenar programas en diferentes lenguajes, como Perl, PHP y Python, entre otros. Consiste en una dirección IP (Protocolo de Internet) real y registrada que le da acceso a cualquier persona en cualquier parte del mundo. Este número de IP es asignado por la institución y la empresa que ofrece el servicio de internet; y debe ser una IP estática (que no cambia) cuando el usuario ingresa la dirección web (URL) en su navegador esto lo conectará directamente con el servidor, y este procesará la información dentro de la base de datos ya mencionada, además de que la base de datos consta de varias tablas, con información, imágenes y audio. También se registrarán las respuestas y registros dentro de la base de datos para su posterior exportación, y que esta pueda ser analizada por expertos.

En el sistema se solicitará acceso al micrófono para poder grabar el sonido generado por el usuario y poder compararlo con una base de datos; También almacenará el tiempo de respuesta del usuario para tener una referencia de su progreso y el nivel en el que se encuentra. La información que se extrae directamente del servidor mediante SSH (Secure Shell Protocol) o mediante un gestor de bases de datos como Workbench permite exportar la base de datos de datos y pasarla a Excel para su posterior análisis.



**Figura 1.** La respuesta del operador es procesada por el servidor. De esta manera, es posible evaluar o modificar los objetivos. En este sistema, el servidor proporciona información sobre las respuestas correctas, las respuestas fallidas, la ausencia de respuestas y el tiempo transcurrido entre una respuesta y otra. De esta manera, es posible reformular la estrategia para alcanzar los objetivos deseados.

## 8 Análisis de datos

### 8.1 Extracción de información y tipos

Se obtuvieron tres tipos de respuestas del servidor: a- respuestas positivas, b- respuestas incorrectas o consideradas negativas y c- respuestas nulas

Las respuestas o falta de respuesta en ambos casos fueron recibidas por la aplicación y transmitidas al servidor. Las respuestas positivas dadas por los niños a los diferentes animales fueron respondidas por la aplicación con la palabra “correcto”. Se extrajo la evaluación estadística procesada en el servidor para comparar los resultados de ambas pruebas. Toda la información fue recopilada, categorizada, clasificada y analizada por un servidor.

## 8.2 Hipótesis del estudio

Con la implementación de pruebas virtuales interactivas repetidas, grupos de personas autistas presentan un mayor número de respuestas correctas.

## 9 Presentación de las imágenes o formas de la aplicación

Para las pruebas 1 y 2, se presentaron 10 figuras o imágenes a cada individuo u operador. Las 10 figuras fueron las mismas para ambas pruebas, y las mismas para cada participante del grupo piloto (fig. 2).

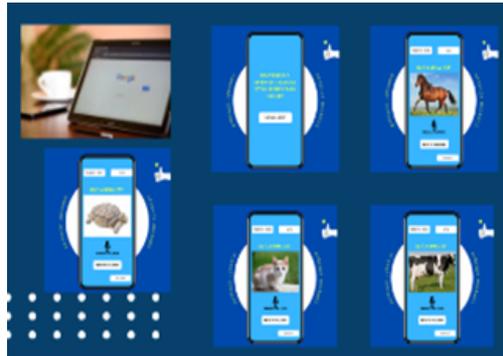


Figura 2. La aplicación se puede instalar en su computadora, tableta o teléfono celular.

## 10 Análisis estadístico

Se utilizó la prueba t de student para comparar los resultados de ambas aplicaciones (prueba 1 y prueba 2)

Prueba de comparación de medias para muestras pareadas

Diferencia -10, t (valor observado) -3000, ItI (valor crítico) 2262, GL 9, valor p (dos caras) 0,015, alfa 0,05.

Hipótesis. Hipótesis nula: las medias son iguales  $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa: las medias son diferentes  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ . Nivel de significación:  $\alpha = 5\%$  (0,05). Decisión: Como el valor p (bilateral) = 0,015 es menor que el nivel de significación del 5% (0,05) debemos rechazar la hipótesis nula Conclusión: las medias son diferentes  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$  como se muestra en la Figura 3.

## 11 Resultados y discusión

Figura 3 De respuestas positivas en las dos pruebas aplicadas a los mismos individuos

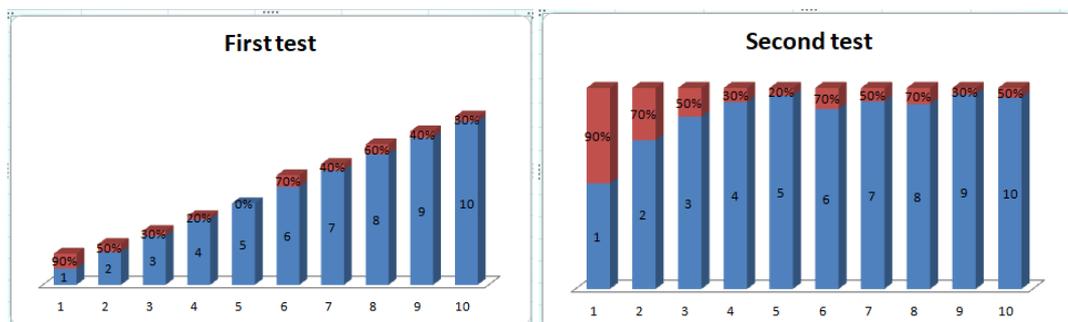
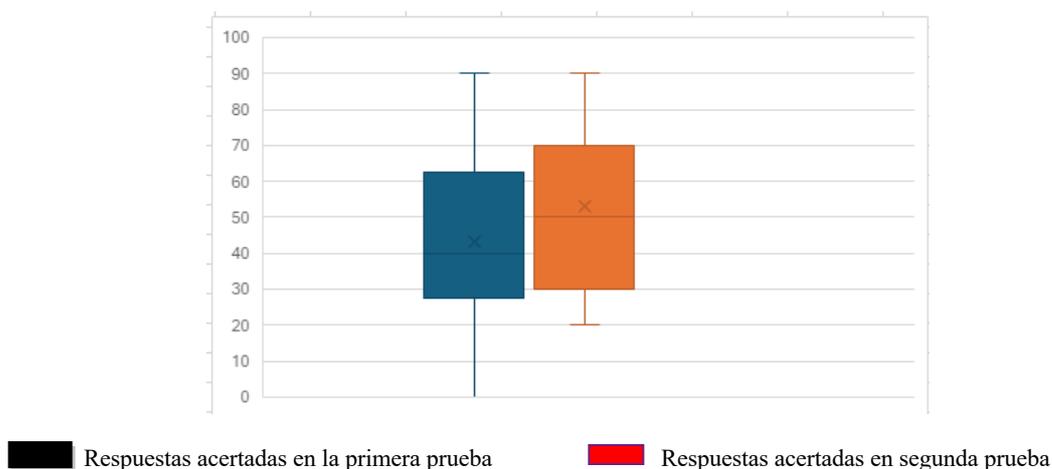


Figura 3. Es posible observar que el 70% de los niños autistas experimentaron un aumento en las respuestas afirmativas que fueron registradas por el servidor. No se registraron respuestas incorrectas, solo las no contestadas.

Figura 4 Gráfico comparativo de la aplicación de las dos pruebas a los mismos individuos



## 12 Discusión

Se han utilizado muchas estrategias para intentar la inclusión escolar de niños y adolescentes en el espectro autista. Dentro de estos mecanismos encontramos las simulaciones. Algunas de estas estrategias consisten en pictogramas, juegos simbólicos, el tipo de esquinas o la señalización visual en color. Sin embargo, gran parte de la información proporcionada sobre el alcance de las ejecuciones es proporcionada por padres o maestros (Reyes, 2020). La diferencia con el sistema interactivo virtual focalizado es que las respuestas dadas por el operador autista a las voces, imágenes y sonidos emitidos por el narrador que ayudan a promover las respuestas del operador son capturadas y procesadas por un servidor. De esta manera, es posible obtener un estadístico porcentual de las respuestas del operador autista que permita evaluar su capacidad para captar y responder al estímulo focalizado (Molina, W., Fernández, C., y Gonzales, J. 2023).

Es necesario analizar cuáles son las prácticas educativas y terapéuticas más adecuadas para la intervención en el espectro autista (Salvado et al., 2012). La evaluación de la eficacia de los modelos; permite individualizar la intervención. La filosofía del sistema de aprendizaje virtual interactivo es obtener información para definir cuál es la estrategia más adecuada para la intervención. Y esta información es proporcionada por el servidor de manera inmediata aunque sea aplicada a grupos de individuos situados en diversas locaciones. Los hallazgos reportados por el uso del servidor, permite eliminar la posibilidad de sesgo debido a la manipulación por parte de intermediarios. Uno de los grandes retos del uso de las tecnologías de la información y la comunicación como sistema de aprendizaje es precisamente la falta de interacción entre el profesor y el alumno en los casos de educación especial y fundamentalmente en aquellos individuos donde es necesaria la interacción entre la familia, el profesorado y el personal especializado.

Otra situación problemática es el establecimiento de una estructura didáctica de aprendizaje asociada a las personas con discapacidad (Ministerio de Educación del Perú, 2010). A pesar de que el aprendizaje virtual es un proceso donde se pueden desarrollar diversas acciones pedagógicas, donde su flexibilidad y adaptabilidad al entorno puede permitir la mejora del autoconocimiento (Juca, 2016), el problema es la subjetividad en la cuantificación del aprendizaje. Del mismo modo, la implementación de estrategias se aplica generalmente de forma individual. Por esta razón, es difícil recopilar datos que puedan servir como retroalimentación para mejorar las estrategias de aprendizaje. La educación virtual ha sido considerada como una actividad potenciadora de la autonomía en el autista, (Zambrano, E y Meneses, C, 2011)

Las investigaciones actuales han demostrado que las personas en el espectro del autismo suelen mostrar un gran interés e interés por la tecnología, lo que hace que las aplicaciones virtuales sean una herramienta de aprendizaje e intervención atractiva y eficaz. Estas aplicaciones se pueden adaptar a las necesidades específicas de las personas con TEA, proporcionando entornos estructurados y controlados que fomentan la participación y el aprendizaje significativo

La utilización de sistemas virtuales interactivos cuya recolección de datos está mediada por un servidor permite crear planes de estudio personalizados que responden de manera flexible a las necesidades y habilidades individuales de cada persona con TEA. Es posible en investigaciones futuras utilizar los sistemas virtuales interactivos utilizando algoritmos de inteligencia artificial para adaptar el contenido educativo en tiempo real según el progreso y las respuestas de los usuarios. Este tipo de recolección de datos basadas en servidores puede

ofrecer acceso remoto a recursos educativos, permitiendo a los usuarios en diferentes ubicaciones geográficas acceder a intervenciones y materiales especializados, incluso en regiones con recursos limitados.

### **13 Importancia del método**

El uso de un servidor como medio para recibir y ordenar la información proporcionada por cada dispositivo donde se ha colocado la aplicación, permite al terapeuta valorar objetivamente varios aspectos al mismo tiempo. Dentro de estos elementos es posible mencionar los siguientes: Porcentajes de respuestas afirmativas, porcentaje de respuestas negativas, tiempo transcurrido para responder a cada pregunta, interfaz entre una respuesta y otra y, la ausencia de respuestas. Del mismo modo, el terapeuta puede realizar un estudio comparativo que permita detectar puntos críticos en la aplicación y, a partir de este feedback, modificarlos.

### **14 Limitaciones del estudio**

Al tratarse de una prueba piloto pequeña y aplicada en ambas fases con un intervalo de 24 horas, es necesario utilizar la aplicación en un tamaño de muestra mayor incluyendo más fases de aplicación. De esta manera, los resultados pueden ser más claros en una población que ya ha sido sensibilizada varias veces.

### **15 Aspectos éticos**

Todos los aspectos éticos de los estudios en humanos fueron observados y respetados bajo los estándares de Helsinki. Los aspectos éticos fueron analizados y aprobados por el comité integrado de biopatología de la Universidad de Los Andes.

### **16 Agradecimientos**

Al profesor Carlos Fernández y al Dr. Ronnie Molina por su contribución a este estudio.

### **17 Conflictos de intereses**

El autor declara que no tiene ningún conflicto de intereses con ningún participante o institución.

### **18 Conclusión**

Muchas han sido las aplicaciones virtuales utilizadas en el espectro autista. Sin embargo, la diferencia con el sistema virtual interactivo es que este sistema permite un registro de la información de la cantidad de aprendizaje alcanzado. Esta información facilita el establecimiento de nuevos patrones de aprendizaje de acuerdo con las necesidades individuales. En el análisis comparativo de las muestras pareadas mediante la aplicación de la prueba con un intervalo de 24 horas, fue posible observar un aumento en las respuestas positivas de los individuos seleccionados. Por esta razón, es posible entender que las aplicaciones sucesivas de la prueba pueden producir un alto número de respuestas positivas. Este sistema no pretende ser un sustituto de otros existentes. Su intención, es la de ser una herramienta complementaria que puede utilizar la focalización virtual del operador autista para mejorar su aprendizaje y el habla.

## Referencias

- [1] Angulo Acosta, E. F., & Guato Sánchez, S. G. (2023). Diseño de una plataforma virtual interactiva para el apoyo de terapias en niños con espectro autista (Bachelor's thesis).
- [2] Arbeláez-Gómez M.(2014) Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) un instrumento para la investigación. *Investig. andina*. Julio; 16(29)
- [3] De Luca, R., Leonardi, S., Portaro, S., Le Cause, M., De Domenico, C., Colucci, P. V., ... & Calabrò, R. S. (2021). Innovative use of virtual reality in autism spectrum disorder: A case-study. *Applied Neuropsychology: Child*, 10(1), 90-100.
- [4] Hernández, Á., Fernández, R., Hernández, L. A., & Toledano, D. T. (2005). Evaluación de la Usabilidad de los Sistemas de Verificación Biométrica. In VI Congreso Interacción Persona Ordenador, Granada (pp. 1-4).
- [5] Hortal, C. (2014). Trastorno del espectro autista ¿cómo ayudar a nuestro hijo con TEA? Barcelona: Medici.
- [6] Kanematsu, H., Ogawa, N., Shimizu, A., Shirai, T., Kawaguchi, M., Kobayashi, T., Nakahira, K., & Barry, D. (2017). Skype discussion for PBL between two laboratories and students Biological/Psychological responses. *Procedia Computer Science*, vol. 112, pp. 1730-1736.
- [7] Lakshminarasimhappa, M. C. (2022). Web-based and smart mobile app for data collection: Kobo Toolbox/Kobo collect. *Journal of Indian Library Association Now Available at <https://journal.ilaindia.net/>*, 57(2), 72-79.
- [8] Levis, D. (2007). ¿Qué es la realidad virtual? Ciudad: Argentina.
- [9] Lozano, A. (2009). Metodología de desarrollo de sistemas virtuales interactivos inteligentes de ayuda al aprendizaje de tareas procedimentales basadas en la realidad virtual y mixta, servicio de publicaciones de la Universidad de Navarra. ISBN 978-84-8081-348-8, tesis doctoral.
- [10] M. Camila, G. Johana y G. Ana (2021) « Actividades lúdicas para reforzar la atención y concentración durante las clases en zoom en los infantes de tres a cuatro años,». Citada por Angulo, E y Cuato, S (2022) Diseño de una plataforma virtual interactiva para el apoyo de terapias en niños con espectro autista, Tesis
- [11] Ministerio de educación de Perú (2010). Guía para orientar la intervención de los servicios de apoyo y asesoramiento para la atención de las necesidades educativas especiales SAANEE. Dirección general de educación básica especial.
- [12] Molina, W., Fernandez, C., and Gonzalez, j. (2023). Proposal of an interactive application to stimulate spoken language in the autism spectrum: Phase I, *International journal of research*, e-ISSN: 2348-6848, p-ISSN 2348-795x, vol. 10 ISSUE 06, DOI: <https://doi.org/10.5281/Zenodo.8024207>.
- [13] Parsons, S., Mitchell, P., Leonard, A. (2004). The use and understanding of virtual environments by adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal Autism Dev Disord*, 34, 449-66.
- [14] Quispe-Urco, N. E. (2023). WebApps para Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) y su uso en asignaturas de educación básica. *YUYAY: Estrategias, Metodologías & Didácticas Educativas*, 2(1), 108-122.
- [15] Reyes, A. L. (2020). Estrategias de simulación para la adaptación de los niños con trastorno espectro autista en escuelas primarias en santiago 2020. Trabajo de Grado para optar por el título de Licenciado (a) en Educación Especial
- [16] Sáez, J. M. (2018). Estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza. Madrid, España: UNED.
- [17] salvadó, B., PaLau, m., CLoFent, M., Montero, M. y Hernández, M. A. (2012). Modelos de intervención global en personas con trastorno del espectro autista. *Revista Española de Neurología*, 54 (Supl. 1), 63-71
- [18] Tuna, A. (2023). Gamification as an Assistive Tool for Children With Autism Spectrum Disorder. In *Inclusive Phygital Learning Approaches and Strategies for Students With Special Needs* (pp. 151-168). IGI Global.
- [19] Zambrano, E. C., y Meneses, C. M. (2011). Creación, diseño e implantación de plataforma e-learning utilizando mundos 3d para los niños con trastorno del espectro autista (TEA). *Revista Educación y Desarrollo Social*, 5 (1), 70-80.

## Random Forest in the early detection of suicide Bosque Aleatorio en la detección temprana del suicidio

Daniel Alejandro Barajas Aranda, Aurora Torres Soto, María Dolores Torres Soto  
Universidad Autónoma de Aguascalientes; Av. Universidad # 940, Ciudad Universitaria,  
C.P. 20100, Aguascalientes, Ags. México  
alengot@hotmail.com, atorres@correo.uaa.mx, mdtorres@correo.uaa.mx

Fecha de recepción: 17 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Summary.** This article presents a review on the use of Random Forest in the early detection of suicide risk. Random Forest models are a machine learning technique that have been used to identify specific risk factors and improve accuracy in predicting suicide risk compared to other machine learning methods or traditional models. In this article, a methodology is proposed for the use of Random Forest in the early detection of suicide risk, which includes selecting relevant variables, training the model, and evaluating its accuracy. Some examples of results from the application of Random Forest in early detection of suicide risk are also presented. The results of the review indicate that the use of Random Forest can be a promising tool for suicide prevention and protection of human life. However, further evaluation of its clinical efficacy and ethical and responsible implementation in clinical practice is required.

**Keywords:** Suicide, early detection, Random Forest, machine learning, prevention tools.

**Resumen.** Este artículo presenta una revisión sobre el uso de Bosques Aleatorios en la detección temprana del riesgo de suicidio. Los modelos de Bosque Aleatorio son una técnica de aprendizaje automático que se ha utilizado para identificar factores de riesgo específicos y mejorar la precisión en la predicción del riesgo de suicidio en comparación con otros métodos de aprendizaje automático o modelos tradicionales. En este artículo, se propone una metodología para el uso de Bosques Aleatorios en la detección temprana del riesgo de suicidio, que incluye la selección de variables relevantes, el entrenamiento del modelo y la evaluación de su precisión. También se presentan algunos ejemplos de resultados de la aplicación de Bosques Aleatorios en la detección temprana del riesgo de suicidio. Los resultados de la revisión indican que el uso de Bosques Aleatorios puede ser una herramienta prometedora para la prevención del suicidio y la protección de la vida humana. Sin embargo, se requiere una mayor evaluación de su eficacia clínica y una implementación ética y responsable en la práctica clínica.

**Palabras clave:** Suicidio, detección temprana, Bosque Aleatorio, aprendizaje automático, herramientas de prevención

## 1 Introduction

Suicide is a significant public health issue globally, and its early detection is crucial for effective prevention and management. Recently, machine learning techniques, such as the Random Forest algorithm, have emerged as promising tools for identifying risk factors and predicting suicide risk. The Random Forest algorithm relies on the combination of multiple decision trees to improve the accuracy of predictions. This method has proven effective in identifying complex patterns within mental health data and predicting health outcomes.

In this review, we will explore the literature on the use of Random Forest in the early detection of suicide risk, including the most used predictors and the current limitations of this approach. Early detection of suicide risk is vital to prevent such tragedies, and the use of machine learning techniques like Random Forest can help enhance the precision and effectiveness of this critical task.

Moreover, it is crucial to acknowledge that although the use of machine learning techniques can provide valuable aid in the early detection of suicide risk, these techniques should not be used as substitutes for clinical and psychological evaluations conducted by mental health professionals. It is vital that these methods are used as complementary tools within a comprehensive approach to mental health care, which includes prevention strategies, therapeutic interventions, and ongoing monitoring of at-risk patients.

Finally, when using machine learning algorithms in the context of mental health, it is essential to consider ethical and privacy considerations as sensitive data is managed, and patients' rights and data privacy regulations must be respected.

## 2 Suicide

Death, as medically defined, is the cessation of biological functions, characterized by the irreversible termination of cardiorespiratory and/or neurocerebral functions, leading to a loss of vital signs that the body cannot maintain independently [1]. Suicide, stemming from the Latin words "sui" (of oneself) and "caedere" (to kill) [2], is the act of intentionally causing one's own death.

Various factors associated with suicide can be categorized into several causes according to Barajas [3]. These include physiological alterations that impact the individual at a biological level, such as genetic predisposition or chemical imbalances in the brain. Psychological factors encompass mental illnesses, including mood disorders like depression, bipolar disorder, and anxiety disorders, or personality disorders. Social factors consider the individual's interactions within their societal and cultural environment, such as isolation, bullying, or the lack of a support network. Finally, environmental factors external to individuals include elements like access to lethal means, exposure to suicidal behavior, or stressful life events such as financial hardship or personal loss.

Understanding these interconnected factors is crucial in developing effective strategies for suicide prevention. It is essential to recognize that suicide is often the result of a complex interplay of multiple factors rather than a single cause. Therefore, suicide prevention efforts must adopt a comprehensive approach, considering all these different elements.

Furthermore, it is vital to dispel the stigma associated with suicide, as it can function as a barrier to individuals seeking help. Public education about suicide, its risk factors, and available resources is a vital component of suicide prevention. Comprehensive suicide prevention also involves improving access to mental health care and promoting early intervention strategies that can identify at-risk individuals before a crisis occurs. The use of predictive tools like the Random Forest algorithm can play a critical role in these early intervention strategies.

## 3 Random forest

Random Forest is a powerful machine learning algorithm characterized by its adaptability and robustness. Conceptualized as an "ensemble" method, it combines the outputs of multiple decision trees to refine overall prediction accuracy, as noted by Han et al. [4]. The uniqueness of Random Forest lies in the construction of its individual decision trees, each built using a distinct, randomly drawn subset of the overall dataset - a method referred to as bootstrapping. This stratagem not only curtails correlation between trees but also mitigates overfitting, enhancing the model's generalization ability and predictive precision.

A distinguishing facet of the Random Forest algorithm is its inherent feature selection capability. By identifying the most significant predictors, it refines the model's complexity and augments interpretability. This is especially beneficial in fields like healthcare, where understanding the vital risk factors can significantly influence preventive strategies and therapeutic interventions.

In the realm of suicide risk prediction, a diverse set of predictors has been identified and employed in the formulation of Random Forest models. As outlined by Chekroud et al. [5] and Ribeiro et al. [6], these predictors span various demographic, psychological, and situational factors, demonstrating the algorithm's versatility.

It is, however, imperative to remember that the performance of a Random Forest model is intrinsically tied to the quality and relevance of the input data. In suicide risk detection, data often encompass complex and sensitive variables such as mental health history, substance abuse patterns, and subjective experiences. These variables necessitate thoughtful handling to uphold ethical standards and ensure patient confidentiality.

Further, while the interpretability of Random Forest models surpasses that of many other machine learning algorithms, the complexity inherent in the methodology can pose challenges. Thus, despite their utility in providing potentially life-saving insights and predictions, the outcomes of Random Forest models should be viewed as one component in a broader spectrum of information. These models should be used in tandem with other clinical tools and expert judgment for making informed decisions in suicide prevention.

## 4 Materials and Methods

The proposed methodology for employing Random Forest in the early detection of suicide risk consists of a systematic and structured approach, elaborated as follows:

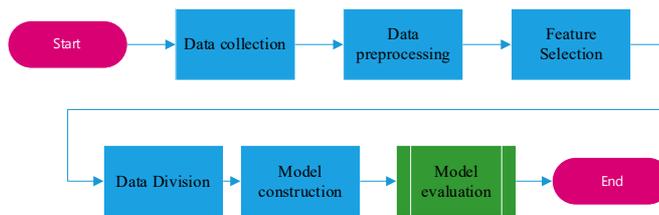


Figure 1. Methodology

**Data Collection:** The first step entails gathering pertinent data, serving as potential predictors of suicide risk. These include, but are not limited to, demographic attributes, medical and mental health history, substance use patterns, stress factors, and other salient variables that might contribute to suicide risk.

**Data Preprocessing:** Data preprocessing follows, ensuring that the collected data is complete, consistent, and free from errors. This process involves dealing with missing data, outlier detection, error correction, and data normalization to create a suitable format for further processing and analysis.

**Feature Selection:** Utilizing feature selection techniques, the most significant variables predicting suicide risk are identified. This process not only streamlines the model by reducing dimensionality but also enhances the model's overall predictive accuracy and interpretability.

**Data Partition:** Subsequently, the preprocessed dataset is split into two subsets: the training set and the testing set. The training set serves the purpose of building and refining the Random Forest model, while the testing set is reserved for evaluating the model's predictive performance.

**Model Construction:** The Random Forest model is then constructed using the training dataset. During this phase, model parameters are meticulously tuned to maximize prediction accuracy. This iterative process involves generating multiple decision trees and determining optimal parameters to reduce model bias and variance.

**Model Evaluation:** Finally, the model's predictive accuracy is evaluated using the testing dataset. Various performance metrics such as precision, sensitivity, specificity, and the area under the ROC curve are used to assess the model's capacity to predict suicide risk accurately.

This comprehensive methodology provides a robust framework for harnessing the power of Random Forest in the early detection of suicide risk. However, it is essential to note that these models should be periodically updated and validated using new data to maintain their predictive accuracy, given the dynamic nature of factors contributing to suicide risk. This iterative process ensures that the models remain relevant and useful in clinical practice over time.

## 5 Results

The primary classification models utilized in this study were Random Forest models. These models are machine learning algorithms that construct multiple decision trees and amalgamate their results to derive a more accurate prediction. The models were trained on diverse databases, which included relevant information for detecting suicide risk such as mood-related factors, stress, nervousness, and an amalgamation of all these variables.

Different kernels, namely Gini and Entropy, were evaluated, and the models' depths were adjusted to assess their accuracy in the early detection of suicide risk. The precision of the classifiers was assessed using various metrics such as precision, sensitivity, specificity, and area under the ROC curve.

Table 1. Viability

Depth	Mood		Stress		Nervousness		ALL	
	Kernel	Kernel	Kernel	Kernel	Kernel	Kernel	Kernel	Kernel
1	0.73	0.73	<b>0.73</b>	<b>0.73</b>	0.73	0.73	0.74	0.74
10	0.73	0.73	0.71	0.71	0.73	0.73	<b>0.76</b>	0.72
20	0.75	0.75	0.61	0.65	0.73	0.73	0.74	0.7
30	0.71	0.75	0.61	0.63	<b>0.75</b>	0.75	0.72	0.74
40	0.71	0.75	0.61	0.67	0.73	0.73	0.68	0.7
50	0.71	0.75	0.65	0.61	0.73	0.73	0.66	0.72
60	0.71	0.67	0.61	0.63	0.75	0.73	0.66	0.7
70	0.73	0.75	0.63	0.61	0.75	0.73	0.66	0.7
80	<b>0.76</b>	0.71	0.63	0.61	0.75	0.73	0.72	0.74
90	0.69	0.75	0.63	0.63	0.73	0.73	0.7	0.72
100	0.73	0.75	0.61	0.61	0.73	0.73	0.68	0.7

Table 1, showing the reliability of a Random Forest model in detecting suicide risk, demonstrated that accuracy values across different combinations of depth and impurity function ranged from 0.61 to 0.76. The combination of depth twenty and Gini impurity function yielded the highest accuracy for the "whole" predictor, with a value of 0.74. However, it is critical to remember that the model's accuracy can fluctuate based on the data used and the population studied.

The confusion matrices, presented in Tables 2 to 6, showed the performance of different Random Forest models trained for suicide risk detection using different variables and kernel combinations. It was observed that the models had moderate accuracy in detecting suicide risk, with some instances of false positives and false negatives.

**Table 2.** Confusion Matrix - mood – depth 80 kernel Gini

Confusion Matrix			
predicted class	suicides	7	6
	not suicidal	7	31
		suicides	not suicidal
		True class	

**Table 3.** Confusion Matrix – stress – depth 1 kernel gini

Confusion Matrix			
predicted class	suicides	0	0
	not suicidal	14	37
		suicides	not suicidal
		True class	

**Table 4.** Confusion Matrix – stress – depth 1 kernel entropy

Confusion Matrix			
predicted class	suicides	0	0
	not suicidal	14	37
		suicides	not suicidal
		true class	

**Table 5.** Confusion Matrix – nervousness – depth 30 kernel gini

Confusion Matrix			
predicted class	suicides	0	0
	not suicidal	14	37
		suicides	not suicidal
		true class	

**Table 6.** Confusion Matrix – all - depth 10 kernel gini

Confusion Matrix			
predicted class	suicides	2	2
	not suicidal	11	35
		suicides	not suicidal
		true class	

For instance, the "mood" predictor model accurately classified thirty-eight out of forty-five cases, with seven false positives and six false negatives. Conversely, the "stress" and "nervousness" predictor models did not

correctly classify any cases as suicidal, indicating that these predictors alone might not be sufficient for early detection of suicide risk.

The "whole" predictor model accurately classified thirty-seven out of forty-eight cases, with two false positives and nine false negatives, suggesting that a combination of different predictors could improve the accuracy of suicide risk detection.

In summary, the results indicate that Random Forest models can offer moderate accuracy in the early detection of suicide risk using different predictors and kernel combinations. However, these results also highlight the need for a more extensive and thorough evaluation to determine the models' clinical effectiveness.

## 6 Conclusions

The research project aimed to investigate the potential of Random Forest models for early suicide risk detection, using a range of predictors including mood, stress, and nervousness indicators, as well as an amalgamation of these factors. Our findings suggest that these models can offer moderate accuracy in detecting suicide risk, albeit not without room for improvement.

The model that incorporated all variables (mood, stress, and nervousness) yielded the highest accuracy, underpinning the complexity of suicide risk detection and highlighting the importance of a multifactorial approach. This suggests that a single symptom or factor may not suffice for reliable suicide risk prediction, and a holistic view of an individual's mental health status should be considered.

However, it is important to acknowledge that these models, despite their promising results, are not foolproof. The presence of both false positives and false negatives in our findings reinforces this fact. Hence, while AI and machine learning have the potential to augment current suicide risk detection strategies, they should not replace traditional methods, but rather be integrated as supplementary tools.

Furthermore, these models' generalizability to diverse populations is yet to be ascertained. The sample size used for this study, although adequate for an initial investigation, is small. For future studies, incorporating larger and more diverse datasets could enhance the robustness and applicability of the findings.

In conclusion, the use of machine learning, specifically Random Forest models, shows potential in aiding the early detection of suicide risk. However, further research is necessary to refine these models, reduce false positives and negatives, and validate the results in broader and more diverse populations. This study paves the way for future exploration in this promising field.

## References

- [1] N. Campos, "Diplomado en el Protocolo de Actuación (PROL-SMDIFAGS-SUIC/2016)." 2016.
- [2] "Definición de suicidio - Diccionario del español jurídico - RAE." [Online]. Available: <https://dej.rae.es/lema/suicidio>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [3] D. Barajas, "Identificación de Factores de Riesgo determinantes en el suicidio en Aguascalientes mediante la técnica de Testores Típicos," Universidad Autonoma de Aguascalites, Aguascalientes Mexico, 2017.
- [4] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Preprocessing*. 2012.
- [5] A. M. Chekroud, "Anticipating suicide will be hard, but this is progress," *Am. J. Psychiatry*, vol. 175, no. 10, pp. 921–922, Oct. 2018.
- [6] J. D. Ribeiro et al., "Self-injurious thoughts and behaviors as risk factors for future suicide ideation, attempts, and death: a meta-analysis of longitudinal studies," *Psychol. Med.*, vol. 46, no. 2, pp. 225–236, 2016

## Empowering Students with Autism Spectrum Disorder in Mathematics. A Case Study of Successful Interventions

### Empoderando a Estudiantes con Trastorno del Espectro Autista en Matemáticas. Un Estudio de Caso de Intervenciones Exitosas

Gamboa Graus, M.E.<sup>1</sup>, Zaldivar Guzmán, Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Center for Pedagogical Studies, Las Tunas University, Las Tunas, Cuba.

<sup>2</sup> Special Education Department, Las Tunas University, Las Tunas, Cuba.

<sup>1</sup>michelgamboagraus@gmail.com, <sup>2</sup>guzmanzaldivaryoenia@gmail.com

Fecha de recepción: 17 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Summary.** This paper presents a case study of John, a high school student with Autism Spectrum Disorder (ASD), and his journey towards pursuing computer engineering at Las Tunas University. Despite John's strengths in computer science and programming, he faced challenges in mathematics, specifically geometry and logarithms, due to ASD-related difficulties in abstract thinking, sensory processing, and executive functioning. To support John, a multi-faceted intervention approach was adopted, including a structured learning environment, visual aids and manipulatives, breakdown of complex tasks, multisensory instruction, technology integration, positive reinforcement, peer collaboration, and university preparation. John's significant progress highlights the effectiveness of individualized support and a strengths-based approach in empowering students with ASD to overcome mathematical challenges. This case study serves as a valuable resource for educators and families supporting students with ASD in STEM fields, emphasizing the importance of tailored interventions and collaborative efforts.

**Keywords:** Mathematics, Autism Spectrum Disorder, Interventions.

**Resumen.** Este artículo presenta el caso de estudio de John, estudiante de Educación Preuniversitaria con Trastorno del Espectro Autista (TEA) y su camino hacia la Ingeniería Informática en la Universidad de Las Tunas. A pesar de sus habilidades en Informática y programación, John enfrentó desafíos en matemáticas, específicamente Geometría y logaritmos, debido a dificultades propias del TEA en pensamiento abstracto, procesamiento sensorial y función ejecutiva. Para apoyarlo, se implementó un enfoque de intervención multifacético: entorno de aprendizaje estructurado, ayudas visuales y manipulativas, desglose de tareas complejas, instrucción multisensorial, integración de tecnología, refuerzo positivo, colaboración entre pares y preparación universitaria. El progreso de John evidencia la efectividad del apoyo individualizado y un enfoque basado en fortalezas para que estudiantes con TEA superen desafíos matemáticos. Este caso busca servir como recurso para educadores y familias que apoyan a estudiantes con TEA en campos STEM, destacando la importancia de intervenciones personalizadas y la colaboración.

**Palabras Clave:** Matemática, Trastorno del Espectro Autista, Intervenciones.

## 1 Introduction

Meet John, a 17 years old senior high school student who is passionate about computers and has autism spectrum disorder (ASD). He has always been fascinated by technology and loves tinkering with computers in his free time. He is very good at coding and has already created a few small software programs on his own.

John's ASD means that he faces some challenges in social interactions and has difficulty with certain sensory experiences. However, he has learned to cope with these challenges and has developed some strategies to help himself manage his symptoms.

John is determined to pursue a degree in computer engineering at Las Tunas University. His family and mentors have researched several universities, and their computer engineering programs, and have identified that this profession suits his interests and abilities. They have also connected with a few current students with ASD who are studying computer engineering to get advice and support. So, he could be the first student with ASD ever studying any engineering career in this Cuban university.

John's school has been very supportive of his goals and has provided him with accommodations, such as extra time on tests, to help him succeed academically. However, he is unable to be in a support group for students with ASD where he could connect with peers who face similar challenges and share strategies for coping.

Despite the challenges he faces, John is excited about the opportunities that studying computer engineering can bring him. He hopes to use his skills to develop new technologies that can help people with disabilities and make the world a better place.

As a student with ASD, John faces some difficulties in Mathematics. These difficulties include:

- *Difficulty with abstract thinking:* He has difficulty with abstract concepts, which can make it challenging for him to understand advanced mathematical concepts such as algebra or geometry.

- *Sensory issues*: He has had hypersensitive to certain sensory inputs, such as noise, which can make it difficult for him to concentrate on mathematical problems.
- *Difficulty with social communication*: Mathematics often involves group work and collaboration, which have been challenging for him, because he struggles with social communication.
- *Rigid thinking*: He often has a tendency towards rigid thinking, which can make it difficult for him to see alternative ways of approaching mathematical problems.
- *Difficulty with executive functioning*: Executive functioning refers to a set of cognitive skills that are necessary for planning, organizing, and completing tasks. He struggles with executive functioning, which make it difficult for him to stay focused on mathematical tasks and complete them in a timely manner.

Despite these challenges, with appropriate support and accommodations, John can still succeed in mathematics and pursue his passion for computer engineering.

## 2 Background information

The neurodevelopmental disorder known as ASD is characterized by deficits in social interaction and communication as well as the presence of restricted, repetitive behaviors [1]. It is a spectrum disorder, which means that individuals with ASD can have a wide range of symptoms and abilities.

Mathematics is a subject that can be particularly challenging for individuals with ASD. Some studies have shown that students with ASD tend to have lower math achievement scores compared to their neurotypical peers. Additionally, some individuals with ASD may have difficulty with specific aspects of math, such as understanding abstract concepts, following multi-step instructions, and solving word problems.

One reason for the difficulties in math among individuals with ASD may be related to their cognitive processing. People with ASD tend to have strengths in visual-spatial processing, but they may have difficulties with executive function, which can affect their ability to organize and plan complex tasks like math problems. In addition, they may have difficulties with working memory, which can impact their ability to hold information in their mind long enough to solve math problems.

Sensory issues can also play a role in math difficulties for individuals with ASD. They may be easily distracted by environmental stimuli such as sounds, lights, or textures, which can interfere with their ability to focus on math problems.

In conclusion, individuals with ASD may face unique challenges in learning mathematics due to a combination of factors related to cognitive processing, executive function, working memory, and sensory issues. However, with appropriate support and accommodations, many individuals with ASD can succeed in math and pursue careers in STEM fields.

## 3 Addressing these difficulties

There are several interventions that have been suggested to address the difficulties that individuals with ASD may face in learning mathematics. Here are a few examples, along with relevant references:

- *Multisensory Teaching*: Research has shown that using multisensory teaching methods can help individuals with ASD better understand mathematical concepts. This approach involves incorporating multiple senses, such as visual and auditory, into the teaching of math. For example, teachers can use manipulatives, diagrams, and videos to help illustrate concepts. [2]
- *Assistive Technology*: Assistive technology can provide additional support for individuals with ASD in math. For example, software programs that use visual representations or gamification can help make math more engaging and easier to understand. [3]
- *Explicit Instruction*: Providing explicit instruction and breaking down mathematical concepts into smaller, more manageable steps can be helpful for individuals with ASD. This approach involves being very clear and precise in instructions and breaking down complex tasks into smaller, more manageable steps. [4]
- *Peer Tutoring*: Peer tutoring has been shown to be an effective strategy for improving math skills for individuals with ASD. This approach involves pairing a student with ASD with a neurotypical peer who is skilled in math. The peer tutor can provide additional support, explanation, and guidance as needed. [5]
- *Individualized Accommodations*: Providing individualized accommodations can also be helpful for students with ASD in math. For example, allowing extra time on tests, providing a quiet testing environment, or

breaking assignments into smaller parts can help students manage their symptoms and succeed academically. [6]

Overall, addressing the difficulties that individuals with ASD may face in math involves using a range of interventions and accommodations that are tailored to their specific needs and learning styles.

#### 4 Experimentos y ResultadoSharing experiences

Here are some examples of teachers' experiences working with students with ASD in mathematics:

- Teachers reported that students with ASD benefited from the use of computer-based learning environments for math instruction. A study found that the use of multimedia resources and interactive simulations helped engage students with ASD and promote their understanding of mathematical concepts. They draw attention to significant ramifications for educational interventions involving the provision of metacognitive assistance students with ASD in order to address classroom math performance deficiencies. [7]
- Another study examined the use of a virtual reality math learning environment for students with ASD. The study found that the virtual reality environment helped students with ASD overcome their anxiety and improve their performance in math tasks. [8]
- Teachers have also reported success using peer-mediated interventions to support students with ASD in math. Teachers reported that peer-mediated interventions helped students with ASD improve their math skills and social interactions with their peers. [9]
- Teachers have also found success using visual supports and manipulatives to support students with ASD in math. Teachers reported that the use of visual supports such as graphic organizers and manipulatives such as blocks and shapes helped students with ASD better understand mathematical concepts. [10].

Overall, these studies suggest that teachers have found success using a variety of interventions and technologies to support students with ASD in mathematics. However, it's important to note that individualized support and accommodations may be necessary to meet the unique needs of each student with ASD.

#### 5 Some successful interventions for helping John overcome his challenges

Here are some interventions that were helpful for John to overcome challenges in mathematics, especially when he was struggling with geometry and logarithms:

- *Provided a Structured Learning Environment:* John benefited from a structured learning environment with clear expectations and routines. For example, when John struggled with understanding geometry, it was useful to use pictures to explain the properties of shapes or use videos to demonstrate geometric constructions. Teacher created a consistent routine for math instruction and used visual supports such as schedules, checklists, and organizers to help John with planning and organizing his work.
- *Used Visual Aids and Manipulatives:* Visual aids and manipulatives helped John understand mathematical concepts. Teacher used visual representations, diagrams, and charts to help illustrate abstract concepts, and manipulatives such as counters and shapes to help John learn math through hands-on activities. For example, when John struggled with understanding abstract concepts in math, such as fractions or algebraic equations, it was helpful to use concrete objects or manipulatives such as blocks or fraction circles to help him visualize the concepts. Visual aids such as diagrams or graphic organizers were also used to help John organize his thoughts and see the relationships between different concepts. Since John also battled with understanding logarithms, it was used color coding to visually differentiate between the different parts of a logarithmic equation. For example, they used one color to represent the base, another color to represent the exponent, and a third color to represent the result. This helped John better understand the concept of logarithms.
- *Broke Down Complex Tasks:* John had difficulty with multi-step tasks, so breaking down complex math problems into smaller steps was helpful. Teacher provided step-by-step instructions, used visual supports, and broke down problems into smaller, more manageable parts. For example, teacher broke down the steps involved in constructing a triangle and taught each step separately. He also broke down complex shapes into smaller, simpler shapes. For example, a hexagon was broken down into six triangles and a rectangle was broken down into two squares. Teacher also broke down logarithms into smaller steps like to introduce the concept of exponents and show how they relate to logarithms, define logarithms as the inverse operation of

exponents and provide examples of logarithmic functions, simplify logarithmic expressions by using the properties of logarithms, practice solving equations by applying the rules of logarithms and use real-world examples to help John understand how logarithms are used in practical applications such as to measure sound levels or earthquake magnitudes.

- *Used Multisensory Instruction:* Multisensory instruction involved engaging multiple senses, such as visual, auditory, and kinesthetic, to help John learn math. Teacher used videos, songs, and games to help reinforce math concepts, and incorporated movement and hands-on activities to make learning more engaging. For example, to help John with his problems in geometry, it was used blocks to teach the concept of volume, and tangrams to teach the concept of congruence. Teacher also used tactile experiences to help John understand geometric concepts. For example, he had him trace shapes with his fingers or use different textures to help him differentiate between different shapes. John got better about his sensory issues, nonetheless, it was understood that it was good to provide him with a quiet space to work, minimize distractions in the classroom, and let him take breaks when he wanted to.
- *Used technology:* Technology was a valuable tool for John. Math software and online resources helped him to learn and practice logarithmic concepts in a way that was engaging and interactive. For example, Graspable Math provided a visual and interactive representation of logarithmic concepts, which helped John to understand the concept better. He manipulated the visual representation of logarithmic expressions and equations, which helped him to see the relationships between the different parts of the expression or equation. This tool provided immediate feedback that was particularly helpful for John because he struggled with identifying and correcting errors on his own. It provided step-by-step guidance and reduced the cognitive load required by providing a visual interface that allowed him to manipulate expressions and equations, he was focused on the mathematical concepts rather than the mechanics of solving the problems. Overall, Graspable Math was a valuable tool to support John in learning logarithmic concepts. By providing a visual and interactive interface, step-by-step guidance, error correction, and feedback, Graspable Math helped him to develop a deeper understanding of logarithmic concepts and build his confidence in mathematics. Excel was also used to create interactive learning activities that engaged John. By inputting the logarithmic function into Excel, he saw how changes in the logarithmic base and coefficient affect the graph. So, it helped him understand logarithmic concepts in a concrete and visual way.
- *Provided Positive Feedback and Reinforcement:* John benefited from frequent positive feedback and reinforcement to help build his confidence and motivation. Teacher provided praise for effort and progress and used rewards such as tokens or points to reinforce positive behavior and academic achievement. They also repeated key concepts frequently to help reinforce learning. For example, when teaching the difference between a square and a rectangle, they kept repeating the key differences until John understood.
- *Provided Proper Peer Collaboration:* Appropriate peers were selected for John to work with. Teacher chose peers who were patient, understanding, and willing to help. These peers also had a good understanding of the subject matter. It was provided structured peer collaboration activities, designed to help John build his confidence in his ability to solve math problems. This allowed him to learn from his peers and receive additional support and feedback. John benefited from peer collaboration to enhance interpersonal relationships. It also helped him develop social skills and build friendships with his classmates.
- *Provided University Spaces:* John expressed his expectations and interest in pursuing a university degree in a university meeting [11]. This helped him with his attitude towards overcoming challenges in learning mathematics. He stated that he wanted a career in computer engineering and assured that he was preparing to achieve his goal. His interventions made the university's administrators and teachers aware of the need to create conditions to attend to his diversity, with complex characteristics in his development, but with real potential to pursue the career he aspires to.

These interventions were helpful for John to overcome challenges in mathematics and improve his understanding and skills in geometry and logarithms. However, it's important to note that every student is unique and may require different interventions and accommodations to support their learning. Teachers and educators should work closely with students and their families to develop individualized plans and interventions to meet their specific needs and help them achieve academic success.

## 6 John's successes and progress in his studies

John is a remarkable senior high school student who has made significant progress in his academic journey despite facing some challenges in learning mathematics. He has demonstrated great perseverance and resilience, which are essential qualities for success in any field of study.

He has taken steps to address his difficulties in mathematics. He has sought out additional support from his teachers and peers and has been attending after-school tutoring sessions regularly. Through his hard work and dedication, he has made steady progress in his math studies and has shown improvement in his grades.

Overall, John is a shining example of a student who has overcome obstacles and achieved success through hard work, perseverance, and dedication. His passion for computer engineering and his determination to succeed are admirable qualities that will serve him well in his future studies and career. It is a pleasure to emphasize John's successes and progress in his studies, especially in the field of computer engineering:

- *Academic excellence:* John has consistently performed well in his academic studies, consistently achieving excellent grades in his computer science courses. He has demonstrated a strong understanding of complex concepts and has applied them effectively in his coursework.
- *Passion for computer engineering:* John's passion for computer engineering is evident in his academic pursuits. He has shown a strong interest in programming languages and has consistently demonstrated a keen interest in learning new software and technologies.
- *Research and Innovation:* John has demonstrated creativity and innovation in his research projects, applying computer science and engineering principles to real-world problems. His projects have been recognized by his teachers, peers, and experts in the field.

Overall, John's successes and progress in his studies are impressive, and he has shown exceptional talent and potential in the field of computer engineering. With his passion, dedication, and leadership skills, there is hope that he will excel in his future studies at the university and make significant contributions to the field of computer engineering. There is no doubt, he will be the first student with ASD ever studying computer engineering in Las Tunas University. Teachers have a year to get ready for applying some new interventions and helping John overcome his challenges. It is worthy.

## 7 Conclusions

John is a student with ASD who is struggling with math in senior high school but is planning to study computer engineering at Las Tunas University next year. To help John overcome his difficulties and succeed in his future studies, the following interventions should be implemented:

- Identify John's strengths and interests in computer engineering and use them to motivate him and increase his engagement in math-related activities.
- Use multisensory instruction techniques that cater to John's learning style, such as visual aids, kinesthetic activities, and verbal cues.
- Implement a structured learning plan that breaks down math concepts into smaller, more manageable steps, and provides regular feedback and support.
- Utilize assistive technology such as calculators, graphing software, and other math-specific software that can help John overcome challenges with complex math concepts.
- Encourage John to seek help from his teachers and peers and provide opportunities for him to collaborate with others in group projects and activities.

Overall, with the right support and interventions in place, John can overcome his challenges in math and excel in his future studies in computer engineering at Las Tunas University.

Supporting students with ASD in their academic pursuits is crucial for their academic success, social-emotional well-being, independence, future success, and promoting inclusivity and diversity. It is important for educators, parents, and the wider community to work together to ensure that students with ASD have access to the support and resources they need to thrive academically and beyond. It's a pleasure to strongly encourage readers to learn more about ASD and to consider ways they can help students with these challenges succeed.

**References**

1. American Psychiatric Association: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5™. 5th ed. American Psychiatric Publishing, Inc. (2013). doi: 10.1176/appi.books.9780890425596.
2. McClenney-Rosenstein, L.: Sensory Integration: Exploring the Benefits for Students with Autism at the Secondary Level. Doctoral dissertation, Northeastern University (2019).
3. Root, J. R., Ingelin, B., Cox, S. K.: Teaching Mathematical Word Problem Solving to Students with Autism Spectrum Disorder: A Best-Evidence Synthesis. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 56(4), 420-436 (2021).
4. Root, J. R.: Effects of explicit instruction on acquisition and generalization of mathematical concepts for a student with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 57, 1-6 (2019).
5. Haas, A., Vannest, K., Smith, S. D.: Utilizing peers to support academic learning for children with Autism Spectrum Disorder. *Behavior Analysis in Practice*, 12, 734-740 (2019).
6. Keith, K.: Academic Outcomes for Students with Autism in Middle and High School. Master thesis. George Mason University (2021). <https://hdl.handle.net/1920/11918>
7. Maras, K., Gamble, T., Brosnan, M.: Supporting metacognitive monitoring in mathematics learning for young people with autism spectrum disorder: A classroom-based study. *Autism*, 23, (1), 60-70 (2019).
8. Delisio, L. A., Dieker, L.: Avatars for Inclusion: Innovative mathematical approaches for students with autism. *Childhood Education*, 95(3), 72-79 (2019).
9. Tan, P., Alant, E.: Using peer-mediated instruction to support communication involving a student with autism during mathematics activities: A case study. *Assistive Technology*, 30(1), 9-15 (2018).
10. Taylor, J. C., Hwang, J.: Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics Remote Instruction for Students with Disabilities. *Intervention in School and Clinic*, 57(2), 111-118 (2021).
11. Hernández López, R. M., Gamboa Graus, M. E., Rivas Almaguer, B. N.: Meeting of students with disabilities for a more accessible and inclusive university. In 2022 International Conference on Inclusive Technologies and Education (CONTIE), pp. 71-76. IEEE (2022).

User-Centered Mobile Application for People with Down Syndrome to Understand Basic Math Concepts

Aplicación Móvil Centrada en el Usuario para que las Personas con Síndrome de Down Comprendan Conceptos Matemáticos Básicos

Solís Ramírez, J.A.<sup>1</sup>, Rojano Cáceres, J.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario, Universidad Veracruzana  
Xalapa 91020, Veracruz, México.  
zS22000733@estudiantes.uv.mx  
rojano@uv.mx

Fecha de recepción: 17 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Resumen.** En este trabajo de investigación presentamos el proceso de creación de una aplicación móvil que pueda ayudar a las personas con síndrome de Down según sus necesidades y preferencias. Para ello, aplicamos el Diseño Centrado en el Usuario, ya que privilegia el papel de los usuarios en el diseño. Como resultado conseguimos una iteración completa empezando por conocer los gustos, preferencias y capacidades del usuario a través de la observación; para después diseñar un prototipo en papel, y por último desarrollar y evaluar el prototipo funcional. Como principales resultados, pudimos comprobar que en el sentido tecnológico, las personas con SD pueden interactuar fácilmente con las aplicaciones cuando utilizan dispositivos móviles. Por otro lado, encontramos factores que influyen negativamente cuando los usuarios con SD interactúan con una app. Dichos factores son: limitaciones de movilidad de algunos usuarios que complican la navegación en la pantalla táctil, problemas de visión que hacen que los elementos de la interfaz no se identifiquen claramente y, problemas de lectoescritura que hacen que las instrucciones no se entiendan de forma clara y concisa.

**Palabras Clave:** Síndrome de Down, Matemáticas, Aplicación móvil, Cuisenaire, Diseño Centrado en el Usuario.

**Summary.** In this research paper we present the process for creating a mobile app which can support people living with Down Syndrome according to their needs and preferences. For that purpose, we apply User-Centered Design because of it privileges the role of users in the design. As result we achieve a full iteration starting from knowing the user's tastes, preferences and abilities through observation; for later design a paper prototype, and lastly develop and evaluate the functional prototype. As main results, we could realize that in the technological sense, people living with DS can easily interact with applications when using mobile devices. On the other hand, we found factors that influence negatively when users with DS interact with an app. Such factors are: mobility limitations of some users that complicates navigation on the touch screen, problems of vision that cause the elements of the interface to not be clearly identified and, literacy problems that cause the instructions to be misunderstood in a clear and concise way.

**Keywords:** Down Syndrome, Mathematics, Mobile Application, Cuisenaire, User-Centered Design.

## 1 Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) están cada vez más presentes en nuestro día a día y su impacto se refleja en diferentes ámbitos de nuestra vida [8].

Uno de estos ámbitos está relacionado con la educación, ya que las posibilidades de integración en ésta son cada vez más amplias. Así, el aprendizaje de las matemáticas es un ejemplo dentro de la educación en el que las TIC pueden aportar beneficios como consecuencia de la aplicación de herramientas para la enseñanza a personas con y sin discapacidad [13].

En particular, para este trabajo nos centramos en el ámbito del Síndrome de Down (SD) y sus implicaciones en los procesos educativos de las personas que conviven con esta discapacidad. Este síndrome está causado por una alteración genética producida por la presencia de un cromosoma extra del par 23 [5]; como consecuencia las personas con SD presentan dificultades cognitivas y sensoriales que generan una serie de obstáculos en los procesos de aprendizaje, donde las matemáticas no son la excepción. Así, dichos problemas suponen dificultades en la adquisición de conceptos y habilidades fundamentales como contar o comprender cantidades, las cuales son consideradas como pilares básicos que dan pie a la comprensión de conceptos más complejos que permiten a la persona tener un mejor desempeño y desarrollo social, ya que esta disciplina está presente en muchas actividades cotidianas como: contar dinero, llevar estadísticas, calcular distancias, etc. Así, para acercar a las personas con SD a esta disciplina, es necesario diseñar condiciones y situaciones de aprendizaje que estén orientadas considerando sus necesidades y su aplicación en la vida cotidiana.

Basándose en el punto anterior, investigaciones como [12] proponen el uso de materiales manipulativos que pueden encontrarse en el entorno del alumno para enseñar matemáticas. Estos materiales se clasifican en dos tipos: los concretos estructurados y los no estructurados [12]. En este trabajo nos apoyamos en los elementos estructurados mediante el uso de materiales de diferentes colores y longitudes conocidos como Reglas de Cuisenaire, cuyas bondades han sido expuestas por el trabajo anteriormente citado, de tal forma que los alumnos sordos son capaces de comprender conceptos matemáticos utilizando estos objetos.

Entonces, considerando los beneficios de los materiales concretos decidimos retomar dicha experiencia con alumnos con Síndrome de Down a través del diseño de una propuesta tecnológica implementada en una app. Sin embargo, con el fin de cumplir con el objetivo educativo y buscando la satisfacción de las personas que utilizan la aplicación, decidimos explorar en primer lugar cómo diseñar dicha propuesta tomando como base las diferentes características que están presentes en esta comunidad. En este sentido seguimos una metodología con la filosofía del Diseño Centrado en el Usuario, donde se tienen en cuenta las necesidades de los miembros de este colectivo para dotar a las diferentes herramientas de las condiciones necesarias para que su uso sea autónomo, seguro y proporcione una buena experiencia de usuario [9]. Así, la aplicación que se presenta en este trabajo está diseñada para que las personas con matemáticas practiquen conceptos matemáticos a través de la interacción con reglas de Cuisenaire, lecciones, ejercicios agrupados por niveles de dificultad y otros elementos como sonidos, vibraciones e imágenes que despiertan la curiosidad de los usuarios para explorar los contenidos.

## 1.1 Problema

Gracias a la tecnología es posible superar algunos de los obstáculos presentes en la vida de las personas con SD, permitiendo la adaptación de la información que se les presenta teniendo en cuenta sus necesidades [13]. Sin embargo, la accesibilidad a los recursos tecnológicos sigue siendo uno de los múltiples procesos de exclusión a los que se enfrentan las personas con discapacidad, ya que el proceso de diseño de estas herramientas se aborda desde la concepción y perspectiva de los diseñadores [7] o de los usuarios que no tienen ningún tipo de discapacidad, por lo que, cuando estas tecnologías se aplican a las personas con SD, no suelen funcionar correctamente [10].

En este sentido, es importante prestar atención a los métodos de diseño existentes o, alternativamente, recopilar información que permita la creación de nuevos métodos de diseño que permitan que la interacción con la interfaz del dispositivo se realice sin ningún problema, favoreciendo la accesibilidad y una buena experiencia de usuario [10].

la interacción con la interfaz del dispositivo se realice sin ningún problema, favoreciendo la accesibilidad y una buena experiencia de usuario [10].

## 1.2 Objetivo y alcance

El objetivo principal de este artículo es reportar el proceso de desarrollo de una aplicación móvil para que personas con Síndrome de Down comprendan conceptos matemáticos básicos (conteo numérico), teniendo como soporte investigaciones previas, y utilizando la metodología de Diseño Centrado en el Usuario para identificar las necesidades y características de los usuarios finales.

Por último, informamos de los resultados de una observación realizada con personas con síndrome de Down, que probaron el primer prototipo funcional.

## 2 Estado del Arte

### 2.1 Síndrome de Down

Es una alteración genética producida por la presencia de un cromosoma extra [14] y es la condición más común asociada a la discapacidad intelectual [2].

Se identifican tres tipos de SD [4]:

1. Trisomía 21: cada célula del cuerpo tiene tres copias separadas del cromosoma 21 en lugar de las dos habituales.
2. Síndrome de Down por translocación: presencia de un cromosoma 21 entero adicional, ligado o translocado a un cromosoma diferente en lugar de estar en un cromosoma 21 separado.

- Síndrome de Down con mosaïcismo: algunas de las células tienen una copia del cromosoma 21 pero otras tienen las dos copias típicas del cromosoma 21.

Las características físicas más comunes son [14]:

- Aplanamiento facial.
- Puente nasal ancho.
- Microcefalia con diámetro anteroposterior reducido.
- Los ojos son almendrados, con manchas blancas y grises de Brushfield en la periferia del iris.
- Cuello corto.
- Piel lozana.
- Manos pequeñas y anchas.

## 2.2 Aprendizaje de las matemáticas en personas con síndrome de Down

Es bien sabido que, debido a los diferentes factores presentes en el SD, el aprendizaje se extenderá más allá del programa escolar obligatorio [5], sin embargo, las personas nacidas con SD son capaces de aprender conceptos de diferentes áreas que les permiten capacitarse para lograr una mayor integración social y laboral [3].

Según [3] los niños con SD presentan menos éxito en tareas numéricas que en lectoescritura, argumentando que son capaces de contar de memoria, pero sin comprensión conceptual, todo ello debido a los diferentes factores que afectan a la memoria cuyas principales consecuencias son: dificultades para generalizar conocimientos, retener instrucciones y lentitud para responder a la información transferida. Sin embargo, con las ayudas necesarias se ha demostrado que los niños con SD son capaces de mejorar en sus tareas numéricas utilizando principios de conteo para resolver tareas de cardinalidad [3].

En cuanto a los métodos que deben utilizarse en la enseñanza de las matemáticas en personas con SD, ésta debe equipararse a los contenidos curriculares ordinarios, ya que así se favorece el progreso del alumno en paralelo al de sus compañeros, fomentando su seguridad, autoestima, protección y autonomía [3]. En general, estos métodos deben programar actividades que impliquen la manipulación de materiales cotidianos concretos, juegos y tecnología.

**Enseñanza de matemáticas a través de elementos concretos.** Se ha demostrado que el uso de materiales concretos es un elemento clave para la enseñanza de las matemáticas, ya que están presentes en la vida cotidiana [12]. En este sentido, existen dos tipos de materiales concretos, los no estructurados y los estructurados:

- Los materiales concretos no estructurados son objetos que están al alcance de la mano como: monedas, dados, fichas, palos de madera, etc.
- Los materiales concretos estructurados incluyen: Cubos Montessori, Base 10 o regletas de Cuisenaire. Para este trabajo nos centramos en el último.

**Las regletas Cuisenaire.** Se trata de un material manipulativo creado por el profesor belga Georges Cuisenaire en 1952 (Fig. 1). Son una serie de 10 reglas de diferente color y longitud, utilizadas principalmente en la enseñanza de las matemáticas [11]. Gracias a este material el niño es capaz de comprender los conceptos de número, composición y descomposición, bases del sistema decimal, operaciones aritméticas, bases del cálculo, medida, entre otros [12].

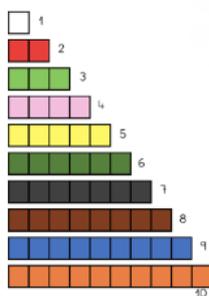


Figura 1. Representación de las regletas de Cuisenaire

### 2.3 Las TIC como apoyo en la enseñanza de las matemáticas en personas con Síndrome de Down

La tecnología ha tenido grandes avances en las últimas décadas y esto es algo positivo para las personas con SD ya que gracias a ella pueden acceder a diferentes tipos de información y comunicación, fomentando su inclusión y participación en la sociedad [18]. Diferentes investigaciones han demostrado cómo estas tecnologías son indispensables, promueven la inclusión e impulsan diferentes áreas de desarrollo como las matemáticas o el desarrollo social [18].

Gracias a la tecnología, surgen nuevas formas de enseñar y aprender que permiten a los alumnos ponerse a prueba en simulaciones, explorar o comunicarse mediante actividades acordes con sus necesidades y capacidades. Asimismo, el uso de smartphones y diversos dispositivos móviles tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de las personas con SD y otras discapacidades, aumentando su interés por el aprendizaje a través de actividades divertidas y personalizadas [19].

En ese sentido, se han diseñado varias propuestas para apoyar a las personas con SD en la adquisición de habilidades matemáticas, entre las que destacan las siguientes:

**SynMax [18]:** es una aplicación informática que enseña habilidades numéricas básicas. Diseñada teniendo en cuenta diferentes teorías de aprendizaje, pretende ayudar a los niños a identificar los números del uno al diez, para ello incorpora los siguientes módulos:

- Identificación de números.
- Relación entre números.
- Contar

**MathDS [20]:** es una aplicación móvil para que los niños con dificultades de aprendizaje, en concreto los que viven con SD, aprendan los números del uno al diez. El contenido se estructura de la siguiente manera:

- Aprendizaje: imágenes de manos en las que cada dedo representa un número.
- Actividades: tres actividades en las que los niños tienen que asociar el número con su referente.

En relación con el uso de materiales concretos como las regletas Cuisenaire, se han planteado las siguientes propuestas:

**CETA [17]:** sistema de realidad aumentada que utiliza una tableta y bloques de madera que representan la longitud de cada número y con los que se pueden realizar operaciones en un espacio de trabajo que se procesa mediante técnicas de visión por computador.

En [15]: se propone una aplicación que utiliza las regletas de Cuisenaire para ayudar a los niños de preescolar a familiarizarse con los números, a través de actividades de libre creación.

### 2.4 Diseño Centrado en el Usuario

El diseño centrado en el usuario o DCU es una filosofía en la que se sitúa al usuario en el centro de todo el proceso de desarrollo de productos y aplicaciones. Aunque la aplicación de esta metodología es aplicable al desarrollo de todo tipo de productos, es en las soluciones tecnológicas donde cobra mayor importancia [6].

Orígenes del DCU. Donald Norman fue el primero en acuñar este término en su laboratorio de investigación. Posteriormente, se hizo más conocido con la publicación del libro *User Centered System Design: new perspectives on human-computer interaction* y ganó aún más popularidad con la publicación de *The Design of Everyday Things*.

**Etapas del DCU.** Las etapas del DCU son clave para tener en cuenta a las personas que utilizarán los productos y ayudan a planificar qué hacer en cada momento [6]. En la Fig. 2 se muestran las diferentes etapas del proceso, donde como se puede observar no sólo son iterativas, sino que tampoco son secuenciales.

1. Comprender el contexto de uso: En esta fase se identifica al usuario, sus necesidades y las condiciones en las que se utilizará el producto.
2. Especificar los requisitos del usuario: Tras reunirse con los usuarios y determinar un conjunto de soluciones, se investigan las técnicamente viables.
3. Diseñar soluciones: Esta fase va desde la creación de un concepto aproximado hasta el diseño completo. A medida que avanza el diseño, surgen numerosas ideas que pueden ponerse a prueba.
4. Evaluar: La solución se muestra a los usuarios, lo que conducirá a una solución más óptima.

La iteración es una de las cuestiones clave del DCU, ya que cada una de sus fases no tiene por qué considerarse estanca y sucesiva [6].

### 3 Metodología usada

#### 3.1 Definición de Intenciones y alcance del proyecto

Para implementar la solución, optamos por seguir la metodología de diseño centrado en el usuario, ya que se basa en la filosofía de que, para garantizar el éxito de un producto, el usuario debe estar presente en todas las fases del proceso de diseño (Figura. 2). [6].

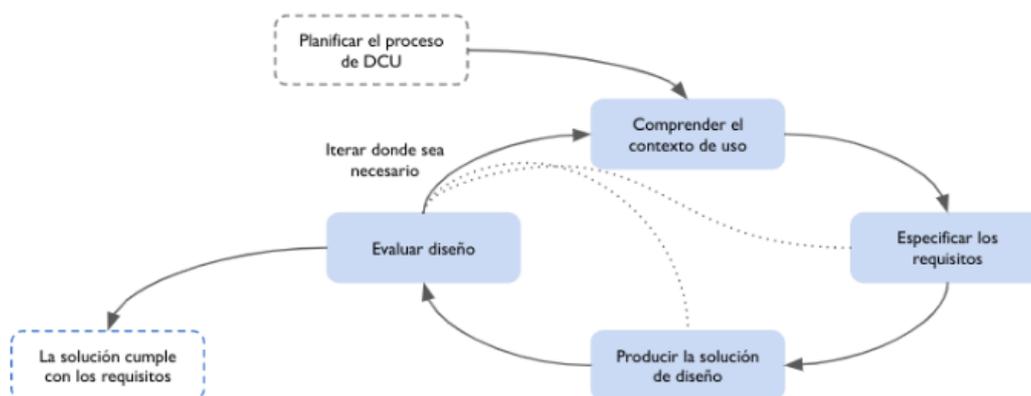


Figura 2. Proceso de Diseño Centrado en el Usuario.

Por ello, es fundamental tener en cuenta las características, necesidades e intereses de las personas con síndrome de Down, para que el producto final les resulte gratificante.

En los siguientes apartados se muestra con más detalle cómo se llevó a cabo cada una de las etapas descritas anteriormente.

#### 3.2 Comprender el contexto de uso

**Primer acercamiento a los usuarios.** En primer lugar, contactamos con un colegio local especializado en personas con SD. Tras el contacto inicial, se presentó al Instituto Down de Xalapa los objetivos de la investigación. Posteriormente, se planeó una primera sesión con los alumnos a través de un ejercicio que consistió en dibujar las actividades más comunes que cada uno de ellos suele realizar con su celular (ver Figura 3). Esta actividad nos permitió conocer las características y personalidad de cada alumno, así como el entorno en el que se desenvuelve y cómo se lleva a cabo el proceso de interacción con compañeros y profesores.

Además, la actividad tenía como propósito explorar qué tanto conocimiento y habilidades tenían los alumnos con respecto al uso del celular, como resultado, nos dimos cuenta que el manejo del dispositivo no era un problema para ellos. Los alumnos podían navegar por diferentes aplicaciones.



**Figura 3.** Actividad con usuarios

### 3.3 Especificar los requisitos

En esta etapa, para tener mayor claridad sobre los requisitos, se realizó una reunión con los maestros del Instituto Down de Xalapa, quienes compartieron sus experiencias con los alumnos.

### 3.4 Solución de diseño

**Prototipo en papel.** Antes de comenzar la implementación, se realizó un prototipo en papel utilizando la técnica de Wizard of Oz, que permite explorar las diferentes interacciones a través de la interfaz diseñada y ayuda a evaluar el diseño de acuerdo a los requerimientos del usuario antes de invertir una cantidad considerable de tiempo en el desarrollo de un prototipo funcional y completo [16].

El prototipo de este trabajo se estructura de la siguiente manera y el resultado se puede ver en la Figura 4.

**Estructura del contenido.** El contenido del prototipo se divide en cuatro partes: módulos, lecciones, detalles y actividad, cada una de las cuales se describe a continuación.

1. Módulos: ordenados por prioridad, comenzando por la presentación de las unidades básicas, posteriormente se presentan las decenas.
2. Lecciones y ejercicios: una vez dentro de un módulo, se muestran dos secciones, la primera con las lecciones que el alumno tiene que repasar y la segunda con los ejercicios relacionados con los contenidos vistos en cada lección.
3. Detalles de la lección: para presentar los números, mostramos a) su grafía, b) un referente, en este caso la representación con los dedos de la mano, c) la representación con la escala de Cuisenaire y un conjunto de elementos sensoriales como la pronunciación de ese número y la vibración.
4. Detalles del ejercicio: el primer ejercicio está relacionado con la primera lección y el objetivo es que el alumno identifique los números que se le presentan, para lo cual se muestran opciones que incluyen una regla, la grafía o el referente, de manera que el alumno debe elegir la opción correspondiente al número indicado en la instrucción. Adicionalmente, se incluyen como pista los elementos sensoriales anteriormente descritos y la interfaz muestra un mensaje de retroalimentación en función de la respuesta seleccionada.



Figura 4. Prototipo a papel.

Este prototipo se presentó a un especialista en educación especial, cuyos comentarios sirvieron para validar los contenidos y su estructura, pero también ayudaron a perfeccionar los siguientes puntos:

- Iconografía: la recomendación fue utilizar elementos pictográficos, por lo que se tomaron como base los publicados por ARASAAC.
- Instrucciones: hacerlas más específicas y de tamaño medio para una correcta visualización.
- Contenido:
  - Incluir la opción de que las varillas Cuisenaire sean graduadas o no.
  - Permitir al usuario configurar los contenidos.
  - Añadir reacciones más representativas a la hora de evaluar la respuesta a un ejercicio.

**Aplicación móvil - Prototipo.** Como primer paso, se diseñó un prototipo de alta fidelidad utilizando la herramienta Figma. Posteriormente se implementó una primera versión de la aplicación móvil, utilizando las siguientes tecnologías:

- Ionic: framework para el desarrollo de aplicaciones híbridas.
- Angular: framework para la creación de aplicaciones web y definición de la arquitectura de la aplicación.
- Tecnologías web: HTML 5, CSS3, Typescript.
- Capacitor: librería para la manipulación de elementos nativos en dispositivos móviles.
- Firebase: Plataforma de Google, utilizada para almacenar información relacionada con los usuarios y los contenidos de la aplicación.

En dicha versión, se optó por dos caminos; el primero, compilar de forma nativa para dispositivos con sistema operativo Android y el segundo, publicar como una aplicación web progresiva (PWA) a la que se puede acceder a través del navegador.

La implementación final se muestra en la Figura 5:

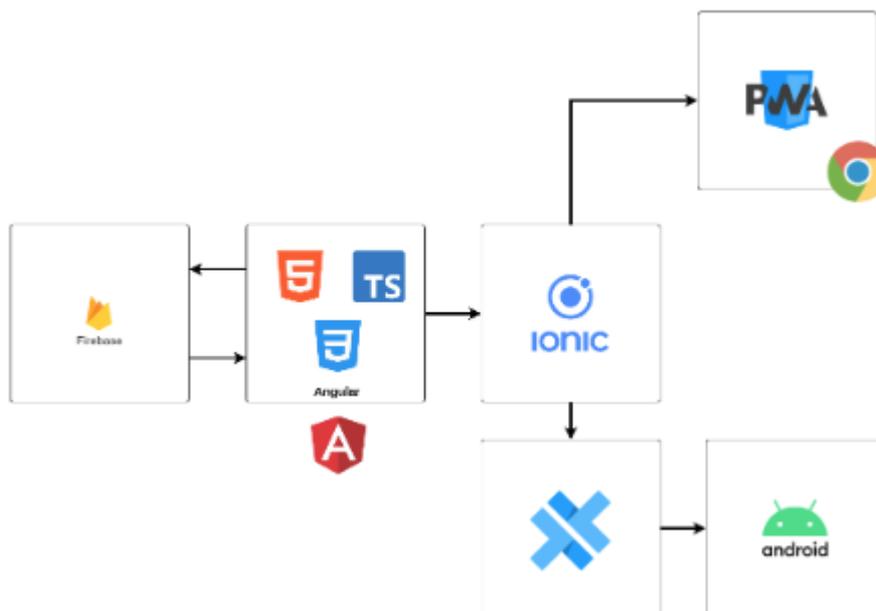


Figura 5. Arquitectura de implementación

Por otro lado, el resultado final de dicha implementación se muestra con detalle en la Figura 6:

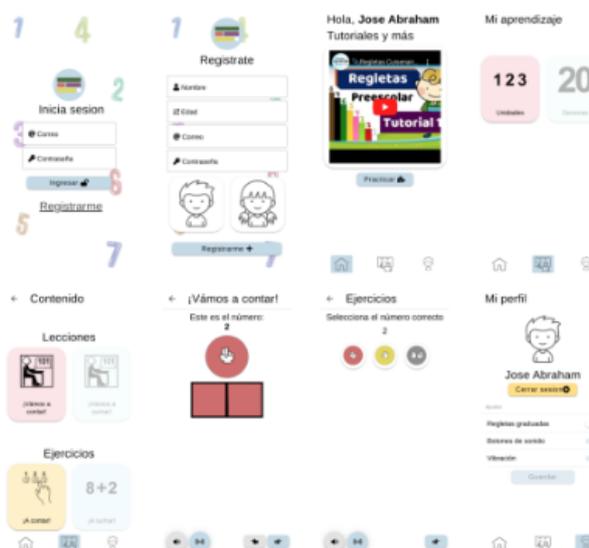


Figura 6. Aplicación móvil

Posteriormente, el siguiente paso consistió en evaluar el prototipo, dicho proceso se describe con detalle en la siguiente sección.

### 3.5 Evaluación del prototipo

Como parte del DCU, resulta muy importante seguir realizando pruebas con los usuarios para tener la oportunidad de escuchar sus necesidades y opiniones. En las siguientes secciones describimos el método, los resultados y la discusión de la aplicación de la evaluación del prototipo con personas que viven con SD.

**Método.** En esta etapa se eligió como población a estudiantes del Instituto Down de Xalapa; participaron un total de siete personas de entre 20 y 40 años de edad.

**Requisitos para la evaluación.** Como parte de la planeación se definió el siguiente conjunto de requisitos, el propósito principal fue contar con los elementos mínimos necesarios para llevar a cabo la actividad con los alumnos.

- Se solicitó a través del director de la preparatoria que los muchachos llevaran consigo sus teléfonos celulares.
- El dispositivo debía tener el sistema operativo Android y el navegador web Chrome.
- El instituto nos proporcionó un aula para la evaluación.
- Se colocó una base y una cámara para grabar la sesión.
- Hojas de papel y bolígrafo para tomar las notas necesarias.

Por último, solicitamos un consentimiento informado o asentimiento, en este caso el documento fue firmado por el director, ya que cuentan con un documento legal que ampara este tipo de actividades a favor de los alumnos.

**Tareas a evaluar.** En el campo de la IHC, la tarea se refiere al conjunto de acciones que debe realizar el usuario dentro de un sistema interactivo. Por lo tanto, representa el objetivo que se debe alcanzar utilizando la interfaz. Si bien es cierto que la evaluación de las tareas se realiza a través de aspectos como la eficiencia, la eficacia o la satisfacción, en este caso no se utilizaron otros instrumentos que la observación con evaluadores para definir el cumplimiento de las tareas. En este sentido, las tareas definidas fueron las que se muestran en el siguiente listado:

- El proceso de instalación de la aplicación,
- Registro del usuario,
- Proceso de evaluación dentro de la aplicación móvil,
- Disfrute de elementos gráficos como paleta de colores, tipografía,
- Estructura de la información,
- Elementos de retroalimentación como secciones de ayuda, sonido, vibraciones.

**Equipo de evaluación.** Por último, durante el proceso de evaluación se consideró tener dos roles (facilitador y observador), pero la institución nos recomendó tener la compañía de un profesor con el fin de actuar como traductor porque algunos de los estudiantes tienen dificultades para articular frases y el profesor sabe mejor lo que quieren decir. En ese sentido, el equipo evaluador pide al profesor que limite su participación para aclarar los comentarios pero que no interfiera en la interacción del alumno.

- Facilitador: encargado de dar instrucciones sobre la prueba a realizar y responder a las dudas que puedan surgir durante el proceso.
- Observador: toma de notas y registro.
- Auxiliar de comunicación: profesor o personal que conoce la forma de expresión de los alumnos con SD.

El proceso de evaluación tuvo una duración aproximada de 3 horas en las que se realizó la actividad de una en una (ver Figura 7).



**Figura 7.** Evaluación del prototipo.

### 3.6 Discusión de resultados

Un total de siete personas participaron en el proceso de evaluación. Como principales conclusiones, identificamos que la mayoría de los usuarios hablan de los colores que deben incluirse, también les gustaría ver videos y música. En el caso de los más avanzados les gustaría tener más ejercicios y actividades para trabajar.

Como parte del proceso de evaluación se definió un conjunto de parámetros a evaluar, entre los resultados obtenidos se puede destacar lo siguiente:

- Proceso de instalación de la aplicación: la mayoría de los alumnos evaluados fueron capaces de realizar la instalación. Sin embargo, este proceso debería modificarse para que sea menos complejo.
- Registro y autenticación: por lo que se pudo observar, este proceso debe cambiar en la forma en que se realiza. Una de las principales fallas fue ingresar una contraseña, por lo que es necesario implementar un mecanismo más simple de autenticación que no implique volver a obtener tanta información de la persona que se va a autenticar.
- Elementos gráficos (paleta de colores, tipografía y estructura de la información): aquí es donde se centraron la mayoría de las observaciones que se comentan a continuación:
  - Debido a los problemas de visión presentes en la mayoría de los usuarios, es necesario que los textos (instrucciones y otros) sean más grandes o sean leídos por un asistente de voz.
  - Otra de las observaciones más comunes tiene que ver con la interacción con las imágenes y tiras, todos los usuarios, al llegar a la sección de lecciones, tocaban cada elemento de la interfaz esperando que hiciera algo, sin embargo, al ver que no pasaba nada, continuaban con los demás elementos o perdían el interés y se iban.
  - Limitar la interacción a avanzar por la serie numérica de la primera lección con los botones atrás y siguiente provocaba que los usuarios se perdieran o desconocieran la funcionalidad de dichos botones, por lo tanto, es necesario implementar otra forma de navegar por la serie numérica.

Algunas de las observaciones enumeradas anteriormente ya han sido abordadas e implementadas para la próxima versión del prototipo funcional, en la Figura 8. se pueden ver los resultados parciales.



Figura 8. Aplicación con los cambios sugeridos en la primera evaluación.

## 4 Conclusiones y trabajo futuro

Como se muestra en este trabajo, se llevó a cabo una primera iteración del proceso de diseño centrado en el usuario. Gracias a ello, en un primer escenario fue posible conocer mejor a la población junto con sus características y necesidades.

En el sentido tecnológico, se pudo comprobar la facilidad con la que las personas con SD pueden utilizar los dispositivos móviles y las diferentes aplicaciones, lo cual es de vital importancia porque los integra a la sociedad para que puedan comunicarse y contribuir a su desarrollo, tal como lo menciona [13].

Por otro lado, en el proceso de evaluación se pudieron detectar diferentes factores que influyen en la incorporación de soluciones tecnológicas en el contexto educativo de las personas con SD, tales como: limitaciones en la motricidad de algunos usuarios que complican la navegación a través de la pantalla táctil, problemas de visión que hacen que no se identifiquen claramente los elementos de la interfaz y problemas de lectoescritura que hacen que no se comprendan las instrucciones de forma clara y concisa. Sin embargo, la sesión de evaluación evidenció la motivación y el interés del usuario por utilizar una herramienta tecnológica que se está construyendo en base a sus características y necesidades.

La participación de cada alumno del Instituto Down de Xalapa fue muy gratificante y gracias a ellos pudimos recabar la información necesaria para poder mejorar los contenidos y el proceso de interacción dentro de la aplicación.

### 4.1 Trabajo futuro

Finalmente, como siguiente fase, se va a iterar de nuevo en cada una de las etapas del DCU para abordar cada una de las observaciones obtenidas en el proceso de evaluación. Asimismo, se integrarán nuevos contenidos en la aplicación y, posteriormente, se llevarán a cabo más sesiones de evaluación con los usuarios, de forma que se pueda validar la propuesta y entregar un producto totalmente funcional y adaptado a sus necesidades.

## Referencias

1. Bruno Castañeda and M. Herrera, "Estudio de un alumno con síndrome de Down en la comprensión del sistema de numeración decimal," *Educación matemática en la infancia*, vol. 1, no. 2, pp. 5–22, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.24197/edmain.2.2012.5-22>.
2. Bull, M. J. (2020). Down Syndrome. *New England Journal of Medicine*, 382(24), 2344–2352. <https://doi.org/10.1056/nejmra1706537>
3. Bruno and A. Noda, "Necesidades educativas especiales en matemáticas: el caso de personas con síndrome de Down - Funes - Universidad de los Andes," *Uniandes.edu.co*
4. CDC, "Información sobre el síndrome de Down," Centers for Disease Control and Prevention, Dec. 28, 2016. <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/downsyndrome.html>
5. Daniel, "Aspectos generales sobre el síndrome de Down," *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, vol. 2, no. 1, pp. 33–38, 2016, doi: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6941140.pdf>.
6. Domingo. Muriel Garreta, Enric Mor Pera. "Diseño centrado en el usuario." *Universitat Oberta de Catalunya* (2010): 9-12.
7. V. Ferreira, M. A., Toboso Martín, M., Patricio Pedraza, F. (2017). Metodología para el análisis de la accesibilidad tecnológica de las personas con discapacidad: triangulación y elaboración de indicadores. *Cuadernos de Gobierno y Administración Pública*.
8. Flórez-Aristizábal, L., Cano, S., Collazos, C. A., Benavides, F., Moreira, F., Fardoun, H. M. (2019). Digital transformation to support literacy teaching to deaf Children: From storytelling to digital interactive storytelling. *Telematics and Informatics*.
9. Macarena Pazos González, M. Raposo-Rivas, and M. Esther Martínez-Figueira, "Las TIC en la educación de las personas con Síndrome de Down: un estudio bibliométrico," *Virtualidad, Educación y Ciencia*, vol. 6, no. 11, pp. 20–39, 2015, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/12767>
10. Herrera Villalón, M. A. (2016). Experiencia de usuario en personas con Síndrome de Down. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

11. E. Torres and C. C. Castro, "Las regletas de cuisenaire un recurso didáctico favorable en los procesos de inclusión - Funes - Universidad de los Andes," Uniandes.edu.co, 2016, doi: <http://funes.uniandes.edu.co/10188/1/Torres2016Las.pdf>.
12. K. Contreras, "Propuesta metodológica para el desarrollo de habilidades matemáticas en alumnos Sordos bajo un enfoque constructivista en modalidad virtual", Universidad Popular Autónoma de Veracruz, 2020.
13. J. M. Ortega-Tudela and C. J. Gómez-Ariza, "Nuevas tecnologías y aprendizaje matemático en niños con síndrome de down: generalización para la autonomía," Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, no. 29, pp. 59–72.
14. Pérez Chávez ,Diego Alberto, "Síndrome de Down," Revista de Actualización Clínica Investiga, p. 2357, 2014.
15. R. L. Ignacio Sánchez, I. Duran Encinas, J. A. Zúñiga Arce and A. I. De Casso Verdugo, "Mobile Application Prototype: Cuisenaire rods a technological tool to support the learning-teaching process of mathematics in children," 2022 International Conference on Inclusive Technologies and Education (CONTIE), Cartago, Costa Rica, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/CONTIE56301.2022.10004408.
16. S. Dow, B. MacIntyre, J. Lee, C. Oezbek, J. D. Bolter and M. Gandy, "Wizard of Oz support throughout an iterative design process," in IEEE Pervasive Computing, vol. 4, no. 4, pp. 18-26, Oct.-Dec. 2005, doi: 10.1109/MPRV.2005.93.
17. S. Marichal, A. Rosales, F. G. Perilli, A. C. Pires, E. Bakala, G. Sansone, and J. Blat, "CETA," Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, 2017.
18. Shafie, A., Wan Ahmad, W.F., Mohd., N., Barnachea, J.J., Taha, M.F., Yusuff, R.L. (2013). "SynMax": A Mathematics Application Tool for Down Syndrome Children. In: Zaman, H.B., Robinson, P., Olivier, P., Shih, T.K., Velastin, S. (eds) Advances in Visual Informatics. IVIC 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 8237
19. Josué Villasante, Stefanny Poma, Juan Gutierrez-Cardenas, and Nadia Rodriguez-Rodriguez. 2020. Information and Communication Technologies Based Teaching Methodologies for Peruvian Children with Down Syndrome. In Proceedings of the 11th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 12–17. <https://doi.org/10.1145/3369255.3369270>
20. W. F. W. Ahmad, H. N. B. I. Muddin and A. Shafie, "Number skills mobile application for down syndrome children," 2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS), Kuala Lumpur, Malaysia, 2014, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCOINS.2014.6868844.

## CataBraille: Dispositivo pedagógico para la enseñanza del sistema Braille CataBraille: Pedagogical device for the teaching of the Braille system

Brenda C. Lara Rubio, Luisa F. Rodríguez Valdez, Karim Zamora Mendoza,  
Arath A. Estrada Orozco, Luis A. Davis Amador  
Departamento Académico de Sistemas Computacionales, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja  
California Sur, México.  
b.lara@uabcs.mx, luro\_21@alu.uabcs.mx, kaza\_21@alu.uabcs.mx, aestrada\_21@alu.uabcs.mx,  
luisadriad\_21@alu.uabcs.mx

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Resumen.** La Organización Mundial de la Salud indica que en el mundo existen al menos 2200 millones de personas con discapacidad visual, la cual puede aparecer en forma de ceguera o baja visión. De acuerdo con el INEGI, el 44% de las personas con discapacidad en México tiene discapacidad visual, de las cuales 415,800 tienen ceguera. El Braille es un sistema de lectoescritura donde se utiliza la representación táctil. Las letras, números y símbolos se representan por medio de 6 puntos, con lo cual se obtienen 64 combinaciones diferentes. La forma de leer es con el movimiento de las manos de izquierda a derecha sintiendo los puntos. El aprendizaje de Braille es un proceso complicado para cualquier persona o niño con y sin discapacidad visual. En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de CataBraille, un dispositivo pedagógico de sensaciones táctiles y auditivas para la comprensión y el desarrollo cognitivo de la lectoescritura en Braille. El dispositivo tiene forma de catarina, en el cual se representan con sus manchas los 6 puntos del sistema Braille en cada lado, de tal forma que un niño pueda aprender a leer y escribir cada letra. Del lado izquierdo puede escribir la letra presionando los botones y del lado derecho se mostrará el espejo, es decir la forma en la que se lee. Además, se emite el sonido de la letra correspondiente a los botones que se presionan.

**Palabras Clave:** Braille, Enseñanza-aprendizaje, ceguera, discapacidad visual.

**Summary.** The World Health Organization indicates that there are at least 2.2 billion people in the world with visual impairment, which can appear in the form of blindness or low vision. According to INEGI, 44% of people with disabilities in Mexico are visually impaired, of which 415,800 are blind. Braille is a reading and writing system that uses tactile representation. Letters, numbers and symbols are represented by means of 6 dots, resulting in 64 different combinations. The way to read is with the movement of the hands from left to right feeling the dots. Learning Braille is a complicated process for any person or child with or without visual impairment. This paper presents the design and development of CataBraille, a pedagogical device of tactile and auditory sensations for the comprehension and cognitive development of Braille reading and writing. The device is shaped like a ladybug, in which the 6 dots of the Braille system are represented with their spots on each side, so that a child can learn to read and write each letter. On the left side you can write the letter by pressing the buttons and on the right side the mirror will be shown, that is to say the way in which it is read. In addition, the sound of the letter corresponding to the buttons that are pressed is emitted.

**Keywords:** Braille, Teaching-learning, blindness, visual impairment.

## 1 Introducción

La discapacidad visual se define de acuerdo a la agudeza visual y el campo visual. La agudeza es la capacidad de un individuo para percibir claramente la forma de un objeto a cierta distancia, mientras que el campo visual es el espacio que puede percibir sin mover la cabeza o los ojos [1].

De acuerdo a las cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el mundo existen al menos 2200 millones de personas con discapacidad visual [2]. La discapacidad visual puede aparecer en forma de ceguera y baja visión. Las personas con ceguera no reciben ninguna información visual o no tienen percepción de la luz [1].

Los resultados del Censo de Población y Vivienda de 2020, realizado por INEGI, muestran que hay 6,179,890 personas con algún tipo de discapacidad, de las cuales, el 44% vive con discapacidad visual [3]. Se estima también, que, de ese porcentaje, 415,800 personas tienen ceguera, colocando a México entre los 20 países con mayor número de personas afectadas con este tipo de discapacidad [4].

El Braille es un sistema de lectoescritura donde se utiliza la representación táctil. Está formado por 6 puntos que representan letras, números, notas musicales y símbolos matemáticos y científicos dependiendo de las 64 combinaciones diferentes. Este sistema es un medio indispensable para la accesibilidad y es una herramienta efectiva y fácil de aprender para las personas con ceguera y discapacidad visual [5].

La forma de leer es moviendo la mano de izquierda a derecha pasando por cada línea y una persona que maneja fluidamente el Braille puede leer entre 100 y 150 palabras por minuto. A pesar de que las personas con

discapacidad visual deben utilizar habilidades táctiles en lugar de visuales, la lectura y escritura conllevan características similares a nivel neurológico, pues se utiliza la codificación y decodificación de símbolos [6].

Se cree que los dispositivos tecnológicos existentes como audiolibros, lectores de pantalla, entre otros, pueden llegar a reemplazar este sistema. Sin embargo, gracias a él más personas pueden acceder a la lectura y escritura [5].

Existe gran cantidad de evidencia de que el Braille es de gran beneficio para las personas debido a que se necesita poca tecnología y puede ser utilizado incluso cuando no hay computadoras disponibles o cuando se está en un ambiente lleno de ruido en donde la comunicación oral no es posible [7].

Para poder escribir y leer Braille, se necesita aprender no sólo el orden de los puntos que corresponden a cada símbolo, sino también su espejo [8], debido a que se escribe de derecha a izquierda y se lee de izquierda a derecha para obtener el relieve de forma adecuada. En la Figura 1 se muestra el alfabeto en Braille.

La educación inclusiva es un enfoque de la escolarización en el que los estudiantes con diferentes tipos de discapacidades y necesidades de aprendizaje son educados en clases con estudiantes sin discapacidades y con un desarrollo típico [9].

De acuerdo con un artículo publicado en Los Angeles Times, en la actualidad solamente el 16 por ciento de los estudiantes que podrían tener la oportunidad de aprender Braille están aprovechándola. Al igual que ocurre con otras discapacidades, la ceguera abarca un amplio espectro: la mayoría de las personas que se consideran completamente ciegas aún pueden distinguir ciertos niveles de luz, color y forma [10].

En la actualidad existen varios métodos para aprender Braille. Sin embargo, en muy pocas ocasiones se utilizan medios tecnológicos que llamen la atención tanto del niño con discapacidad visual como de sus padres. Por ello, en este artículo se propone el diseño de CataBraille, un dispositivo electrónico para el aprendizaje de la lectoescritura en Braille enfocado principalmente a niños y padres de familia.

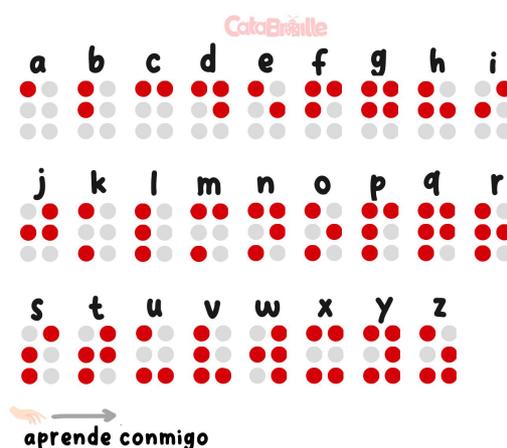


Figura 1. Alfabeto en Braille.

## 2 Metodología

### 2.1 Análisis

Hoy en día en el mercado existen dispositivos para poder escribir en Braille en otros dispositivos electrónicos como una computadora, una tableta, un smartphone, etc. Entre estos dispositivos se encuentran:

1. Braillin. Muñeco con círculos en el torso que ayuda a la asimilación de los puntos Braille y que fomenta la interacción social por medio del juego [11].
2. Línea Braille. Funciona por medio de Bluetooth y permite escribir y a su vez leer lo que el dispositivo está mostrando en pantalla [12].
3. Blitab. Tableta Braille que crea texto y gráficos táctiles en tiempo real, se conecta a dispositivos móviles [13].
4. B-Box: Dispositivo diseñado para ayudar en el aprendizaje del sistema Braille a niños que padezcan alguna discapacidad visual [14].

La desventaja de los dispositivos mencionados anteriormente, es que para utilizarlos, el usuario debe estar previamente familiarizado con el sistema Braille, esto sin contar a Braillin, pues este muñeco solo ayuda con la

asimilación de los puntos del Braille, así pues, si el niño no cuenta con una persona que le indique cómo asimilar las letras en él, entonces se vuelve complejo el aprendizaje. Además, para el uso de algunos otros dispositivos disponibles, se necesita contar con dispositivos móviles o computadoras, a los cuales en ocasiones no se tiene acceso por diversos motivos.

La comunicación y la lectura son fundamentales para las personas con discapacidad visual, y el lenguaje Braille desempeña un papel crucial en este aspecto. Lamentablemente, en México, la discapacidad visual se encuentra en el segundo lugar en términos de frecuencia de discapacidades, según la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH).

Se ha observado que aún existen deficiencias en cuanto a la falta de prescripciones y consentimientos informados en Braille, lo cual contribuye a la discriminación y vulnerabilidad tanto en el ámbito familiar, como en el social y laboral [15]. Por ende, surge la idea de crear este dispositivo pedagógico ambientado en el diseño de un juguete, capaz de instruir principalmente a niños que aún no están familiarizados con el sistema Braille y a su vez reducir la brecha educativa y social entre niños con y sin discapacidad visual, dándoles así la oportunidad de descubrir y construir el mundo por medio de su sentido del tacto, asociación y percepción de una manera más didáctica.

La fuente de inspiración para el dispositivo fue principalmente el muñeco llamado Braillin, debido a que ayuda al reconocimiento de las combinaciones del Braille, aunque sin un instructor que apoye al niño con rutinas para su rápido desarrollo, el uso de este muñeco es complicado y es posible que no se obtengan resultados positivos.

Anteriormente, el dispositivo había sido diseñado de una manera distinta y sus dimensiones eran más amplias. Sin embargo, era más compleja la comprensión de la letra que se buscaba representar, ya que el método podía llegar a ser confuso por la manera de ejecutar ciertos pasos.

## 2.2 Diseño de CataBraille

El nombre del dispositivo parte de la composición de la palabra “Catarina” y “Braille”, llegando así a CataBraille.

CataBraille está inspirado en la forma de una catarina. La particularidad de estos insectos es que presentan un cuerpo redondeado y compacto, un caparazón con un llamativo color que varía entre rojo y naranja que hace sobresalir sus manchas negras. De esta forma se asociaron estas características con el sistema Braille y su presentación con puntos negros, así la imagen y forma alegre de un insecto atrae la atención de los infantes.

Para aminorar la brecha entre el aprendizaje de Braille con niños sin esta discapacidad se optó por conservar los colores llamativos y añadir diferentes tipos de texturas al cuerpo del insecto para que los niños con discapacidad visual puedan adentrarse a experimentar el entorno del dispositivo.

Para el diseño del dispositivo se optó por utilizar materiales ligeros con texturas interesantes, como tablas delgadas de MDF y tela afelpada. La decisión de crear dos bases se tomó con el fin de que los componentes tuvieran una buena distribución, la cual permitiera emplear el dispositivo de manera fácil y práctica. Esto se logró gracias a que se utilizaron las dimensiones de la distribución del Braille para realizar una escala de ampliación, facilitando así el reconocimiento del espaciado entre los puntos. En la Figura 2 se muestra el diseño inicial de CataBraille.

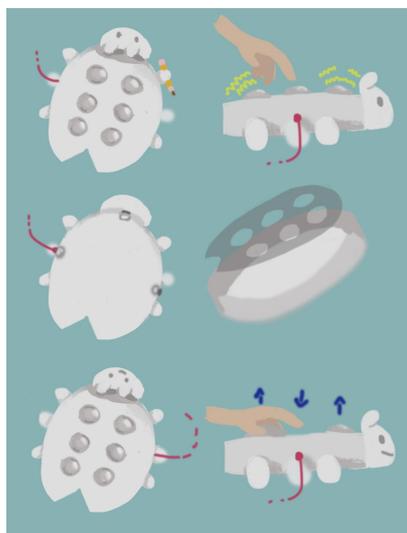


Figura 2. Diseño inicial de CataBraille

### 3 Desarrollo del prototipo

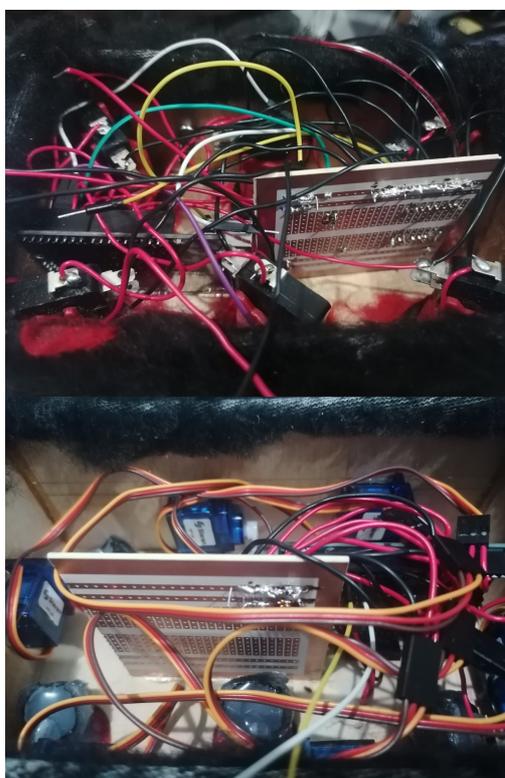
#### 3.1 Componentes

A continuación, en la Tabla 1 se presentan los materiales, herramientas o instrumentos empleados para el desarrollo de CataBraille se utilizaron diversos componentes que permiten que el dispositivo cumpla sus funciones. En la Figura 3 se muestra una imagen del cableado del prototipo.

A continuación, se enlistan los componentes principales:

1. Micro switch con botón rojo (6), para videojuegos o alarmas, usados normalmente como cerrado. Estos componentes fueron elegidos principalmente por su resistencia. Tienen la función de que al presionarlos, envían una señal en forma de cadena de bits la cual se compara con una base de datos, con el fin de determinar la letra escrita por el usuario.
2. Alambre estañado calibre 22. Este tipo de cableado es un excelente conductor eléctrico y tiene una gran resistencia térmica. Así se aseguran conexiones estables y se evitan cortos en el circuito.
3. Micro servomotor con torque de 1,8 Kgf/cm (6) Componentes empleados para recibir señales enviadas desde los vibradores los cuales elevan botones que representan los puntos para la lectura del Braille.
4. Df Player Mini Mp3. Este pequeño módulo fue utilizado y programado para reproducir los audios en formato .mp3 de las letras del abecedario. Recibe la señal de una cadena de bits y a raíz de eso reproduce el audio con la letra correspondiente a esa cadena de bits ya establecida en una base de datos.
5. Mini motor vibrador tipo moneda plano 8mm (10). Componente con el que se identifica, por medio de la vibración, el botón que ya fue pulsado y a su vez envía una señal a un servomotor en una posición predeterminada para que este o estos se activen.
6. Microcontrolador Arduino Uno (2). Se optó por emplear 2 de estos dispositivos ya que cuentan con un microprocesador programable lo cual facilitó la interconexión para así crear un canal de comunicación y que todos los componentes ejecuten las instrucciones indicadas en el código.
7. Switch push mini normal cerrado (2). Pequeños componentes que fueron utilizados para enviar la señal de escritura y regresar los servomotores a su posición original respectivamente.
8. Switch deslizable miniatura. Interruptor utilizado para encender y apagar el circuito.

El uso de estos componentes permite también que el costo total del prototipo sea relativamente bajo con respecto a otras propuestas que existen, debido a que se puede acceder fácilmente a ellos y no es necesario el uso de un dispositivo móvil o una computadora para que funcione.



**Figura 3.** Cableado de CataBraille.

### 3.2 Desarrollo

Para el desarrollo del dispositivo, lo primero que se consideró, fue la parte de la programación, la cual hace funcionar cada componente que esté en el circuito interno del dispositivo.

Posteriormente se rediseñaron y moldearon dos bases de tablas, que fueron forradas con tela afelpada color negro y rojo para darle la personificación de una catarina.

En el primer base se montaron los componentes correspondientes a la parte de escritura del dispositivo, en el circuito interno conectamos el Reproductor DfPlayer Mini, así como una bocina, 6 microswitches con botón y 6 vibradores pegados cada uno a un semicírculo de silicón que simula un botón, respectivamente. También se montó un botón de envío y un interruptor para encender y apagar el dispositivo, todo esto se conectó a una placa de programador Arduino 1, y se soldó a una placa fenólica para las respectivas conexiones a tierra del circuito.

En la segunda base se montaron los componentes correspondientes a la parte de la lectura, estos fueron solo 6 servomotores y un botón para devolverlos a su posición original, estos conectados a un microcontrolador Arduino Uno y a una segunda placa fenólica correspondiente a las tierras del circuito. Ambas placas Arduino Uno se interconectan por medio de los correspondientes pines que permiten que estas compartan señales entre sí.

En la Figura 4 se muestra CataBraille en su versión actual.

### 3.3 Funcionamiento

En primera instancia se conecta el dispositivo a la corriente eléctrica, para luego presionar una combinación con los 6 botones que se encuentran en la base de la izquierda, la cual es la parte de escritura, los botones presionados activarán un vibrador dentro de cada uno para que el usuario recuerde que ese botón ya fue presionado, y a su vez, almacenará una señal la cual se irá acumulando al presionar las distintas posibles combinaciones de botones.

Lo siguiente que se debe hacer es presionar el botón de enviar para que el segundo arduino reciba la combinación enviada y por consiguiente se activen los servomotores correspondientes a la inversa de la combinación recibida. Entonces el usuario puede pasar sus manos por los botones que subieron, los cuales representan la letra escrita desde la otra base.

En caso de que los botones presionados hayan sido los correspondientes a la escritura de una letra, se escuchará por medio de la bocina el sonido de la letra. En caso de que no haya acertado, no se escuchará nada. Por último, se debe presionar el botón de reiniciar para que los servomotores vuelvan a su posición original y se pueda ingresar una nueva letra.



Figura 4. CataBraille en su última versión

## 4 Pruebas y resultados

Esta propuesta se enfoca en la implementación de métodos de enseñanza que promueven la participación activa del niño en su proceso de aprendizaje del sistema Braille. Se ha evaluado la dificultad que enfrenta un niño con discapacidad visual al comprender este sistema de lectoescritura, considerando los métodos tradicionales utilizados en las instituciones en México, los cuales resultan obsoletos y lentos.

Después de realizar una exhaustiva investigación para comprender completamente el sistema Braille, se llevaron a cabo pruebas utilizando botones programados en Arduino y una pantalla. Esta configuración permitía visualizar la combinación de códigos en formato de bits ingresados mediante los botones, y compararlos con una base de datos que, finalmente, arrojaba una letra correspondiente.

Después, se agregó un módulo reproductor con su respectiva programación, archivos .mp3 y una bocina, lo que facilitaba la obtención de la letra ingresada a través de un medio auditivo, beneficiando así el reconocimiento y la asociación.

Con estos componentes, el dispositivo era funcional, pero se decidió agregar vibradores para que el niño no olvide qué botón presionó previamente. Además, se incluyó una base adicional para la lectura.

Aunque el audio proporciona una indicación clara de la letra que se está escribiendo, es fundamental para alguien que está aprendiendo a escribir en Braille también pueda leerlo. Por lo tanto, se implementaron 6 servomotores con círculos hechos de silicón en las puntas de sus aspas giratorias, con el objetivo de que el niño, además de asociar auditivamente, pueda utilizar el tacto para reconocer y asociar lo que escribe con lo que escucha y siente.

Gracias a lo mencionado anteriormente, se logró desarrollar un dispositivo que permite escribir letras, leerlas y escucharlas. Sin embargo, debido a la sobrecarga de componentes en el Arduino, se experimentan leves fallas al momento de ingresar las letras. Esto debido a que la vibración de los botones provoca movimientos en el circuito interno, lo que ocasionalmente impide que la señal se envíe correctamente.

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

En conclusión, el dispositivo pedagógico CataBraille ofrece una solución para el aprendizaje del sistema Braille y la comunicación de personas con discapacidad visual. Su diseño atractivo, uso de texturas y mecanismos interactivos, proporcionan una experiencia didáctica y accesible para los niños con discapacidad visual, permitiéndoles explorar el mundo a través del tacto y la asociación de puntos en el sistema Braille. El dispositivo tiene el potencial de reducir la brecha educativa y social, brindando oportunidades de aprendizaje y comunicación inclusivas.

El siguiente paso es evaluar el dispositivo con profesionales especializados en el ámbito de la educación Braille. Con lo anterior se busca adaptar el dispositivo en la medida más adecuada a las necesidades y diferentes habilidades de los infantes con y sin discapacidad visual.

Posteriormente se pretende implementar un nuevo modo interactivo, este consiste en que el dispositivo evaluará los conocimientos del infante al pedirle que ingrese una determinada letra, si acierta se motivará su progreso y continuará la secuencia, como segundo caso al ingresar la letra erróneamente se le alentará y adicionalmente se proporcionan 3 intentos más, de no completar la tarea se la asignará una nueva letra.

Para la portabilidad del dispositivo se añadirá una batería interna, ofreciendo así al usuario la posibilidad de transportar el dispositivo y recargar cuantas veces sea necesario.

## Referencias

- [1] CONAFE, Discapacidad Visual Guía Didáctica Para La Inclusión En Educación Inicial y Básica. México, 2010.
- [2] OMS, “Ceguera y Discapacidad Visual,” World Health Organization, <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> (accessed Mar 17, 2023).
- [3] INEGI, “Discapacidad en México,” Población. Discapacidad, <https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx> (accessed Mar 17, 2023).
- [4] Cámara de Diputados, “Declaran el 15 de octubre Día Nacional de las personas ciegas y con otras discapacidades visuales,” Cámara de Diputados Comunicación, <https://comunicacionnoticias.diputados.gob.mx/comunicacion/index.php/mesa/declaran-el-15-de-octubre-dia-nacional-de-las-personas-ciegas-y-con-otras-discapacidades-visuales#gsc.tab=0> (accessed Mar 17, 2023).

- [5] Teletón México, “Día Mundial del Braille: UN Camino Hacia LA accesibilidad,” <https://teleton.org/dia-mundial-del-braille/> (accessed Apr 17, 2023).
- [6] W. López Mainieri, “Braille y tecnología. El sistema de lectoescritura braille en la Sociedad Tecnológica,” RIBERDIS, <http://riberdis.cedid.es/handle/11181/4223> (accessed Apr. 20, 2023).
- [7] V. Gadiraju, A. Muehlbradt, and S. K. Kane, “BrailleBlocks: Computational Braille Toys for Collaborative Learning,” Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, Apr. 21, 2020. doi: 10.1145/3313831.3376295.
- [8] Carreño-León, Mónica A., et al. Herramienta tecnológica como recurso didáctico en niños para el aprendizaje de símbolos de Braille: casos de estudio. AVANCES TECNOLÓGICOS EN LA EDUCACIÓN Y EL APRENDIZAJE, p. 106. July, 2022.
- [9] W. G. Scarlett, Ed., The SAGE encyclopedia of classroom management. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2015.
- [10] LA Times, “El Braille Está en todas partes, pero la Mayoría de los Niños Ciegos no pueden leerlo; esta Competencia Busca Cambiarlo,” Los Angeles Times, <https://www.latimes.com/espanol/educacion/articulo/2021-02-02/braille-challenge-spelling-bee-brain-sports>.
- [11] M. Vieites, “Braillín”, el muñeco que favorece la integración social jugando, PYM, n.º 288, p. 6, 1.
- [12] Cabrera Hidalgo, Julio Cesar. Diseño y desarrollo de un prototipo de línea Braille de bajo costo para personas no videntes en el marco de Cátedra UNESCO" 2018. Tesis de Licenciatura.
- [13] Blitab, “World’s first tactile tablet,” <http://blitab.com>.
- [14] Duran Encinas, Israel, et al. Diseño y construcción de una herramienta de tecnología inclusiva para el apoyo a la enseñanza del lenguaje braille en niños con discapacidad visual. AVANCES SOBRE REFLEXIONES, APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS INCLUSIVAS, p. 16, 2019
- [15] CNDH, “Fundación de la Escuela Nacional para Ciegos,” <https://www.cndh.org.mx/noticia/fundacion-de-la-escuela-nacional-para-ciegos-0>.

## Diseño de una Experiencia de Gamificación para reforzar las habilidades de lectu-escritura en Educación Básica

### Design of gamification experience to reinforce reading and writing skills in basic education

José Eder Guzmán-Mendoza<sup>1,4</sup>, Ana Karen Ortiz-Hernández<sup>2</sup>, Ana Helene Sandoval-González<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Filosofía y Letras del CEM, <sup>3</sup> Depto. de Trabajo Social, Universidad Autónoma de Aguascalientes  
Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria, C.P. 20100, Aguascalientes, Ags. México.

<sup>2</sup> Centro Regional de Educación Normal de Aguascalientes, Av. de los Maestros 3756, Insurgentes, C.P. 20287,  
Aguascalientes, Ags., México.

<sup>4</sup> Dirección de Posgrados e Investigación, Universidad Politécnica de Aguascalientes,  
Calle Paseo San Gerardo No 207, Fracc. San Gerardo, C.P. 20342, Aguascalientes, Ags., México

<sup>1</sup> eder.guzman@edu.uaa.mx, <sup>2</sup> ana.ortiz@iea.edu.mx, <sup>3</sup> ana.sandoval@edu.uaa.mx

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Resumen.** Las habilidades de lectura y escritura son esenciales para adquirir conocimientos en otras áreas como matemáticas, historia, ciencias naturales y sociales, entre otras. Estas habilidades difícilmente se adquieren a través de prácticas educativas sistemáticas o de repetición; los estudiantes deben estar en situaciones que impliquen la necesidad de hacer uso de los elementos del lenguaje. Sin embargo, aún existen procesos de enseñanza y aprendizaje que no logran captar el interés de los estudiantes para fortalecer este tipo de competencias. Así, la gamificación se ha integrado en la educación como una alternativa que favorece la consecución de aprendizajes de una forma más rápida y divertida. Esta investigación presenta una experiencia de gamificación para fortalecer las competencias de lectura y escritura en estudiantes de primaria.

**Palabras Clave:** Gamificación, Competencias de Lectura y Escritura, Diseño de Juegos, Experiencias de Aprendizaje.

**Summary.** Reading and writing skills are essential for acquiring knowledge in other areas such as mathematics, history, natural and social sciences, among others. These skills are hardly acquired through systematic educational practices or repetition; students must be in situations that imply the need to make use of the elements of language. However, there are still teaching and learning processes that fail to engage students' interests to strengthen this type of competencies. Thus, gamification has been integrated into education as an alternative that favors the achievement of learning in a faster and more fun way. This research presents a gamification experience to strengthen reading and writing skills in elementary school students.

**Keywords:** Human Computer Interaction, Embedded Systems, Web Engineering.

## 1 Introducción

Las habilidades de lectura y escritura son esenciales para adquirir conocimientos en otras áreas como las matemáticas, la historia, las ciencias naturales y sociales, entre otras. Estas habilidades difícilmente pueden ser adquiridas a través de prácticas educativas sistemáticas o de repetición; los alumnos deben estar en situaciones que impliquen la necesidad de hacer uso de los elementos del lenguaje [1].

Emilio también menciona que la escritura es una actividad que evoluciona fuera de la escuela, a través de actividades que son desconocidas en el ambiente escolar. Por esta razón, es importante que los profesores desarrollen estrategias que contengan elementos con los que los alumnos estén familiarizados [2].

Los juegos son actividades que acompañan a las personas desde edades tempranas, ya que estimulan a los niños a desarrollar nuevas estructuras mentales. En las primeras etapas, el juego ayuda a ejercitar y desarrollar esquemas motores; en una segunda etapa ayuda a la imaginación y consolida la posibilidad de ficción, y en la tercera etapa, el niño acepta reglas que comparte [3][4]. La gamificación traslada los elementos del juego a la consecución de objetivos, dentro de la educación es un elemento importante para mejorar la motivación, desarrollar habilidades, conocimientos, actitudes y valores en los alumnos.

### 1.1 Definición del Problema

La enseñanza tradicional ha sido un medio por el que los profesores han conseguido que los alumnos adquieran aprendizajes. Sin embargo, la sociedad cambia constantemente y las necesidades e intereses de los alumnos exigen una transformación en la forma de enseñar de los profesores. Por ello, es importante que los docentes busquen estrategias que les permitan crear ambientes de aprendizaje favorables e innovadores para que los alumnos adquieran conocimientos, habilidades, actitudes y valores de manera significativa.

La falta de implementación de estrategias innovadoras es un problema que se enfrenta en las aulas de los diferentes ámbitos de formación académica y niveles educativos, como menciona [5] el nuevo paradigma

educativo exige la transformación de la figura tradicional del profesor como mero transmisor de conocimientos y, en consecuencia, el docente asume cada vez más el papel de guía, acompañante o facilitador del aprendizaje de los alumnos cuyo interés y curiosidad por el mundo que les rodea debe ser estimulado, en un enfoque más acorde con las teorías constructivistas de Piaget y Vygotski.

Este trabajo de investigación se aplicó en la Escuela Primaria Antonio Torres Reyes, ubicada en el estado de Aguascalientes. El problema detectado, a través de la investigación exploratoria, fue que los alumnos perciben la enseñanza de la lectoescritura como una práctica desmotivante y poco atractiva, por lo que a través de la creación de ambientes de aprendizaje gamificados se pretende que los alumnos de 7 y 8 años fortalezcan las habilidades de lectoescritura. Para abordar el problema detectado, se estableció la pregunta de investigación: ¿Qué dinámicas y mecánicas de gamificación favorecen el incremento de las habilidades de lectoescritura en alumnos de 7 y 8 años?

## 2 Revisión de la literatura

### 2.1 Gamificación

La Gamificación es un concepto que se viene utilizando en los últimos años en diferentes ámbitos entre ellos el laboral y el educativo, este término hace referencia al uso de técnicas que pueden favorecer de forma productiva en lo que se propone, es decir, haciendo uso de estrategias de gamificación se pretende alcanzar los objetivos marcados de forma rápida y divertida.

El concepto de Gamificación hace referencia a: Una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al entorno educativo para conseguir mejores resultados. Estos pueden ser la absorción de conocimientos, la mejora de diferentes habilidades o la recompensa de acciones específicas [6]. Según [7], la gamificación se refiere al uso de estrategias, modelos, dinámicas, mecánicas y elementos de juego en contextos no lúdicos, con el propósito de transmitir un mensaje o contenido o cambiar un comportamiento a través de una experiencia lúdica que promueva la motivación, la implicación y la diversión.

Por tanto, la gamificación es una técnica utilizada por el profesorado para que, de forma divertida y utilizando dinámicas de juego, el alumnado adquiera aprendizajes, mejore competencias y adopte actitudes favorables en la labor educativa de enseñanza-aprendizaje. La gamificación puede ser aplicada en diferentes momentos de la planificación de la clase; sin embargo, es importante tener en cuenta que la gamificación no debe ser percibida como un juego en el que el alumno pueda perder el tiempo o que su único objetivo sea la diversión. El profesor debe mediar para que el juego sea viable y tenga una finalidad educativa y de adquisición de aprendizajes; así mismo, es tarea del profesor evaluar si las mecánicas están funcionando o si se debe detener la actividad para mejorar los mecanismos y así lograr lo que se desea.

La gamificación se considera un elemento positivo en varios ámbitos, uno de ellos es la educación, donde permite conseguir el aprendizaje de una forma lúdica utilizando diversas mecánicas y técnicas de recompensa para motivar a los alumnos a adquirir diferentes habilidades y conocimientos. Estas técnicas pueden basarse en técnicas de recompensa, en las que el profesor puede utilizar diferentes formas de premiar a los alumnos sin que éstos pierdan la motivación y el afán de superación. Según Gaitán, este tipo de aprendizaje está ganando terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de los conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva para el usuario [8].

Las técnicas de mecánica de juego se utilizan para motivar a los alumnos y crear compromiso fomentando la mejora de cada uno de ellos. Estas técnicas de recompensa se pueden trabajar de varias formas. En ellas, encontramos la «acumulación de puntos» en la que el profesor asigna un número a las actividades, que posteriormente y a medida que se van realizando, se van acumulando puntos, esta técnica se puede aplicar cuando el profesor tiene como objetivo que los alumnos terminen sus actividades del día. La escala de niveles permite que el alumno supere las dificultades que se le presenten, y sólo podrá cambiar de nivel si ha completado satisfactoriamente el nivel en el que se encuentra. Esta técnica permite al docente evaluar si sus alumnos están logrando los aprendizajes esperados y detectar las áreas de oportunidad que aún tienen para finalmente buscar una solución.

Otra técnica que es utilizada por profesores de diferentes niveles es la de «obtención de premios» o «regalos», en la que los premios se obtienen en forma de colección, a través de sellos o algún objeto que se pueda guardar, y al final de la actividad se hace un recuento de la colección. En la técnica del regalo, el jugador o jugadores, en el caso de actividades en equipo, reciben un bien físico que incentiva su trabajo y participación. Entre estas técnicas está la de «clasificaciones» en la que el profesor debe elaborar una lista o ranking, en la que se colocan los alumnos que han realizado o cumplido mejor algunas actividades, se puede aplicar en diferentes materias, incluyendo valores. Por último, los retos, misiones o desafíos, que como su nombre lo indica, los alumnos deben

involucrarse en juegos que deben superar para llegar a la meta, estos retos deben ser acordes a su edad y a las necesidades del docente.

## 2.2 Trabajos Relacionados

En el trabajo realizado por [9], se utiliza la gamificación como estrategia de aprendizaje para las ciencias naturales. El trabajo muestra la importancia de la gamificación como elemento esencial para mantener la motivación a través de dinámicas y mecánicas de juego.

Este trabajo se aplicó a 74 estudiantes de bachillerato, a los que se aplicaron diferentes encuestas para identificar el logro de competencias mediante la gamificación en ciencias naturales. La gamificación permitió a los estudiantes dominar los conceptos de ciencias naturales, adquiriendo mayor confianza en su aprendizaje. Una de las mecánicas más exitosas dentro de la investigación fue la de los retos, donde los estudiantes se involucraban en el aprendizaje, y la recompensa por el reto representaba significado y propósito.

En otro trabajo, los autores [10] utilizaron la gamificación para aplicar la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos en estudiantes universitarios para el aprendizaje de la geomorfología. La estrategia de gamificación consistió en un juego de mesa que involucraba dinámicas y mecánicas de juego a través del trabajo colaborativo, donde una vez más se observó que los estudiantes desarrollaban una motivación intrínseca para aprender de forma autónoma.

## 3 Metodología

### 3.1 Metodología de Investigación

La investigación realizada en la escuela primaria Antonio Torres Reyes se centró en un estudio cualitativo, con el propósito de conocer si las estrategias de gamificación fortalecen las habilidades de lectoescritura en alumnos de 7 a 8 años. A través de la observación, participación e interpretación de los resultados, se podrá detectar si este tipo de estrategias favorecen la alfabetización.

El enfoque de este estudio es de **investigación-acción**. El investigador, a través de un proceso cíclico de planificación, acción, observación y reflexión, evalúa de forma práctica y participativa si las estrategias de gamificación favorecen las habilidades de lectura y escritura de los alumnos.

Se trata de una investigación *exploratoria*, a partir de la observación, se detecta un problema en relación con la enseñanza de la lectura y la escritura, para posteriormente indagar en procedimientos que promuevan la mejora de las prácticas docentes en lenguaje y comunicación. Asimismo, esta investigación es explicativa, porque con la aplicación de estrategias de gamificación se pretende averiguar si las técnicas de gamificación aplicadas con los alumnos favorecen la lectoescritura con alumnos de 7 a 8 años.

### 3.2 Características del Grupo de Participantes

El grupo de participantes en la investigación está formado por 6 alumnos de segundo de primaria de entre 7 y 8 años, seleccionados por el profesor responsable del grupo. A este grupo de alumnos se les aplicarán técnicas de gamificación para el desarrollo de la competencia «Lee para otros, cuidando el volumen y la entonación y revisa y corrige textos». Para la selección de la muestra de alumnos se han seguido los siguientes criterios

- Estar en proceso de consolidación de la lectoescritura.
- Ser alumnos de la escuela primaria Antonio Torres Reyes.
- Tener entre 7 y 8 años.

El propósito de este grupo es participar activamente en la estrategia de gamificación propuesta, con el fin de obtener datos que muestren si el alumno adquirió la competencia y responder a la pregunta de investigación.

## 4 Experiencia de Gamificación – Diseño y Desarrollo

A continuación, se describen las actividades realizadas para el diseño y desarrollo de la experiencia de gamificación para el fortalecimiento de las competencias de lectura y escritura en la escuela primaria.

#### 4.1 Características del Grupo de Participantes

El primer paso para diseñar una estrategia de gamificación es identificar el tipo de jugador, para que, al diseñar las dinámicas y mecánicas, estas representen un mayor interés para el jugador.

Para identificar el tipo de jugador de los estudiantes del grupo de participantes, se aplicó un test que identifica 16 personalidades (<https://www.16personalities.com/es>).



Figura 1. Prueba de las 16 personalidades.

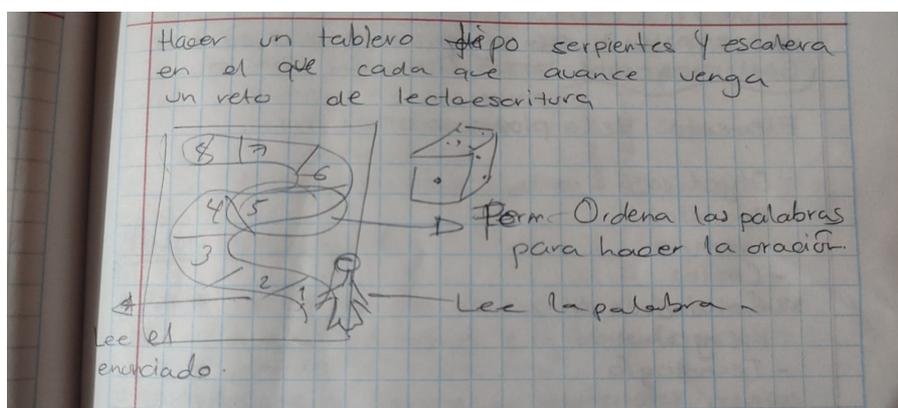
El enlace de la prueba de las 16 personalidades se envió a los padres de los 6 niños. El tipo de jugador predominante fue el lógico. La siguiente tabla describe al jugador lógico.

Tabla 2. Tipo de Jugador: Lógico

Player Type: Logical	
<b>Lógicos:</b> Inventores con una sed insaciable de conocimientos. Las personalidades lógicas se enorgullecen de su inventiva y creatividad, su perspectiva única y su poderoso intelecto. Generalmente, se les conoce como el filósofo, el arquitecto o el profesor soñador. Los lógicos han sido responsables de muchos descubrimientos científicos a lo largo de la historia.	
<i>Características</i>	<i>Motivadores</i>
Entusiastas	Competitivo
Autoevaluadores	Reconocimiento
Críticos	Recompensa
Relajados	
Miedo al fracaso	

#### 4.2 Diseño Conceptual de la Experiencia de Gamificación

Para comenzar con el diseño conceptual de la experiencia de gamificación, se optó por trabajar con la competencia de lectoescritura «Lee para otros, cuidando el volumen y la entonación; revisa y corrige textos». Así, se realizó un boceto inicial para comenzar a planificar y diseñar la experiencia de gamificación desde un aspecto conceptual, tal y como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Sketch de la Experiencia de Gamificación a Nivel Conceptual

Una vez obtenido el boceto (idea) de la gamificación, el siguiente paso es diseñar las dinámicas, mecánicas y componentes para el desarrollo de la competencia «Lee para otros cuidando el volumen y la entonación y revisa y corrige textos» para finalmente realizar el diseño instruccional.

**Tabla 2.** Experiencia de Gamificación – Diseño Conceptual

---

**Competencias de Lectura y Escritura**

---

Lee para los demás prestando atención al volumen y entonación, y corrige los textos.

**Especificación del Sistema de Gamificación**

<i>Dinámicas</i>	<i>Mecánicas</i>	<i>Componentes</i>
Retos	Clasificación absoluta	Juego de lectura
Competencias	Avatares (personalizados)	Dados
	Objeto de vanidad	

La tabla 3 describe a un mayor nivel de especificación la dinámica, la mecánica y los componentes de la experiencia de gamificación.

**Tabla 3.** Experiencia de Gamificación – Especificación

---

**Especificación de las Dinámicas**

---

<i>Dinámicas</i>	<i>Especificación</i>
Retos	Los alumnos deben de completar las tareas especificadas para avanzar en el “juego de la lectura”.

**Especificación de las Mecánicas**

<i>Mecánicas</i>	<i>Especificación</i>
Clasificación Absoluta	Se compara la población de alumnos que están en proceso de consolidación de la lectura. Se reordena la clasificación en función del nivel de consolidación de la lectura.
Avatares	Se utilizará la foto de los alumnos para integrarla en el juego y se sienta identificado.
Objeto de Vanidad	Solo un alumno será el ganador.

**Especificación de los Componentes**

<i>Componentes</i>	<i>Especificación</i>
Juego de Lectura	Se utilizará un tablero de serpientes y escaleras para que los jugadores avancen por las casillas e identifiquen la casilla en la que existen retos, castigos y oportunidades.
Dados	Se utilizará un dado para que el alumno tire y avance en las casillas.

A continuación, se definió el diseño instruccional, donde se describen las reglas e instrucciones de cómo se jugará, y qué aplicaciones o plataformas se utilizarán como soporte para la ejecución de la experiencia de gamificación.

**Tabla 4.** Diseño Instruccional

---

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>
Edad del jugador	7 a 8 años
Tipo de jugador	Lógico
Estrategia	Juego de la Lectura
Skill	Lee para los demás prestando atención al volumen y entonación, y corrige los textos.
Propósito	Se utilizará un dado para que el alumno tire y avance en las casillas

Actividades (reglas del juego)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presentan las reglas a los jugadores. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Respetar los turnos, deja que el compañero responda al reto individualmente, avanzar solo si se responde correctamente.</li> </ul> </li> <li>• Indicaciones del juego: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tirar el dado por turnos, avanzar el número de Casillas indicadas por el dado solo si se responde a la pregunta, gana el que alumno que llegue primero a la meta. El símbolo de la estrella indica que hay que responder a una pregunta, x2 lanza el dado dos veces, x3 lanza el dado tres veces y dislike regresa al inicio.</li> </ul> </li> <li>• Leer la historia “Los músicos de Bremen” como una introducción de la actividad.</li> <li>• Comenzar con el “juego de la Lectura”</li> <li>• Compartir como se sienten y como cierre del juego, mencionar que les gustó.</li> </ul>
Herramientas de Apoyo	Quizizz y Genially
Componentes	Juego de la Lectura y Dados

En esta fase, el diseño conceptual de la técnica de gamificación para el desarrollo de la competencia «leer para otros cuidando el volumen y la entonación y revisar y corregir textos», se transformó en un diseño digital utilizando las herramientas de gamificación basadas en web Quizizz y Genially.

Para el diseño del tablero «juego de lectura» se utilizó la herramienta Genially, donde ya existen algunos tableros que pueden ser editados de acuerdo con las necesidades del diseño conceptual (boceto) de la experiencia de gamificación. Véase la figura 3.

### 4.3 Diseño Digital de la Experiencia de Gamificación

En esta fase, el diseño conceptual de la técnica de gamificación para el desarrollo de la competencia, «leer para otros cuidando el volumen y la entonación y revisar y corregir textos», se transformó en un diseño digital utilizando las herramientas de gamificación basadas en web: Quizizz y Genially.

Para el diseño del tablero «juego de lectura» se utilizó la herramienta Genially, donde ya existen algunos tableros que pueden ser editados de acuerdo con las necesidades del diseño conceptual (boceto) de la experiencia de gamificación. Véase la figura 3.

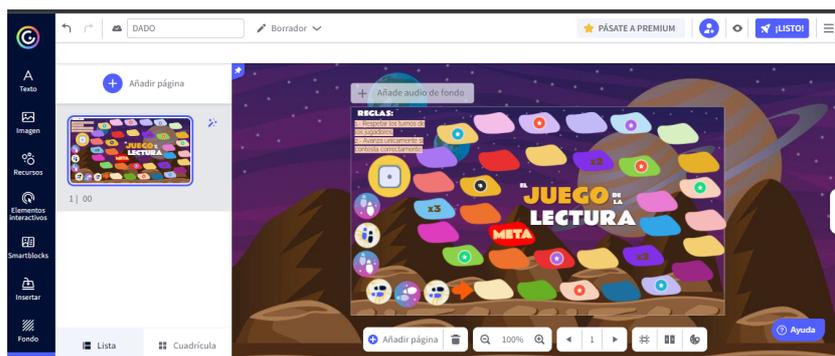


Figura 3. Diseño digital del tablero «El juego de la lectura».

Para elaborar el cuestionario se utilizó la herramienta Quizizz, una herramienta similar a Kahoot, fácil de usar y que muestra de forma divertida los puntos obtenidos, las oportunidades de volver a responder a una pregunta, los puntos extra, etc. Véase la figura 4.

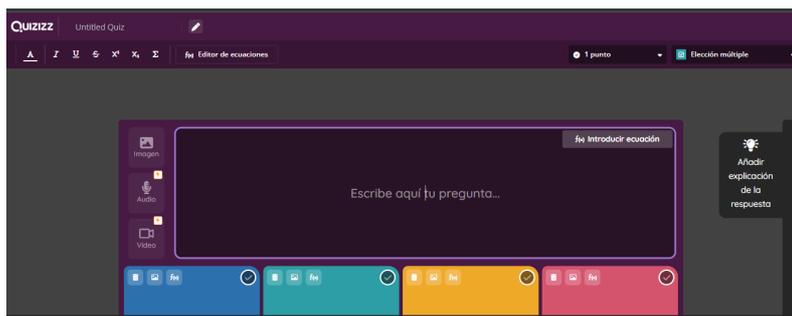


Figura 4. Interfaz de la Herramienta Quizizz.

Para utilizar funcionalidades más avanzadas en ambas herramientas, era necesario contratar la versión premium.



Figura 5. Beneficios de la versión Premium de Quizizz.

Con la versión premium de Quizizz fue posible integrar preguntas en las que se pudieran trabajar las destrezas de lectura y escritura y que supusieran un reto para los alumnos. Se plantearon preguntas de comprensión lectora del cuento «Los músicos de Bremen», orden de las frases, uso de mayúsculas, minúsculas y punto, relación imagen-texto, completar frases, etc.

## 5 Experiencia de Gamificación – Aplicación y Resultados

En este apartado se describe la implementación de la experiencia de gamificación diseñada para desarrollar la competencia «Lee para otros cuidando el volumen y la entonación y revisa y corrige textos» en un grupo de 6 alumnos de entre 7 y 8 años de la escuela «Antonio Torres Reyes» ubicada en el estado de Aguascalientes, México.

### 5.1 Experiencia de Gamificación validada por panel de Expertos

Antes de poner en marcha la experiencia de gamificación, se presentó la propuesta a un grupo de expertos en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la lectoescritura para validar la dinámica y mecánica con el fin de potenciar las competencias lectoescritoras de los alumnos participantes.

La edad media de los profesores expertos es de 47 años. El promedio de experiencia como docentes de primaria es de 25 años, durante este tiempo han continuado su formación a través de diversos cursos y talleres sobre lenguaje y comunicación, técnicas de lectura, talleres de lenguaje, entre otros. Una de las maestras es licenciada, el maestro tiene una maestría y otro maestro tiene una maestría y está cursando un doctorado.

Para la selección de la muestra de profesores se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Haber ejercido la docencia en primer o segundo grado de primaria.
- Tener al menos 10 años de experiencia en la enseñanza primaria.
- Conocimiento de diversas estrategias de lectura y escritura, incluyendo la gamificación.

Se elaboró una encuesta Google Form para que los tres expertos evaluaran la experiencia de gamificación y realizaran recomendaciones para ajustar la actividad. El formulario contiene preguntas sobre la integración de elementos en la planificación y técnicas de gamificación, así como sobre la viabilidad. Véase la figura 6.

### Estrategia de Gamificación

Validación de la estrategia de gamificación

ortiz.hernandez.ana@crena.edu.mx (no compartidos)  
[Cambiar de cuenta](#)

**\*Obligatorio**

¿La estrategia presenta el tipo de jugador a quien va dirigida la actividad? \*

Si  
 No

¿Da a conocer la competencia que se desarrollará? \*

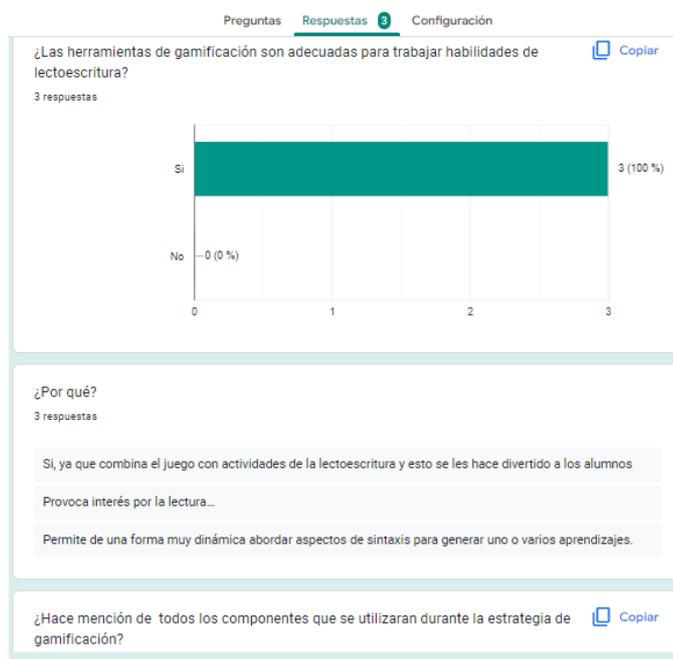
Si  
 No

¿Hace mención de la dinámica a la cual esta enfocada la actividad? \*

Si  
 No

**Figura 6.** Encuesta de Validación sobre la Experiencia de Gamificación.

Los resultados obtenidos respecto al diseño de las mecánicas y dinámicas enfocadas a fortalecer las habilidades de lectura y escritura fueron favorables. Los expertos mencionaron que las herramientas utilizadas eran adecuadas para trabajar las habilidades lingüísticas, ya que provocaban interés por la lectura, permitían trabajar de manera dinámica y abordar aspectos de la sintaxis para generar diversos aprendizajes, y combinaban el juego con las actividades de lectoescritura, lo cual resultaba atractivo para los estudiantes. Véase la figura 7.



**Figura 7.** Respuestas sobre la Experiencia de Gamificación.

También se pidió a los expertos que mencionaran algunas recomendaciones para mejorar la experiencia de gamificación; en este punto, uno de los comentarios fue que no era necesario introducir mejoras en la obra. Por otro lado, un experto comentó que se podrían añadir imágenes como referencias, sin embargo, no era obligatorio ya que la actividad estaba bien desarrollada. También se mencionó que era importante buscar alternativas para trabajar sin el uso de Internet, así como hacer una revisión al momento de la implementación y de los resultados, ya que serían la pauta para futuras mejoras a la experiencia. Ver Figura 8.

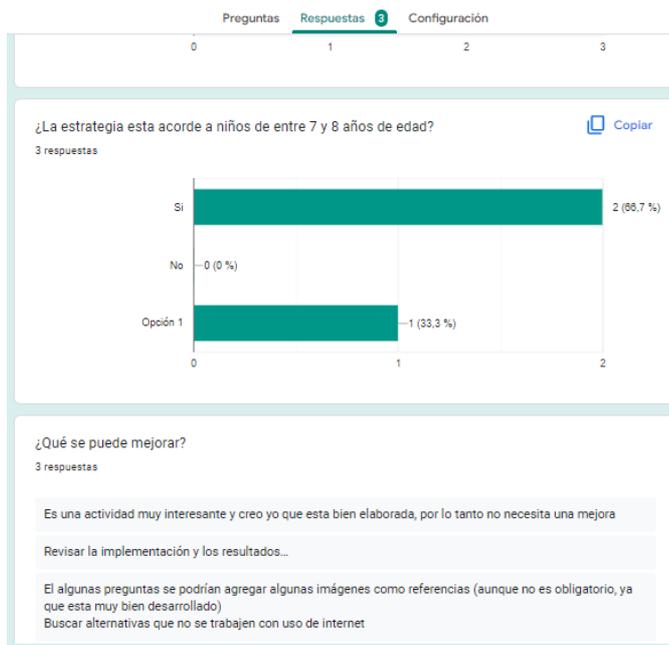


Figura 8. Recomendaciones de Mejora de la Experiencia de Gamificación.

## 5.2 Implementación de la Experiencia de Gamificación

La experiencia de gamificación se aplicó en la escuela Antonio Torres Reyes, en el turno matutino, en el laboratorio de cómputo, para garantizar la conectividad a Internet, además de contar con un espacio amplio y sin interrupciones.

Cuando los alumnos estuvieron presentes en el laboratorio, se realizó la presentación de la experiencia de gamificación y se mencionaron las reglas e indicaciones del juego de manera clara y entendible para los alumnos, también se dio a conocer el premio del jugador ganador. Los puntos que se trataron fueron los siguientes:

- Lanzar el dado
- Avanza el número de casillas que salieron en el dado.
- Si caes en una casilla que contiene una estrella debes contestar una pregunta, si contestas correctamente te quedas en la casilla, si no, vuelves a la casilla en la que estabas.
- Si caes en la casilla x2, tira el dado dos veces.
- Si cae en la casilla x3, tira el dado tres veces.
- Si cae en la casilla UNLIKE vuelve al principio del juego.
- Gana el que llega a la META.

Se observó que los alumnos comprendieron las indicaciones y reglas de la actividad, se interesaron por el tablero, ya que les recordaba a los juegos de mesa, expresando que en este caso ellos serían los «monitos» del juego y se organizarían entre ellos para ver quién empezaba a lanzar los dados. Véase la figura 9.



Figura 9. Presentación de la Experiencia de Gamificación

Con las reglas y las indicaciones claras del juego, comenzó la lectura del cuento «Los músicos de Bremen». Los alumnos estuvieron atentos durante la lectura, ya que sabían que en el texto se abordarían algunas preguntas. A continuación, los alumnos empezaron a tirar los dados, y los que tenían que responder a las preguntas estaban atentos, emocionados e interesados en contestar.

Durante la aplicación de la experiencia de gamificación, los alumnos mencionaron que les gustaba mucho responder a las preguntas de Quizizz, ya que daba puntos extra a los que respondían con rapidez. Véanse las figuras 10 y 11.



**Figura 10.** Jugadores leyendo las preguntas del Quizizz



**Figura 11.** Mostrar las preguntas del Quizizz

En un momento de la actividad, uno de los jugadores cayó en las casillas x2 y x3 que llevaban a la meta. Sin embargo, en ese momento aún quedaban preguntas por responder y los jugadores pidieron seguir jugando, aunque ya no obtendrían premio. Esto indica que se ha logrado el interés por aprender de forma lúdica. Véase la figura 12.



**Figura 12.** Jugadores avanzando en el tablero.

Al final de la actividad, se reconoció al ganador y se entregó un regalo de consolación a los participantes. Los alumnos se mostraron entusiasmados y preguntaron cuándo volverían a jugar, ya que la actividad les había parecido interesante. Véase la figura 13.



**Figura 13.** Entrega del premio al ganador «El juego de la lectura».

## 6 Conclusiones

La gamificación ha sido utilizada en diferentes áreas, entre ellas la educación, la cual se ve favorecida al implementar técnicas de gamificación que motivan a los estudiantes a mejorar sus habilidades a través del juego, facilitando la apropiación del aprendizaje y mejorando su participación en clases.

Desde el punto de vista de [11], el juego es una alternativa para que los estudiantes adquieran sus aprendizajes, sin embargo, debe ser diseñado con propósito, de acuerdo con el contexto, necesidades, intereses y edad de los estudiantes, si no se tienen en cuenta estos elementos, lo único que se diseñaría sería una clase lúdica. La implementación de estrategias de gamificación implica un trabajo previo desde el conocimiento de los jugadores, dinámicas, mecánicas y componentes.

Se detectó que este tipo de estrategia va más allá de implementar juegos o hacer clases lúdicas, pues es a partir del conocimiento de las características de los alumnos (perfil del jugador) que se pueden definir las técnicas de gamificación. Si las estrategias de gamificación no se diseñan a partir de las motivaciones, características y necesidades del perfil del jugador, estas dinámicas y mecánicas pueden no obtener el éxito esperado.

Se pudo observar que los alumnos se mostraron interesados y motivados durante la estrategia de gamificación, principalmente por desempeñar el rol del juego (siendo los avatares en el tablero «El juego de la lectura»), además de interesarse por la plataforma Quizizz que contenía preguntas para fortalecer las habilidades de escritura y lectura, reforzando la competencia «Leer para otros», cuidar el volumen y la entonación, y revisar y corregir textos».

Respondiendo a la pregunta de investigación inicial, ¿Qué dinámicas y mecánicas de gamificación favorecen el incremento de las competencias lectoescritoras en alumnos de 7 y 8 años? Según el tipo de jugador lógico, las dinámicas de competición junto con las mecánicas (ranking absoluto, avatares, vanity items) utilizadas para conseguir este tipo de dinámicas, favorecen las habilidades lectoescritoras, ya que estas técnicas están enfocadas a jugadores creativos, críticos, relajados y con miedo al fracaso, por este motivo, se utilizaron herramientas para incentivar la participación de los jugadores a través de la competición y para generar motivación a través de recompensas y reconocimiento de los jugadores.

Como trabajo futuro. El problema de la investigación sobre las prácticas tradicionales en la enseñanza de la lectoescritura es una cuestión que no se puede resolver sólo con la implementación de una estrategia de gamificación. Es necesario abordar este tema con mayor profundidad y buscar alternativas que favorezcan la motivación e interés de los estudiantes para que adquieran habilidades de lectoescritura acordes a sus intereses y edad.

## Referencias

- 1 SEP, «Aprendizajes Clave». Secretaría de Educación Pública, 2017.
- 2 E. Ferrero, «La Escritura», *Escr. En El Aula*, 2010.
- 3 L. M. Lodoño Vásquez y M. D. Rojas López, «De los juegos a la gamificación: propuesta de un modelo integrado», *Educ. Educ.*, n.o 1, pp. 493-512, 2020.
- 4 C. Bernard y A. da S. Veleida, «Brincadeiras como ferramentas de aprendizagem. Play as a learning tool.», *EDUCON*, vol. XIV, n.o 3, 2020, doi: 10.29380.
- 5 M. Fuentes Hurtado y J. González Martínez, «Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM», *Rev. Educ. Distancia*, vol. 17, n.o 54, 2017.
- 6 UNIR, «Ejemplos de Gamificación en Primaria y Herramientas para ponerlo en Práctica». *UNIR REVISTA*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.unir.net/educacion/revista/ejemplos-gamificacion-primaria/>
- 7 J. Gallegos, R. Molina, y F. Llorens, «Gamificar una propuesta docente, diseñando experiencias positivas de aprendizaje», *JENUI XX*, 2014.
- 8 V. Gaitán, «Gamificación: el aprendizaje divertido», *Educativa*, 2013.
- 9 L. Rodríguez y H. Avendaño, «Gamificación como estrategia de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica secundaria», *Rev. Tecnó Episteme Didaxis*, pp. 1-9, 2018.
- 10 D. Rodríguez.Oroz, R. Gómez-Espina, M. Bravo Pérez, y M. Truyol, «Aprendizaje basado en un proyecto de gamificación: vinculando la educación universitaria con la divulgación de la geomorfología de Chile», *Rev. Eureka Sobre Enseñ. Divulg. Las Cienc.*, vol. 16, n.o 2, pp. 1-11, 2019.
- 11 C. Minerva Torres, «El juego: una estrategia importante», *Educere*, vol. 6, pp. 289-296.

Un acercamiento a la Lengua de Señas desde la biomecánica  
An approach to Sign Language from biomechanics

Becerra Martínez, L.<sup>1</sup>, Rojano Cáceres, J.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Instrumentación Electrónica – Ingeniería Biomédica, Universidad Veracruzana

<sup>2</sup> Facultad de Estadística e Informática – Ing. en Sistemas y Tecnologías de la Información, Universidad Veracruzana

Xalapa 91020, Veracruz, México.

zs21013674@estudiantes.uv.mx

rojano@uv.mx

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Resumen.** La lengua de signos (LS) se caracteriza por ser un sistema de comunicación visual-gestual, que utiliza el cuerpo, las manos, los movimientos y los gestos para codificar el mensaje. A su vez, la vista es la encargada del proceso de decodificarlo. Como tal, su estudio puede realizarse desde diferentes disciplinas como la lingüística, la enseñanza de segundas lenguas o la propia tecnología. Sin embargo, se puede afirmar que en cuanto al proceso de describirlo textualmente se pueden encontrar una gran variedad de formas, estas pueden ir desde el lenguaje coloquial hasta el uso de herramientas lingüísticas. Debido a esta variación, este artículo propone el uso de la terminología utilizada en la disciplina de biomecánica como sistema regulatorio para realizar descripciones textuales de SL, debido a que dicha terminología ya se encuentra estandarizada.

**Palabras Clave:** Biomecánica, Lengua de Señas (SL), articulaciones sinoviales, Descripción textual de la LS, Descripción cualitativa de la LS.

**Summary.** Sign language (LS) is characterized by being a visual-gestural communication system, that uses the body, the hands, the movements and the gestures to encode the message. In turn, the view is in charge of the process of decoding it. As such, its study can be carried out from different disciplines such as linguistics, the teaching of second languages, or technology by itself. However, it can be affirmed that in terms of the process of describing it textually, a great variety of ways can be found, these can range from the colloquial language to the use of linguistic tools. Due to this variation, this article proposes the use of the terminology used in the discipline of biomechanics as a regulatory system to carry out textual descriptions of SL, because such terminology is already standardized.

**Keywords:** Biomechanics, Sign Language (SL), synovial joints, Textual description of the SL, Qualitative description of the SL.

## 1 Introducción

En México, alrededor de 250 mil personas utilizan la Lengua de Señas Mexicana (LSM) [1], la cual se define como una serie de signos gestuales articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimiento corporal, dotados de función lingüística [2].

Por otro lado, la biomecánica evalúa el movimiento de un organismo vivo y el efecto de fuerzas sobre él [3]. Esta evaluación puede ser cualitativa, es decir, desde una descripción simple y breve hasta una descripción detallada del movimiento incluyendo aspectos anatómicos y fisiológicos, o cuantitativa, una descripción que incluya aspectos cinemáticos en otras palabras, descripciones numéricas que ofrezcan una representación completa, objetiva y precisa del movimiento [3].

Se puede pensar que los conceptos presentados anteriormente son aislados, sin ninguna o poca relación, no obstante, comparten en común que la LSM es una lengua que se produce mediante el uso de los movimientos del cuerpo, las manos y el espacio circundante a este, por lo cual la biomecánica como una disciplina encargada de la descripción del cuerpo, sus movimientos y posiciones introduce un lenguaje técnico estandarizado que puede ser empleado para la definición de la LSM o bien de cualquier otra lengua gestual.

De allí que en este trabajo de investigación se plantea la noción de describir la lengua viso-gestual desde la terminología de la disciplina antes enunciada.

## 2 Antecedentes

Según la Federación Mundial de Sordos, existen aproximadamente 70 millones de personas sordas en todo el mundo, las cuales utilizan más de 300 diferentes lenguas de señas [4]. Sin embargo a pesar de la amplia variedad de lenguas de señas, la mayoría comparte entre sí diferentes características, como el movimiento, la posición y la orientación de manos, brazos, hombros, entre otras partes de nuestro cuerpo, como la expresión facial. En este sentido otra de las características de estas lenguas es que son ágrafas, es decir no tienen una representación escrita [5].

No obstante, debido al auge que ha experimentado la Lengua de Señas (LS), desde el ámbito de la lingüística, se ha planteado el tener representaciones gráficas que faciliten su estudio.

En la primera mitad del Siglo XIX Auguste Bébien presentó un escrito intitulado "*Mimographie, ou essai d'écriture mimique, propre à régulariser le langage des sourds-muets*", o en corto escritura mímica, como un modelo de escritura para las señas de la escuela de sordos [8]. Años más tarde Stokoe se refirió al trabajo de Bébien como un “ingenioso intento de diseñar un sistema de escritura para la lengua de señas natural” [8]. Ambos investigadores buscaban representar la lengua de señas pero desde diferentes perspectivas, Stokoe buscaba patrones lingüísticos, mientras que Bébien procuraba transcribir exactamente lo percibido por el ojo [8].

Cada seña está compuesta de uno o más gestos, en donde el gesto es un movimiento de una parte del cuerpo o de todo el cuerpo. De este modo, para escribir la seña, todo lo que necesitamos indicar es cuál es la parte que gesticula y su movimiento [8].

En este artículo se busca proponer una notación para la lengua de señas a partir de descripciones biomecánicas cualitativas, es decir se propone describir a la LS cualitativamente.

## 2.1 Biomecánica

La biomecánica es una disciplina que se encarga analizar y comprender como funcionan los sistemas biológicos, estudiando los huesos, las articulaciones, los músculos y los tejidos durante el movimiento.

El movimiento es el cambio de posición de nuestro cuerpo respecto a un punto de referencia, no obstante se suele pensar que esta acción se genera gracias a la acción coordinada de huesos y músculos; que si bien, no es un pensamiento totalmente equivocado, una parte importante para que se lleve a cabo dicha acción son las articulaciones. Estas cumplen con la función de generar un punto de aplicación (lugar específico donde se aplica una fuerza sobre una estructura biológica) para que huesos y músculos logren formar ángulos que generen cambios respecto a su posición inicial.

Las articulaciones se definen como las uniones entre dos o más huesos o partes rígidas del esqueleto [9]. Aun cuando las articulaciones juegan un papel importante en el movimiento también existen aquellas que presentan nulo o poco movimiento, en cuyo caso se denominan sinartrosis, y anfiartrosis respectivamente. En este sentido su función se centra en unir algunos huesos pero sin formar un punto de aplicación entre ellos.

Por otro lado, también se dispone de articulaciones que ayudan a generar un mayor rango de movimientos como son flexión, extensión, rotación, abducción, aducción y circunducción; por lo que este artículo se enfocará en este tipo de articulaciones denominadas sinoviales.

Las articulaciones sinoviales se componen por una membrana fibrosa y una sinovial que delimita la cápsula sinovial, en ella está contenido el líquido sinovial o también llamado líquido articular, lo que permite que los segmentos unidos por estas articulaciones posean un espacio articular en donde puedan deslizarse y generar movimientos complejos.

Cuando las articulaciones se sitúan en la misma ubicación que la posición de referencia se denominará a esta posición 0, ya que se generará un ángulo de 0° respecto a ésta. Esta localización corresponde a cuando el sujeto se encuentra de pie con el torso recto, la cabeza mirando hacia adelante, las piernas juntas con los pies apuntando hacia adelante y las palmas de las manos a los costados apuntando hacia el torso [3], véase **Figura 1**.



**Figura 1.** Posición de referencia 0° [12].

## 2.2 Movimientos articulares

En el momento en que las articulaciones den lugar a una posición diferente a la posición 0 se generarán ángulos que permiten producir movimiento. Según el tipo de ángulo se designarán 6 términos principales para describir los movimientos, los cuales son: flexión, extensión, abducción, aducción, rotación medial y rotación lateral, y a su vez existen 4 movimientos que se derivan de los anteriores los cuales son: hiperflexión, hiperextensión, hiperabducción y la hiperaducción. En la **Tabla 1** se da una breve definición de cada término.

Otro término especializado presente en distintas articulaciones es la circunducción el cual se trata de un movimiento complejo en donde ocurre los 4 movimientos principales, flexión, extensión, abducción y aducción en secuencia para formar un círculo al mover los segmentos.

De esta forma, es que la mayoría de los movimientos generados en todo nuestro cuerpo se denominan con base en los términos mencionados anteriormente, no obstante algunos segmentos presentan términos específicos como el segmento del antebrazo para el cual se definen las posiciones de la pronación y la supinación, también conocidos como rotación interna o medial y rotación externa o lateral. Junto a estos dos términos se define también el término semiprona que indica un movimiento intermedio en la pronación y la supinación en donde nuestra palma apunta hacia la zona medial de nuestro cuerpo con los pulgares hacia adelante y el ante brazo extendido.

Tabla 1. Nombres para los tipos de movimientos principales en la Biomecánica.

Movimientos principales	
Flexión	Movimiento en donde el ángulo entre los segmentos disminuye partiendo de la posición 0
Extensión	Movimiento en donde el ángulo entre los segmentos aumenta partiendo de la flexión por lo que regresa a la posición 0
Abducción	Movimiento que se aleja de la línea media del cuerpo o segmento [3]
Aducción	Movimiento que busca regresar a la posición 0 partiendo de la abducción
Rotación medial	El segmento anterior rota hacia la línea medial
Rotación lateral	El segmento anterior rota hacia la línea lateral
Movimientos derivados	
Hiperflexión	El movimiento sobre pasa el ángulo de la posición 0 Ejemplo: Articulación del hombro, cuando el brazo está apuntando hacia arriba
Hiperextensión	El movimiento sobrepasa el ángulo de la posición 0 cuando se busca regresar a ella partiendo de la flexión
Hiperabducción	Movimiento que se aleja más allá de la línea media del cuerpo haciendo un giro de 180° grados Ejemplo: Articulación del hombro
Hiperaducción	Movimiento que sobrepasa la posición 0 cuando se busca regresar a ella partiendo de la abducción

## 2.3 La mano

Se comentó brevemente que la lengua de señas está conformada por múltiples canales, sin embargo, en este trabajo se utilizará el sistema esquelético como referente para señalar los segmentos a describir, siendo de igual forma una delimitación el realizar descripciones biomecánicas de la LS en el ámbito de la configuración de la mano; para ello se describe la anatomía de la mano, los huesos que la componen, y sus articulaciones.

La articulación de la muñeca posee dos movimientos específicos, flexión radial y flexión cubital, en donde se flexiona la muñeca hacia el extremo del pulgar (radial) y hacia el extremo del meñique (cubital).

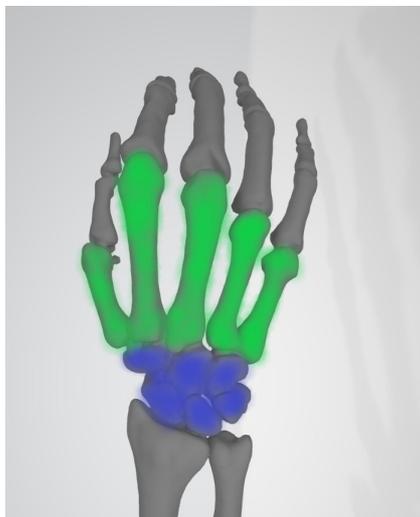
La mano se encuentra en el extremo del brazo, unida al radio y al cubito que componen el antebrazo por la articulación radiocarpiana, consta de 27 huesos que se pueden dividir en 3 grupos, los carpianos, metacarpianos y las falanges. Véase la **Figura 2**.

Los huesos carpianos están integrados por 8 segmentos, organizados en 2 filas de 4 huesos cada una, en conjunto con otros huesos del antebrazo forman la zona de la muñeca. Estos, tienen como función flexionar, extender, hiperextender, flexionar radial, flexionar cubital y circunducionar la muñeca.

Los metacarpianos son los huesos que unen la zona de los carpianos con las falanges, las cuales constan de 5 huesos que se enumeran del I al V comenzando por el pulgar, en esta zona los huesos se unen por la articulación

metacarpofalángica la cual proporciona movimientos de flexión, extensión, hiperextensión, abducción, aducción, circunducción [3].

El último grupo de huesos de la mano es la zona de las falanges la cual compone a los dedos. Cada mano está compuesta por 5 dedos y cada uno por 3 falanges, distal, medial y proximal, haciendo un total de 14 falanges en cada mano, ya que el pulgar solo consta de dos falanges más cortas y anchas que las del resto de los dedos. Este grupo se une por las articulaciones interfalángicas las cuales nos ayudan a ejecutar los movimientos de flexión, extensión, e hiperextensión en los dedos.



**Figura 2.** Regiones de la mano, en donde la región azul es la región del carpo, la región verde: metacarpos y la región gris: falanges [6].

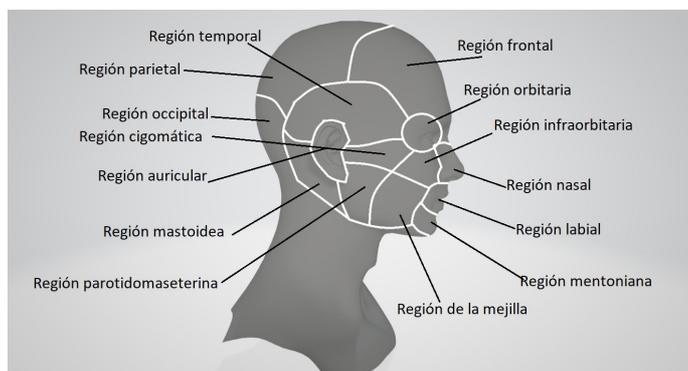
No obstante el pulgar presenta otros tipos de movimientos ya que la articulación que une al pulgar con la mano es la carpometacarpiana, la cual es una articulación en forma de silla de montar permitiendo que el pulgar realice movimientos en diferentes direcciones como: flexión, extensión, abducción, aducción, oposición, reposición y circunducción.

El movimiento de oposición ocurre cuando el pulgar trata de unirse al meñique mientras que el movimiento de reposición es aquel que ocurre cuando el pulgar busca regresar a la posición 0 partiendo de la oposición.

Como ya se ha mencionado, ejecutar o describir lengua de señas (LS) implica delimitar otras áreas de nuestro cuerpo ya que la LS no solo se conforma de la configuración de la mano sino también de otros movimientos de nuestro cuerpo incluso gesticulación, es este artículo se describen las regiones del rostro con la intención de delimitar los puntos de referencia en los cuales se ejecuta la configuración de la mano.

## 2.4 El rostro

Algunas de las zonas del rostro reciben su nombre respecto al hueso, musculo o glándula que les es contiguo. En este sentido las áreas de referencia son la región parietal, temporal, cigomática, occipital, auricular, mastoidea, parotidomasterina, frontal, orbitaria, infraorbitaria, nasal, labial, mentoniana y mejilla, como referencia véase la **Figura 3.**



**Figura 3.** Áreas de ubicación en el rostro [7].

## 2.5 Posicionamiento especial

Es importante conocer ciertos términos que nos ayuden a ubicarnos espacialmente respecto a otras estructuras. Para ello utilizaremos los siguientes términos:

- Medial hace referencia a aquellos segmentos más cercanos a la línea media del cuerpo.
- Lateral hace referencia a los segmentos más alejados de la línea media.
- Proximal, describe los elementos más cercanos a un segmento.
- Distal, describe a los elementos más alejados.

Otros términos importantes son aquellos que describen cuando un segmento se encuentra delante de otro, y detrás de él, para ello utilizaremos los términos anterior y posterior respectivamente.

## 3 Metodología

Anteriormente se han descrito los términos que se utilizarán para construir las descripciones de Lengua de Señas desde la biomecánica. Con el objetivo de generar las mismas sin el sesgo de un lenguaje coloquial.

La descripción constará de 3 etapas, la posición inicial, el movimiento y el desenlace. Si bien es una estructura general, podrá ser modificada a conveniencia de la seña, ya que algunas señas presentaran varios movimientos e incluso podrán ser estáticas por lo que solo contarán con posición inicial y desenlace.

### 3.1 Seña amable – LSM

A continuación se presenta la descripción de la seña “Amable” tomada de [2], en la **Figura 4** se puede apreciar la ejecución de la seña. Asimismo, se presenta en el **Tabla 2** la descripción que dicho diccionario elabora. En el **Tabla 3** se pone en contraposición la descripción de la seña amable, descrita desde el ámbito de la biomecánica.

(B-P 29) Amable (B)



**Figura 4.** Representación gráfica de la seña amable en LSM [2].

**Tabla 2.** Nombres para los tipos de movimientos principales en la Biomecánica.

Seña	SM
<b>Configuración</b>	Seña que pasa de B-P.2 a B-P.8
<b>Orientación</b>	Palma hacia adentro
<b>Ubicación</b>	A la altura del rostro, del lado derecho
<b>Movimiento</b>	El pulgar se mantiene inmóvil mientras los otros cuatro dedos se aproximan hacia la palma repetidamente
<b>Rasgos no manuales</b>	Cabeza ladeada hacia la izquierda, se esboza una ligera sonrisa

**Tabla 3.** Descripción biomecánica para amable.

Contexto	Descripción
<b>Posición inicial</b>	Falanges derechas I-V en posición 0 anteriores a la mejilla, articulación antebraquiocarpiana en posición 0
<b>Movimiento 1</b>	Flexión en articulación antebraquiocarpiana
<b>Desenlace</b>	Regresa a posición inicial repetidamente

### 3.2 Señá maestro - LSM

La descripción de la seña "maestro" se efectuaría conforme se describe en la **Tabla 4**, asimismo se puede apreciar la ejecución de la seña conforme lo muestra la **Figura 5** [10]:

Una clara diferencia entre la descripción de la seña "amable" y la seña "maestro", provenientes de la lengua de señas mexicana, es que la segunda presenta mayor complejidad en la descripción de la posición inicial pero no cuenta con un desenlace ya que el movimiento no se repite, mientras que la primera seña su posición es de menor complejidad pero al final de la ejecución se presenta un movimiento repetitivo.

Otro concepto importante a destacar sobre la descripción de la posición inicial es el orden de la misma, ya que se podría pensar que se comienza a describir en orden de las falanges comenzando por la falange I, sin embargo para algunas señas esta opción no es viable ya que no se comprende ni es tan natural ejecutarla con esta descripción, es por eso que se propone que la descripción se comience especificando los movimientos más complejos o más significativos para llevar a cabo la configuración manual.



**Figura 5.** Representación gráfica de la seña maestro/profesor en LSM [10].

**Tabla 4.** Descripción biomecánica de la seña maestro.

Contexto	Descripción
<b>Posición inicial</b>	Falange II en hiperaducción con dirección a la falange III, falange III en hiperaducción con dirección a la falange II, falange IV y V en flexión, falange I en oposición sobre las falanges distales IV y V, flexión del codo con la configuración anterior al hombro en ambas manos.
<b>Movimiento</b>	Rotación medial de ambos brazos manteniendo la configuración manual.

### 3.3 Señá amable - LSC

Como último ejemplo se presenta a continuación la descripción de la seña "amable", pero ahora se contrasta con la descripción en Lengua de Señas Colombiana (LSC) en el **Tabla 5**, asimismo como contraste se muestra la imagen de la ejecución de dicha seña en la **Figura 6** [11].

En esta última descripción podemos observar que este sistema puede ser aplicado en los diferentes tipos de LS no solo en la LSM, sin embargo algunas descripciones requerirán de más elementos como la descripción de partes más específicas del cuerpo humano, por ejemplo para esta seña se utilizó el término "esternón" para especificar la posición exacta de la mano en el pecho.



Figura 6. Representación gráfica de la seña amable en LSC.

Tabla 5. Descripción biomecánica para amable en LSC.

Contexto	Descripción
Posición inicial	Falanges de la I a la V en ambas manos en posición 0, brazos flexionados y rotados medialmente, mano derecha anterior al esternón y mano izquierda inferior a ella
Movimiento	Posición supina de ambas manos con ligera rotación media

#### 4 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo se abordó la descripción cualitativa de la lengua de señas (LS) desde la disciplina de la biomecánica, lo anterior toda vez que la misma es responsable del estudio del movimiento del organismo.

Como se argumentó el objetivo primario es el de contar con un léxico estandarizado que permita realizar las descripciones independientemente de la LS utilizada. Es por ello, que se muestra la descripción de dos lenguas como la LSM y la LSC. En donde para cada caso, la descripción cambiará ajustándose a la naturaleza de cada una.

Finalmente, se puede argumentar que el uso de esta terminología bien definida, así como otra que en este artículo no se ha incluido, se puede utilizar para definir como se producen las señas. También es posible construir una crítica en torno a la terminología toda vez que es técnica y probablemente no es del uso generalizado de la población. Sin embargo, gracias a su conformación estandarizada se puede aprender sin subjetividad y se puede emplear con el fin planteado.

#### Trabajo futuro

Se concibe como propuesta de trabajo futuro abarcar aquellos elementos terminológicos que no se han incluido en este artículo, de tal forma que sea posible extender aún más las descripciones textuales en un conjunto más amplio de señas.

#### Referencias

1. Cámara de diputados LXIV, Aprueban reformas para que personas con discapacidad auditiva reciban educación bilingüe en lengua de señas, Boletín No.5854. 2021.
2. C. Escobedo Diccionario de Lengua de Señas Mexicana de la Ciudad de México. Instituto para las Personas con Discapacidad de la Ciudad de México (INDEPEDI CDMX). Ciudad de México, México. 2017, Recuperado de <https://pdh.cdmx.gob.mx/storage/app/media/banner/DicLSM2.pdf>
3. J. Hamill, K. Knutzen y T. Derrick, Biomecánica Bases del movimiento humano, 4a ed. Barcelona: Wolters Kluwer, 2017.
4. United Nations. (s.f.). International Day of Sign Languages. Recuperado de <https://www.un.org/es/observances/sign-languages-day>
5. AM. García, “El español escrito como segunda lengua en el sordo: apuntes para su enseñanza”. Boletín de Lingüística. Vol. XXVII, n°um.43-44, pp.118-131, 2015.

6. Alebogino, Huesos de la Mano, Disponible en: <https://sketchfab.com/3d-models/huesos-de-la-mano-ef425a2fa9564acca4cea8f9ed866dca>, (Fecha de acceso: 2023-05-20).
7. 2on,Face,Disponible en: <https://sketchfab.com/3d-models/face-ffde29cb64584cf1a939ac2b58d0a931>, (Fecha de acceso: 2023-05-20)
8. Oviedo, “Vuelta a un hito histórico de la lingüística de las lenguas de señas: la mimographie de Bébian en el sistema de transcripción de Stokoe”, *Leng.*, vol. 37, n° 2, pp. 293–313, dic. 2009.
9. K. L. Moore, *Anatomía con orientación clínica*, 6a ed. Barcelona: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, pp.103, 2010.
10. Sistema Municipal DIF, *Manual de Lengua de Señas Mexicana - Sistema Municipal DIF Puebla*, Recuperado de [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/manual\\_de\\_lengua\\_de\\_señas\\_mexicana-sistema\\_municipal\\_dif\\_puebla.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/manual_de_lengua_de_señas_mexicana-sistema_municipal_dif_puebla.pdf)
11. Instituto Nacional para Sordos (INSOR), *Diccionario Básico Completo de Lengua de Señas Colombiana*, Recuperado de [http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario\\_básico\\_completo.pdf](http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario_básico_completo.pdf).
12. N. Tepetla. (2023). Posición de referencia 0° [Fotografía personal].

Engineering for UDL-based education: translating book images into interactive 3D educational materials for Health Sciences subjects  
 Ingeniería para la educación basada en el Diseño de Aprendizaje Universal: Interpretación de imágenes de libros, a materiales educativos e interactivos, impresos en 3D para temas de ciencias de la salud

Magaña-Cruz, E.<sup>1</sup>, Garza Vera, L.F.<sup>1</sup>, Arévalo Arguijo, J.E.<sup>1</sup>, Treviño Peña, A.<sup>1</sup>,  
 Gómez Flores, L.<sup>1</sup>, Reynaga-Peña, C.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Av. Eugenio Garza Sada 2501 Sur, Tecnológico, 64849 Monterrey, N.L.

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de mayo de 2024

**Summary.** In science education at the university level, visual resources, such as images and videos, often receive greater emphasis compared to other sensory experiences like hands-on interaction with learning objects. This work was born as an initiative to support the education of higher education students majoring in Health Sciences, by making microscopic concepts of complex topics inclusive and engaging for everyone in the classroom, while being accessible to students with physical barriers to access. As one example of our long-term project, we describe the design and fabrication of novel three-dimensional educational materials to facilitate inclusive teaching/learning of one topic of Embryology. The process described here begins with one of the most challenging steps: the interpretation and translation of the information to be represented from textbooks into interactive 3D objects and the considerations for selection of the technology required to provide multisensorial experiences; likewise, we present the design of electronic elements incorporated and the final products. We also discuss the value of the multidisciplinary teamwork by the higher education students who are at the heart of the EduMakers, a student-researcher community of practice based on an academic makerspace. Finally, through several validation steps, we can sustain that the materials created by EduMakers offer an opportunity for all students to experience and understand firsthand, through several senses, complex scholar topics in science.

**Keywords:** Health Sciences, Higher Education, Inclusive Education, Universal Design for Learning.

**Resumen.** En la educación científica a nivel universitario, los recursos visuales, como imágenes y videos, a menudo reciben mayor énfasis en comparación con otras experiencias como la interacción práctica con objetos de aprendizaje. Este proyecto nació como una iniciativa para apoyar la educación de estudiantes de educación superior en carreras del área de ciencias de la salud, al hacer que los conceptos microscópicos de temas complejos sean inclusivos y atractivos para todos en el aula, al mismo tiempo que sean accesibles para los estudiantes con barreras físicas de acceso. Como ejemplo de nuestro proyecto a largo plazo, describimos el diseño y fabricación de materiales educativos tridimensionales innovadores para facilitar la enseñanza/aprendizaje inclusivo de un tema de embriología. El proceso aquí descrito comienza con uno de los pasos más desafiantes que es la interpretación y traducción de la información a representar, pasando de los libros de texto a objetos 3D interactivos y las consideraciones para la selección de la tecnología requerida para brindar experiencias multisensoriales. Asimismo, presentamos el diseño de los elementos electrónicos incorporados y los productos finales. Se discute también el valor del trabajo multidisciplinario en equipo por parte de estudiantes de educación superior que son quienes están en el corazón de EduMakers, una comunidad de práctica conformada por estudiantes e investigadores basada en un espacio maker académico. Finalmente, a través de varios pasos de validación, podemos sustentar que los materiales creados por EduMakers ofrecen una oportunidad para que todos los estudiantes experimenten y comprendan de primera mano, a través de varios sentidos, temas complejos de ciencia.

**Palabras Clave:** Ciencias de la Salud, Educación Superior, Educación Inclusiva, Diseño Universal para el Aprendizaje.

## 1 Introduction

Currently, science education at college level is still not accessible to all students, particularly those with disabilities [1]. In part, this is because science concepts are still primarily taught using traditional tools and resources heavily relying on the use of sight, such as photographs, schematic representations, and videos [2]. Even with the incorporation of innovative digital technology, such as immersive virtual learning environments, visual cues are given a high weight over other sensory experiences including physical interaction with learning objects. These educational practices exclude students whose primary (or preferred) source of information for learning is not sight.

In regular classrooms, it has been recognized that the application of the principles of Universal Design for Learning (UDL) is beneficial to all students; the UDL principles are: to provide learners with multiple forms of representation, multiple forms of engagement and multiple forms of participation and expression [3][4]. Although there is a growing trend to use UDL in K-12 education due to international conventions and agreements to reach

an education for all [5], its application in higher education is less frequent and accessible learning resources, such as three-dimensional materials, are not much available for highly specialized topics at higher education levels. Not having access to obtain information as their peers affects the permanence of students with disabilities in the sciences; this is especially true in students with reduced sight [6].

We have previously reported the experience of involving a multidisciplinary group of college students through a social service initiative called EduMakers to produce tactile 3D educational resources that use technology to provide multi-sensorial and interactive educational experiences [7][8][9]. In the work presented here, the incorporation of other students from scholarship service and volunteers from student associations added diversity to EduMakers and helped the creation of novel educational materials to facilitate learning of complex topics at college level. For specific basic courses in the Health Sciences, such as Embryology and others related to the human body, 3D objects holding the scientific accuracy to be considered learning resources are limited to macroscopic forms and processes, such as 3D anatomical models of fetal growth. Thus, this work was born as an initiative to support college students majoring in Health Sciences, by making microscopic concepts of Embryology accessible to students with visual disabilities while being engaging for everyone in the classroom.

For this type of projects, a makerspace is ideal to exchange ideas and build prototypes. Also, a central part of makerspaces is sharing; indeed, the maker movement took from constructionism the philosophy of “learning by constructing knowledge through the act of making something shareable” [10].

## 2 Methodology

### 2.1 Delimitation of topics

For the larger project, prototypes and resources were developed for different topics; however, for the purposes of this article, we will focus on the teaching materials generated to show stages of the process called neurulation. In this stage that takes place within the embryonic development, the neural tube, which is the precursor structure of the central nervous system, is formed [11][12]. This process takes place approximately from day 19 to day 28 after fertilization [11][12]; however, for practicality and better understanding, we chose to represent the shape and features of five key structures from day 18 to day 23, to facilitate identification of the changes happening within that stage. Once the stage of embryo development was defined and delimited, the next step was to identify the exact information to be conveyed in three-dimensions.

### 2.2 Design process and prototype fabrication

A mixed design method was used for the design and generation of functional prototypes of technology-based 3D educational resources, so non-designers were able to develop ideas and find ways to materialize them. As in any product design process, several iterations of ideation, prototyping, testing, validation, and modification took place until functional prototypes were obtained.

The design process involved first, the making of low-resolution prototypes made of cardboard and rough drawings. Once these were tested by the designing team, high resolution prototypes were created, this time using PLA and resin. The prototyping process was iterated several times within the EduMakers team and with health sciences students and teachers; each iteration looking to be better than the last one in terms of materials, textures, and the translation of 2D images into 3D recognizable shapes. Validations involved team members and external volunteers who were experts in education, health sciences, biological sciences, medical sciences, and inclusive technologies.

The technology of choice for the generation of final prototypes of 3D objects to represent selected topics was 3D-printing although, other materials and technologies such as laser cutting using acrylic were also considered and discarded due to the complexity of structures represented for the embryonic stage.

### 2.3 Technology for interactive experiences

To provide engaging educational experiences, the 3D objects were complemented with a display of audible information using low-cost technology which was also developed by the engineering team using available materials such as an electronic board, a microcontroller (Arduino), sensors, audio output and voltage regulators. To select the optimal sensor, three options were tested; the first one was a "limit switch" that presented a possibility of being damaged due to the positioning of the piece and the hand force used to do it. Next, it was considered the

use of optical sensors, such as photoresistors, but the illumination of the environment could affect the operating range.

Finally, we tested the use of Hall effect sensors, which is a type of sensor that detects the presence and magnitude of a magnetic field using the Hall effect that required placing magnets on the different objects. This technology basically takes advantage of the magnetic fields generated by a magnet to activate a relay and send a signal. When used as electronic switches, they are less prone to mechanical failure since there is no wear on physical parts. We tested different kinds of magnets such as ferrite and neodymium, and at the end we chose the last one since the magnetic field it produces is stronger, that allows the sensor to detect the presence of the pieces even if they were in wrong positions or not perfectly aligned. Therefore, it is not needed as much precision for placing objects as the other technologies described above, making easier to lift and return the objects by people with visual impairments.

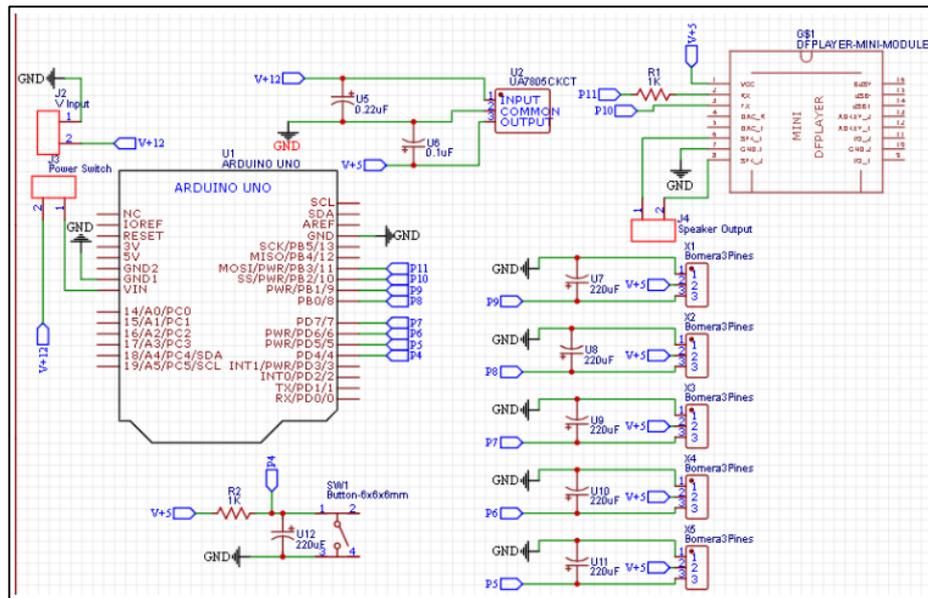


Figure 2. Schematic of the electronic board and controllers used to display audible information (de-signed by Luis F. Garza Vera).

To perform the task, an integrated board was designed to function under an Arduino controller (Figure 1), and sensors are read sequentially in a loop. When the objects are lifted, the controller reads a TRUE value, and it plays a pre-recorded audio with scientific information corresponding to the object lifted.

The Arduino was programmed using an open-source code from an Arduino-focused forum [13] which was modified to meet the specific needs of the system.

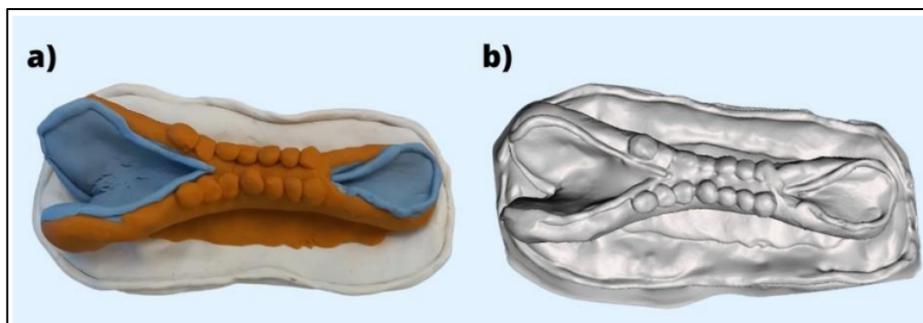
### 3 Results

#### 3.1 Translation of images from 2D to 3D

To identify the exact information to be conveyed in three dimensions, at least two textbooks in the field were analyzed [11][12]. It is relevant to say that the selection of the images from the textbook to be represented in the 3D educational materials was not an easy task, given that the multidisciplinary team was mainly composed of engineering students at the beginning of the project. The primary textbook used as source of information contained micrographs and colored illustrations of the neurulation stages, but the challenge of translating this information to 3D was complex for the engineering team due to the nature of the subject matter. At this stage, students from the health sciences, including biomedical engineers, joined the team, and helped identify and interpret important features of embryo development during neurulation. Because a single textbook does not hold all the information necessary to produce accurate representations, such as size and extent of changes other than shape, additional research was required to obtain the anatomical features that were as close as possible to the real object.

To define the exact scales of the 3D models, it was necessary to take into consideration the actual anatomical sizes for each day of the neurulation process described in the books consulted. The only measurement presented by Langman. Embriología Médica [11] for this process was taken as the first reference, where embryo's declared dimensions were 1.25 mm in length and 0.68 mm wide on day 18. We next took into consideration the average

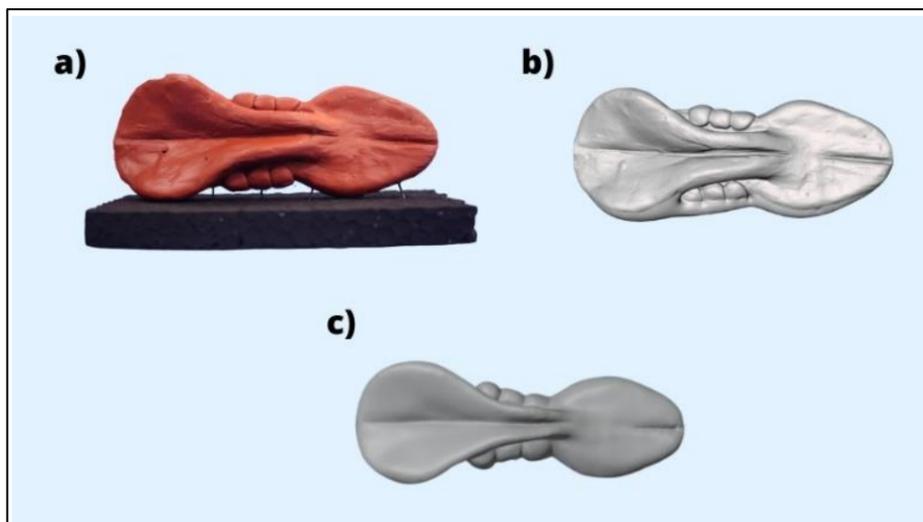
lengths described by Embriología humana y biología del desarrollo [12] for the stages of embryonic development to establish the dimensions for each of the following stages presented in the models. As a result, final sizes range were within the real approximate values found in the literature. Most importantly, these inferences allowed to generate a congruent and organic 3D representation in comparison with the 2D graphic representation presented by Langman [11].



**Figure 2.** Example of (a) the handmade plasticine representation of the neurulation process during day 22, and (b) its respective 3D model generated with the scanner.

Due to the microscopic size and implicated ethics for obtaining images of human embryo development, there is a lack of medical images containing sufficient details to facilitate digitalization using an image analysis software. Consequently, a first attempt to create 3D representations from information of the textbooks included the use of plasticine to produce handmade models, in order to add a third dimension to the 2D images from books (Figure 2a). These plasticine models needed to be digitized to obtain 3D files for the fabrication of reproducible 3D-printed educational materials.

This process was facilitated by a 3D scanner, which is used to digitally recreate high-quality 3D images by capturing a large number of photos. A comparative digital image of the two models is shown in Figure 2.



**Figure 3.** Example of (a) handmade moldable clay representation of the neurulation process during day 20, (b) respective 3D model generated with the scanner and (c) digitally improved image.

Because the resulting digital images were not optimal, support from students majoring in digital arts was sought to create a new version of the hand-made representations, now in moldable clay and with higher quality. These new hand-made models were scanned to obtain digital designs, that were further perfected before being 3D printed (Figure 3).

It should be noted that one of the main reasons for scanning the models, instead of making a digital design from scratch, is that originally the team was mostly made up of engineering students, who had more expertise in software such as Solidworks, which is not as useful for creation of organic forms and shapes.

### 3.2 Validation and functional prototypes

Throughout the design and fabrication process, several validation steps took place, and decisions were made always looking for the reproducibility of the products and aiming to facilitate the best understanding of the concepts.

After the first 3D printed quick prototypes were produced, scientific accuracy was revised, and more research was required. Several decisions led to changes in the models in response to the feedback given by experts. Once the necessary adjustments were made in the digital designs, the pieces were 3D printed in higher definition using extrusion methods.



**Figure 4.** Assembly of the 3D educational resource to explain the neurulation stage during embryo development.

Following new adjustments and changes in the models, the process of 3D printing of advanced prototypes was also refined by using resin, so it was possible to obtain a first set of high-resolution educational resources of the neurulation process in a scale 1:100, as shown in figure 4. Further on, a new version was printed on a smaller scale, 1:50, which also have high resolution and added portability.

### 3.3 Use of magnet sensor technology for interactive educational experiences

A desirable feature of inclusive educational materials is to assure that people who use the material can do it in an autonomous way, so they can take all the time they need to explore the objects and learn about the scientific topics at their own pace. So, in parallel to the 3D design of the objects, affordable technology based on the use of Hall effect sensors was incorporated to provide audible in-formation of each stage of the process represented by the objects. This way, audios explaining each of the stages of the process play every time someone lifts the corresponding piece.



**Figure 5.** Assembled electronic board with all components required to display audible information.

### 3.4 Audio descriptions

While the physical objects were fabricated, the project team had to select the information that would be displayed when the objects were lifted. The premise for this information is that it will contain essential scientific information regarding the subject matter. The first draft of the information was revised by medical sciences students who previously took the embryology course, and later record-ed. Preliminary audios were placed in the SD card and read by the Arduino system inside the electronics, so audio information is displayed when the 3D pieces are lifted from their box.

### 3.5 Future directions and improvements

In EduMakers, improvement of products is always a must. After the most recent validations and piloting of the use of the educational resources produced, it was clear that the first validated prototype (Fig.4), although functional, is quite big and it is difficult to transport to the classroom; therefore, in the next iteration cycle of prototyping, the size will be reduced to make it lightweight and easier to move. We also noticed that the use of a microcontroller that uses external elements to play audio is more complex than using low-cost microprocessors which already contemplate the use of audio and video cards in their manufacture; hence, using these alternative microprocessors could facilitate the construction and reduce the size of the overall system. Further improvements also include using digital technology such as multiplexers to work with a greater number of digital signals using the minimum amount of electronic and computational re-sources possible. In addition, as the functional prototypes are still validated by various users, audios have to be further improved.

As we said before, one of the characteristics of solutions created in makerspaces, and one of the goals of this project, is to make objects that can be easily reproduced, that is why we are so keen on thinking beyond the final user, considering the maintenance and assembly aspects of the materials we design and pro-duce. After more tests with users, we will revise these aspects to identify if more changes are needed to assure long durability of the educational products.

The didactic materials created in this project have been registered with a Creative Commons license that allows the replication of the materials as long as credit is given to Edumakers Tec.

Once the improved educational resources are tested with more potential users, they will be shared with the community of health sciences educators in other colleges and universities, with the intention of creating an open access repository.

## 4 Conclusions

The work presented here is an example of the use of technology to create innovative inclusive educational materials for higher education students majoring in fields such as health sciences. In this case, we targeted one topic of embryo development which is of microscopic nature, with the aim of generating learning objects that would help providing multisensory information thought touch, visual cues, and sound.

In this process, one of the biggest challenges encountered was the interpretation of two-dimensional flat images into three dimensions, given that the text-books used for the subject provide mainly with schemes that, even if they were drawn from micrographs, they lack features such as three dimensionality; thus, the translation back to three dimensions had the risk of incorporating errors or missing important details of the structures.

In addition, we must recognize that the first attempt to translate drawings into 3D digital objects was performed by engineering students, whose field of interest, general expertise and knowledge of software for designing is somewhat distant from the health sciences. Although in EduMakers, we count with the participation of students majoring in biomedical bioengineering, which is an engineering major related to health sciences, their curriculum does not include an Embryology course. Then, working in multidisciplinary teams, formed by engineers, designers and medical school college students was a key aspect towards producing a successful outcome. In doing so, all the people involved in the project learned the importance of collaborating with other disciplines where each person can bring their expertise to the table, but also learn from others and at the same time, teach others through their own experiences and knowledge. This is in agreement with Halverson and Sheridan (2014), who define makerspaces as “communities of practice and designed learning environments”, and, they remark the fact that, by nature, makerspaces, such as the one used for this project, are places of democratization where the solutions ideated and built look to be replicable and shareable.

During user validation with other students who have no visual disabilities, we discovered that they found the materials extremely useful when revising the subject. They can complement the information they receive through their sight (using books with drawings, watching videos and animations, etc.), with the recordings the materials have. Also, they can touch the materials while listening to the recordings play, something that they cannot do

while looking at books or watching a video. “Touch, often called the ‘first sense’, is fundamental to how we experience and know ourselves, others and the world” [14].

In summary, the materials created by EduMakers offer an opportunity for all students to experience and understand firsthand through several senses, scholar topics.

## Acknowledgment

This work has been financed through a Novus project, number N21-218, and project number E115-EHE-GI01-D-T2- E of the Challenge Based Research Funding Program of Tecnológico de Monterrey. We thank other fellow students of EduMakers who contributed with ideas and creation of the first prototypes; especially to Christian Gibrán Flores Ramírez. We also acknowledge the contribution of Rosa G. Guzmán, who aided in the selection of some of the topics of embryonic development. Our deep gratitude goes to fellow experts and users who contributed by providing their honest feedback about the prototypes during different stages of the process: Andrea Gutiérrez Ortiz, Oscar Pecina Rivera, and fellow researchers Marisol Sandoval Ríos, Isidro Niño, Enedina Carmona Flores and Mona Minkara. This work was possible thanks to the space and tools facilitated by the Innovation Gym of Tecnológico de Monterrey.

## References

1. Gin, L.E.; Guerrero, F.A.; Cooper, K.M.; Brownell, S.E.: Is active learning accessible? Exploring the process of providing accommodations to students with disabilities. *CBE—Life Sciences Education*, Vol. 19, No. 4, es12 (2021).
2. Jones, M.G.; Broadwell, B.: Visualization without vision: students with visual. In: *Visualization: Theory and practice in science education*, pp. 283-294. Springer, Heidelberg (2008).
3. Meyer, A.; Rose, D.H.; Gordon, D.: *Universal design for learning: Theory and practice*. 2nd edn. CAST Professional Publishing, Wakefield, MA (2014).
4. Center for Applied Special Technology: The UDL guidelines. *Online*, last accessed 2023.
5. Migeon, F.; Pye, J.; Ingram, R.: Welcoming learners with disabilities in quality learning environments: a tool to support countries in moving towards inclusive education. UNESCO, France (2021).
6. Supalo, C.A.; Humphrey, J.R.; Mallouk, T.E.; Wohlers, H.D.; Carlsen, W.S.: Examining the use of adaptive technologies to increase the hands-on participation of students with blindness or low vision in secondary-school chemistry and physics. *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 17, No. 4, pp. 1174-1189 (2016).
7. Reynaga-Peña, C.G.; Fernández-Cárdenas, J.M.; Glasserman-Morales, L.D.; Díaz de León Lastras, A.; Cortés Capetillo, A.J.: Engineering for Inclusive STEM Education. An Interdisciplinary Collaboration Project for the Design and Creation of Accessible and Inclusive Learning Materials. In: *XIV Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, pp. 295-298. IEEE, San Jose Del Cabo, Mexico (2019).
8. Reynaga-Peña, C.G.; Myers, C.; Fernández-Cárdenas, J.M.; Cortés-Capetillo, A.J.; Glasserman-Morales, L.D.; Paulos, E.: Makerspaces for Inclusive Education. In: *International Conference on Human-Computer Interaction (HCI)*: *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Practice*, pp. 246–255. Springer, Heidelberg (2020).
9. Olais-Govea, J.M.; Preval, D.T.; Aguilar-Mejía, J.R.; Reynaga-Peña, C.G.: Developing soft skills in engineering students through the design and production of educational materials for inclusion. In: *2022 International Conference on Inclusive Technologies and Education (CONTIE)*, pp. 1-6. Publisher, Cartago, Costa Rica (2022).
10. Halverson, E.R.; Sheridan, K.: The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, Vol. 84, No. 4, pp. 495-504 (2014).
11. Sadler, T.W.: *Langman. Embriología Médica*. 2nd edn. Lippincott Williams & Wilkins, España (2019).
12. Arteaga Martínez, S.M.; García Peláez, M.I.: *Embriología humana y biología del desarrollo*. 2nd edn. Editorial Médica Panamericana, Argentina (2017).
13. AUTODESK Instructables: MP3 player with Arduino using DF Player mini. *Online*, last accessed 2023.
14. Jewitt, C.; Chubinidze, D.; Price, S.; Yiannoutsou, N.; Barker, N.: Making sense of digitally remediating touch in virtual reality experiences. *Discourse, Context & Media*, Vol. 41, 100483 (2021).

Experience in the use of a technological platform for the transdisciplinary follow-up of university students with some type of condition and/or disability  
Experiencia en el uso de una plataforma tecnológica para el seguimiento transdisciplinario de estudiantes universitarios con algún tipo de condición y/o discapacidad

J. Andrés Sandoval-Bringas, Mónica A. Carreño-León, Italia Estrada-Cota, Alejandro Leyva-Carrillo, Andrea Sandoval-Carreño, Teresita Álvarez-Robles, Universidad Autónoma de Baja California Sur; Forjadores S/N, Av. Universidad C.P. 23080, La Paz, BCS, México  
sandoval@uabcs.mx, mcarreno@uabcs.mx, iestrada@uabcs.mx, aleyva@uabcs.mx, monicaasandovalc@gmail.com, tj.alvarez@uabcs.mx

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Summary.** Inclusion is a continuous and dynamic process that requires a constant commitment on the part of all the actors in society. The main objective of this work is to present the results of a study that was applied to the follow-up of three university students diagnosed with autism during a school year, using a technological platform that allows the monitoring of students. At the end of the study, a questionnaire was applied with which it can be concluded that the use of the technological platform facilitates the personalized follow-up of students with some type of condition and/or disability that allows the implementation of strategies in a timely manner.

**Keywords:** Disability, Transdisciplinary follow-up, Technological platform.

**Resumen.** La inclusión es un proceso continuo y dinámico que requiere un compromiso constante por parte de todos los actores de la sociedad. El objetivo principal de este trabajo es presentar los resultados de un estudio que se aplicó al seguimiento de tres estudiantes universitarios diagnosticados con autismo durante un año escolar, utilizando una plataforma tecnológica que permite el seguimiento de los estudiantes. Al finalizar el estudio se aplicó un cuestionario con el cual se puede concluir que el uso de la plataforma tecnológica facilita el seguimiento personalizado de estudiantes con algún tipo de condición y/o discapacidad que permite implementar estrategias de manera oportuna.

**Palabras clave:** Discapacidad, Seguimiento transdisciplinario, Plataforma tecnológica.

## 1 Introduction

As part of their responsibility to society and recognizing the rights of students, universities must promote access for people with disabilities in equal circumstances.

People with disabilities must have access to an inclusive and specialized quality education, therefore it is important to support the training process of students with disabilities, allowing them to improve their skills, abilities and skills throughout the educational process, which starts from the moment the student enters the university until the end of it.

UNESCO defines inclusive education in its concept paper: “Inclusion is seen as the process of identifying and responding to the diversity of needs of all learners through greater participation in learning, cultures and communities, and reducing exclusion in education. It implies changes and modifications in content, approaches, structures and strategies, with a common vision that includes all children of the appropriate age range and the conviction that it is the responsibility of the regular system to educate all children [1].

Educational institutions must promote educational inclusion and for this they must have the following components: technological, technical and human support, teachers who must provide support and pedagogical monitoring to students, curricular adaptations and adjustments must be made. physical, to overcome the lags and difficulties in the academic trajectory of students with disabilities, thus favoring the development of skills on equal terms.

According to the United Nations Development Program, the global adult literacy rate with disabilities is just 3%, and just 1% for women with disabilities. The 1 billion people with disabilities are the world's largest minority, accounting for about 15% of the world's population. Therefore, it is urgent that they be fully integrated into society, which implies equal access to quality education [2].

Several investigations carried out in university environments have indicated that in addition to a receptive attitude towards the issue of disability, certain minimum conditions are also required that allow teachers to make

the necessary adjustments, in addition to a general awareness that people with disabilities they require certain conditions that institutions must provide to ensure equitable education for all.

Various investigations carried out in university contexts suggest that in order to create a truly inclusive environment, in addition to an openness towards the issue of disability, minimum conditions are required for teachers to make the necessary adjustments and an awareness that people with disabilities need conditions that institutions must grant to guarantee the education of all equally [3] [4] [5] [6].

The evidence from several studies coincides in recognizing the lack of knowledge of university teachers in relation to curricular adaptations and the scant training they receive in terms of disability and inclusive pedagogical methodologies [7] [8] [9] [10] [5]. Therefore, it is essential to implement policies at the institutional level in universities, with the aim of establishing and regulating the necessary supports, adaptations and definitions that teachers must carry out to provide an inclusive education to students with disabilities [11] [12] [5]. It is essential to take into account the particularities and differences in the contents of the subjects and careers that are taught in the same institution, to ensure that the needs of all students are met equitably [13].

In order to comply with the definition of inclusive education established by UNESCO, it is necessary to carry out a series of actions and measures. This implies proposing personalized follow-up plans for students with individual educational needs in higher education centers and improving academic attention as good university practices, the opportunity to systematize and identify difficulties of students with individual educational needs, monitoring learning and propose a teacher training plan to address diversity [14].

Information Technologies (IT) have become a critical component of universities in all areas: teaching, research and administration. They are a strategic element that provides support to the main university services [15].

Information systems have changed the way organizations operate. Through its use, improvements are achieved: they automate processes, facilitate the manipulation of information for the decision-making process, facilitate the achievement of competitive advantages through their implementation within organizations [16].

Specifically, in the educational field, having a platform that facilitates the individualized follow-up of students and is accessible to teachers and decision makers, would enable the analysis, design, and implementation of an academic support and monitoring program intended to accompany students. students with any condition and/or disability.

The main objective of this work is to analyze from the perspective of the users the use of a technological tool for the personalized follow-up of students with some type of condition and/or disability in a class period. The users considered for its use are teachers, parents, psycho-pedagogical area, medical area, administration managers and decision makers.

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 this study, the tool presented in [17] was used, which is focused on monitor-ing university students with some type of condition and/or disability. This tool allows personalized monitoring of students and the interaction of those who participate in the teaching-learning process. Figure 1 shows the interaction scheme of the users of the platform.

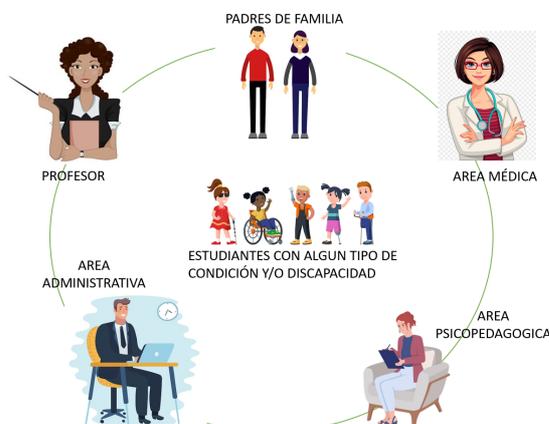


Figure 1. Platform user interaction scheme.

In order to obtain initial information about the acceptance of the tool a 4-stage study was designed: 1) Selection of participants, 2) Training of users, 3) Use of the platform, and 4) Evaluation of the results. Below each of the stages is de-scribed in detail:

The first stage consisted of:

1. Select a group of students with some kind of condition and/or disability enrolled in some degree of Academic Department of Computer Systems (DASC, for its Spanish initials): Engineering in Software Development (IDS, for its Spanish initials), Engineering in Computer Technology (ITC, for its Spanish initials) and Bachelor of Administration of Information Technologies (LATI, for its Spanish initials).

2. Three students were selected: a second-semester IDS degree student; a sixth semester ITC degree pupil; a sixth semester IDS degree student. The three students of the male sex between the ages of 19 and 23, diagnosed with Autism.

3. A meeting was held with the teachers who imparted the subjects in the groups of the selected students, a total of 19 teachers. They were assigned an account for their login to the platform. The meeting was attended by a teacher from the special education area, who was also assigned an account for his entry into the platform. Figure 2 shows evidence of the meeting held with the teachers who participated.

4. A meeting was held with the parents of the selected students, where they were informed of the test that would be carried out and they agreed. They were assigned an account to enter the platform.



**Figure 2.** Face-to-face meeting with participating teachers.

During the second stage, training for the use of the technological platform was carried out for the users who participated in the semester. The training was carried out in a hybrid way, to facilitate the participation of all users. Figure 3 shows evidence of the training meetings that were held.

The third stage consisted of the use of the technological platform during a semester of classes by the users who entered the platform:

- a) Teachers recorded incidents and strategies, which could be consulted by other users of the platform. Through the platform they could also consult the student's academic record.
- b) The special education teacher was able to record recommendations and useful information that could be consulted by teachers during the teaching-learning process.
- c) Parents were able to check their child's progress and performance at any time.

Finally, the fourth stage consisted of the evaluation of the results. At the end of the academic semester, a questionnaire was applied that allowed knowing and interpreting the perception of users regarding efficiency and acceptance of the technological platform.

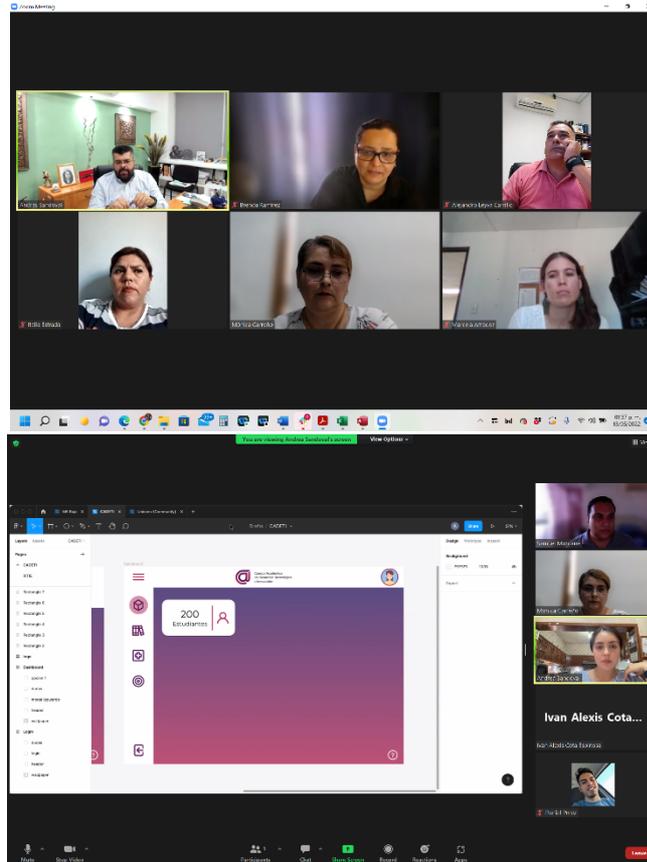


Figure 1. Evidence of user training meetings.

### 3 Results

The questionnaire applied at the end of the academic semester showed the following results among the most important:

The first section of the results corresponds to the existence or not of difficulty in managing the platform. The technological platform must be intuitive and easy to use. The interface must be clear and have easy navigation so that all users can use it without difficulty. Figure 4 shows the graph for usability and user experience. The results indicate that 80% of the users consider that the technological platform has a friendly interface and there is no difficulty in its operation. 16% of users state that there were few problems in handling the tool. And only 4% indicate that the tool is not easy to use.

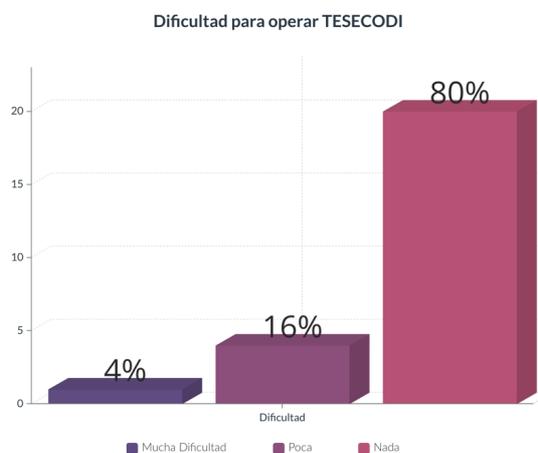
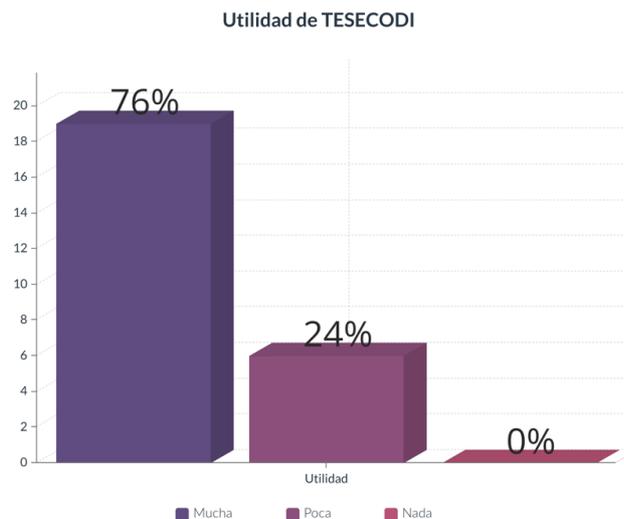


Figure 4. Graph showing the result for usability and user experience.

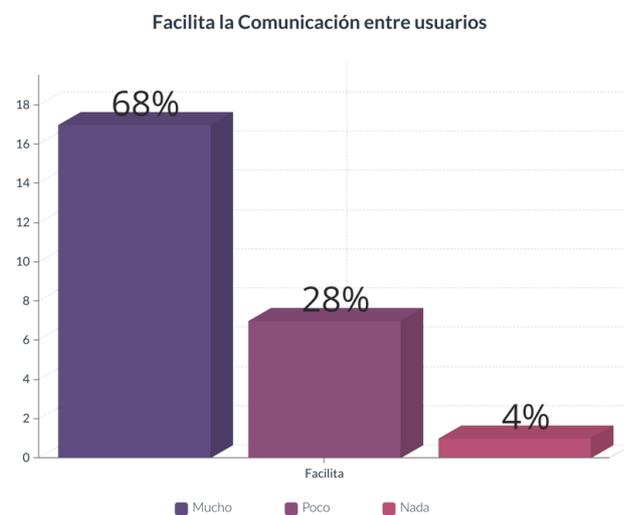
The second section of the results corresponds to the functionality and characteristics of the platform; it must have the necessary functions to meet the objectives of transdisciplinary monitoring. It must allow the registration and monitoring of student progress, the registration of strategies, the communication between users and the monitoring of activities and appointments.

Figure 5 shows the graph for functionality and characteristics of the technology platform. The results show that 76% of users consider the platform very useful for monitoring students with some type of condition and/or disability, 24% of little use. No user considered that the platform is not useful.

Figure 6 shows the graph for communication functionality between users. The results show that 68% of the users consider that the platform is very helpful for communication between teachers, parents, the psychological area and the head of the academic department. Compared to 28% of users who consider it to be of little help for communication. 4% consider that the platform does not help them in communication between users.



**Figure 5.** Graph that shows the result for the functionality and characteristics of the technological platform.



**Figure 6.** Graph that shows the result for the functionality of communication between users.

The third section of the results corresponds to the security and privacy of the platform, which must comply with adequate security and privacy standards to protect student information. You must have data protection measures in place and ensure that confidential information is adequately safeguarded. Figure 7 shows the graph for security and privacy of the technological platform. The results show that 84% of users consider that the platform complies with the security and privacy of the information stored. 16% consider that security and privacy is not great. No user considered that the platform does not have security and privacy standards.

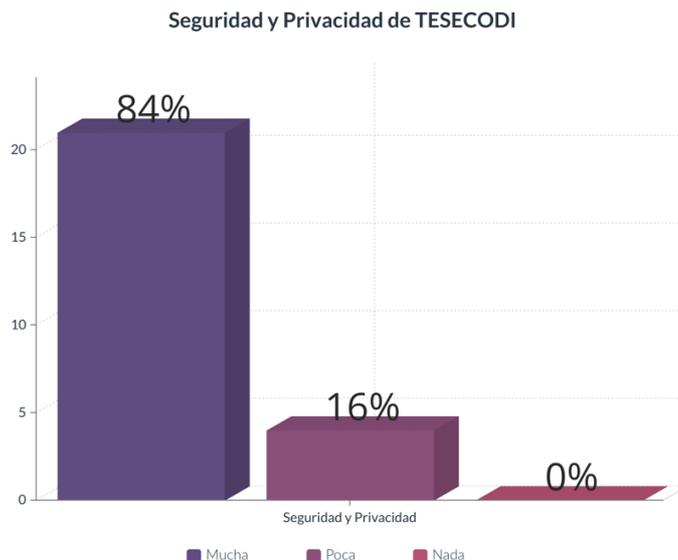


Figure 7. Graph that shows the result for the security and privacy of the technological platform.

#### 4 Conclusion

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. [18]. The technological platform developed allows a better interrelation between the different people involved: university, teachers, parents, experts in special education, to support the teaching-learning process.

The experience of using the technological platform has proven to be highly beneficial in the educational field. Through this tool, a personalized monitoring of students has been achieved, allowing a detailed analysis of their academic progress, and offering the possibility of designing and implementing support pro-grams adapted to individual needs.

In addition, the platform has facilitated communication and collaboration between teachers and decision makers, which has contributed to greater efficiency and coordination in the implementation of educational strategies.

The technological platform has demonstrated its ability to foster inclusion by providing equal opportunities and support to students with different conditions and disabilities.

In short, the experience of using the technological platform has been essential to improve the quality and educational equity, promoting personalized learning and promoting the academic success of all students.

#### References

1. Organización Mundial de la Salud: Información mundial sobre la discapacidad (2011).
2. Organización de las Naciones Unidas: Discapacidad y educación superior: Inclusión en un mundo académico cada vez más inclinado a la tecnología, ONU (2021).
3. Eckes, S. and Ochoa, T.: Students with disabilities: Transitioning from high school to higher education. In *American Secondary Education*, vol. 33, no. 3, pp. 6-20 (2005).
4. Konur, O.: Teaching disables students in higher education. In *Teaching in Higer Education*, vol. 11, no. 3, pp. 351-363 (2006).
5. Lissi, M. y O.: Discapacidad en contextos universitarios: Experiencia del PIANE UC en la Pontificia Universidad Católica de Chile. In *Calidad de la Educación*, no. 30, pp. 306-324 (2009).
6. McGrath, M. et al.: Postsecondary academies: Helping students with disabilities transition to college. In *Teaching Exceptional Children*, vol. 39, no. 1, pp. 18-23 (2006).
7. Bilbao, M.: Percepción de los recursos que favorecen la integración de estudiantes con discapacidad en la educación superior según los docentes de la Universidad de Burgos. In *Educación y Diversidad*, vol. 4, no. 2, pp. 33-50 (2010).
8. Castellana, M.: Estudiantes con discapacidad en las aulas universitarias: Estudio sobre la atención a la diversidad dentro de las aulas universitarias. Barcelona (2005).

9. Castellana, M. & Sala, I.: La universidad ante la diversidad en el aula. In *Aula Abierta*, no. 85, pp. 57-84 (2005).
10. Castro, J. et al.: Universidad y diversidad: necesidades docentes en la atención al alumnado con discapacidad. In *Revista Currículum*, no. 19, pp. 189-209 (2006).
11. Borland, J. & James, S.: The learning experience of students with disabilities in higher education. In *Disability & Society*, vol. 14, no. 1, pp. 85-101 (1999).
12. IESALC/UNESCO, "Informe final: integración de las personas con discapacidad en la educación superior en Chile," UNESCO, Santiago de Chile, 2005.
13. M. Shevlinn, M. Kenny and E. McNeela, "Participation in higher education for students with disabilities: an Irish perspective," *Disability & Society*, vol. 19, no. 1, pp. 15-30, 2004.
14. J. Coka-Echeverría and I. Maridueña-Macancela, "Seguimiento al aprendizaje de estudiantes con necesidades educativas individuales como práctica docente universitaria," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, no. 3, pp. 1299-1323, 2022.
15. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior: Estado actual de las tecnologías de la información y las comunicaciones en las instituciones de educación superior en México: estudio 2018. In ANUIES, México (2018).
16. Cohen, D.: *Tecnologías de información en los negocios*. Mc Graw Hill (2014).
17. Sandoval-Bringas, J.A., Carreño-León, M.A., Estrada-Cota, I., Leyva-Carrillo, A., Sandoval-Carreño, M.A. and Alvarez-Robles, T.: Technological platform for the transdisciplinary follow-up of university students with some type of condition and/or disability. In *International Conference on Inclusive Technologies and Education (CONTIE)*, pp. 1-5 (2022).
18. López, M.: De la exclusión a la inclusión: políticas y prácticas de la universidad española respecto a los alumnos con déficit auditivo. In *Archivos analíticos de políticas educativas*, vol. 16, no. 5 (2008).
19. Asociación Española de Normalización y Certificación: Norma UNE-EN ISO 13407: Procesos de diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano. AENOR (2000).
20. CONAPRED: *Accesibilidad*. México (2017).
21. ANUIES: *Visión y Acción 2030. Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México* Diseño y concertación de políticas públicas para impulsar el cambio institucional. ANUIES (2018).

Identification of language disorder oriented to improve academic performance in college level  
Identificación de desórdenes de lenguaje orientada a mejorar rendimiento escolar en licenciatura

Cardona Salas, J.P.<sup>1</sup>, Álvarez, F.J.<sup>2</sup>, Velázquez Amador, C.E.<sup>3</sup>, Muñoz Arteaga, J.<sup>4</sup>, Domínguez Aguilar, G.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Ciencias de la Computación, Centro de Ciencias Básicas C/ Universidad 940, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes. México.

<sup>2</sup> Dpto. de Ciencias de la Computación, Centro de Ciencias Básicas C/ Universidad 940, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes. México.

<sup>3</sup> Dpto. de Sistemas de Información, Centro de Ciencias Básicas C/ Universidad 940, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes. México.

<sup>4</sup> Dpto. de Sistemas de Información, Centro de Ciencias Básicas C/ Universidad 940, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes. México.

<sup>5</sup> Dpto. de Sistemas Electrónicos, Centro de Ciencias Básicas C/ Universidad 940, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes. México.

<sup>1</sup>jpcardon@correo.uaa.mx, <sup>2</sup>vace555@hotmail.com, <sup>3</sup>jaimemunoz@edu.uaa.mx, <sup>4</sup>fjalvar.uaa@gmail.com

Fecha de recepción: 17 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Summary.** This work reports identification and definition of predictive model in order to improve academic performance using as parameters many characteristics of language disorder, executive functions and academic performance, the model is formulated with variables with higher correlations; dependent variables are: Executive Functions, dyslexia markers, RAN (Rapid Automatic Naming), non-words recognition; population was 65 students of college level; AIC (Akaike Information Criterion) technique was used to evaluate predictive models; AIC put less weight in models with a lot of variables, finally this model can be seen as a strength and weaknesses framework and a step forward to design a remedial intervention to improve academic performance; this model try to solve that more students with dyslexia are entering at college level, this proposal try to design a brief standardized instrument to detect reading disorders and use it as tool for future remedial interventions.

**Keywords:** Dyslexia, Remedial Intervention. Dyslexia Diagnosis.

**Resumen:** Se busca identificar y definir un modelo predictivo para mejorar el rendimiento escolar en licenciatura con parámetros de características de desórdenes de lenguajes, funciones ejecutivas y rendimiento escolar, se aplican test especializados en estas variables, se analizaron las variables más correlacionadas y se generó un modelo predictivo de rendimiento escolar, las variables dependientes son FE, marcadores de dislexia, la población estudiada tiene las características de que ya tiene cierta cantidad de estrategias, esto es por la edad, y por estar en licenciatura. Método se aplican test de RAN (Rapid Automatization Naming), non-words, FE, self-report, 65 estudiantes de licenciatura, Resultados el modelo que mejor ajustado con los datos (fit) es la segunda opción, no tiene que ser la que tiene más variables. Discusión se ve que tienen muy maduros las estrategias compensatorias; de las variables se tiene que influyen en el modelo son a,b,c, y las que no influyen en el modelo son d,e,f,.

**Palabras Clave:** Dislexia, Intervención Remedial Disléxicos, Diagnostico de Dislexia.

## 1 Introduction

This study proposes a college student profile in order to design a remedial intervention based on Executive Functions construct, this construct belongs to cognitive theory.

Student profile has a set of variables that are useful to detect reading disorder in students, at the end the remedial intervention proposal will work for both regular students and students with reading disorders.

In other words, the remedial intervention and diagnostic instrument are sustained by a data-based model which collect information of strengths and weaknesses from practices conducted in the remedial interventions.

In most cases the results may be limited by the fact that the best case to apply a remedial intervention of this kind must be between 5 and 7 years' old, this is, because it is the pre-reading period.

### 1.1 Dyslexia

Developmental dyslexia are a language disorder where individual has normal sensorial capacities and intelligence coefficient but show significant deficit in learning and reading activities [1].

Reading is the ability to orchestrate subskills among others include independent decode print and reading comprehension, is a translation from print to sound that result in text understanding [2] [3] [4] [5].

Text decoding process must be automatic, subconscious, effortless in order to left the mind free to text comprehension [4] [6] [7] [8] [9] [10].

Unless any person reaches a decoding skill mastery that make an automatic and subconscious reading, the reading process will stay in a lower level [8] [10].

## 1.2 Tests and Dyslexia Markers

The most reliable marker of reading process is phonologic awareness [11], but lost some of its predictive power near third year of elementary school [12], phonologic awareness is the most reliable marker in many categories, even more that many reading tests [13].

RAN (Rapid Automatic Naming) is a test and a marker of reading, applied preferably in pre-lecture phase, RAN predictive power depend in stimulus kind, that can be numbers, images, letters, using colors and objects as stimulus get a stronger marker in first degrees of elementary school.

Research findings point that dyslexia markers lost reliability power after 13 years old, this can be partly explained by the fact that dyslexic people throughout their lives develop strategies to compensate reading deficiencies, over their live dyslexic individuals show enhancement in words recognition, but their reading level remains very low [14] [15] [16] [17].

The fact is, there is not a clear factor that explain dyslexia, dyslexia behavior is the result of a complex interaction between many factor in many levels, this is better explained with Pennington multi-deficit model [18].

Pennington multi-deficit model propose that main explanation of dyslexia is the result of multiples interactions between multiples factors that has a protective function to face recognition deficiencies.

Most known deficit of dyslexia is phonological deficit or phonological awareness, although it is not sufficient to explain the heterogeneity of symptoms of dyslexic, most of cases of children with language disorder show prevalence of two or more deficits, being phonological deficit and cognitive deficit the most known dyslexic prevalence.

Several factors may affect reading development in children like variability in available reading resources, school quality, and home factors like members' behavior and members' health [19] [20].

Whatever the deficit is, appear what is known as "Matthew Effect" where any difficulty in reading process reduce their performance progressively, and the normal readers increment their reading performance progressively, this make a broader gap between normal readers and readers with deficits, this is similar with system dynamic theory where initial conditions make greater changes in future [21].

## 1.3 Dyslexia Identification

Dyslexia identification in early stages in most of the countries is given commonly in elementary level second level or third level [22], this is not implying any application of remedial actions

Unfortunately, at the time dyslexia was diagnosed dyslexic students already failed in many reading activities and they have a lower academic performance than their schoolmates [22].

This approach of "waiting the failure" delays applications of remedial interventions, and consequently remedial intervention are not applied in the period of time where is more effective, generally best period of time to apply is in first grade of elementary school, at this time brain usually has a high level of plasticity [22].

As might be expected, in most of cases of dyslexia nobody acts in this important stage and the chance to reduce dyslexia is lost at least partially, this situation is known as dyslexia paradox, this is the span of time between where dyslexia is addressed and the age where dyslexia is detected and treated [23].

Generally, reading disorders are treated with a reactive approach, everybody act until the reading disorder is detected, there is not a prevention approach nor pre-active approach, therefore remedial interventions are applied later in life, mostly between 8 and 12 years old in elementary school, this delay the access to effective remedial interventions that reduce academic gap and negative emotional implications.

This study was applied to college adult students; this age range has been studied very little and therefore very few developments in personalized remedial interventions.

This age group between 19 and 22 years old has another characteristic, they already have many mature compensatory methods for reading, this study report if their compensatory methods has correspondence with the framework of cognitive operations knowns as Executive Functions.

#### 1.4 Difficult to identify dyslexia in individuals greater than 15 years' old

Dyslexia etiology models for age group between 15 and 20 years old are not truly clear, dyslexia causes cannot be clearly separated, actually main proposals include more factors in order to find significant correlations,

There is difficult to identify dyslexia in early stages because of many deficits at same time, comorbidity is very common in dyslexic people, this make hard to address symptoms and diagnosis in a reliable way.

A comorbidity pattern has been identified, while this finding is not fully quantifiable, in Pauc's (2005) [24] study did not find individuals with a single condition, the comorbidity rates are near to 95%.

Comorbidity pattern appears with high frequency in dyslexic people that suggest a condition associated to language disorders and enter in a criterion of developmental delay syndrome

As times passes, dyslexic individuals show better word recognition, although their reading performance remains slow and basically is not a smooth reading [14] [15] [16] [17].

Comorbidity of language disorders and attention deficit disorder is one of most common condition, individuals with comorbidity show a neuropsychological profile with failures in many cognitive functions that can lead to others functional deficit [25].

Most common comorbidity is dyscalculia and dyslexia, it has a combined prevalence of more than 10% and a co-occurrence around 40%, although these deficiencies have independent domains could have another shared domain [26].

Comorbidity in individuals means a co-occurrence between two or more disorders, comorbidity rates between reading disorders and neuronal disorders has high variability, average comorbidity between dyslexia and another disorder is about 40% [27].

Dyslexia borders about comorbidity are not clear, many dyslexic children comply with attention deficit and hyperactivity criteria [28] [29] [30].

Beside, frequently dyslexia have comorbidity with attention problems and motor coordination [31] [32].

Dyslexia has overlapping with pronunciation disorder [33], behavior and socio-emotional disorder [34], anxiety and depression problems as well [35].

None of comorbidities can be considered as a basic condition of dyslexia, but can complicate symptoms detections and remedial intervention application [36].

#### 1.5 Dyslexia and Executive Function

Studies related with dyslexia and Executive Functions point that dyslexic children show deficiencies in many Executive Functions like change of activity, these activities are associated with left prefrontal cortex as well [37].

Findings about relationship between dyslexia and Executive Functions can lead to another possible approaches about treatments on dyslexia, especially for older people.

Dyslexia Rehabilitation proposal from Pasqualotto and Venuti [38], point to a combination of cognitive training, phonological awareness training and cognitive training of executive functions, they report that their proposal provide quantifiable benefits.

#### 1.6 Related Works

Most of studies about predictive models of dyslexia and diagnosis at college level are in English language [39] [40], then many of their findings are not full generalizable to Spanish language, another observation in this domain is that including more variables to models does not increase its predictive power.

Although dyslexia are not really a visual disorder many research works about predictive model are based on eye movement pattern [41] [42].

Many research works about dyslexia predictive model measure indirectly visual recognition, like information of games on line [43].

## 2 Contribution

Present work reports a predictive model with 65 students' information, model use following variables: grades average, RAN, non-words recognition, planning questionnaire (7 questions), visual attention, working memory and solving problems.

RAN (Rapid Automatized Naming), is the ability to recognize many kind of pictured items like colors, letters, numbers and is a basic sub-ability of reading process.

Besides, auto-report indicates 5 persons with reading disorders, auto-report of abilities are included in Executive Functions questionnaire, questions 1 and 2.

Below we show Executive Functions questionnaire.

Questionnaire:

- 1 how consider yourself as a reader 1 good reader 2 poor reader 1-7 scale
- 2 how a parents or teacher consider you as a reader 1 good reader 2 poor reader 1-7 scale
- 3 do you write your goals?
- 4 do you rank your goals and sequences it? (sort them by priority and get done)
- 5 do you bold/remark begin and end activities?
- 6 do you update finished tasks?
- 7 do you graphics finished tasks?

Higher correlated variables are selected: RAN, non-words recognition, visual attention, solving problem. Numbers in red are the higher correlations

	Escuela	ran	non-word recognition	visual attention	working memory	self report	problem
Escuela	1.000	0.8110	0.8242	0.8958	0.7159	0.5532	-0.8208
RAN		1.0000	0.7860	0.7757	0.6060	0.5169	-0.7459
Non-word recognition			1.000	0.8138	0.6879	0.4157	-0.7770
Visual attention				1.000	0.7268	0.4465	-0.7995
Working memory					1.000	0.5342	-0.6425
Self-report						1.000	-0.8335
Problem							1.000

**Table. 1** Table of correlations used for model selection

AIC criteria from Hirotugu Akaike was used to evaluate models, best fit model are next. The results are next above:

$$-11.47 \text{ Esc} + .175 \text{ RAN} + 3.819 \text{ Non-words recognition} + 0.045 \text{ problem} \quad (1)$$

AIC stand for Akaike Information Criteria, is a mathematical model that find the best fit between model and data collected, is known because it gives more weight to models with less variables, these criteria rely on the possibility that models with more dependent variables can create a false positive.

Generated models have the higher fit with the population data, it's mean that has a higher equilibrated training.

This model configuration will be modified based on participant personal profile; this activity will be part of another future work where a remedial personalized intervention will be implemented

Running the software, 14 models gets generated, all models was evaluated with AIC method, results are showed below, first column is model ID

Model selection based on AICc

	K	AICc	Delta AICc	AICc Wt	Cum. wt	LL
3	5	26.92	0.00	0.33	0.33	-7.9
2	5	27.16	0.24	0.29	0.62	-8.02
1	6	27.95	1.04	0.19	0.81	-7.18
4	4	28.55	1.64	0.14	0.95	-9.91
7	5	32.39	5.47	0.02	0.97	-10.64
9	4	33.03	6.12	0.02	0.99	-12.15
8	4	33.91	7.00	0.01	1.00	-12.59
12	3	41.57	14.65	0.00	1.00	-17.57
6	4	48.70	21.79	0.00	1.00	-19.99
5	4	48.96	22.04	0.00	1.00	-20.11
10	4	52.69	25.78	0.00	1.00	-21.98
14	3	61.48	34.57	0.00	1.00	-27.53
13	3	63.20	36.28	0.00	1.00	-28.38
11	3	67.30	40.39	0.00	1.00	-30.44

**Table. 2** Table of models, ordered by higher fit

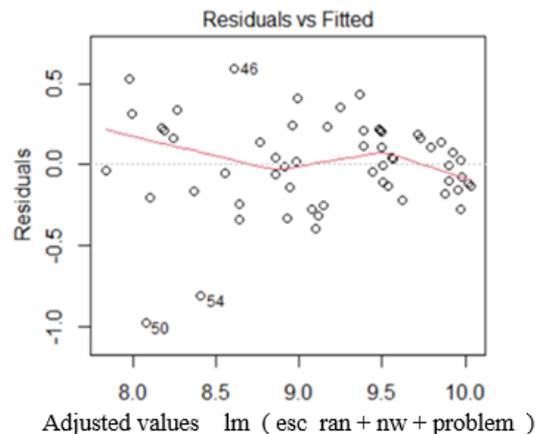


Figure 1. Graphic of errors (residuals) from Model.

Results of variables related with Executive Functions are high (Table 1), which indicates that students already had a set of cognitive matured process, results about dyslexic students match with literature, basically dyslexic had lower grades than normal readers average, and lower grades in some of Executive Functions, especially in the Executive Function know as change of activity (Shifting).

Model show some validity level because the coincidence with results of another related research work, where dyslexic show lower results than normal readers.

Results of dyslexic people about Executive Functions variables are similar with literature as well, remedial interventions with Executive Functions approach can help both cases dyslexic people and normal readers.

### 3 Conclusions and future works

Findings are consistent with the results of other relate studies, there's mixed results but basically very near of frontiers of significate statistics tests.

Variables with higher correlation was identified, and its weight inside the model was addressed.

After this work, we point the need of deeper analysis and newer perspectives for Executive Functions and dyslexia studies, particularly about the variable Shifting (change of activity without loss of attention), especially every functional dependency with dyslexia, in other words, identify variables that influence in more degree the remedial intervention design.

Present model did weight same way to every variable of Executive Functions, now with these findings we will give more importance to variable Shifting in future works, and take advantage of technology to make more individualized and tailored interventions.

### References

1. M.J. Snowling, & C. Hulme (2012). Annual Research Review: The nature and classification of reading disorders – a commentary on proposals for DSM- 5. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(5), 593-607.
2. Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: Thinking and learning about print*. Cambridge, MA: MIT Press.
3. Cassidy, J., Valadez, C. M., & Garret, S. D. (2010). Literacy trends and issues: A look at the five pillars and the cement that supports them. *The Reading Teacher*, 63(8), 644–655.
4. Chall, J. (1967). *Learning to read: The great debate*. New York, NY: McGraw Hill.
5. Dickinson, D. K., & Neuman, S. B. (2006). *Handbook of early literacy research (Vol. 2)*. New York, NY: Guilford Press.
6. Eldredge, J. L. (2005). Foundations of fluency: An exploration. *Reading Psychology*, 26, 161–181. doi:10.1080/02702710590930519.
7. Fries, C. C. (1962). *Linguistics and reading*. New York, NY: Holt, Rinehart and Winston.
8. Kuhn, R. M., Schwanenflugel, P. J., & Meisinger, E. B. (2010). Aligning theory and assessment fluency: Automaticity, prosody and definitions of fluency. *Reading Research Quarterly*., 45(2), 230–251. doi:10.1598/RRQ/45.2.4.
9. LaBerge, D., & Samuels, S. J. (1974). Toward a theory of automatic information processing in Reading. *Cognitive Psychology*, 6, 293–323.

10. Logan, G. D. (1997). Automaticity and reading: Perspectives from the instance theory of automatization. *Reading & Writing Quarterly*, 13(2), 123–147.
11. Bradley L, Bryant PE. Difficulties in auditory organization as a possible cause of reading backwardness. *Nature* 1978; 271:
12. Hogan, T., Bridges, M. S., Justice, L. M., & Cain, K. (2011). Increasing higher level language skills to improve reading comprehension.
13. Torgesen, J. K., Wagner, R. K., Rashotte, C. A., Rose, E., Lindamood, P., Conway, T., & Garvan, C. (1999). Preventing reading failure in young children with phonological processing disabilities: Group and individual responses to instruction. *Journal of Educational psychology*, 91(4), 579.
14. Lefly, D. L., & Pennington, B. F. (1991). Spelling errors and reading fluency in compensated adult dyslexics. *Annals of dyslexia*, 41.
15. Shaywitz, S. (2003). *Overcoming dyslexia: A new and complete science-based program of reading problems at any level*. New York, NY: Knop
16. Torgesen, J. K., Wagner, R. K., Rashotte, C. A., Burgess, S., & Hecht, S. (1997). Contributions of phonological awareness and rapid automatic naming ability to the growth of word-reading skills in second-to fifth-grade children. *Scientific studies of reading*, 1(2), 185.
17. Wolf, M., and Bowers, P. G. The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexia. *J. Educ. Psychol.* 91:415. doi: 10.1037/0022-0663.91.3.415 (1999).
18. Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101, 385–413.
19. Fiester, L., & Smith, R. (2010). *Early warning! Why reading by the end of third grade matters*. Baltimore: Annie E. Casey Foundation.
20. Snow, C. E., Burns, M. S., & Griffin, P. (Eds.). (1998). *Preventing reading difficulties in young children*. Washington, DC: National Academy Press.
21. Stanovich, K. E. (2009). Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Journal of education*, 189(1-2), 23-55.
22. Wanzek J, Vaughn S. Research-based implications from extensive early reading interventions. *School Psychology Review* 2007; 36(4): 541. <https://doi.org/10.1080/02796015.2007.12087917>
23. Ozernov-Palchik O, Gaab N. Tackling the ‘dyslexia paradox’: Reading brain and behaviour for early markers of developmental dyslexia. *Cognitive Science* 2016; 7(2): 156-76. <https://doi.org/10.1002/wcs.1383> PMID: 26836227 PMCID: PMC4761294
24. Pauc, R. (2005). Comorbidity of dyslexia, dyspraxia, attention deficit disorder (ADD), attention deficit hyperactive disorder (ADHD), obsessive compulsive disorder (OCD) and Tourette's syndrome in children: A prospective epidemiological study. *Clinical chiropractic*, 8(4), 189-198.
25. Germanò, E., Gagliano, A., & Curatolo, P. (2010). Comorbidity of ADHD and dyslexia. *Developmental neuropsychology*, 35(5), 475-493.
26. Wilson, A. J., Andrewes, S. G., Struthers, H., Rowe, V. M., Bogdanovic, R., & Waldie, K. E. (2015). Dyscalculia and dyslexia in adults: Cognitive bases of comorbidity. *Learning and individual differences*, 37, 118-132.
27. Moll, K., Snowling, M. J., & Hulme, C. (2020). Introduction to the special issue “comorbidities between reading disorders and other developmental disorders”. *Scientific Studies of Reading*, 24(1), 1-6.
28. Catts, H. W., Adlof, S. M., Hogan, T. P., & Weismer, S. E. (2005). Are specific language impairment and dyslexia distinct disorders?
29. Snowling, M. J., Hayiou-Thomas, M. E., Nash, H. M., & Hulme, C. (2020). Dyslexia and developmental language disorder: Comorbid disorders with distinct effects on reading comprehension. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 61(6), 672-680.
30. Nash et al., 2019 Hanna
31. Gooch, D., Hulme, C., Hannah, Nash M., and Margaret J. Snowling. "Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia." *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 55, no. 3 (2014): 237-246.
32. Rochelle KSH, Talcott JB (2006) Impaired balance in developmental dyslexia? A meta-analysis of the contending evidence. *J Child Psychol Psychiatry* 77:1159–1166
33. Pennington, B. F., & Bishop, D. V. (2009). Relations among speech, language, and reading disorders. *Annual review of psychology*, 60, 283-306.
34. Carroll, J. M., Maughan, B., Goodman, R., & Meltzer, H. (2005). Literacy difficulties and psychiatric disorders: Evidence for comorbidity. *Journal of child psychology and psychiatry*, 46(5), 524-532.
35. Francis, D. A., Caruana, N., Hudson, J. L., & McArthur, G. M. (2019). The association between poor reading and internalising problems: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 67, 45-60.
36. [36] Rose, J. (2009). *Identifying and teaching children and young people with dyslexia and literacy difficulties (DCSF-00659-2009)*. DCSF Publications

37. Brosnan, M., Demetre, J., Hamill, S., Robson, K., Shepherd, H., & Cody, G. (2002). Executive functioning in adults and children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 40(12), 2144-2155.
38. Pasqualotto, A., & Venuti, P. (2020). A multifactorial model of dyslexia: Evidence from executive functions and phonological-based treatments. *Learning Disabilities Research & Practice*, 35(3), 150-164
39. Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia*, 11(2), 116-131.
40. Tops, W., Callens, M., Lammertyn, J., Van Hees, V., & Brysbaert, M. (2012). Identifying students with dyslexia in higher education. *Annals of Dyslexia*, 62, 186-203.
41. Prabha, A. J., & Bhargavi, R. (2020). Predictive model for dyslexia from fixations and saccadic eye movement events. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 195, 105538.
42. Prabha, A.J., & Bhargavi, R. (2022). Prediction of dyslexia from eye movements using machine learning. *IETE Journal of Research*, 68(2), 814-823.
43. Rello, L., Baeza-Yates, R., Ali, A., Bigham, J. P., & Serra, M. (2020). Predicting risk of dyslexia with an online gamified test. *Plos one*, 15(12), e0241687. 2008.

Desigualdad e inclusión en el contexto rural; un diagnóstico socioeducativo de la familia en una comunidad de Jalisco  
Inequality and inclusion in the rural context; a socio-educational diagnosis of the family in a Jalisco community

Zepeda Peña H.H.<sup>1</sup>, Galván Álvarez H.I.<sup>2</sup>, Méndez M.E.<sup>3</sup>, Morales Hernández J.C.<sup>4</sup>

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara  
Av. Universidad No. 203. 48280. Puerto Vallarta, Jalisco, México

<sup>1</sup>hector.zepeda@academicos.udg.mx, <sup>2</sup>hugo.galvan@academicos.udg.mx, <sup>3</sup>eugenia.mendez@academicos.udg.mx, <sup>4</sup>julio.morales@academicos.udg.mx

Fecha de recepción: 17 de mayo de 2024

Fecha de aceptación: 31 de julio de 2024

**Resumen.** El artículo expone los resultados de una investigación cuyo propósito fue conocer los desafíos en aspectos didácticos, tecnológicos, escolares, de participación social y bienestar familiar. La metodología utilizada fue de tipo mixto, con un diseño secuencial exploratorio y un enfoque descriptivo de investigación. La muestra poblacional estuvo conformada por 31 familias de una comunidad rural de Jalisco a quienes se les aplicó un cuestionario in situ. Los resultados muestran las diversas desigualdades sociales, educativas y económicas, que obstaculizan el bienestar social y educativo de las familias rurales. Sin embargo, las familias están motivadas para enfrentar los desafíos socioeducativos con sus propios recursos y estrategias a pesar de sus limitaciones y carencias. En el contexto rural, las familias participantes tienen un acceso reducido a los servicios básicos de salud, educación y oportunidades laborales, condiciones que favorecen las brechas sociales, educativas y económicas, aumentando los indicadores de desigualdad y exclusión.

**Palabras Clave:** Comunidad Rural, Desigualdad, Inclusión, Diagnostico Socioeducativo, Familia Rural.

**Summary.** The article exposes the results of an investigation whose purpose was to know the social, technological, school and family well-being challenges through a socio-educational diagnosis in the context of a rural community. The methodology used was non-experimental, with a descriptive design and a mixed research approach. The population sample made up of thirty-one families from a rural community in the state of Jalisco to whom the questionnaire-type instrument was applied in situ. The results show the various social, educational, but above all economic inequalities that hinder the social and educational well-being of rural families. However, family members are motivated to face socio-educational challenges with their own resources and strategies despite their limitations and shortcomings. In the rural context, participating families have reduced access to basic health services, education, and job opportunities, conditions that favor social, educational, and economic gaps, increasing indicators of inequality and exclusion.

**Keywords:** Rural Community, Inequality, Inclusion, Socio-Educational Diagnosis, Rural Family.

## 1 Introducción

La desigualdad, se aborda como una falta de equilibrio entre dos o más personas, realidades, hechos o cosas, presenta diferentes tipos incluyendo; el ámbito social, económico, legal, educativo y de género [1]. Por su parte la Inclusión, se expresa como el acceso a toda persona a los servicios de salud, educación, oportunidades de trabajo, vivienda y seguridad, dentro de una sociedad; no importando su origen, etnia, religión, genero, sexo, capacidad intelectual o situación financiera [2]. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la desigualdad dentro de los países es un continuo motivo de preocupación a pesar de la existencia de esfuerzo encaminados a su reducción, la Covid-19 ha intensificado las desigualdades sociales, políticas, económicas y educativas afectando con mayor énfasis a comunidades y grupos vulnerables [3].

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), considera la desigualdad como un fenómeno generador de ineficiencias en el desarrollo y construcciones de oportunidades sociales [4]. Con base en lo anterior, la desigualdad e inclusión socioeducativa, concierne a las discrepancias en el acceso a la educación, que el sistema escolar no ofrece las mismas oportunidades de formación para todos sus beneficiarios [5]. Por ello, las comunidades rurales enfrentan escenarios socioeducativos más complejos de desigualdad, de inclusión y de acceso, por un lado, pierde su carácter de bienestar social obligatorio, y por otro pierde su potencial para disminuir las condiciones de injusticia y exclusión en los ámbitos social y económico de las familias [6].

Con respecto a la familia, es considerada el grupo social más importante en el desarrollo emocional de las personas, la transformación económica y sociocultural influye en la estructura y en la dinámica familiar [7]. Por consiguiente, las personas que se desarrollan en comunidades rurales a diferencia de aquellas que viven en zonas

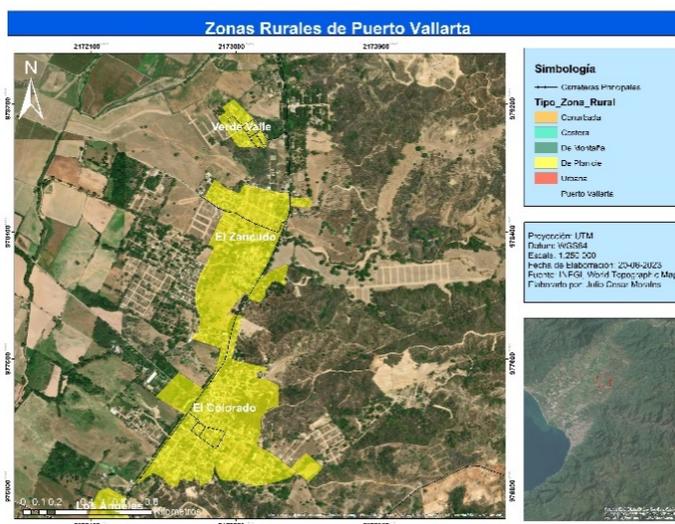
urbanas, están expuestas a factores que impactan en su salud y su bienestar, por ejemplo, presentan dificultades en el mercado laboral y limitado acceso a los servicios básicos de salud y de educación [8].

Existen diferentes formas de identificar las responsabilidades de la familia en una comunidad y en el ámbito escolar que dan origen a variados conflictos de autoridad entre los actores sociales, quienes pueden reclamar o culpar mutuamente el éxito o fracaso de los procesos sociales, educativos y culturales, sin embargo al mismo tiempo, se establecen alianzas entre la familia, la comunidad y la escuela, de tal forma que les permitan enfrentar, en conjunto, los retos actuales de la de la desigualdad socioeducativa [9].

En este sentido, el uso, acceso e inclusión de las tecnologías digitales en la comunidad y en el contexto escolar, sobrepone una discusión, gestión y establecimiento de políticas públicas eficientes [10]. Una buena práctica de la inclusión de tecnologías para disminuir las desigualdades socioeducativas, son aquellas que demuestran ser efectiva para el logro de determinados objetivos educacionales y atienden lo siguiente: (1) Lograr mejores y/o nuevos aprendizajes; (2) Generar un cambio (o innovación) pedagógica; y (3) Producir un cambio organizacional con incidencia social [11].

Las comunidades rurales en México presentan escenarios con diversas problemáticas que dificultan garantizar el derecho al bienestar social y educativo de niñas y niños con equidad, igualdad y acceso [12]. En el caso particular del Municipio Puerto Vallarta en Jalisco, las comunidades rurales y sus escuelas han enfrentado un retroceso y altos niveles de desigualdad causados por la nueva normalidad impuesta por la Covid-19. Dichas situaciones muestran una realidad que comparten distintas comunidades y escuelas en México que impactan los procesos sociales que fortalecen la calidad de vida y servicios educativos.

El Zancudo, es una comunidad rural ubicada a 20 kilómetros al suroeste del municipio de Puerto Vallarta en el Estado de Jalisco, con una latitud de 20.77972 grados y longitud de -105.15333 grados, y una altitud de 33 metros sobre el nivel del mar. Tiene una extensión total de 27 hectáreas (Ver Figura 1. Ubicación de la Comunidad El Zancudo, Jalisco).



**Figura 1.** Ubicación de la Comunidad El Zancudo, Jalisco. Fuente World Topographic Maps. Elaborado por Julio Cesar Morales.

Su número de habitantes acorde con el censo 2020 del INEGI, fue de 725 personas distribuidos en 180 viviendas habitadas. Cuenta con servicios básicos de luz eléctrica, alcantarillado y agua potable, el 85% de las viviendas cuenta con electrodomésticos básicos incluido el televisor; (c) El 93% tiene un dispositivo móvil en su familia, el 20% de las viviendas tiene conexión a internet y solo el 11% de las familias cuenta con una computadora de escritorio o laptop. El sexo de sus habitantes es muy equitativo, debido a que el 49% son hombre y el 51% mujeres. La pirámide poblacional en cuanto a su rango de edad, predominan los mayores de 14 años con el 67%, de los cuales 427 son adultos de 15 a 59 años y sólo 63 mayores de 60 años. Por otro lado, los jóvenes y niños son el 32% de los habitantes. Existe un 11% de población indígena en la comunidad. Cuenta con una escuela primaria rural multigrado que alberga a 102 alumnos [13].

Por estas razones, en la lucha contra la desigualdad y la inclusión de las comunidades, las instituciones educativas y las personas, la Red Temática “Las TICs en Educación”, participó ante las convocatorias de CONACYT en 2021 con el proyecto “Educación rural e innovación didáctico-tecnológica: desigualdad, inclusión y acceso”, teniendo como objetivo realizar diagnósticos situacionales que permitan el diseño de estrategias para disminuir la brecha didáctico/digital en entornos rurales que reduzcan las desigualdades socioeducativas a través de experiencias mediadas por tecnología y software de uso libre. Siendo beneficiado de

la convocatoria “Diagnóstico de las capacidades de las HCTI: “Generación y Fortalecimiento de Redes regionales” del Programa presupuestario F003, dando origen al presente estudio.

## 2 Método

### 2.1 Diseño del estudio

Se aplicó un diagnóstico socioeducativo con el propósito de conocer los desafíos en aspectos didácticos, tecnológicos, escolares, de participación social y bienestar familiar. La metodología utilizada en el estudio fue de tipo mixto [14], con un diseño secuencial exploratorio [15] y un enfoque descriptivo de investigación [16]. Adicionalmente se retoman datos de la consulta de literatura especializada en el tema de comunidad rural y/o educación rural, además de datos obtenidos de informantes pertenecientes a la comunidad objeto de estudio

### 2.2 Participantes

El estudio se llevó a cabo con un total de 31 familias. Siendo 80% (25) nuclear; 13% (4) ampliada; y 7% (2) compuesta, que participaron de manera voluntaria y cuyos hijos estaban inscritos en 5to y 6to grado en la escuela rural de la comunidad. El rango de miembros que conformaban las familias es con cuatro 19% (6), con cinco 64% (20) y con más de seis el 16% (5).

### 2.3 Instrumentos

Se empleó un instrumento de recolección de datos tipo encuesta en una entrevista in situ. El cuestionario denominado “*Diagnostico Situacional de la Familia de la Red Temática*” validado por el cuerpo académico consolidado Comunicación, Cultura y Sociedad de la Universidad Autónoma de Coahuila. El cual está conformado por cuatro secciones y 29 reactivos en total. La primera sección identifica la estructura familiar con cinco reactivos de opción múltiple, La segunda sección sobre convivencia y comunicación al interior de la familia integrada por nueve reactivos en dos diferentes escalas de Likert y de selección múltiple, la tercera sección valora del contexto socioeducativo compuesto por 11 preguntas de opción múltiple y, por último, la sección sobre detención de problemáticas o necesidades de la familia y entorno con un total de cuatro preguntas de selección múltiple.

### 2.4 Procedimiento

Se invitó a participar al representante familiar o cabeza de familia. Antes de llevar a cabo el estudio se solicitó el consentimiento informado a los participantes por escrito. Posteriormente se realizó una fase de práctica para que el padre o madre de familia se familiariza con el cuestionario. Durante el estudio los participantes responden en un formulario impreso aplicado in situ, cada uno de los reactivos correspondientes a los cuatro apartados, registrando sus opciones de respuesta para su registro final.

## 3 Resultados

En las comunidades rurales, la familia es el pilar de la sociedad y núcleo básico de convivencia y participación. A continuación, se desglosan los resultados por cada uno de los apartados que conforman el cuestionario.

### 3.1 Estructura familiar

La estructura familiar de la comunidad rural del Zancudo, Jalisco acorde con la clasificación del INEGI 2020 está conformada por el 80% nuclear (formada por padre, madre e hijos), 13% ampliada (formada por la familia nuclear más otros parientes) y 7% compuesta (formada por la familia nuclear más personas sin parentesco). Por otra parte, el promedio de hijos fue de 2,5 por familia, prevalece un promedio de cinco miembros con un 64% de

la muestra poblacional, sin embargo, el 19% la integran cuatro personas y solo el 16% está conformada por más de seis miembros.

En cuanto a la escolaridad promedio de las familias de la comunidad del Zancudo, Jalisco es de 7,5 grados escolares, resaltando que solo el 22% de los participantes cuenta con estudios universitarios y el 7% terminó el bachillerato, por otro lado, un 42% tiene secundaria trunca y un 29% bachillerato trunco. Finalmente, el 68% de las familias tiene un estado civil casado o vive con una pareja.

El ingreso mensual del 52% de las familias participantes superan los \$5,000 mil pesos mensuales, un 33% genera ingresos menores a dicha cantidad y solo el 19% supera los \$10,000 pesos de ingresos al mes. Predomina el sector secundario de comercio (construcción y manufactura) con un 48%, un 32% al sector terciario (servicios turísticos) y el resto al comercio informal de venta de frutas, artesanías y dulces regionales

### 3.2 Convivencia y comunicación familiar

El 100% de las familias participantes consideran que la convivencia familiar es un factor importante para el desarrollo integral y calidad de vida al interior de la comunidad del Zancudo, Jalisco. Además, el 80% declara que la comunicación al interior de su núcleo familiar es efectiva.

En este sentido el 90% de las familias se encuentran muy motivadas en aspectos como la convivencia familiar, la forma de comunicarse de manera interna con sus miembros, con la educación que reciben sus hijos en la escuela primaria de la comunidad. Por otro lado, el 84% se encuentra poco motivada y preocupada por las actividades de esparcimiento de los niños, la salud y seguridad pública y por la situación económica que enfrentan agravada por la pandemia de la Covid-19.

Las actividades o hobbies fortalecen los vínculos familiares, por ello, el 52% de las familias prefiere actividades al aire libre, seguido de un 35% de actividades en casa y el resto (13%) emplean actividades como videojuegos, ver televisión y navegar en internet. En este sentido el 80% de los participantes considera que el contacto directo y las pláticas presenciales como principal recurso para la comunicación afectiva y convivencia familiar. Sin embargo, el 20% señala que prefiere emplear dispositivos móviles, telefonía celular y redes sociales para comunicarse con los miembros de su familia.

### 3.3 Contexto socioeducativo

La participación de los padres y madres de familia en el contexto escolar se considera una de las vías para fortalecer la calidad educativa y reducir los sesgos de desigualdad e inclusión que sufren las comunidades rurales. En por ello que la participación de las familias en las actividades escolares de sus hijos la perciben como buena y excelente con un 42% y 35% respectivamente, resaltando áreas como el cuidado físico de niños y niñas, la atención o cumplimiento de tareas escolares y el apoyo emocional-afectivo que brindan. Por otra parte, señalan que la colaboración es mala en un 64% con respecto a las actividades de la administración escolar como reuniones de padres de familia, conformación de brigadas comunitarias y acciones de educación continua.

Al momento del estudio, la percepción del rendimiento académico de los hijos, el 68% lo considera bueno, el 22% acorde a lo esperado y solo el 10% declara que sus hijos requieren apoyo adicional para lograr el nivel de rendimiento académico deseado. En este sentido el 68% de las familias perciben que el nivel educativo de la escuela rural de la comunidad es el esperado y el 32% lo considera alto. Además, el 88% considera que el desempeño profesional y académico de los docentes es el esperado y el porcentaje restante declara que los profesores tienen un nivel alto que beneficia a los alumnos de la institución.

El uso, acceso e inclusión de las tecnologías digitales en el contexto escolar es primordial para combatir las desigualdades, por lo que el 84% familias participantes perciben una buena calidad en la infraestructura escolar (aulas, patios, jardines, total del terreno de la escuela), mientras que un 68% manifiesta que la ubicación de la escuela en la comunidad es buena.

Las buenas prácticas de tecnologías en educación determinan el logro de objetivos educacionales, por ello el 54% de las familias considera que el uso de las tecnologías de la información y comunicación por parte de sus hijos es regular, mientras que un 16% la perciben como excelente y un 30% como buena. En este mismo sentido la calidad de la infraestructura tecnológica con la que dispone la escuela primaria rural a donde asisten sus hijos la consideran como regular, el 84% de las familias participantes.

En contraparte señalan que la infraestructura tecnológica con la disponen en casa para el apoyo de actividades escolares es mala, debido a que solo el 22% tiene conexión-acceso a internet fijo y un 90% con acceso a internet móvil, además solo el 10% de las familias cuenta con una computadora de escritorio o laptop, sin embargo, el 84% cuenta con un dispositivo móvil en su familia. Por último, solo el 90% cuenta con servicios básicos de luz eléctrica, alcantarillado y agua potable.

La infraestructura física con la que cuenta la escuela primaria rural es limitada, tiene tres edificios de bloque, concreto y techo de cemento, albergan cinco aulas de clase, una oficina administrativa, jardineras y un patio escolar con piso de cemento, cuenta con servicios básicos de luz eléctrica, agua potable, alcantarillado. Su mobiliario está en condiciones regulares, presenta buena ventilación e iluminación, no dispone de aire acondicionado, solo ventiladores de techo, sin equipo de proyección o computadoras. Tiene un servicio de telefonía con internet incluido, dos computadoras para uso administrativo, una impresora y un par de bocinas

### 3.4 Necesidades de las familias

Con base en la información y datos recabados a través de las entrevistas in situ y de la aplicación del cuestionario, se pueden obtener las siguientes necesidades: (a) Convivencia y comunicación familiar: mejorar los ingresos mensuales de las familias, mejorar la seguridad social y servicios básicos de la comunidad; (b) Infraestructura escolar: mejorar las aulas y espacios escolares, elevar el nivel de los servicios escolares, como la toma de decisiones o participación social, fortalecer la capacitación de los profesores e incorporar computadores e internet como apoyo académico; (c) Educación de los hijos: otorgar becas escolares a los hijos, instalar recursos tecnológicos disponibles en la escuela, ampliar el horario escolar a tiempo completo y mejorar el desempeño de los profesores de la escuela; y (d) De la comunidad: Mejorar la seguridad pública de la colonia, contar con mejores servicios de salud, de agua potable y luz eléctrica, dar mantenimiento a las calles de la comunidad, proponer mayores espacios para el entretenimiento familiar y aumentar la cantidad de negocios, tiendas o comercios.

## 4 Discusión

En este estudio, el propósito fue conocer los desafíos sociales, tecnológicos, escolares y de bienestar familiar a través de un diagnóstico socioeducativo en el contexto de una comunidad rural. Los resultados señalan que existen diversas desigualdades sociales, educativos, pero sobre todo económicas que obstaculizan el bienestar social y familiar.

Con relación a las familias participantes prevalece la estructura nuclear con un 80%, el cual coincide con los datos del censo de INEGI 2020 [13], además el número de personas que conforman el núcleo familiar es de cinco con un 64% y tienen en promedio 2,5 hijos. El grado de escolaridad refleja una de las principales causas de desigualdad, debido a que presentan una media de 7,5 grados equivalente a segundo año de educación secundaria. Otro aspecto para resaltar es la capacidad y oportunidades económicas de las familias y la propia comunidad rural, en el cual un 85% vive con menos de \$10,000 pesos mensuales, predominando como fuente de ingreso el sector de la construcción y de servicios turísticos.

La convivencia y comunicación familiar en la comunidad rural es considerada como un factor importante que mejora las oportunidades de bienestar social de manera efectiva. Las familias rurales a pesar de sus limitaciones, problemáticas y carencias se encuentran muy motivadas en aspectos como la comunicación interna, la educación que reciben sus hijos y en las actividades sociales de su comunidad, sin embargo, declaran tener preocupación en aspectos como la situación económica que viven agravada por la pandemia de Covid-19, el acceso a la de recursos tecnológicos como internet o telefonía, la cobertura en salud pública y el acceso a servicios básicos sociales.

Por otro lado, en el contexto socioeducativo, las familias rurales consideran que la educación es una de las vías para combatir la desigualdad y mejorar la inclusión que sufren en su comunidad. La participación de las familias en las actividades escolares es muy buena, además perciben la calidad educativa que reciben sus hijos como buena, al considerar que el rendimiento académico de sus hijos es satisfactorio en más del 60% de los participantes, eso incluye que el nivel educativo de la escuela primaria y el desempeño académico de los profesores sea el esperado, lo que beneficia el logro de objetivos educacionales.

En este sentido, el uso, el acceso y la inclusión de las tecnologías digitales en la escuela es considerada como primordial para reducir la desigualdad social. Sin embargo, la infraestructura tecnológica con la que dispone la escuela primaria y la propia comunidad rural es limitada y escasa, debido a que solo el 10% de las familias participantes cuentan con una computadora o laptop, el 22% tiene conexión-acceso a internet fijo, pero el 90% a internet móvil a través de dispositivos como smartphones o celulares, datos que concuerdan con el estudio [6].

Entre las necesidades que declaran las familias participantes, se evidencia que en las poblaciones rurales existe poco acceso a los servicios básicos de salud, de educación y de oportunidades laborales, estas condiciones favorecen alteraciones en el bienestar familiar que aumenta los indicadores de desigualdad.

Finalmente, se hace necesario continuar con la creación de líneas de investigación en zonas rurales en el estado de Jalisco y en todo México, que proporcionen información sobre la realidad del contexto, identificando necesidades, oportunidades y desarrollo para las familias rurales desde una perspectiva de la inclusión, donde la

diversidad y la participación de los beneficiarios sea el recurso primordial para revertir las brechas sociales, educativas y económicas que generan la desigualdad y exclusión.

## 5 Conclusión

La problemática expuesta en el diagnóstico refleja que las políticas públicas y gestiones establecidas por los diversos órdenes de Gobiernos en México para generar bienestar y desarrollo en las zonas rurales, se encuentran desarticuladas. La pobreza, y falta de oportunidades, incluido el acceso a las tecnologías en comunidades rurales es una realidad invisible y las evidencias exponen un reto extraordinario para contribuir a la mejora de calidad de vida de las familias habitantes de estas zonas geográficas.

Las familias participantes afrontan los retos y desafíos socioeducativos con sus propios recursos, esfuerzos y estrategias ante el aumento de las condiciones de inequidad y exclusión que viven. De allí la importancia de colocar la inclusión y el acceso en la ecuación de bienestar social y educativo sin perder de vista las desigualdades de las comunidades rurales. Por lo tanto, el estudio procura ser una guía para el desarrollo de nuevos enfoques que comprendan las políticas públicas del país, y con ello fortalecer los vínculos entre los diversos actores del sector social y educativo con las autoridades involucradas en la toma de decisiones, con el fin único de lograr avances significativos en la transformación de las realidades socioeducativas que existen en el territorio mexicano, principalmente en el contexto rural.

## Referencias

1. Baldonado, M Martínez Domínguez, M. México 2020. “Desigualdad digital en México: un análisis de las razones para el no acceso y el no uso de internet. PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad, 10 (19). <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a10n19.519>
2. Hernández H., & Sergio T. 2016. "Análisis Documental del Proceso de Inclusión en la Educación". *Ra Ximhai* 12 (6): 399-420. <https://doi.org/10.35197/rx.12.01.e3.2016.27.hh>
3. Morán, Mirtha. 2015. “Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos”. *Desarrollo Sostenible*. [En Línea]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/inequality/>.
4. De Souza, D. C., & Ribeiro, L. P. 2023. “Educación en contextos rurales en Iberoamérica: caminos, perspectivas y desafíos”. *Revista Iberoamericana De Educación*, 91(1), 9-20. <https://doi.org/10.35362/rie9115726>
5. De Camilloni, Alicia R. Wigdorovitz. 2011. “El Concepto de inclusión Educativa: Definición Y Redefiniciones”. *Políticas Educativas – PolEd* 2 (1). [En Línea] <https://seer.ufrgs.br/index.php/PolEd/article/view/18347>
6. Bautista, Enrique. 2018. “Condiciones de la educación rural en México. Hallazgos a partir de una escuela multigrado”. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, núm. 5: 40–53. <https://doi.org/10.37135/chk.002.05.03>.
7. Arcury, Thomas A., Joanne C. Sandberg, Jennifer W. Talton, Paul J. Laurienti, Stephanie S. Daniel y Sara A. Quandt. 2018. “Salud mental entre trabajadoras agrícolas latinas y otras latinas empleadas en Carolina del Norte”. *Salud Mental Rural* 42 (2): 89–101. <https://doi.org/10.1037/rmh0000091>.
8. González, F. y Santa, M. 2022. “Estructura familiar y depresión en niños que viven en zonas rurales de Jalisco, México”. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 4 (3), 703-716.
9. Ortega Arias, María Daniela, y Héctor Cárcamo Vásquez. 2018. “Relación familia-escuela en el contexto rural. Miradas desde las familias”. *Educación* 27 (52): 98–118. <https://doi.org/10.18800/educacion.201801.00>
10. Gómez, L., y Tacuba, A. 2017. “La política de desarrollo rural en México. ¿Existe correspondencia entre lo formal y lo real?”. *Economía UNAM*, 14 (42), 93-117.
11. Sunkel, Guillermo y Trucco, Daniela. 2012. “Las tecnologías digitales frente a los desafíos de una educación inclusiva en América Latina –CEPAL”. [En Línea] [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35386/S2012809\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35386/S2012809_es.pdf)
12. Abellán Fernández, J. 2023. “Desigualdad e inequidad en la educación rural mexicana: la experiencia del CONAFE en el estado de Chihuahua”. *Revista Iberoamericana de Educación* 91 (1): 115–33. <https://doi.org/10.35362/rie9115568>.
13. Pueblos de América. s/f. *El Zancudo, (Jalisco) Puerto Vallarta*. [En Línea]. <https://mexico.pueblosamerica.com/i/el-zancudo-6/>
14. Pole, K. 2009. "Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas". *Revista Renglones* [En Línea] <http://hdl.handle.net/11117/252>

15. Canese de Estigarribia, M. I., Estigarribia Velázquez, R., Ibarra, G., & Valenzuela, R. 2021.” Aplicabilidad del Diseño Exploratorio Secuencial para la medición de habilidades cognitivas: una experiencia en la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay”. [En Línea] <http://www.utic.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/106>.
16. Guevara Alban, G., Verdesoto Arguello, A., & Castro Molina, N. 2020. “Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)”. RECIMUNDO, 4(3), 163-173. doi:10.26820/recimundo/4. (3). julio.2020.163-173.

## POLÍTICA EDITORIAL

### CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, <https://www.terc.mx/>, [editorial@conaic.net](mailto:editorial@conaic.net). Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos.

Enfatiza y declara expresamente la publicación de artículos de investigaciones con exigencia en la originalidad con carácter inédito y arbitrado.

Al menos el 60% del contenido de la publicación tiene carácter de investigación original dentro del ámbito científico y académico en el área de la tecnología educativa en torno a la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta, los cuales son ajenos a la entidad editora y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

### ÁREAS TEMÁTICAS

Las áreas temáticas que incluyen la revista son:

1. Evaluación asistida por computadora.
2. Portales de e-learning y entornos virtuales de aprendizaje.
3. E-learning para apoyar a las comunidades e individuos.
4. Sitios de transacciones de e-learning.
5. Tópicos de enseñanza de la computación.
6. E-universidades y otros sistemas de TIC habilitando el aprendizaje y la enseñanza.
7. Sistemas de gestión para contenidos de aprendizaje.
8. Procesos de acreditación para programas de tecnologías de información.
9. Estándares de META datos.
10. Nuevas asociaciones para ofrecer e-learning.
11. Temas especializados en e-learning.
12. Mejora continua en la calidad de programas de tecnologías de información.
13. La brecha digital.
14. Las tecnologías interactivas.
15. Las tecnologías inclusivas en la educación.
16. Otras áreas del conocimiento relacionadas.

### NATURALEZA DE LAS APORTACIONES

Se aceptarán trabajos bajo las siguientes modalidades:

1. Artículos producto de investigaciones inéditas y de alto nivel.
2. Reportes de proyectos relacionados con las temáticas de la revista.

### CARACTERÍSTICAS DE LA REVISIÓN

Los originales serán sometidos al siguiente proceso editorial:

- a) El equipo editorial revisará los trabajos para que cumplan con los criterios formales y temáticos de la revista. Aquellos escritos que no se adecúen a la temática de la revista y/o a las normas para autores no serán enviados a los evaluadores externos. En estos casos se notificará a los autores para que adapten su presentación a estos requisitos.

- b) Una vez establecido que los artículos cumplen con los requisitos temáticos y formales, serán enviados a dos (2) pares académicos externos de destacada trayectoria en el área temática de la revista, quienes dictaminarán:
- i. Publicar el artículo tal y como se presenta,
  - ii. Publicar el artículo siempre y cuando realicen las modificaciones sugeridas, y
  - iii. Rechazar el artículo.

En caso de discrepancia entre los dictámenes, se pedirá la opinión de un tercer par cuya decisión definirá el resultado. Así mismo, cuando se soliciten modificaciones, el autor tendrá un plazo determinado por el equipo editorial para realizarlas, quedando las mismas sujetas a revisión por parte de los pares que así las solicitaron.

c) El tiempo aproximado de evaluación de los artículos es de 30 días, a contar a partir de la fecha de confirmación de la recepción del mismo. Una vez finalizado el proceso de evaluación, el equipo editorial de la revista comunicará por correo electrónico la aceptación o no de los trabajos a los autores y le comunicará la fecha de publicación tentativa cuando corresponda.

d) Los resultados del proceso del dictamen académico serán inapelables en todos los casos.

### FRECUENCIA DE PUBLICACIÓN

Tecnología Educativa Revista CONAIC publicó dos números anuales y un número especial hasta diciembre 2015, a partir de 2016 se emiten tres números anuales, manteniendo una periodicidad cuatrimestral.

### ACCESO ABIERTO

Tecnología Educativa Revista CONAIC siempre ha brindado sus artículos a través de Internet sin ningún tipo de restricción. Por esta razón, no realiza cobro alguno por el envío de artículos ni por su publicación.

Tecnología Educativa Revista CONAIC se adhiere a la Iniciativa de Budapest para el Acceso Abierto a partir del 2014, por lo cual “permite a cualquier usuario leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o añadir un enlace al texto completo de artículos, rastrearlos para su indexación, incorporarlos como datos en un software, o utilizarlos para cualquier otro propósito que sea legal, sin barreras financieras, legales o técnicas, aparte de las que son inseparables del acceso mismo a la Internet” (<http://www.budapestopenaccessinitiative.org/translations/spanish-translation>).

Fortaleciendo la política de acceso abierto, Tecnología Educativa Revista CONAIC se publica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), la cual permite compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) y adaptar (remezclar, transformar y crear a partir del material), bajo la condición de que se den los créditos correspondientes y no se haga uso comercial de los materiales (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>).

### INDEXACIONES

Sistemas de Indexación:

- Google Académico
- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal – LATINDEX

Directorios:

- Directory of Open Access Journals - DOAJ
- Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico - REDIB

Identificadores:

- DOI – Crossref Content Registration