

Herramienta móvil para desarrollar habilidades de comunicación en infantes con trastorno de espectro autista

Mobile tool to develop skills of communication in children with autism spectrum disorder

Raul J. Guzman Condor ^{1,a}, Ana M. Huayna Dueñas ^{1,b}

¹ Universidad Nacional Mayor de Marcos. Lima, Perú

^a Autor de correspondencia: rguzman.161@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3905-923X>

^b E-mail: ahuaynad@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7726-8206>

Resumen

Los infantes con Trastorno de Espectro Autista (TEA) necesitan terapias y herramientas especiales para desarrollar sus habilidades. En muchos casos, éstos no están disponibles debido a factores socioeconómicos, Picture Exchange Communication System (PECS) es una de las herramientas más utilizadas debido a su facilidad de uso y buenos resultados. En este estudio se propone una metodología de desarrollo de aplicación móvil para interacción de infantes con TEA con seis fases, simultáneamente se ha creado una herramienta tecnológica llamada CMI una aplicación móvil para interacción de infantes con TEA que adopta todas las características del PECS tradicional y agregando nuevas funcionalidades. Para su implementación participaron 25 infantes de diversa gravedad que recibieron apoyo familiar durante más de un mes. Los resultados mostraron que hubo mejoras en más del 15% en la preparación de materiales, reducción de la complejidad en el uso e incremento en la calidad de esta herramienta en comparación a otras. De igual manera, hubo un aumento del 10% en el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación, al igual que una disminución de los costos económicos mayor al 28% debido a que la herramienta es gratuita y está disponible para las familias.

Palabras clave: Trastorno de Espectro Autista; PECS; Imágenes; Aplicación Móvil.

Abstract

Infants with Autism Spectrum Disorder (ASD) need special therapies and tools to develop their skills. In many cases, these are not available due to socioeconomic factors, Picture Exchange Communication System (PECS) is one of the most used tools due to its ease of use and good results. In this study we propose a methodology for developing a mobile application for interaction of infants with ASD with six phases, simultaneously we have created a technological tool called CMI, a mobile application for interaction of infants with ASD that adopts all the features of the traditional PECS and adding new functionalities. Twenty-five infants of varying severity participated in its implementation and received family support for more than a month. The results showed that there was an improvement of more than 15% in the preparation of materials, a reduction in the complexity of use and an increase in the quality of this tool compared to others. Likewise, there was a 10% increase in the development of social and communication skills, as well as a decrease in economic costs of more than 28% due to the fact that the tool is free and available to families.

Keywords: Autism Spectrum Disorder; PECS; Pictures; Mobile Application.

Recibido: 14/08/2022 - Aceptado: 30/08/2022 - Publicado: 28/11/2022

Citar como:

Guzman, R. & Huayna, A. (2022) Herramienta móvil para desarrollar habilidades de comunicación en infantes con trastorno de espectro autista. Revista Peruana de Computación y Sistemas, 4(1):37-50. <https://doi.org/10.15381/rpcs.v4i1.24126>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Computación y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

1. Introducción

El TEA es clasificado como parte de los trastornos del neurodesarrollo que tiene como característica el déficit de persistir en la comunicación social, interacción de relaciones sociales recíprocas y patrones repetitivos y restringidos [1].

Según [2] uno de cada 160 niños es afectado por TEA y el nivel de prevalencia (Ver Fig. 1) está en aumento [3]. El Centro para el Control e Intervención de Enfermedades (CDC) reporta que el 40% de los TEA son no-verbales y el 30% emite algunas palabras entre sus primeros años, pero luego deja de hacerlo[4].

Los datos reportados por la OMS indican que los factores ambientales y genéticos son los más probables. Sin embargo, una detección temprana permite desarrollar un plan terapéutico que ayudará a desarrollar habilidades en los infantes con TEA [5].

Por parte de Europa de cada 10 mil infantes, 60 de ellos padecen de TEA [6] y solo el 32% de los estados miembros de la Unión Europea realizan investigaciones sobre su detección [7]. Por otra parte, el 35% de las familias informan que el acceso a los servicios no está disponible y el 30% reporta la falta de acceso y exclusión por parte de las instituciones educativas [8].

En Asia, según [9] existe una prevalencia del 0.36% y es mayor en el Oeste Asiático (0.51%) en comparación con el Este (0.35%) y Sur (0.31%) asiático. Además, las familias indican a la preocupación financiera y la falta de apoyo social como principales problemas en el cuidado de los infantes [10].

En América, según [11] se reporta 6 millones de infantes con TEA y entre las muchas dificultades que las familias enfrentan, un 50.2% declararon la demora en las atenciones que reciben ellos por parte de sus gobiernos, un 26.1% la falta de servicios especializados y un

35.2% el costo elevado de los tratamientos. Asimismo, la CDC tiene entre sus objetivos principales encontrar la prevalencia del TEA y entender las condiciones actuales de las familias [4].

En el Perú, conforme al Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CO-NADIS) registró al 31 de agosto del 2018 un total de 4 mil 528 (2.06 % del total) personas con TEA. Estos datos vienen en aumento desde los últimos años (Ver Fig. 2) y se observa una mayor concentración en el género masculino [12].

Los datos mencionados anteriormente son los antecedentes del Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista, el cual contiene una serie de acciones sectoriales en materia de inclusión social, salud, educación e investigación científica, con la finalidad que las personas con TEA ejerzan sus derechos políticos, sociales, económicos y culturales [13].

Según estos hechos mencionados, se puede observar que los infantes con TEA requieren de terapias especiales que desarrollen sus habilidades sociales y comunicativas con el apoyo de sus familias. En consecuencia, resulta necesario tener herramientas que permitan desarrollar estas habilidades, de bajo costo y fácil uso.

Actualmente, existen muchas herramientas, pero muchos de ellos tienen precios altos, son muy complejos de utilizar y otros no tienen todas las funcionalidades que se necesitan. Es por ello, que la presente investigación desarrolla una metodología de desarrollo para una herramienta tecnológica CMI, la cual usa un PECS en un dispositivo móvil, que es fácil de usar, es gratuito y sirve de apoyo a las familias para complementar las terapias en un entorno ergonómico.

En esta investigación se propone una metodología de desarrollo de aplicación móvil para interacción



Fig 1. Prevalencia de TEA a nivel mundial [3]

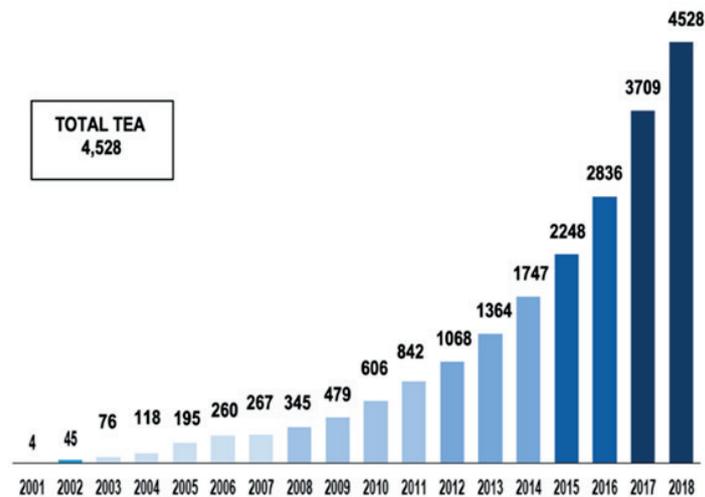


Fig 2. Inscripciones de personas con TEA al 31 de agosto del 2018 [12]

de infantes con TEA como caso se creó una herramienta tecnológica llamada CMI, que adopta todas las características del PECS tradicional y agregando nuevas funcionalidades para su interacción.

2. Revisión de la literatura

En el año 2013, la Undécima Conferencia LAC-CEI [14] presentó una investigación acerca del uso de principios de sinestesia y un Interfaz Cerebro Computador (ICC) que utiliza Electroencefalogramas (EEG) para proveer una interfaz avanzada que permita desarrollar estrategias para mejorar la condición de vida de las personas con TEA y disminuir las deficiencias cognitivas y motoras.

En el 2016, se presentaron dos casos de estudio. Una de ellas publicada en la revista ELSEVIER [15] acerca de la construcción de un libro de cuentos que utiliza realidad aumentada (AR) basado en modelado de video (VM) de tipo básico para desarrollar y atraer la atención de los infantes con TEA hacia señales sociales no verbales. Por otro lado, la revista CrossMark publicó un estudio [16] para enseñar operaciones matemáticas básicas a los infantes con TEA utilizando VM y una estrategia llamada Concreto – Representacional – Abstracto (CRA) que enseña el significado de conceptos de manera progresiva.

En el 2017 se presentó una investigación [17] que implementó un Sistema de Comunicación Alternativa Aumentativa (SAAC) en dispositivos móviles con el objetivo de servir como dispositivos generadores de voz que permitan manifestar solicitudes por parte de los infantes con TEA.

En el 2018, nuevamente se presentaron dos casos de estudio. El primero por parte de Gardner y Wolfe [18] donde se enseñaron actividades de la vida diaria como lavar platos a un grupo de infantes con TEA mediante el uso de VM de tipo secuencial y orientación

graduada y se caracterizó por proporcionar asistencia física en un inicio y luego disminuir ésta conforme el infante aprendió mediante las instrucciones del video. Mientras tanto, en España se presentó una investigación [19] en referencia al uso de técnicas de procesamiento de lenguaje (NLP) implementadas en dispositivos móviles con la ayuda de un SAAC, el cual ayudó en la selección y construcción de oraciones que permitieron la expresión de emociones o acciones mediante éste.

En el 2019, se presentaron 3 investigaciones. Una de ellas, publicada en la revista CrossMark [20] en referencia al uso de agentes tecnológicos y robots semihumanoides como entidades de intervención para mejorar la orientación social de los infantes con TEA. Por otro lado, Margherita y Constantine [21] propusieron el desarrollo de tecnología de asistencia (AT) enfocada en la comunicación vocal con un desarrollo centrado en el usuario, el cual permitió crear un entorno ergonómico para el desarrollo de actividades. Asimismo, [22] evaluó el uso de instrumentos que implementan realidad virtual (VR) en aulas de clase para simular un entorno social ergonómico para luego realizar las mismas actividades en un ambiente real.

En el 2020, [23] investigó el diseño, implementación y evaluación de juegos serios que se enfocan en conceptos de programación secuencial para enseñar habilidades de resolución de problemas a los infantes con TEA.

2.1. Sistemas comerciales

En la actualidad, se tienen sistemas comerciales que implementan alguna de las técnicas mencionadas anteriormente. Tal es el caso de Livox [24], una aplicación móvil que implementa Inteligencia Artificial (IA) en un SAAC que permite proveer de una voz para comunicarse a personas con discapacidad mediante el uso de un tablero digital que permite ser configurada con colores, tamaños, imágenes, sensores y cualquier otra característica

que permita al usuario comunicarse. Asimismo, Emotiv Epos [25] es un EEG portable con catorce canales que permite cubrir todos los lóbulos para mayor medición e interpretación de señales cerebrales para transformarlos en acciones o solicitudes que puede ser entendida por un dispositivo móvil. De la misma forma, PECS IV+ [26] es un SAAC que implementa PECS en una Tablet que permite crear y modificar pictogramas por niveles que luego serán transformadas en sonidos que serán emitidos por la aplicación.

2.2. Herramientas para el desarrollo de un SAAC

Existen muchas herramientas que permiten desarrollar y agregar nuevas funcionalidades a un SAAC. Entre éstos se encuentran las librerías de NLP tales como Natural Language Toolkit, Stanford CoreNLP Toolset, Apache OpenNLP, entre otros que ayudan a predecir palabras u oraciones, evaluar el nivel de sentimiento, clasificación y otras funcionalidades útiles para los infantes con TEA.

Asimismo, el uso y aplicación de ICC ayuda a omitir las deficiencias físicas agregando un nivel de respuesta mediante la lectura de ondas, entre alguna de las empresas que utilizan EEG para desarrollar aplicaciones se puede mencionar a NeuroScan, EGI, Emotiv, entre otros. De la misma forma, AT ayuda a omitir condiciones físicas muy graves mediante el uso de herramientas adaptadas al usuario que le permiten comunicarse, el

ejemplo más resaltante es por parte de los ingenieros de Intel que desarrollaron la silla tecnológica que permitía a Stephen Hawking comunicarse.

3. Metodología

Debido a que existen muchas opciones que permiten crear herramientas para los infantes con TEA se realizó un Benchmark (Ver Tabla 2) entre las técnicas mencionadas en la revisión de la literatura. Por tal motivo, se plantearon 7 criterios (Ver Tabla 1) que respaldaron el uso de un SAAC de tipo PECS, el cual mostró buenos resultados y permitió mediante el uso de pictogramas crear palabras u oraciones que permiten comunicarse al infante. Para establecer los criterios, se tomó en cuenta lo siguiente:

- **Nivel de independencia:** Según [14, 18, 20, 21] mediante el uso de EEG, VM de tipo secuencial, Agentes Tecnológicos y AT respectivamente propusieron como parte de sus objetivos el permitir al infante con TEA obtener el mayor nivel de independencia posible que permite su condición.
- **Desarrollo Cognitivo:** Según [16, 17] con el uso de VM de tipo básico para enseñar operaciones matemáticas y SAAC para emitir sonidos de palabras u oraciones respectivamente, se plantearon desarrollar el nivel cognitivo del infante con TEA para que pueda aprender y desarrollar éste.

Tabla 1. Código, descripción y puntaje de cada criterio

Código	Criterio	Descripción	Puntaje
A	Nivel de Independencia	La técnica permite obtener una independencia parcial con ayuda para tareas difíciles o específicas.	2
		Se requiere de otras personas para utilizar esta técnica.	1
B	Desarrollo Cognitivo	La técnica presenta funcionalidades limitadas que dificultan el aprendizaje.	1
		La técnica presenta funcionalidades que le permiten aprender ergonómicamente en el entorno de cada infante.	2
C	Nivel de adquisición	La herramienta que implementa la técnica no requiere un costo excesivo.	3
		La herramienta que implementa la técnica requiere un costo económico inicial o se requiere enviar alguna solicitud hacia alguna entidad.	2
		La herramienta que implementa la técnica requiere un gasto económico que impacta a la familia.	1
D	Nivel de Acondicionamiento	El uso de la técnica en herramientas tecnológicas es ergonómico.	2
		La herramienta que implementa la técnica requiere de componentes externos.	1
E	Nivel de Comunicación	La técnica contiene componentes ergonómicos que el infante puede utilizar para comunicarse.	3
		La técnica requiere de procedimiento específicos para que el infante pueda comunicarse.	2
		La técnica solo se utiliza para procesos específicos como medir el nivel de atención o servir de complemento a otras técnicas.	1
F	Complejidad	La técnica requiere una herramienta tecnológica con alta capacidad de procesamiento computacional.	1
		La implementación de la técnica en una herramienta tecnológica requiere el uso de herramientas externas o complementarias.	2
		La técnica permite su implementación en herramientas tecnológicas simples y no requieren de accesorios complementarios.	3
G	Nivel de configuración	La técnica permite configuraciones únicas. Se requiere pasos únicos para su implementación en una herramienta tecnológica.	1
		La técnica permite configuraciones adicionales, pero se necesita accesorios externos o complementarios.	2
		La técnica permite implementar muchas configuraciones en una herramienta tecnológica con la finalidad de proveer un entorno ergonómico y similar al contexto del infante con TEA.	3

Tabla 2. Benchmarking de las Técnicas vs Criterios

		TÉCNICAS									
		SINESTESIA	VR	AR	VM	CRA	SAAC PECS	UCD	JUEGOS SERIOS	AT	NLP
C R I T E R I O S	A	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
	B	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
	C	2	1	1	3	2	3	1	2	1	2
	D	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	E	2	3	3	1	2	3	2	2	3	3
	F	1	1	1	3	2	2	1	2	1	1
	G	2	3	3	1	2	3	2	2	3	3
	Total	11	12	13	12	12	17	11	13	12	15

- **Nivel de Acondicionamiento:** Según [15, 22], en sus investigaciones propusieron el uso de AR y VR respectivamente, para proveer un ambiente innovador a los infantes con TEA. Pero también se encontró que el uso de estas herramientas en muchas ocasiones es incómodo para los infantes debido a su complejidad como el uso de un casco o lentes especiales.
- **Nivel de Comunicación:** Por parte de [17, 19] que plantearon el uso de un SAAC y técnicas de NLP respectivamente para desarrollar la habilidad comunicativa como el habla o mediante signos verbales y no verbales.
- Se ha visto la necesidad de agregar los siguientes criterios debido al comportamiento, el público objetivo y hechos registrados que se revisaron en la literatura.
- **Nivel de adquisición:** Muchas familias con al menos un infante con TEA no pueden obtener las herramientas tecnológicas debido a su alto costo.
- **Complejidad:** Muchas de las técnicas requieren herramientas y procedimientos complejos para ser implementadas como es el caso de AR y VR.
- **Nivel de Configuración:** Debido a que cada infante con TEA es un caso particular, una de las características que casi todas las herramientas proveen es la capacidad de adaptarse al usuario, por ello el Nivel de configuración permite evaluar que tan adaptable es una herramienta o técnica.

Luego se procedió a crear puntajes desde el uno hasta tres para cada técnica obteniéndose la tabla de comparación (ver Tabla 2). Basados en las funcionalidades y resultados registrados para cada técnica en la revisión de la literatura se asignaron un puntaje para cada criterio. Asimismo, se consideró como se comportaría la técnica con el público y el ambiente en el cual se desarrolló esta investigación.

Luego de evaluar los criterios y asignarle un puntaje, se observó que las técnicas de AR, Juego Serios y NLP con puntajes similares, pero SAAC – PECS obtuvo el mejor puntaje a causa de obtener los más altos en los criterios de Nivel de adquisición, Comunicación y Configuración. Esto se debe a que la herramienta a desarrollar es gratuita, contiene componentes visuales y funcionalidades que permiten desarrollar habilidades comunicativas y se puede agregar configuraciones que se adaptan al contexto de cada infante para apoyar al aprendizaje.

El SAAC se define como un instrumento de apoyo para personas con dificultades en la comunicación o lenguaje que tiene como objetivo la enseñanza por medio de ayudas visuales de signos no vocales que representan mecanismos de comunicación por si solos o en conjunto con código vocales o no vocales [27]. Existen varios tipos de SAAC, uno de ellos es PECS, el cual fue creado por Andrew Bondy y Lori Frost en 1985 y se basa en el libro de Skinner titulado “Conducta Verbal” y un amplio espectro de observación en la conducta. Éste consiste en el intercambio de imágenes entre una persona, sin o con poco lenguaje y un receptor comunicativo, que puede ser entendido como un familiar, terapeuta o persona externa en el contexto de esta investigación. De esta manera, se promueve la comunicación utilizando estrategias específicas de ayuda o reforzadores. PECS tiene como objetivo transmitir una necesidad de personas con autismo hacia los terapeutas o personas encargadas del cuidado de ellos [28].

Debido al puntaje obtenido, se decidió construir una aplicación móvil de nombre CMI para el Sistema Operativo Android que implementa un SAAC – PECS para que los infantes puedan utilizarlo con la ayuda de sus familiares. Para este propósito, se desarrolló una Metodología propuesta de Desarrollo de la aplicación móvil, donde se definió 7 fases (Ver Figura 3)

3.1. Fase I: Definir preguntas de Investigación

Las preguntas de investigación (PI) nos ayudaron a encaminar el estudio y se basaron en la facilidad de uso, desarrollo de habilidades sociales y comunicativas

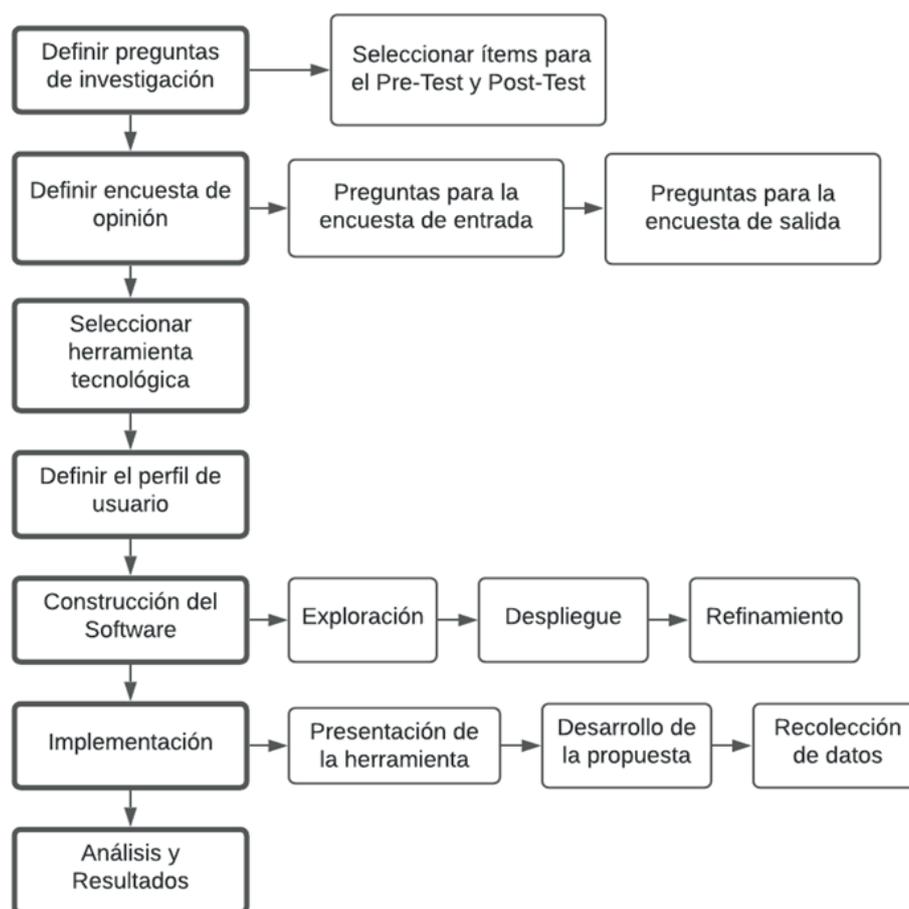


Fig 3. Representación gráfica de la metodología propuesta

y el costo económico. Siguen con un formato Likert en una escala desde el 1 al 10. Además, cada PI contiene variables que permitieron obtener su respuesta mediante la evaluación de dos Pruebas. El primero antes de la intervención (Pre – Test) y el segundo, luego de la intervención (Post -Test).

- [PI-1]: ¿CMI puede reducir la complejidad de preparar y utilizar materiales para el desarrollo de actividades que complementan las terapias de un infante con TEA?
- [PI-2]: ¿Se observa un desarrollo de habilidades sociales y comunicativas por parte del infante con TEA cuando utiliza CMI?
- [PI-3]: ¿Existe un beneficio económico en adquirir CMI para apoyar a un infante con TEA?

En la Tabla 3 se observa cada PI, sus variables y detalles que están con una palabra clave denominado [Herramienta] que es reemplazada por “Herramienta actual” en el Pre – Test y “CMI” en el Post – Test.

3.2. Fase II: Definir encuesta de opinión

Para obtener información sobre la adopción de CMI en las familias, se desarrollaron dos encuestas de

opinión que permitió obtener datos de la situación actual de las familias antes de la intervención y luego de ella. En la Tabla 4 y Tabla 5, se puede observar algunas de las preguntas de entrada y salida respectivamente.

3.3. Fase III: Seleccionar herramientas tecnológicas

En la mayoría de los estudios mencionados, la herramienta utilizada fue una Tablet porque ofrecía una pantalla más grande que el celular, expandiendo su uso hacia elementos de mayor tamaño. Sin embargo, tomando el contexto de las familias, se conoce que la adquisición de una Tablet puede ser costosa, por tal motivo, la herramienta que se construyó y sus funcionalidades se pueden utilizar tanto en un celular o en una Tablet, sin ninguna distinción.

3.4. Fase IV: Perfil de usuario

Los usuarios de CMI debieron cumplir con los siguientes criterios de inclusión:

- Ser diagnosticado con TEA según un especialista
- Tener una edad mayor a cinco años

Tabla 3. Preguntas de Investigación, sus variables y descripciones

PI	Variable	Descripción
[PI – 1]	Preparación	¿Cuánto tiempo le toma preparar todo el material necesario utilizando [herramienta] para apoyar a su familiar con TEA? Siendo 1 el menor tiempo y 10 el mayor tiempo.
	Complejidad	¿Qué tan costoso es mantener y reutilizar los materiales creados utilizando [herramienta] para su uso a largo plazo? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como el mayor costo
	Calificación	Si tuviera que otorgarle un puntaje de calificación entre el 1 al 10 a [herramienta] ¿Cuánto le otorgaría? Siendo 1 el puntaje más bajo y 10 el mayor puntaje.
[PI – 2]	Habilidad Comunicativa	Califique del 1 al 10 el desarrollo de habilidades comunicativas que usted observa al momento de utilizar [herramienta]. Considerando a 1 como menor desarrollo de habilidades comunicativas y 10 como mayor desarrollo de habilidades comunicativas
	Habilidad Social	Califique del 1 al 10 el desarrollo de habilidades sociales que usted observa al momento de utilizar [herramienta]. Considerando a 1 como menor desarrollo de habilidades sociales y 10 como mayor desarrollo de habilidades sociales
[PI – 3]	Costo de Adquisición	¿Qué tan costoso es adquirir [herramienta] para desarrollar sus actividades? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como mayor costo
	Costo de Mantenimiento	¿Qué tan costoso es mantener y reutilizar los materiales creados utilizando [herramienta] para su uso a largo plazo? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como el mayor costo

Tabla 4. Preguntas de Entrada (PE) para la encuesta de opinión

Código	Descripción
PE - 1	¿Cuáles son los apoyos que usted le brinda a su familiar con TEA?
PE – 2	¿Qué materiales utiliza para apoyar las terapias de su familiar con TEA en el hogar o en algún otro ambiente?
PE – 3	¿Conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA?
PE – 4	Si usted conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA ¿Estaría dispuesto a obtenerla? ¿Por qué?

Tabla 5. Preguntas de Salida (PS) para la encuesta de opinión

Código	Descripción
PS - 1	¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas como CMI o alguna otra ayuda en el desarrollo de habilidades en los infantes con TEA?
PS – 2	¿Cuáles son las características que usted observa cuando obtiene un producto como CMI que ayuda a desarrollar habilidades en un infante con TEA?
PS – 3	Luego de conocer CMI o alguna otra herramienta tecnológica ¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas debería realizarse con supervisión de un adulto?
PS – 4	Desde su perspectiva ¿Cuáles son los puntos positivos que ofrece CMI?

- No tener ninguna comorbilidad diagnosticada que le impida utilizar herramientas tecnológicas como una Tablet o un celular.

Para el desarrollo de esta investigación, participaron 25 infantes con TEA con edades entre 5 y 25 años diagnosticados con autismo de diferente nivel de gravedad, así como baja o casi nula habilidad verbal. En la Tabla 6 se presenta el detalle de los participantes.

3.5. Fase V: Construcción de software

Se entrevistó a un grupo de 25 familias que tienen un infante con TEA. De ellos, se identificó que existe una gran diversidad de edades entre los infantes que participaron y la mayoría de ellos se encuentra con un nivel de diagnóstico de tipo moderado (Ver Figura 4)

Luego, basado en la literatura revisada y los componentes visuales que ofrece PECS en su versión tradicional se procedió a definir funcionalidades complementarias que agregaron valor al aprendizaje mediante la herramienta.

En la Figura 5 se presenta el diagrama de flujo de la aplicación, donde el componente llamado inicio presenta el logo de CMI que permite navegar entre las configuraciones y el flujo principal (Categorías, Pictogramas y Tirafrase).

En la configuración se puede elegir entre los pictogramas y las categorías, es importante mencionar que una categoría contiene muchos pictogramas y cada pictograma pertenece a una categoría. Al ingresar hacia alguna de estas opciones, permitirá al usuario elegir entre seleccionar, agregar, editar o eliminar, siendo esta última solo habilitada para pictogramas o categorías que se agregaron más no los que ya vienen por defecto, este comportamiento fue evaluado y aprobado por una especialista en TEA. Por otro lado, en el flujo principal, se deberá escoger la categoría, luego el pictograma que pertenece a la categoría previamente elegida y, por último, se abrirá el componente llamado Tirafrase que permite emitir y repetir el sonido a demanda mediante el ícono del megáfono de la oración o frase que se ha construido. Adicionalmente, todo el funcionamiento no requiere de conexión a internet y toda operación de

Tabla 6. Datos de los participantes para CMI

Apoderado	Género del infante	Edad del infante	Nivel de diagnóstico
A1	Femenino	14 años	Leve
A2	Masculino	8 años	Moderado
A3	Masculino	9 años	Otro
A4	Masculino	5 años	Severo
A5	Masculino	10 años	Moderado
A6	Masculino	13 años	Leve
A7	Femenino	21 años	Leve
A8	Masculino	7 años	Moderado
A9	Femenino	11 años	Moderado
A10	Masculino	7 años	Moderado
A11	Masculino	17 años	Leve
A12	Masculino	15 años	Moderado
A13	Femenino	14 años	Leve
A14	Masculino	15 años	Leve
A15	Masculino	7 años	Otro
A16	Masculino	10 años	Moderado
A17	Masculino	9 años	Moderado
A18	Masculino	6 años	Severo
A19	Masculino	12 años	Moderado
A20	Femenino	11 años	Moderado
A21	Masculino	10 años	Leve
A22	Femenino	13 años	Otro
A23	Masculino	13 años	Moderado
A24	Masculino	8 años	Otro
A25	Masculino	16 años	Moderado



Fig 4. Proporción de infantes con TEA según nivel de diagnóstico

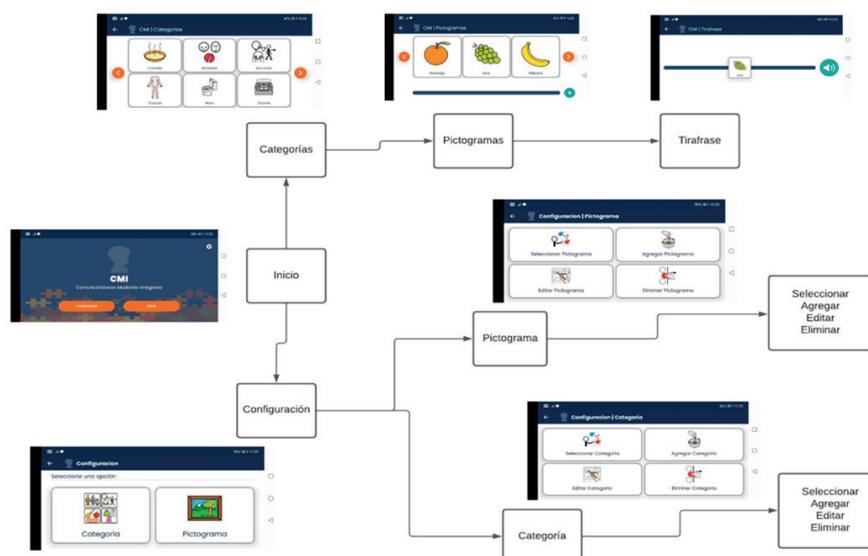


Fig 5. Diagrama de Flujo de CMI

configuración se hace mediante una base de datos en el dispositivo móvil.

Por otro lado, con respecto al flujo principal se tiene la pantalla inicial que permite navegar hacia el flujo principal mediante la opción “Comenzar” (ver Figura 6)

Asimismo, se cuenta con un componente llamado “categorías” que agrupa imágenes con respecto a un atributo común (Ver Figura 7). Esto permite al infante ubicar una imagen más rápido y asociarle una categoría.

Luego de seleccionar una categoría, se muestra una Tirafrase en la cual se pueden agregar imágenes y tiene una estructura definida para evitar posibles errores en el orden de las imágenes. Además, se puede cambiar de categoría y si anteriormente se eligió algunas imágenes,

éstas persisten o se actualizan hasta el final del proceso (Ver Figura 8)

Además, luego de presionar el botón Play ubicado en la esquina derecha inferior, CMI abrirá un nuevo componente donde solo se visualiza las imágenes seleccionadas y procederá a emitir el sonido que corresponde a ellas. Asimismo, en la parte derecha se presenta un megáfono que permite repetir el sonido a demanda (Ver Figura 9).

3.6. Fase VI: Implementación

Antes de presentar CMI a los apoderados de los infantes con TEA, se procedió a realizar el Pre-Test que permitió recolectar los datos y la percepción sobre el uso de las herramientas actuales. Luego se procedió a expli-



Fig 6. Componente de inicio de CMI



Fig 7. Componente Visual de Categorías de CMI

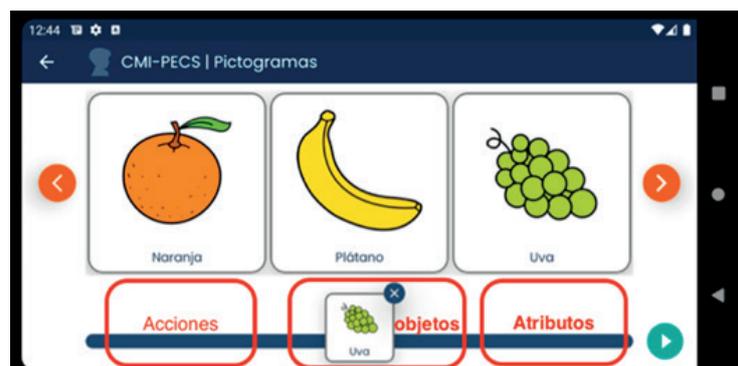


Fig 8. Componente Visual de Selección de Imágenes de CMI



Fig 9. Componente Visual de Tirafrase de CMI

car los fundamentos en la cual se basa la herramienta, se describió las características del software, el modo de uso, las configuraciones disponibles, los flujos principales y alternativos que se pueden presentar como parte del uso de la herramienta.

La aplicación se distribuyó mediante Play Store de manera gratuita a las familias con la ayuda de una guía publicada en el sitio web YouTube [29]. Para su uso, se solicitó a la familia que presenten la herramienta a su familiar con TEA, que creen las condiciones necesarias y de ser posible la supervisión de un especialista que pueda observar y ayudar en el desarrollo del uso de la herramienta. Al mismo tiempo, se recomendó su uso entre tres a seis veces por semana y reportar algún inconveniente o mejora que pueden encontrar.

Luego de un periodo de tiempo no menor a un mes, se realizó el Post-Test que permitió en recolectar los datos después de la implementación de CMI.

4. Resultados

Para evaluar las mismas variables en dos instancias de tiempos diferentes (Pre – Test y Post – Test) se utilizó la Prueba T de Student para muestras relacionadas dado que se ajusta a la naturaleza del caso de estudio.

Como primer paso para realizar esta prueba, se necesitó verificar si los datos tienen un comportamiento normal. Para este propósito se utilizó la Prueba de Shapiro – Wilk debido a que la muestra es de 25 participantes. Asimismo, en esta prueba se definió el porcentaje de error de aceptación el cual se conoce como el valor α y cuyo valor es del 5%.

Como se puede observar en la Tabla 7, todas las variables tienen datos con comportamiento normal. El siguiente paso es verificar el valor p que se obtiene al ejecutar la Prueba T de Student para muestras relacionadas, para ello se evaluó que el valor p (0.000) $<$ α (0.05). Para este propósito se utilizó SPSS 26 y se comprobó que todas las variables cumplieron con la condición anterior. Finalmente, el siguiente paso es obtener el promedio de cada variable y evaluar las diferencias significativas entre el Pre – Test y Post - Test.

Para la PI – 1, se obtuvo que la variable **Preparación** con una reducción en los promedios desde 6.20 a 4.08, lo que indica que esta variable se redujo en un **34.20%**. Con respecto a la **Complejidad** se presentó una reducción en los promedios desde 5.96 a 4.84, lo que indica que esta variable se redujo en un **18.79%** y para **Calificación** se visualizó un incremento en los promedios desde 4.32 a 5.96, lo que indica que esta variable se incrementó en un **37.96%** luego de la implementación (Ver figura 10).

Respuesta para la [PI – 1]: Los datos demostraron que CMI redujo el tiempo que lleva preparar materiales para realizar actividades, tuvo una menor complejidad de uso y obtuvo una mejor calificación que las herramientas actuales de uso de las familias.

En relación con la PI-2, el **Desarrollo de Habilidades Comunicativas** se observó un incremento en los promedios desde 4.52 a 5.28, lo que indica que esta variable se incrementó en un **16.80%** y para el **Desarrollo de Habilidades Sociales** se presentó un incremento en los promedios desde 4.68 a 5.24, lo que indica que esta variable se incrementó en un **11.96%** luego de la implementación (Ver Figura 11).

Respuesta para la [PI – 2]: La herramienta CMI ayudó a mejorar las habilidades sociales y comunicativas de los infantes con TEA.

Con respecto a la PI – 3, la variable **Costo** reveló una reducción en los promedios desde 6.28 a 4.4, lo que indica que esta variable se redujo en un **29.93%** y el **Mantenimiento** presentó una reducción en los promedios desde 6.28 a 3.68, lo que indica que esta variable se redujo en un **41.40%** luego de la implementación (Ver figura 12). Esto demostró que la herramienta ayudó a mejorar las habilidades sociales y comunicativas de los infantes.

Respuesta a la [PI – 3]: Las familias son beneficiadas económicamente cuando adquirieron la herramienta debido a que pueden obtenerla de manera gratuita a través de las plataformas de descarga en una Tablet o Celular y obtuvieron una gran ventaja en el mantenimiento de los materiales que van creando con el tiempo debido a que todo es almacenado digitalmente en los dispositivos móviles.

Tabla 7. Resumen de preguntas de Investigación, sus ítems y resultados

PREGUNTA	VARIABLES	Test de Normalidad (Sig)		Evaluación $\alpha = 0.05$
		PRE-TEST	POST-TEST	
PI-1	Preparación	0.066	0.070	(0.066, 0.070) > α
	Complejidad	0.191	0.150	(0.191, 0.150) > α
	Calificación	0.410	0.064	(0.410, 0.64) >
PI-2	Habilidad Social	0.199	0.180	(0.199, 0.180) > α
	Habilidad Comunicativa	0.335	0.199	(0.335, 0.199) > α
PI-3	Costo de Adquisición	0.144	0.131	(0.144, 0.131) > α
	Costo de Mantenimiento	0.096	0.149	(0.096, 0.149) > α

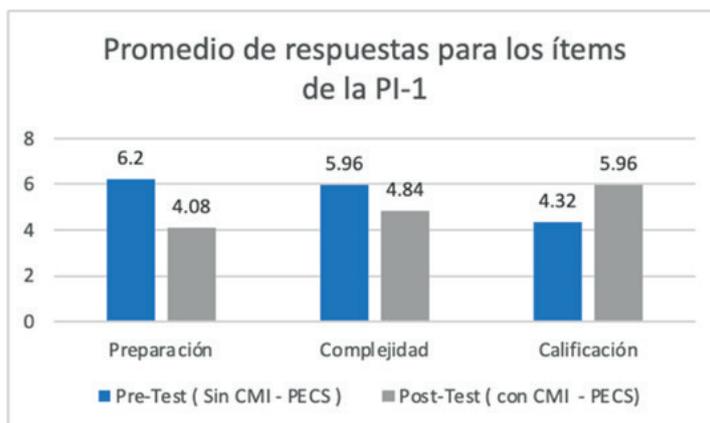


Fig 10. Promedio de respuestas en el Pre – Test y Post – Test para la PI – 1

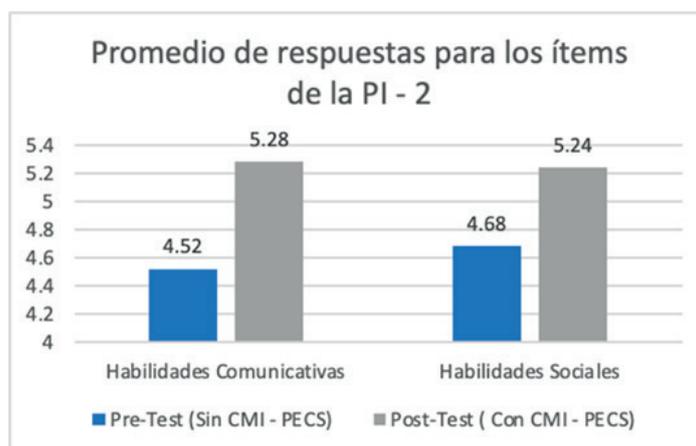


Fig 11. Promedio de respuestas en el Pre – Test y Post – Test para la PI – 2

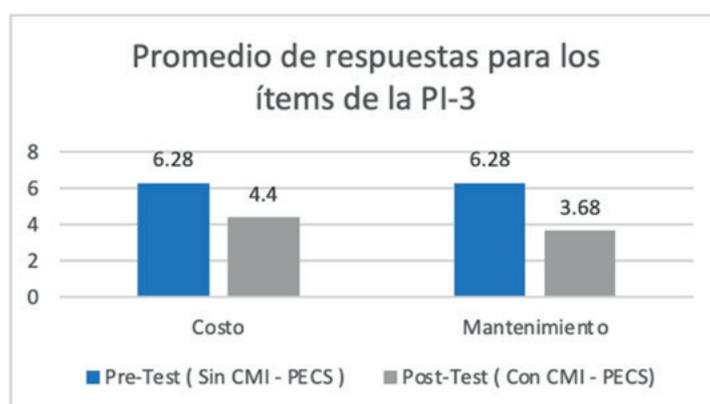


Fig 12. Promedio de respuestas en el Pre – Test y Post – Test para la PI – 3

Como se ha podido observar, CMI obtuvo muchas ventajas desde el apoyo económico en las familias hasta el desarrollo de habilidades para los infantes con TEA. Actualmente es una de las herramientas más utilizadas debido a su simplicidad y a la gran cantidad de funcionalidades que se puede agregar cuando se implementa en una herramienta tecnológica.

5. Discusión

Los resultados obtenidos al implementar un SAAC de tipo PECS en un dispositivo móvil evidenciaron mejoras de habilidades comunicativas en los infantes con TEA. Tal es el ejemplo de la aplicación Yuudee en China [17] que demostró su utilidad reportando que de un grupo de 10 infantes al menos el 50% pudo realizar solicitudes mediante la herramienta. De manera similar, en nuestra investigación logramos que CMI fuese utilizado para desarrollar habilidades comunicativas, logrando un 16.80% en este aspecto donde además de realizar solicitudes, permitió tener más funcionalidades como agregar características a los objetos y formar oraciones simples.

Asimismo, se evidenció que los SAAC digitales ayudan a las familias a reducir el trabajo de crear materiales y pictogramas para las terapias, tal es el caso de iCAN [30] que reportó una reducción del 70% en la preparación del contenido, ayudando de esta manera a los cuidadores y motivando a los infantes a comunicarse. En nuestra investigación logramos que CMI obtuviera un 34.20% específicamente enfocado en ayudar a los familiares en la preparación del contenido más no en la búsqueda de pictogramas, pero como alternativa se agregaron configuraciones como seleccionar y eliminar a demanda que permitieron la ubicación rápida de pictogramas y categorías, en consecuencia, se observó una reducción en la complejidad del 18.79% a comparación de las herramientas tradicionales.

Por otro lado, según [31, 32] que agregaron herramientas y técnicas de AR a un SAAC evidenciaron resultados positivos para los infantes con TEA debido a la atención que generó en los infantes el uso de éstos dispositivos. Por su parte, en [33] se utilizaron técnicas de NLP en un SAAC en el cual implementaron un Chat Bot que permitió aumentar la ergonomía del sistema. En cambio en nuestra investigación, CMI no consideró el uso de estas técnicas debido a que presentan la desventaja del costo de obtener instrumentos de AR, de esta manera se obtuvo una reducción de costos de casi el 30% en las familias. De la misma manera, NLP ofrece resultados positivos sobretodo cuando se delega el procesamiento a un componente remoto, en cambio en nuestra investigación CMI fue construido con la ventaja de funcionar en un entorno sin conexión a internet y que todo procesamiento se realice en un entorno local, por lo tanto no se incluyó éste. Además se puede observar que la técnica que está siempre presente es el SAAC debido a que ofrece la flexibilidad de agregar herramientas o técnicas externas que puedan ayudar a mejorar los resultados obtenidos y la experiencia de usuario.

Asimismo, en [34, 35] evaluaron la efectividad de PECS sin ninguna herramienta adicional, donde evidenciaron que éste apoya al componente verbal y no verbal, se obtuvieron resultados positivos en el habla espontánea, mejoras a largo plazo de habilidades socio – comunicativas, aparición de nuevas palabras y el aumento de funciones comunicativas. De manera similar, en nuestra investigación CMI evidenció un 11.96% en la mejora de las habilidades sociales en infantes con TEA principalmente porque una de sus ventajas de la herramienta es la interacción con receptores comunicativos (familiares, terapeutas o personas externas) que ayudan a crear un ambiente de comunicación ergonómica y que éste apoya en la interacción social mediante el uso de pictogramas con una gran nivel de configuración.

Finalmente, en [36] realizó estudios para evaluar los resultados obtenidos luego de implementar PECS en infantes con TEA, obteniendo un 43% en enseñar habilidades comunicativas como peticiones y [37] demostró que PECS provee una manera de comunicación eficiente y apoya al desarrollo de la comunicación simbólica. De manera similar, en nuestra investigación se obtuvo un 16.80% de habilidades comunicativas y el 11.96% de habilidades sociales; lo cual demuestra que PECS a través del tiempo ha dado buenos resultados y llevar esta técnica a un entorno tecnológico con el uso de dispositivos móviles permitió ofrecer más funcionalidades que enriquezcan la experiencia del usuario.

Existen diferentes aplicaciones y soluciones que ayudan a mitigar el trastorno del autismo; así como el desarrollo de un framework para dispositivos móviles basado en realidad aumentada (AR) [38] esta aplicación ha permitido tener un aumento del 86% en la comunicación y una atracción del 83% en lo que respecta a la herramienta; también para evaluar la mejora cognitiva emocional de las discapacidades mentales, propusieron un sistema para regular el comportamiento mediante el análisis de sus reacciones ante ejemplos de vida diaria [39]. En su propuesta analizaron las reacciones del rostro y sus voces que les permitió identificar los puntos débiles de cada infante y brindar recomendaciones; finalmente proponen un proceso de desarrollo tecnológico de la inteligencia emocional para terapia de recuperación en niños con autismo (TEA) [40].

En sus resultados evidenciaron que el uso de dispositivos tecnológicos como robots ayudan mucho a crear entornos recreativos y seguros para los infantes con TEA. Comparando con nuestra propuesta, una metodología para desarrollar una aplicación móvil para la interacción de infantes con TEA permite desarrollar otras aplicaciones del mismo entorno además aumenta el conocimiento en la ingeniería de software aplicadas en el sector salud.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Se propone una metodología de desarrollo de aplicación móvil de interacción de infantes con TEA, se presenta seis etapas hasta su implementación, se considera

nuevas funcionalidades que le permiten crear un entorno ergonómico de aprendizaje para el infante con TEA. Para la prueba se diseña una aplicación la cual demuestra una mejora en más del 15% en la preparación, complejidad y la puntuación de herramientas en comparación a otros sistemas, además, se observó un aumento del 10% en el desarrollo de habilidades sociales y comunicativas, lo cual es muy importante para la participación social y la expresión de ideas del infante con TEA, asimismo, se obtuvo un beneficio mayor al 28% para el costo económico de adquisición y mantenimiento frente a otras herramientas, debido a que la herramienta es gratuita y el mantenimiento está limitado por el espacio disponible de cada celular considerando que crear recursos conlleva un mínimo de espacio necesario. Como trabajos en futuro se puede utilizar algoritmos de inteligencia artificial para predecir ciertos comportamientos que apoyen a la mejor interacción de infantes con TEA.

7. Referencias

- [1] M. Elsabbagh, "Perspectives from the Common Ground," *Autism Research*, vol. 5, no. 3, pp. 153–155, May 2012, doi: 10.1002/aur.1237.
- [2] "CIE-11 - Estadísticas de morbilidad y mortalidad," *icd.who.int*. <https://icd.who.int/browse11/l-m/es#/http%3a%2f%2fid.who.int%2fid%2fentidy%2f437815624> (accessed Apr. 18, 2021).
- [3] S. Syed, K. A. Moore, and E. March, "A review of prevalence studies of Autism Spectrum Disorder by latitude and solar irradiance impact," *Medical Hypotheses*, vol. 109, pp. 19–24, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.mehy.2017.09.012.
- [4] "Signos y síntomas | Trastornos del espectro autista | NCBD-DD | CDC," *www.cdc.gov*, Jul. 01, 2020. <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/autism/signs.html>
- [5] "Trastornos del espectro autista," *www.who.int*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders> (accessed Jun. 07, 2020).
- [6] C. Barthélémy, J. Fuentes, P. Howlin, and R. Van Der Gaag, "PERSONAS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO IDENTIFICACIÓN, COMPRESIÓN, INTERVENCIÓN Un documento oficial de Autismo-Europa," 2017. [Online]. Available: https://www.autismeurope.org/wp-content/uploads/2019/11/People-with-Autism-Spectrum-Disorder.-Identification-Understanding-Intervention_Spanish-version.pdf
- [7] P. García-Primo *et al.*, "Screening for autism spectrum disorders: state of the art in Europe," *European Child & Adolescent Psychiatry*, vol. 23, no. 11, pp. 1005–1021, Jun. 2014, doi: 10.1007/s00787-014-0555-6.
- [8] A. M. Daniels, A. Como, S. Hergüner, K. Kostadinova, J. Stosic, and A. Shih, "Autism in Southeast Europe: A Survey of Caregivers of Children with Autism Spectrum Disorders," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 47, no. 8, pp. 2314–2325, May 2017, doi: 10.1007/s10803-017-3145-x.
- [9] S. Qiu *et al.*, "Prevalence of autism spectrum disorder in Asia: A systematic review and meta-analysis," *Psychiatry Research*, p. 112679, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.psychres.2019.112679.
- [10] K. Ilias, K. Cornish, A. S. Kummar, M. S.-A. Park, and K. J. Golden, "Parenting Stress and Resilience in Parents of Children With Autism Spectrum Disorder (ASD) in Southeast Asia: A Systematic Review," *Frontiers in Psychology*, vol. 9, Apr. 2018, doi: 10.3389/fpsyg.2018.00280.
- [11] C. S. Paula *et al.*, "Challenges, priorities, barriers to care, and stigma in families of people with autism: Similarities and differences among six Latin American countries," *Autism*, vol. 24, no. 8, pp. 2228–2242, Jul. 2020, doi: 10.1177/1362361320940073.
- [12] "Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista 2019-2021," *www.gob.pe*. <https://www.gob.pe/institucion/conadis/informes-publicaciones/265413-plan-nacional-para-las-personas-con-trastorno-del-espectro-autista-2019-2021> (accessed Apr. 29, 2022).
- [13] "Aprueban Plan Nacional para Personas con Trastorno del Espectro Autista," *www.gob.pe*. <https://www.gob.pe/institucion/mimp/noticias/24357-aprueban-plan-nacional-para-personas-con-trastorno-del-espectro-autista> (accessed Apr. 29, 2022).
- [14] L. Eleventh and Latin, "American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013) International Competition of Student Posters and Paper," 2013. Accessed: Apr. 29, 2022. [Online]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/StudentPapers/SP054.pdf>
- [15] C.-H. Chen, I.-Jui. Lee, and L.-Y. Lin, "Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions," *Computers in Human Behavior*, vol. 55, pp. 477–485, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.chb.2015.09.033.
- [16] G. Yakubova, E. M. Hughes, and M. Shinaberry, "Learning with Technology: Video Modeling with Concrete–Representational–Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 46, no. 7, pp. 2349–2362, Mar. 2016, doi: 10.1007/s10803-016-2768-7.
- [17] S. An *et al.*, "Development and evaluation of a speech-generating AAC mobile app for minimally verbal children with autism spectrum disorder in Mainland China," *Molecular Autism*, vol. 8, no. 1, Oct. 2017, doi: 10.1186/s13229-017-0165-5.
- [18] S. J. Gardner and P. S. Wolfe, "Results of a Video Prompting Intervention Package Impacting Dishwashing Skill Acquisition for Adolescents With Autism," *Journal of Special Education Technology*, vol. 34, no. 3, pp. 147–161, Sep. 2018, doi: 10.1177/0162643418802666.
- [19] S. García-Méndez, M. Fernández-Gavilanes, E. Costa-Montenegro, J. Juncal-Martínez, and F. J. González-Castaño, "Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish," *Proceedings of the 15th International Web for All Conference*, Apr. 2018, doi: 10.1145/3192714.3192837.
- [20] H. Kumazaki *et al.*, "Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 49, no. 4, pp. 1700–1708, Dec. 2018, doi: 10.1007/s10803-018-3841-1.
- [21] W. Abdallah, F. Vella, N. Vigouroux, A. Van den Bossche, and T. Val, "A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders," *Universal Access*

- in *Human-Computer Interaction. Multimodality and Assistive Environments*, pp. 3–12, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-23563-5_1.
- [22] N. Newbutt, R. Bradley, and I. Conley, "Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions," *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Sep. 2019, doi: 10.1089/cyber.2019.0206.
- [23] M. Elshahawy, K. Aboelnaga, and N. Sharaf, "CodaRoutine: A Serious Game for Introducing Sequential Programming Concepts to Children with Autism," *IEEE Xplore*, Apr. 01, 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125196> (accessed Apr. 29, 2022).
- [24] "Livox - Liberdade em voz alta," *livox.com.br*. <https://livox.com.br/en/about/> (accessed Apr. 29, 2022).
- [25] "EPOC+ - 14 Channel EEG," *EMOTIV*. <https://www.emotiv.com/epoc/> (accessed Apr. 29, 2022).
- [26] "Información y soporte de la aplicación PECS® IV+ -," *Pyramid Educational Consultants*. <https://www.pecs-spain.com/informacion-y-soporte-de-la-aplicacion-pecs-iv/> (accessed Apr. 29, 2022).
- [27] J. Tamarit, "Uso y abuso de los sistemas alternativos de comunicación," *Comunicación, Lenguaje y Educación*, vol. 1, no. 1, pp. 81–94, Jan. 1989, doi: 10.1080/02147033.1989.10820868.
- [28] A. Bondy and L. Frost, "The Picture Exchange Communication System," *Seminars in Speech and Language*, vol. 19, no. 04, pp. 373–389, 1998, doi: 10.1055/s-2008-1064055.
- [29] R. Guzman, "Comunicándonos Mediante Imágenes (CMI) - Link en el primer comentario!," *www.youtube.com*, May 06, 2021. https://www.youtube.com/watch?v=jFqzmWQx_yg&t=6s (accessed Apr. 29, 2022).
- [30] M.-E. Chien *et al.*, "iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 73, pp. 79–90, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.ijhcs.2014.06.001.
- [31] G. Lorenzo, M. Gómez-Puerta, G. Arráez-Vera, and A. Lorenzo-Lledó, "Preliminary study of augmented reality as an instrument for improvement of social skills in children with autism spectrum disorder," *Education and Information Technologies*, vol. 24, no. 1, pp. 181–204, Jul. 2018, doi: 10.1007/s10639-018-9768-5.
- [32] Taryadi, "Multimedia augmented reality with picture exchange communication system for autism spectrum disorder.," *Researchgate*, Sep. 2016. https://www.researchgate.net/profile/Taryadi-Bn-Rasmadi/publication/311311868_Multimedia_Augmented_Reality_With_Picture_Exchange_Communication_System_for_Autism_Spectrum_Disorder/links/5f60dfc392851c078968c072/Multimedia-Augmented-Reality-With-Picture-Exchange-Communication-System-for-Autism-Spectrum-Disorder.pdf (accessed Apr. 29, 2022).
- [33] A. Cooper and D. Ireland, "Designing a Chat-Bot for Non-Verbal Children on the Autism Spectrum," *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 252, pp. 63–68, 2018, Accessed: Apr. 29, 2022. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30040684/>
- [34] A. Vanacloig López, "Efectividad de intervenciones en la comunicación en niños con TEA. Una revisión teórica," *ReiDo-Crea: Revista electrónica de investigación Docencia Creativa*, Jun. 2020, doi: 10.30827/digibug.66367.
- [35] A. De Lacroix, "Revisión sistemática: la efectividad de los PECS (Picture Exchange Communication System) sobre la comunicación de niños entre 0 y 12 años con TEA," *repositori.umanresa.cat*, Jun. 2020, Accessed: Apr. 29, 2022. [Online]. Available: <http://repositori.umanresa.cat/1/516>
- [36] S. Zebiri, "Estimulación de la comunicación en niños con TEA entre 3 y 12 años: efectividad del sistema PECS.," *repositori.umanresa.cat*, Jun. 2020, Accessed: Apr. 29, 2022. [Online]. Available: <http://repositori.umanresa.cat/1/530>
- [37] D. Trembath, G. Vivanti, T. Iacono, and C. Dissanayake, "Accurate or Assumed: Visual Learning in Children with ASD," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, vol. 45, no. 10, pp. 3276–3287, Jun. 2015, doi: 10.1007/s10803-015-2488-4.
- [38] S. Abou El-Seoud, O. Halabi, and V. Geroimenko, "Assisting Individuals with Autism and Cognitive Disorders: An Augmented Reality-Based Framework," *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 15, no. 04, p. 28, Feb. 2019, doi: 10.3991/ijoe.v15i04.9835.
- [39] S. A. El-Seoud and S. A. Ahmed, "Emotional Cognitive Assessment and Enhancement for Mentally Disabled People" *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 15, no. 04, pp. 88–97, Feb. 2019, doi: 10.3991/ijoe.v15i04.9844.
- [40] L. N. Bakola and A. Drigas, "Technological Development Process of Emotional Intelligence as a Therapeutic Recovery Implement in Children with ADHD and ASD Comorbidity," *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, vol. 16, no. 03, p. 75, Mar. 2020, doi: 10.3991/ijoe.v16i03.12877.