



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática**

**Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas**

**Implementación de un sistema de comunicación por  
intercambio de imágenes en dispositivos móviles como  
soporte de ayuda para infantes con trastorno de  
espectro autista**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

**AUTOR**

Raul Jonathan GUZMAN CONDOR

**ASESOR**

Ana María HUAYNA DUEÑAS

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Guzman, R. (2022). *Implementación de un sistema de comunicación por intercambio de imágenes en dispositivos móviles como soporte de ayuda para infantes con trastorno de espectro autista*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Raul Jonathan Guzman Condor
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71908393
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3905-923X">https://orcid.org/0000-0003-3905-923X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Ana María Huayna Dueñas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06017183
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7726-8206">https://orcid.org/0000-0001-7726-8206</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Nora Bertha la Serna Palomino
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07665297
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	José Cesar Piedra Isusqui
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25628915
<b>Datos de investigación</b>	

Línea de investigación	C.0.3.13. Herramientas colaborativas para el aprendizaje e-learning
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Ate Latitud: -12.012924 Longitud: -76.823494
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020 - 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de sistemas y comunicaciones <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04</a>  Educación especial <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.03.02">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.03.02</a>



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas**

**Acta Virtual de Sustentación de Tesis**

Siendo las 16:00 horas del día 23 de junio del año 2022, se reunieron virtualmente los docentes designados como miembros de Jurado de Tesis, presidido por la Dra. Nora Bertha la Serna Palomino, Mg. José Cesar Piedra Isusqui (Miembro) y la Ing. Ana María Huayna Dueñas (Miembro Asesor), usando la plataforma Meet ([meet.google.com/jju-tmnb-zoj](https://meet.google.com/jju-tmnb-zoj)), para la sustentación Virtual de la tesis Intitulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR INTERCAMBIO DE IMÁGENES EN DISPOSITIVOS MÓVILES COMO SOPORTE DE AYUDA PARA INFANTES CON TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA”**, del Bachiller: **Raul Jonathan GUZMAN CONDOR**; para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas.

Acto seguido de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó al Bachiller a responder las preguntas formuladas por los Miembros del Jurado.

El Bachiller, en el curso de sus intervenciones demostró pleno dominio del tema, al responder con acierto y fluidez las preguntas formuladas por los señores miembros del Jurado.

Finalmente habiéndose efectuado la calificación correspondiente por los miembros del Jurado, el bachiller obtuvo la nota de 17 (diecisiete)

A continuación, la Presidenta del Jurado Dra. Nora Bertha la Serna Palomino, declara al Bachiller **Ingeniero de Sistemas**.

Siendo 17:00 horas, se levantó la sesión.

Dra. Nora Bertha la Serna Palomino  
Presidente

Mg. José Cesar Piedra Isusqui  
Miembro

Ing. Ana María Huayna Dueñas  
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA  
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

## INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
2. Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas
3. Autoridad académica que emite el informe de originalidad  
**Directora (e) de la EPIS**
4. Apellidos y Nombres de la autoridad académica  
**Dra. Luzmila E. Pró Concepción**
5. Operador del programa informático de similitudes  
**Dra. Luzmila E. Pró Concepción**
6. Documento evaluado  
**Título de pregrado "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN\_ POR INTERCAMBIO DE IMÁGENES EN DISPOSITIVOS MÓVILES COMO SOPORTE DE AYUDA PARA INFANTES CON TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA"**
7. Autor del documento  
**Bach. RAUL JONATHAN GUZMAN CONDOR**
8. Fecha de recepción del documento 19/05/2022
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 26/05/2022
10. Software utilizado
  - Turnitin
11. Configuración del programa detector de similitudes
  - Excluye textos entrecomillados
  - Excluye bibliografía
  - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes **04 (cuatro)%**
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas  
Se adjunta en el anexo 1
14. Observaciones
15. Calificación de originalidad
  - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones
  - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
  - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha de informe 16/06/2022



Firmado digitalmente por PRO  
CONCEPCION Luzmila Elisa FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 17.06.2022 15:32:53 -05:00

Firma de evaluador  
**Dra. Luzmila E. Pró Concepción**  
Directora (e) de la EPIS



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas**

## ANEXO 1

### Fuentes originales de las similitudes encontradas

1. cybertesis.unmsm.edu.pe:3%
2. hdl.handle.net:1%
3. repositorio.usmp.edu.pe:1%
4. ri.ues.edu.sv:<1%



Firmado digitalmente por PRO  
CONCEPCION Luzmila Elisa FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 17.06.2022 15:32:53 -05:00

Firma de evaluador  
***Dra. Luzmila E. Pró Concepción***  
*Directora (e) de la EPIS*



**DEDICATORIA**

*Esta tesis esta dedicada para mis padres por mostrarme el camino hacia la superación y enseñarme que la familia es el motor de todo éxito.*

*De la misma manera para mi esposa y mi pequeño hijo, que a su corta edad nos ha enseñado que no existe limites para realizar tus sueños.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la profesora Huayna Dueñas por su orientación y dedicación brindada para que este trabajo cumpla con los requisitos trazados.

A mi familia por su apoyo incondicional, por confiar en mi y por permitirme ser parte de su orgullo.

A mi querido hermano y a mis amigos por ayudarme y apoyarme sin condiciones durante todo es tiempo.

## RESUMEN

Los infantes con Trastorno de Espectro Autista (TEA) requieren de terapias, programas y herramientas especiales para desarrollar sus habilidades. En muchas ocasiones éstos no se encuentran disponibles debido a la complejidad de uso, limitaciones para desarrollar habilidades en el infante y precios elevados. Una de las herramientas más utilizadas es el Sistema de Comunicación por Intercambio de Imágenes (PECS) debido a su facilidad de uso y buenos resultados luego de la intervención. La presente investigación desarrolla una herramienta tecnológica llamada CMI-PECS el cual adopta todas las características del PECS tradicional, agregando nuevas funcionalidades como la digitalización, visualización y reproducción de imágenes que puede ser utilizado en celular y Tablet con el propósito de apoyar y complementar las terapias. En la implementación del sistema participaron 25 infantes con TEA en diferentes niveles de gravedad apoyados por sus familias, que en diferentes periodos de tiempo no menor a un mes utilizaron CMI-PECS. Los resultados mostraron que se mejora en más del 15% en la preparación de materiales, reducción de la complejidad en el uso y la calificación de esta herramienta en comparación a otros. Asimismo, un aumento del 10% en el desarrollo de habilidades sociales y comunicativas y una reducción del costo económico mayor al 28% debido a que la herramienta es gratuita y accesible para las familias.

**Palabras Claves:** Trastorno de Espectro Autista, PECS, Pictogramas, Imágenes, Aplicación Móvil

## ABSTRACT

Infants with Autism Spectrum Disorder (ASD) require special therapies, programs and tools to develop their skills. In many cases these are not available due to the complexity of use, limitations to develop skills in infants and high prices. One of the most used tools is the Picture Exchange Communication System (PECS) due to its ease of use and good results after the intervention. This research develops a technological tool called CMI-PECS which adopts all the characteristics of the traditional PECS, adding new functionalities such as digitization, visualization and reproduction of images that can be used on cell phones and tablets to support and complement therapies. In the implementation of the system, 25 infants with ASD at different levels of severity participated, supported by their families, who used CMI-PECS for different periods of time of no less than one month. The results showed that there is an improvement of more than 15% in the preparation of materials, reducing the complexity in the use and the qualification of this tool compared to others. Also, a 10% increase in the development of social and communication skills and a reduction in the economic cost of more than 28% since the tool is free and accessible to families.

**Keywords:** Autism Spectrum Disorder, PECS, Augmentative Alternative Communication System, Pictograms and Images, Mobile Application

# ÍNDICE

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN .....	17
1.1 Antecedentes .....	17
1.2 Definición del problema.....	25
1.3 Justificación.....	26
1.3.1 Justificación Teórica .....	26
1.3.2 Justificación Práctica.....	26
1.3.3 Justificación Metodológica .....	28
1.4 Alcances .....	30
1.5 Limitaciones.....	30
1.6 Objetivos .....	32
1.6.1 Objetivo General .....	32
1.6.2 Objetivos Específicos.....	32
1.7 Propuesta .....	32
1.8 Organización de la tesis.....	33
Capítulo 2: Estado del Arte.....	34
2.1 Revisión de la literatura .....	34
2.2 Técnicas previamente aplicadas.....	36
2.2.1 Principios de Sinestesia.....	36
2.2.2 Realidad Virtual .....	38
2.2.3 Realidad Aumentada .....	40
2.2.4 Video Modeling .....	42
2.2.5 Concrete – Representational – Abstract Sequencing .....	44
2.2.6 SAAC - PECS .....	46
2.2.7 Diseño centrado en el usuario .....	49
2.2.8 Juegos Serios.....	51
2.2.9 Agentes Tecnológicos - Robots Sociales .....	53
2.2.10 Procesamiento del Lenguaje Natural.....	55
2.3 Sistemas comerciales .....	58

2.4	Herramientas para el desarrollo del SAAC .....	60
2.5	Casos de éxito .....	63
2.5.1	Uso de una BCI (Brain Computer Interface) como enlace interactivo, terapéutico y de aprendizaje dirigido a personas con discapacidad cognitiva y motora 63	
2.5.2	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 .....	66
2.5.3	Learning with Technology: VM with Concrete Representational Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder .....	69
2.5.4	Development and evaluation of a speech- generating AAC mobile app for minimally verbal children with autism spectrum disorder in Mainland China.....	71
2.5.5	Results of a Video Prompting Intervention Package Impacting Dishwashing Skill Acquisition for Adolescents with Autism .....	74
2.5.6	Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish.....	77
2.5.7	Informe breve: Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders 80	
2.5.8	A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders .....	83
2.5.9	Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions .....	86
2.5.10	CodaRoutine: A Serious Game for Introducing Sequential Programming Concepts to Children with Autism .....	88
Capítulo 3:	Método Elegido SAAC-PECS .....	92
3.1	Justificación.....	92
3.2	Metodología .....	100
3.2.1	FASE 1: DEFINIR PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	101
3.2.2	FASE 2: DEFINIR ENCUESTA DE OPINIÓN .....	101
3.2.3	FASE 3: SELECCIONAR HERRAMIENTA TECNOLÓGICA.....	101

3.2.4	FASE 4: DEFINIR EL PERFIL DE USUARIO.....	102
3.2.5	FASE 5: CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE .....	102
3.2.6	FASE 6: IMPLEMENTACIÓN .....	103
3.2.7	FASE 7: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	104
3.3	Ejemplo utilizando el método propuesto.....	104
3.3.1	Fase 1: Definir las preguntas de investigación.....	104
3.3.2	Fase 2: Definir encuesta de opinión .....	105
3.3.3	Fase 3: Seleccionar herramienta tecnológica .....	105
3.3.4	Fase 4: Definir perfil de usuario.....	105
3.3.5	Fase 5: Construcción de Software.....	106
3.3.6	Fase 6: Implementación .....	107
3.3.7	Fase 7: Análisis y resultados .....	108
Capítulo 4: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SAAC - PECS EN UN DISPOSITIVO MÓVIL .....		109
4.1	FASE 1: DEFINIR LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	109
4.1.1	SUBFASE 1.1: SELECCIONAR ÍTEMS PARA EL PRE Y POST TEST .....	110
4.2	FASE 2: DEFINIR ENCUESTA DE OPINIÓN .....	111
4.2.1	SUBFASE 2.1: PREGUNTAS PARA LA ENCUESTA DE ENTRADA (EE) .....	112
4.2.2	SUBFASE 2.2: PREGUNTAS PARA LA ENCUESTA DE SALIDA (ES) .....	113
4.3	FASE 3: SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA.....	113
4.4	FASE 4: PERFIL DE USUARIO .....	114
4.5	FASE 5: CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE (APLICACIÓN MÓVIL)	116
4.5.1	SUBFASE 5.1: EXPLORACIÓN.....	116
4.5.2	SUBFASE 5.2: DESPLIEGUE.....	118
4.5.3	SUBFASE 5.3: REFINAMIENTO .....	123
4.6	FASE 6: IMPLEMENTACIÓN.....	124
4.6.1	SUBFASE 6.1: PRESENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA .....	124
4.6.2	SUBFASE 6.2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	130

4.6.3	SUBFASE 6.3: RECOLECCIÓN DE DATOS .....	130
Capítulo 5:	PRUEBA Y VALIDACIÓN del saac - peccs .....	135
5.1	Experimentos.....	135
5.2	Resultados .....	139
5.2.1	Pruebas de Normalidad .....	139
5.3	Otros Resultados .....	146
5.3.1	Prueba T de Student .....	146
5.3.2	Respuesta a las Preguntas de Investigación .....	156
5.4.	Discusión de Resultados .....	158
Capítulo 6:	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	161
6.1	Conclusiones .....	161
6.2	Trabajos futuros .....	162
ANEXOS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		176



## FIGURAS

Figura 1.1. Prevalencia de TEA a nivel mundial .....	18
Figura 1.2 Inscripciones de personas con TEA al 31 de agosto del 2018.....	23
Figura 1.3 Distribución de Livox en 11 países con más de 25 idiomas.....	27
Figura 1.4 Población diagnosticada con TEA clasificado por el nivel de gravedad.....	28
Figura 2.1. BrainPort Vision Pro – 2nd Generation.....	37
Figura 2.2. Dispositivo VR – HTC View.....	39
Figura 2.3. Dispositivo VR – Class VR.....	39
Figura 2.4. Realidad aumentada, una mesa real con una lámpara y dos sillas virtuales.	41
Figura 2.5. Ejemplo de escenas de un video para desarrollar habilidades sociales .....	43
Figura 2.6. Representación concreta-abstracta para la operación de la adición.....	45
Figura 2.7. Paso de entregar el objeto deseado en PECS.....	48
Figura 2.8. Diagrama del ciclo de UCD según ISO 13407.....	50
Figura 2.9. Juego Serio Re-Mission 2 ejecutado en una Tablet.....	52
Figura 2.10. Robots utilizados para el aprendizaje a largo plazo y sus diferentes apariencias físicas.....	54
Figura 2.11. Algunas aplicaciones del NLP.....	57
Figura 2.12. Implementación de Livox para personas con discapacidad.....	58
Figura 2.13. Emotiv EPOC+ con sus características físicas .....	59
Figura 2.14. Pantalla de interacción de PECS IV+ .....	60
Figura 2.15. Modelo funcional de un sistema BCI genérico.....	62
Figura 2.16. Stephen Hawking con algunos Ingenieros de Intel en el desarrollo de su AT .....	63
Figura 2.17. Suite sinestesia(izquierda) y suite motora (derecha) .....	64
Figura 2.18. Uso del libro de cuentos con AR basado en VM por parte del infante con TEA .....	68

Figura 2.19. Porcentaje de respuestas correctas por cada sesión realizados por lo infantes con TEA .....	71
Figura 2.20. Aplicación Yuudee con algunas categorías .....	74
Figura 2.21. Número de tareas correctas realizadas en las diferentes sesiones .....	76
Figura 2.22. Aplicación Android PictoDroid que implementa SAAC con librerías de NLP .....	78
Figura 2.23. Resultado luego de formar una oración y ejecutarlo para abrir la aplicación Youtube .....	79
Figura 2.24. Agente tecnológico Actroid-F .....	81
Figura 2.25. Agente tecnológico CommU dsad .....	81
Figura 2.26. Agente tecnológico en avatar digital .....	82
Figura 2.27. Prototipo del VCT.....	84
Figura 2.28. Entorno donde el VCT fue instalado .....	85
Figura 2.29. Escenarios de realidad virtual .....	87
Figura 2.30. CodaRoutine – Nivel 1- Tarea de prender la luz .....	89
Figura 3.1. Similitud entre los objetivos de cuatro estudios realizados .....	98
Figura 3.2. Comparativa de los objetivos alcanzados de los diversos estudios que utilizaron PECS .....	99
Figura 3.3. Representación gráfica de la metodología propuesta .....	100
Figura 3.4. Visión general sobre los participantes con TEA en el uso de iCAN .....	106
Figura 3.5. Aplicación iCAN instalada en una Tablet .....	107
Figura 3.6. Comparación entre el uso con y sin iCAN en infantes con TEA .....	108
Figura 4.1. Proporción de infantes con TEA según la edad.....	116
Figura 4.2. Proporción de infantes con TEA según nivel de diagnóstico .....	117
Figura 4.3. Esquema y Componentes visuales iniciales de CMI – PECS.....	119
Figura 4.4. Componentes inicial de CMI – PECS en un Tablet .....	120
Figura 4.5. Componentes de niveles iniciales de CMI - PECS.....	120

Figura 4.6. Componente inicial de CMI en un Celular .....	121
Figura 4.7. Componente de Categoría antes del cambio.....	122
Figura 4.8. Componente de Categoría después del cambio .....	122
Figura 4.9. Componentes de las seis fases de PECS en CMI - PECS.....	123
Figura 4.10. Video guía de CMI publicado en el sitio web de YouTube.....	125
Figura 4.11. Resultados en porcentaje para [PE-1] de la encuesta de entrada.....	126
Figura 4.12. Resultados en porcentaje para [PE-2] de la encuesta de entrada.....	127
Figura 4.13. Resultados en porcentaje para [PE-3] de la encuesta de entrada.....	127
Figura 4.14. Resultados en porcentaje para [PE-5] de la encuesta de entrada.....	128
Figura 4.15. Resultados en porcentaje para [PE-7] de la encuesta de entrada.....	129
Figura 4.16. Resultados en porcentaje para [PS-1] de la encuesta de salida.....	131
Figura 4.17. Resultados en porcentaje para [PS-2] de la encuesta de salida.....	132
Figura 4.18. Resultados en porcentaje para [PS-3] de la encuesta de salida.....	132
Figura 4.19. Resultados en porcentaje para [PS-4] de la encuesta de salida.....	133
Figura 4.20. Resultados en porcentaje para [PS-5] de la encuesta de salida.....	134
Figura 5.1 Promedio de respuestas en el Pre-Test y Post-Test para la PI-1 .....	137
Figura 5.2. Promedio de respuesta en el Pre-Test y Post-Test para la PI-2 .....	138
Figura 5.3. Promedio de respuesta en el Pre-Test y Post-Test para la PI-3 .....	138
Figura 5.4. Prueba de normalidad para la variable Preparación.....	140
Figura 5.5. Prueba de normalidad para la variable Complejidad.....	140
Figura 5.6. Prueba de normalidad para la variable Calificación .....	141
Figura 5.7. Prueba de normalidad para la variable Habilidades Sociales .....	142
Figura 5.8. Prueba de normalidad para la variable Habilidad Comunicativas.....	143
Figura 5.9. Prueba de normalidad para la variable Costo de Adquisición .....	143
Figura 5.10. Prueba de normalidad para la variable Costo de Mantenimiento .....	144
Figura 5.11. Prueba T y calculo del valor p para la variable Preparación .....	147

Figura 5.12. Prueba T y calculo del valor p para la variable Complejidad.....	148
Figura 5.13. Prueba T y calculo del valor p para la variable calificación.....	149
Figura 5.14. Prueba T y calculo del valor p para la variable habilidad social .....	150
Figura 5.15. Prueba T y calculo del valor p para la variable habilidad comunicativa ..	152
Figura 5.16. Prueba T y calculo del valor p para la variable el costo de adquisición...	153
Figura 5.17. Prueba T y calculo del valor p para el promedio de tiempo de preparación .....	155

## TABLAS

Tabla 1.1 Prevalencia de TEA a nivel mundial.....	19
Tabla 1.2 Población diagnosticada con TEA inscrita en el CONADIS distribuidas por grupos de edad según región .....	24
Tabla 2.1. Ventajas y desventajas – Sinestesia .....	38
Tabla 2.2. Ventajas y desventajas – VR.....	40
Tabla 2.3. Ventajas y desventajas – AR.....	41
Tabla 2.4. Ventajas y desventajas – VM Basic .....	43
Tabla 2.5. Ventajas y desventajas – VM Prompting .....	44
Tabla 2.6. Ventajas y desventajas – CRA .....	46
Tabla 2.7. Ventajas y desventajas – Sistemas Alternativo Aumentativo de Comunicación .....	49
Tabla 2.8. Ventajas y desventajas – UCD.....	51
Tabla 2.9. Ventajas y desventajas – Juegos Serios .....	53
Tabla 2.10. Ventajas y desventajas – Agentes Tecnológicos.....	54
Tabla 2.11. Ventajas y desventajas – Procesamiento del lenguaje natural.....	57
Tabla 2.12. Resumen de fuentes y técnicas para el TEA.....	57
Tabla 3.1. Valor, descripción y puntaje de cada criterio.....	93
Tabla 3.2. Benchmarking de las Técnicas vs Criterios .....	96
Tabla 4.1. Datos de los participantes para CMI-PECS .....	115
Tabla 5.1. Valores de los ítems para el Pre-Test y Post-Test.....	136
Tabla 5.2. Resumen de preguntas de Investigación, sus ítems y resultados .....	145
Tabla 5.3 Resultados para las variables de la PI-1 .....	156
Tabla 5.4 Resultados para las variables de la PI-2 .....	157
Tabla 5.5 Resultados para las variables de la PI-3 .....	158

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) en la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, Undécima Revisión (CIE-11), clasifica al TEA como parte de los trastornos del neurodesarrollo. Adicionalmente, La Asociación Americana de Psiquiatría en el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, Quinta versión (DSM-V, por sus siglas en inglés) define como principales características de los TEA al deterioro persistente de la comunicación social recíproca y la interacción social, y los patrones de conducta, intereses o actividades restrictivos y repetitivos.

Por su parte Chiarotti y Venerosi (2020), mencionaron que la cantidad de infantes con TEA está en aumento y existe una gran variabilidad en las tasas de prevalencia, debido a esto se recomienda un gran análisis al momento de diagnosticar este trastorno, por tal motivo, se debe utilizar pruebas válidas que concuerden con las definiciones del DSM-V o CIE-11. Además, según el Centro para el Control y Prevención (CDC, 2020) existe diferencias a nivel cognitivo como en la función y coordinación motora entre cada infante con TEA. Adicionalmente, el 40% son No-Verbales y el 30% emiten algunas palabras entre el primer y segundo año, pero luego dejan de hacerlo.

Según las investigaciones, los factores genéticos y ambientales son las causas más probables. Además, no existe evidencia científica que el uso de vacunas contra la parotiditis, rubéola y sarampión tengan una relación causal con este trastorno. Actualmente, no existe cura para las personas con TEA. Sin embargo, la detección a una edad temprana permite desarrollar un plan terapéutico que conlleva a reducir las

dificultades comunicativas y conductuales futuras. Por otro lado, debido a la falta de capacitación para las familias, la privacidad de servicios públicos y actividades sociales, la OMS en conjunto con sus países miembros aprobaron medidas integrales y coordinadas para organizar programas de capacitación para las familias (OMS, 2020).

Por su parte, Elsabbagh (2012) informó que aproximadamente uno de cada 160 infantes, es afectado por TEA y de este grupo la mayoría se encuentran en países menos desarrollados y son afectados por problemas como la pobreza, la negligencia, la exclusión social y el abuso. Asimismo, la prevalencia del TEA en algunos países tiene una gran variación debido al criterio de diagnóstico que se utiliza (Syed et al., 2017). En la Figura 1.1 se puede observar un mapa con puntos rojos que indican la prevalencia de este trastorno en algunos países a nivel mundial y en la Tabla 1.1 se indica los valores correspondientes.

### Figura 1.1.

#### *Prevalencia de TEA a nivel mundial*



*Nota.* Los puntos rojos representan el lugar del estudio de la prevalencia. Tomado de *A review of prevalence studies of Autism Spectrum Disorder by latitude and solar irradiance impact* (p. 21), por Syed et al. (2017).

Medical Hypotheses

**Tabla 1.1***Prevalencia de TEA a nivel mundial*

<b>Región</b>	<b>Edad</b>	<b>Prevalencia</b>	<b>Población</b>	<b>Criterio</b>
Quito, Ecuador	5 – 15	0.11%	51 453	DSM-III, DSM-IV
Costa Rica	1 – 5	0.05%	290 335	M-CHAT, VBAS
Shoranur, India	1 – 15	0.31%	8 362	DSM-IV-TR
Leon, México	8	0.11	4 431	DSM-IV-TR
Taif, Saudi Arabia	7 – 12	0.04	22 950	AASQ
Atabaia, Brasil	7 – 12	0.27	10 503	ASQ
Omán	0 – 14	0.01	798 913	DSM-IV-TR
Taiwan	0 – 17	0.29	372 642	ICD-9
Las Palmas, Islas Canarias	1 – 3	0.61	1 796	M-CHAT/ES
Israel	8	0.49	2 431 649	DSM-IV-TR
Himachal Pradesh, India	< 11	0.09	11 000	ISAA
Tripoli, Libia	1 – 10	0.31	38 508	DSM-IV
Fukuoka-Tokio, Japón	3	2.54	2 516	DSM-IV-TR
Beirut, Líbano	1 – 4	1.5	998	M-CHAT
Condado de Los Ángeles, USA	3 – 5	0.46	1 626 354	DSM-IV-R
Goyang, Corea Del Sur	7 – 12	2.64	55 266	ASSQ
Beijin, China	6 - 10	1.19	737	CAST
Itah, USA	4, 6, 8	0.65	226 391	DSM-IV
Haute-Garonne, Francia	7	0.37	307 751	ICD-10
Manitoba, Canadá	0 - 14	1	307 900	ICD-9, ICD-10
Condado de Dublin Sur, Irlanda	6 – 11	1.15	5 457	EPAP
Escocia, Reino Unido	4 – 18	1.6	684 415	ICD-10, DSM-V
Stockholm, Suecia	0 – 17	1.44	495 864	DSM-IV, ICD-10
Islas Feroe	7 – 16	0.94	7 128	DISCO-11
Islandia	11 - 15	1.2	22 229	ADI-R o ADO

*Nota:* Informes mundiales de la prevalencia del TEA. Tomado de *A review of prevalence studies of Autism Spectrum Disorder by latitude and solar irradiance impact* (p. 21), por Syed et al. (2017). Medical Hypotheses



Por otra parte, en Europa, desde los últimos 30 años, los casos de TEA aumentaron, un ejemplo de eso es que, de cada 10 mil infantes, 60 de ellos padecen de TEA (Barthélémy et al., 2017).

Según García et al. (2014) en la investigación “Detección del Trastorno de Espectro Autista: Estado del Arte en Europa” informaron que se usaron 18 tipos de prueba de detección a un grupo de 70 mil infantes. Dando a conocer que es muy difícil concluir cual sería la mejor técnica de detección temprana. Además, que solo el 32% de los estados miembros de la Unión Europea realizan investigaciones sobre la detección de TEA.

De igual forma, una investigación en el Sudeste de Europa reveló que el 31% de los responsables en el cuidado de al menos un infante con TEA reporta retrasos y dificultades en los servicios públicos. Por otra parte, el 35% menciona que el acceso a los servicios no está disponible y el 30% consideró entre sus comentarios la falta de acceso y exclusión por parte de las instituciones educativas (Daniels, 2017).

Por parte de España, la Confederación Autismo España (2020) informaron que no se tiene información concreta en relación con los aspectos básicos de calidad de vida para las personas con TEA. Según la OMS, el nivel social y económico está muy relacionado con la discapacidad, debido a la falta de inclusión y al gasto adicional por parte de las familias para brindar una buena calidad de vida. Debido a esto, muchas instituciones en Europa, como por ejemplo Trastorno de Espectro Autista en la Unión Europea (ASDEU, por sus siglas en inglés), está desarrollando planes para promover cuidados hacia las personas con TEA, servicios públicos inclusivos y capacitaciones a los apoderados (Autism Europe, 2020).

Por su parte Asia, según Qiu et al. (2019) en la investigación “Prevalencia del Trastorno de Espectro Autista: Una revisión sistemática y metanálisis” realizaron un estudio en Asia con aproximadamente 2 millones 195 mil 467 personas en Asia, de los cuales se obtuvo 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. Asimismo, de aquellas personas con TEA, se encontró que las familias y en general la sociedad sufren grandes gastos económicos y los infantes con este trastorno son víctimas de acoso y ausentismo escolar.

De la misma forma, Ilias et al. (2018) en su investigación “Estrés parental y resiliencia en padres de niños con trastorno del espectro autista en el sudeste asiático: una revisión sistemática” mencionaron como principales preocupaciones por parte de las familias a la dificultad financiera, la gravedad de los síntomas de sus hijos, el apoyo social y las preocupaciones por el futuro de sus hijos.

Adicionalmente, un caso de estudio sobre la enseñanza para niños con TEA reveló que entre las principales herramientas disponibles en el Sur Asiático son el Sistema de Comunicación Alternativa (SAC, por sus siglas en Inglés), las encuestas y los instrumentos planteados por los padres (Sharma y Rangarajan, 2019).

Debido a estos hechos, nace la Estrategia Regional de la OMS para Asia sudoriental sobre TEA, la cual recopila información de los ministerios de salud de los estados miembro para promover un compromiso social e iniciativas regionales en relación con TEA (WHO Regional Office for South-East Asia, 2017).

Por su parte, en América, según Paula et al. (2020), reportó que existen aproximadamente 6 millones de infantes con TEA. De estos, un grupo de 3 mil familias, revelaron que se necesita mejoras en la educación inclusiva y empatía por parte de las

comunidades. Además, entre las muchas dificultades que ellos enfrentan, un 50.2% declaró 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.

Por otra parte, en Estados Unidos, el CDC tiene entre sus objetivos principales encontrar la prevalencia del TEA y entender las condiciones actuales de las familias en esta región debido a que 1 de cada 54 niños en la edad de 8 años padece este trastorno. (CDC, 2020)

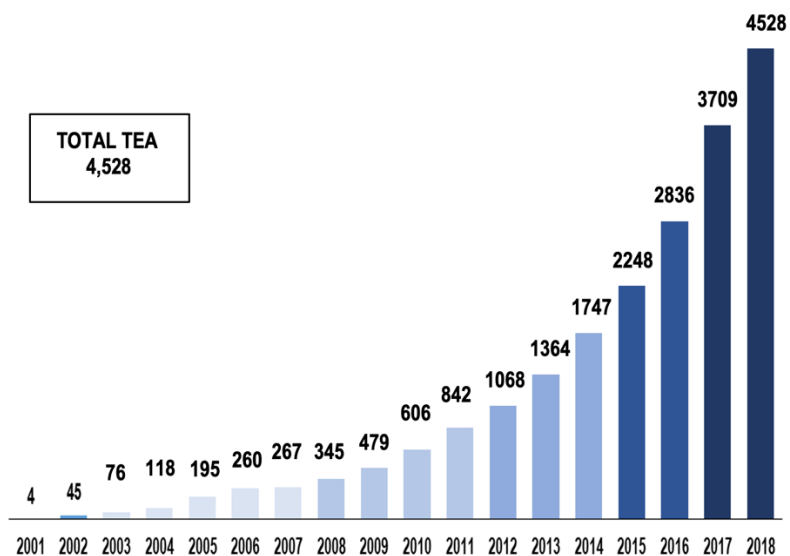
En este mismo contexto, Ribeiro et al. (2017) en la investigación “Barreras para la identificación temprana del autismo en Brasil” evidenciaron que, en países de ingresos bajos y medio, los infantes no reciben un diagnóstico respectivo hasta su edad preescolar, conllevando a un retraso lo que origina un desarrollo tardío en el plan terapéutico.

Asimismo, en Argentina, la Red Espectro Autista (RedEA, 2020), creado en el 2014 y conformado por diversas organizaciones tiene entre sus principales objetivos la divulgación de iniciativas para mejorar la salud y otros servicios públicos referentes a las personas con discapacidad y en especial a las personas con TEA.

Finalmente, en el Perú, conforme al Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS) registró al 31 de agosto del 2018 un total de 4 mil 528 (2.06 % del total) personas con TEA, de los cuales 3 mil 663 (80,9%) son hombres y 865 (19,1%) son mujeres. Además, en los últimos años se ha registrado un incremento de personas con TEA, como se puede observar en la Figura 1.2.

**Figura 1.2**

*Inscripciones de personas con TEA al 31 de agosto del 2018*



*Nota.* Población de Perú con diagnóstico de TEA inscrita en el registro nacional de la persona con discapacidad por año de inscripción, 2000 – 2018. Tomada de *Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista 2019-2021* (p. 6) por CONADIS.

Asimismo, de este grupo, la mayor concentración se encuentra en Lima Metropolitana con el 2 mil 839 (62,9%), seguida por las regiones Callao (6,9%), La Libertad (5,6%), entre otros. En la Tabla 1.2 se observa la distribución del TEA a nivel nacional.

**Tabla 1.2**

*Población diagnosticada con TEA inscrita en el CONADIS distribuidas por grupos de edad según región*

Región	Total		Grupos de edad /2															
			0-2		3-5		6-11		12-17		18-29		30-44		45-59		60 a más años	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%		
Total	4 522	100.0	1	0.0	173	3.8	1 788	39.5	1 413	31.2	915	20.2	194	4.3	37	0.8	1	0.0
Amazonas	27	100.0		0.0		0.0	7	25.9	13	48.1	6	22.2	1	3.7		0.0		0.0
Áncash	68	100.0		0.0	6	8.8	33	48.5	20	29.4	7	10.3	1	1.5	1	1.5		0.0
Apurímac	23	100.0		0.0	1	4.3	11	47.8	6	26.1	4	17.4	1	4.3		0.0		0.0
Arequipa	128	100.0		0.0	2	1.6	52	40.6	50	39.1	20	15.6	4	3.1		0.0		0.0
Ayacucho	19	100.0		0.0	1	5.3	12	63.2	2	10.5	3	15.8	1	5.3		0.0		0.0
Cajamarca	20	100.0		0.0	2	10.0	5	25.0	6	30.0	6	30.0	1	5.0		0.0		0.0
Callao	316	100.0		0.0	16	5.1	135	42.7	88	27.8	58	18.4	16	5.1	3	0.9		0.0
Cusco	120	100.0		0.0	3	2.5	51	42.5	40	33.3	23	19.2	3	2.5		0.0		0.0
Huancavelica	21	100.0		0.0	1	4.8	10	47.6	8	38.1	2	9.5		0.0		0.0		0.0
Huánuco	35	100.0		0.0	3	8.6	16	45.7	5	14.3	6	17.1	2	5.7	2	5.7	1	2.9
Ica	105	100.0		0.0	9	8.6	52	49.5	34	32.4	8	7.6	2	1.9		0.0		0.0
Junín	46	100.0		0.0		0.0	21	45.7	18	39.1	5	10.9	2	4.3		0.0		0.0
La Libertad	252	100.0		0.0	6	2.4	113	44.8	85	33.7	42	16.7	4	1.6	2	0.8		0.0
Lambayeque	91	100.0		0.0	4	4.4	49	53.8	22	24.2	14	15.4	1	1.1	1	1.1		0.0
Lima Metropolitana 3/	2 839	100.0	1	0.0	103	3.6	1 038	36.6	891	31.4	642	22.6	141	5.0	23	0.8		0.0
Lima Provincias 4/	129	100.0		0.0	2	1.6	59	45.7	43	33.3	21	16.3	4	3.1		0.0		0.0
Loreto	11	100.0		0.0	1	9.1	5	45.5	4	36.4		0.0	1	9.1		0.0		0.0
Madre De Dios	8	100.0		0.0		0.0	2	25.0	5	62.5	1	12.5		0.0		0.0		0.0
Moquegua	28	100.0		0.0	1	3.6	17	60.7	7	25.0	2	7.1	1	3.6		0.0		0.0
Pasco	8	100.0		0.0		0.0	5	62.5	1	12.5	2	25.0		0.0		0.0		0.0
Piura	95	100.0		0.0	5	5.3	35	36.8	25	26.3	24	25.3	5	5.3	1	1.1		0.0
Puno	21	100.0		0.0		0.0	9	42.9	7	33.3	3	14.3	1	4.8	1	4.8		0.0
San Martín	52	100.0		0.0	3	5.8	22	42.3	17	32.7	8	15.4		0.0	2	3.8		0.0
Tacna	30	100.0		0.0	2	6.7	16	53.3	8	26.7	3	10.0	1	3.3		0.0		0.0
Tumbes	16	100.0		0.0		0.0	6	37.5	7	43.8	2	12.5	1	6.3		0.0		0.0
Ucayali	14	100.0		0.0	2	14.3	7	50.0	1	7.1	3	21.4		0.0	1	7.1		0.0

*Nota:* Se excluyen registros de personas retiradas y fallecidas. Tomada de *Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista 2019-2021* (p. 6) por CONADIS.

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 (Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables [MIMP], 2019). En relación con esto, la Defensoría del pueblo (2019) ha observado que las metas de este plan no son suficiente para lograr la inclusión social; asimismo, se requiere saber la cantidad de personas con TEA en el Perú y las necesidades actuales que presentan estas familias.

Si bien es cierto a nivel mundial se viene realizando muchos proyectos para aumentar la calidad de vida de los infantes con TEA. En el Perú, algunas de las decisiones del gobierno no consideran a esta población. Por ejemplo, a causa de la pandemia originada por el COVID-19, el gobierno decidió decretar cuarentena para todos, sin embargo, no se consideró que los niños con TEA necesitan un tiempo de recreación. Entre otras consecuencias, los centros especiales redujeron su atención considerablemente, algunos cerraron debido al temor del contagio y otros transformaron sus servicios a un entorno virtual.

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 que pueden ser usadas para este propósito, pero muchos de ellos tienen precios altos, son muy complejos de utilizar y otros no tienen todas las funcionalidades que se necesita. Es por ello, que la presente investigación implementa CMI-PECS, una herramienta que evita las limitaciones mencionadas y ayuda mediante el apoyo de las familias a desarrollar habilidades en un infante con TEA.

## **1.2 Definición del problema**

La falta de herramientas tecnológicas de bajo costo, fácil uso, que pueda ser utilizada por terapeutas y familiares, permita desarrollar habilidades sociales y comunicativas en un infante con TEA.

## **1.3 Justificación**

### **1.3.1 Justificación Teórica**

De acuerdo con Pyramid Educational Consultants (2021), PECS es el método frecuentemente elegido para ayudar a personas con TEA a desarrollar habilidades comunicativas. Asimismo, la transición de un PECS tradicional a un entorno tecnológico es a menudo recomendado por especialistas. Esto es, para darle un uso extendido a PECS luego que el infante haya establecido y desarrollado habilidades comunicativas espontáneas y funcionales. Además, Schlosser y Blischak (2001, citados en Pyramid Educational Consultants, 2021) mencionan que existe muy poca investigación sobre los efectos positivos que producen las herramientas tecnológicas cuando se usa PECS. En ese sentido, la presente tesis contribuye con el enriquecimiento de la literatura científica sobre la implementación de PECS en un entorno tecnológico, evaluando los requerimientos mínimos necesarios considerando el contexto de cada infante con TEA y registrando los resultados obtenidos.

### **1.3.2 Justificación Práctica**

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2007) mencionó que debido a la prevalencia y elevada incidencia del TEA en el mundo, se requiere implementar propuestas por parte de los gobiernos e instituciones que capaciten a las familias con terapias de grupo y programas de inclusión social. Además, debido a las dificultades de socialización que este trastorno presenta y la escasa presencia de herramientas como soporte de ayuda en la comunicación de infante con TEA, existe un débil desarrollo de habilidades sociales y comunicativas.

En tal sentido, Google (2020) en su programa Desafío Global, tiene el objetivo de apoyar a organizaciones sin fines de lucro para crear ideas innovadoras para personas con

discapacidad, por tal motivo, destinó 20 millones de dólares para beneficiar a 29 proyectos. Dentro de estos, se encuentra Livox (2019), que desarrolló una aplicación móvil que implementa inteligencia artificial para ayudar a personas con discapacidad. En la Figura 1.3 se puede observar el alcance de esta aplicación móvil a nivel mundial.

### Figura 1.3

*Distribución de Livox en 11 países con más de 25 idiomas*



*Nota.* Tomada de Livox, 2019, (<https://livox.com.br>).

En el Perú, según Echavarría-Ramírez et al. (2020) en su investigación “Trastorno de Espectro Autista: Pautas para el manejo durante el periodo de aislamiento social por el COVID-19” informaron que los servicios de salud son insuficientes y no se tienen datos acerca de la característica sociodemográfica de esta condición y de la prevalencia del TEA, debido a muchos factores.

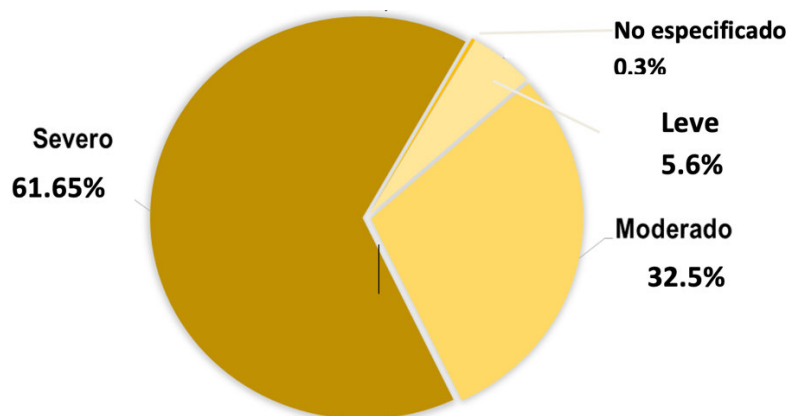
Asimismo, el CONADIS registró que, de las 4 mil 538 personas registradas con TEA, el mayor porcentaje según el grupo de edad corresponde al niño, niña y adolescentes con un 74.5%, seguido por un 25.3% conformado por los adultos y un 0.02% en adultos mayores. Adicionalmente, según el nivel de gravedad de TEA, el 61.65% son personas registradas con un nivel severo, el 32.5% se ubican en un nivel moderado, un 5.55% se



encuentra los de nivel leve y un 0.3% no tiene identificado un nivel de gravedad (CONADIS, 2019). En la Figura 1.4 se puede observar esta distribución.

**Figura 1.4**

*Población diagnosticada con TEA clasificado por el nivel de gravedad*



*Nota.* Tomada de *Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista 2019-2021* (p. 7) por CONADIS.

En referencia con los datos y hechos mencionados, en el Perú se necesitan herramientas tecnológicas que apoyen a las familias y terapeutas en el desarrollo y complemento de terapias. En consecuencia, esta tesis ayuda a las familias y especialistas en TEA a realizar terapias dentro y fuera de los centros especiales con la ayuda de una herramienta tecnológica acondicionada a su contexto.

### **1.3.3 Justificación Metodológica**

Según Bondy y Frost (1993), se realizó una implementación de PECS en el Centro Ann Sullivan del Perú, en el cual se registró que en un periodo de 3 meses, 28 estudiantes aprendieron satisfactoriamente la Fase 1 de PECS, otros 28 estudiantes trabajan en la Fase 2 y unos 18 niños pudieron discriminar imágenes. Además, por parte de los profesores, se mencionó que la adopción y la implementación de PECS fue muy simple y rápida.

Asimismo, en su artículo “The Picture Exchange System” mencionan que PECS se desarrolló como un medio para enseñar a los niños con TEA y discapacidades del desarrollo relacionadas, un sistema de comunicación funcional, autoiniciado y que se adquiere rápidamente (Bondy & Frost, 1998).

Por otro lado, Pyramid Educational Consultants (2014), implementa PECS en un entorno tecnológico, dando como recomendación que su uso y éxito se visualizará, solo si su implementación tiene lugar luego que el infante ha terminado satisfactoriamente las primeras cuatro Fases de PECS en un entorno tradicional. Como justificación, mencionan que la comunicación se basa en la interacción e intercambio de información entre dos o más personas. Por lo tanto, si se presenta PECS en un entorno tecnológico desde sus primeras fases no contribuye como parte del proceso de comunicación debido a que una herramienta tecnológica podría aislar o evitar ese intercambio de información.

En consecuencia, en la presente tesis y según Echavarría-Ramírez (2020), que hace referencia a recomendaciones para infantes con TEA durante el aislamiento social, se considera que las terapias por parte de los especialistas son muy importantes y las personas más cercanas a un infante con TEA son las familias, por lo tanto, son las más recomendadas para llevar una terapia en casa, debido a esto, se abre la necesidad de contar con herramientas tecnológicas que implementen técnicas como PECS que ellos puedan utilizar. Adicionalmente, PECS recomienda llevar a cabo el proceso de comunicación inicial de una manera convencional para luego pasar a un entorno tecnológico, para apoyar a los usuarios desde sus inicios, sin descartar la importancia que tiene la intervención convencional de comunicación.

## 1.4 Alcances

- El sistema este sujeto a una librería inicial con imágenes suministradas desde el portal web del Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC).
- Solo se puede instalar la aplicación en dispositivos móviles (celular y Tablet) con sistema operativo Android.
- El uso de la herramienta, por parte del infante, se realiza en un periodo no menor a un mes.
- El desarrollo de habilidades comunicativas este sujeto a las características propias de cada infante, su entorno y el apoyo de sus familiares.
- La herramienta permite agregar, seleccionar, editar y eliminar pictogramas.
- Según el DSM-V, el nivel de gravedad de autismo no determina la elegibilidad y provisión de servicios, por tal motivo, el nivel de gravedad no es excluyente para el uso de esta herramienta.
- Esta herramienta esta destinada para infantes con TEA, sin embargo, no es excluyente el uso de esta herramienta para infantes con una condición diferente siempre y cuando se haya consultado con un especialista.

## 1.5 Limitaciones

- Según Pyramid Educational Consultants (2014), el uso de herramientas tecnológicas basadas en PECS tiene buenos resultados si se aplica luego que un infante con TEA utilizó PECS de la manera tradicional hasta la fase 4, esto es, debido a que en las primeras fases de PECS se enseña a iniciar y desarrollar una interacción social. Sin embargo, la literatura revisada, demuestra que se puede

aplicar recursos tecnológicos a infantes con TEA siempre que se base en la recomendación de un especialista y se realice con la supervisión de una persona.

- Debido a la pandemia originada por el COVID-19 y la situación social en el momento de redactar esta investigación conlleva a que 25 de familias participen del uso de CMI-PECS
- Debido a las características de un infante con TEA según el DSM-V y el uso de recursos tecnológicos, esta herramienta puede presentar alguna de las siguientes situaciones:
  - El infante no permanece mucho tiempo interactuando con la herramienta debido a altos niveles de distracción
  - En momentos de estrés, existe la posibilidad de auto lastimarse con un aparato electrónico
  - Puede presentar fijaciones para los aparatos tecnológicos

Por tal motivo, se recomienda consultar a su médico personal especialista en TEA sobre el uso de este tipo de herramientas si se presenta alguna situación no esperada.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Desarrollar un PECS en un dispositivo móvil con el objetivo de servir como herramienta educativa para infantes con TEA que permite mejorar las habilidades comunicativas y sociales mediante el uso de pictogramas y puede ser utilizado por terapeutas y familiares debido a que sus funcionalidades fueron construidas ergonómicamente y el costo económico de adquisición es nulo a causa de que el producto se puede obtener gratuitamente.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Revisar y evaluar las técnicas, métodos o herramienta existentes en la literatura que permitan resolver el problema de estudio.
- Identificar la herramienta tecnológica que permita desarrollar habilidades sociales y comunicativas según el contexto de cada infante con TEA.
- Analizar el perfil del infante con TEA para el uso de la herramienta tecnológica.
- Construir el prototipo móvil de comunicación con PECS.
- Validar y analizar los resultados obtenidos.

## **1.7 Propuesta**

Crear una aplicación móvil para el sistema operativo Android que implemente todos los beneficios de un PECS tradicional e incorpore nuevas funcionalidades como digitalizar, visualizar y emitir sonidos de imágenes, mejorar la portabilidad de recursos, sin costo económico y permita mejorar la flexibilidad de crear contenido como imágenes o pictogramas.

## **1.8 Organización de la tesis**

La presente tesis se organiza en 6 capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el Capítulo 2, se presenta el estado del arte, se describen los trabajos relacionados con el presente problema, las técnicas utilizadas, los sistemas comerciales actuales, las herramientas que apoyan a la técnica elegida y los casos de éxito.

En el Capítulo 3, se describe el método propuesto, es decir, cual de todas las técnicas y métodos revisados en el capítulo anterior es la que mejor se ajusta al problema ha solucionar.

En el Capítulo 4, se presenta la metodología y los pasos necesarios para implementar la técnica elegida y se recolecta los datos obtenidos.

En el Capítulo 5, se realiza la prueba y validación de la herramienta planteada por esta tesis.

Finalmente, en el Capítulo 6, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

## **CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE**

Para el presente capítulo se desarrolla una descripción de los diversos estudios que se realizaron en forma cronológica en los últimos años para aumentar y proveer solución a los diversos problemas que enfrentan la comunidad TEA. Asimismo, se describe las técnicas, métodos, sistemas comerciales y herramientas que se utilizaron para resolver el problema en cuestión y finalmente se detalla los casos de éxito de cada investigación mencionada en las secciones previas.

### **2.1 Revisión de la literatura**

Según Garzón et al. (2013) con la investigación “Uso de una Interfaz Cerebro Computador como enlace interactivo, terapéutico y de un aprendizaje dirigido a personas con discapacidad cognitiva y motora”, plantearon el uso de principios de sinestesia y una Interfaz Cerebro Computador (BCI, del inglés Brain Computer Interface) que utilice Electroencefalogramas (EEG) portátiles para desarrollar aplicaciones en el campo de las terapias y entretenimiento, con el objetivo de 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.

De la misma forma, Chen et al. (2016) en el artículo “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” presentaron la construcción de un libro de cuentos que utiliza realidad aumentada (AR, del inglés Augmented Reality) basado en modelado de video (VM, del inglés Video Modeling) de tipo básico para desarrollar y atraer la atención de los infantes con TEA hacia señales sociales no verbales. Asimismo, en la investigación titulada “Learning with Technology: VM with Concrete Representational Abstract Sequencing for Students with

Autism Spectrum Disorder” por parte de Yakubova et al. (2016) desarrollaron un estudio basado en el uso de VM en conjunto con el proceso de aprendizaje llamado concreto – representacional – abstracto (CRA) para enseñar operaciones básicas como adición, sustracción y comparación de números a los infantes con TEA.

Por su parte, An et al. (2017) presentaron la investigación llamada “Development and evaluation of a speech-generating AAC mobile App for minimally verbal children with autism spectrum disorder in Mainland China” en la cual explican la implementación de un SAAC en dispositivos móviles con sistema operativo iOS y Android, con el objetivo de servir como herramientas generadoras de voz para promover habilidades comunicativas, particularmente solicitudes por parte de los infantes con TEA.

Un año después, Gardner y Wolfe (2018) en su artículo “Results of a Video Prompting Intervention Package Impacting Dishwashing Skill Acquisition for Adolescents With Autism” presentaron el uso de VM de tipo secuencial en conjunto con orientación graduada (GG, del inglés Graduated Guidance) para enseñar actividades de la vida diaria, como lavar platos, a los infantes con TEA. En este mismo contexto, García et al. (2018) en la investigación titulada “Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish” desarrollaron una herramienta en la cual los infantes con TEA seleccionan imágenes que son transformadas a palabras, para luego reestructurarlas y autocompletarlas, resultando así, una oración estructurada y con sentido que los infantes pueden utilizar para comunicarse o ejecutar peticiones hacia otras aplicaciones.

Según Kumazaki et al. (2019) en su artículo “Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders” presentaron el estudio relacionado con el uso de agentes



tecnológicos y robots semihumanoides como entidades de intervención para mejorar la orientación social de algunos infantes con TEA. Asimismo, Margherita y Constantine (2019) con la publicación de su investigación titulada “A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders” proponieron el desarrollo de tecnología de asistencia (AT, del inglés Assistive Technology) de comunicación vocal (VCT, del inglés Vocal Communication Tool) basadas en el diseño centrado en el usuario (UCD, del inglés User Centered Design), para crear un ambiente adecuado, en el cual se pueda realizar actividades de comunicación entre los TEA y sus familiares. Por otra parte, en un estudio denominado “Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions” se propuso la evaluación y uso de instrumentos que implementan realidad virtual (VR, del inglés Virtual Reality) en aulas de clase para simular un entorno social ergonómico para los TEA, para luego, presentarles el entorno real (Newbutt et al., 2019).

Un año después, Elshahawy et al. (2020) en su artículo “CodaRoutine: A Serious Game for Introducing Sequential Programming Concepts to Children with Autism” propusieron el diseño, implementación y evaluación de juegos serios que se enfoca en conceptos de programación secuencial para enseñar habilidades de resolución de problemas a los infantes con TEA.

## **2.2 Técnicas previamente aplicadas**

### **2.2.1 Principios de Sinestesia**

La sinestesia es un fenómeno de la percepción que consiste en la unión de dos o más sentidos ante un solo estímulo, una respuesta muy singular y particular de dos sensaciones cuando debería existir solo una. Como resultado, se obtiene fenómenos sensoriales de distinta índole como “palabras saboreadas”, “audiciones coloridas”, entre

otros que permiten la construcción de herramientas para la traducción de distintas disciplinas y creación de objetos intermediarios (Compeán, 2014).

Asimismo, Sanz (2016) en su reporte “Lo que nos ha enseñado la sinestesia” revela que de cada 25 personas, una sufre de sinestesia, en consecuencia, es más frecuente que el TEA. Por otro lado, investigaciones recientes han encontrado que el cerebro con sinestesia son hiperexcitables, es decir, se necesita menos estímulos para activar a las neuronas que las personas con cerebros típicos.

En consecuencia, existen hoy en día, muchas aplicaciones de esta característica, como por ejemplo Wicab, un aparato electrónico que actúa como el ojo humano pero tomando como interceptor a los sentidos del gusto (Wicab, 2020). En la Figura 2.1 se puede observar uno de los productos de esta empresa.

### **Figura 2.1.**

#### *BrainPort Vision Pro – 2nd Generation*



*Nota:* Ayuda visual electrónica oral que proporciona estimulación electro-táctil para ayudar a los pacientes profundamente ciegos en la orientación, movilidad y reconocimiento de objetos. Tomada de Wicab, 2020, (<https://www.wicab.com/brainport-vision-pro>)

En el Tabla 2.1 se mencionan algunas ventajas y desventajas de la sinestesia

**Tabla 2.1.**

*Ventajas y desventajas – Sinestesia*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite relaciones de diferentes estímulos en infantes con TEA, como la reacción emocional ante la percepción de imágenes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es aplicable a todas las personas.</li> <li>• El entrenamiento que se requiere para personas con TEA se vuelve más complejo de lo usual.</li> <li>• En algunos casos, el aparato no se puede adaptar a las necesidades de un usuario con TEA</li> </ul>

### **2.2.2 Realidad Virtual**

VR es una interfaz hombre – computador muy avanzado que simula un entorno realista y permite a los usuarios interactuar con este. Asimismo, implica la experiencia y creación de entornos. Como tal, su objetivo es colocar al participante en un ambiente que no se puede experimentar con facilidad o normalidad. Este puede abarcar desde un simulador de vuelo hasta un entorno sintético y la telepresencia (Latta y Oberg, 1994).

Entre los dispositivos que aplican VR se tiene a HTC View y Class VR, en la Figura 2.2 y 2.3 se pueden observar estos respectivamente.

**Figura 2.2.**

*Dispositivo VR – HTC Vive*



*Nota. Tomada de Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions por Newbutt et al. (2019)*

**Figura 2.3.**

*Dispositivo VR – Class VR*



*Nota. Tomada de Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions por Newbutt et al. (2019)*

En la Tabla 2.2 se muestran algunas ventajas y desventajas de estos dispositivos

**Tabla 2.2.**

*Ventajas y desventajas – VR*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite reflejar ambientes de difícil acceso.</li> <li>• Fácil de usar en videojuegos que no requieran movimientos complejos.</li> <li>• Para las personas con TEA permite anticipar a situaciones sociales reales mediante simulaciones y entrenamientos.</li> <li>• La complejidad del hardware y software llama la atención a los TEA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayoría de los dispositivos completos tiene un costo elevado.</li> <li>• La mayoría de los dispositivos de gama estándar no les permite a los usuarios moverse a libertad propia.</li> <li>• Algunos dispositivos utilizan cables que dificultan los movimientos.</li> <li>• Algunos niños con TEA tienen dificultades para interactuar con estos dispositivos y en algunos casos se requiere mayor nivel cognitivo.</li> </ul>

### **2.2.3 Realidad Aumentada**

AR es una variación de VR. Las tecnologías VR comúnmente sumergen, por completo, al usuario en un entorno sintético. Por lo tanto, el usuario observa un mundo diferente al real. Por el contrario, AR permite al usuario visualizar el mundo real pero además el agrega objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real (Azuma, 1997). De esta manera, AR complementa la realidad en lugar de reemplazarla y posee las siguientes características:

- Esta registrado en tres dimensiones
- Combina lo real con lo virtual
- Es interactivo en tiempo real

En la figura 2.4 se puede observar un ejemplo de como la realidad aumentada funciona y la Tabla 2.3 muestra las ventajas y desventajas de AR.

**Figura 2.4.**

*Realidad aumentada, una mesa real con una lámpara y dos sillas virtuales.*



*Nota.* Tomada de *A Survey of Augmented Reality*, por Azuma (1997),

**Tabla 2.3.**

*Ventajas y desventajas – AR*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debido a la complejidad, este sirve de herramienta atractiva para infantes con TEA.</li> <li>• Permite agregar características sociales, en los entornos, para infantes con TEA.</li> <li>• Se puede adaptar al contexto de cada infante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complejidad elevada para diseñar los escenarios.</li> <li>• Costo elevado para la construcción de ambientes.</li> <li>• Si se usan dispositivos móviles, se recomienda que sea de gama media o superior.</li> </ul>

## **2.2.4 Video Modeling**

VM es una estrategia basada en elementos visuales que tienen ilimitadas posibilidades de repetición. Este video ejemplifica un comportamiento deseado o una habilidad determinada que se espera que el infante lo imite. Esto es posible dado que los estudios demuestran que las personas con TEA son beneficiadas enormemente con imágenes porque estos son su principal fuente de aprendizaje (Ippolito, 2017).

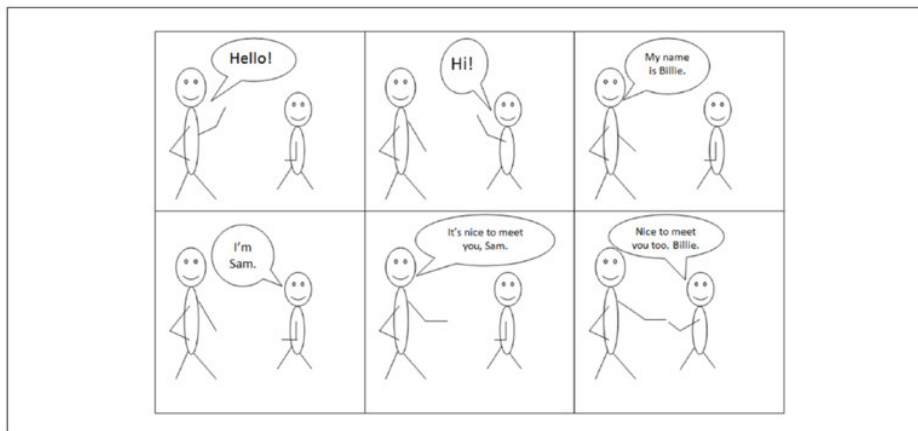
Existen muchos tipos de VM, entre los más destacados se tiene:

### **2.2.4.1 Video Modeling Basic**

El video es grabado por una persona que tiene relación con el infante objetivo, las acciones que se realizan en el video deberán describir las acciones que se desea que el infante imite. Además, la intervención del maestro es importante para crear el guion de la persona que actuará en el video y el ambiente debe reflejar un entorno natural. Por ejemplo, si se desea que el infante aprenda a entregar dinero en una tienda, el video deberá reflejar una bodega ejemplificando como una persona entrega dinero. Este tipo de herramienta es muy útil para personas que no tienen problemas de retención y habilidades que no requieran de muchos pasos (Hughes y Yakubova, 2016). En la Figura 2.5 se puede observar un ejemplo de escenas para habilidades sociales y en la Tabla 2.4 se muestran las ventajas y desventajas.

**Figura 2.5.**

*Ejemplo de escenas de un video para desarrollar habilidades sociales*



*Nota.* Tomado de *Video Self-Modeling Interventions for Students with Autism Spectrum Disorder*, por Schaeffer et al. (2016)

**Tabla 2.4.**

*Ventajas y desventajas – VM Basic*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite instrucciones consistentes con un entorno natural.</li> <li>• Herramienta utilizada y recomendada por maestros cuando se requiere imitar comportamientos deseados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunas personas con déficit de atención pueden ignorar los videos.</li> <li>• Se requiere de mucha intervención cuando se trata de habilidades sociales y reflejo de emociones.</li> </ul>

#### **2.2.4.2 Video Modeling - Prompting**

Son muy útiles cuando se intenta enseñar una habilidad que requiere realizar muchos pasos, es decir, el video se desarrolla como una serie de procesos la cual se presenta en forma de narración y se ejemplifica visualmente. Altamente recomendado



con estudiantes que luchan con la memoria a corto plazo, especialmente niños con TEA y aquellos que presentan dificultades para concentrarse (Ippolito, 2017).

Por otra parte, se ha demostrado la utilidad de esta estrategia cuando se trata de incrementar alguna de las siguientes habilidades: sociales, comunicativas, conductuales, vocacionales, de independencia, de autoayuda y de juego. En la Tabla 2.5 se muestran algunas ventajas y desventajas.

**Tabla 2.5.**

*Ventajas y desventajas – VM Prompting*

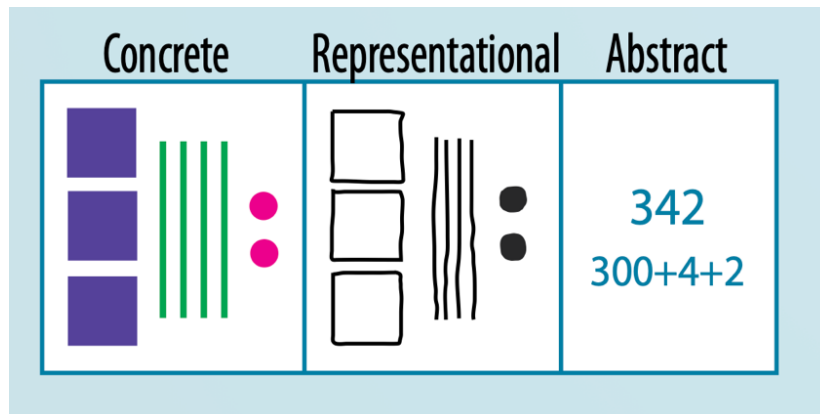
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como herramienta visual, beneficia a infantes con TEA.</li> <li>• No requiere mucha complejidad de aprendizaje por parte del infante.</li> <li>• Los procedimientos por pasos permiten controlar el progreso y medir su desempeño por etapas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En videos con muchos pasos, el infante pierde el interés rápidamente</li> <li>• En un contexto de bajos recursos económicos, se tiene obstáculos para obtener los materiales necesarios para construir el video.</li> </ul>

### **2.2.5 Concrete – Representational – Abstract Sequencing**

CRA tiene sus inicios por el año 1965, con el trabajo Brunner y Kenney que lo definen como estados de una representación. Es decir, es un proceso de aprendizaje que consta de tres estados donde el estudiante aprende desde una manipulación física de objetos concretos, pasando por una representación pictográfica del objeto concreto, para finalizar en una representación abstracta (Pennsylvania Training and Technical Assistance Network [PaTTAN], 2017). En la Figura 2.6 se puede observar un ejemplo de CRA para el caso de la adición.

**Figura 2.6.**

*Representación concreta-abstracta para la operación de la adición*



*Nota.* Tomado de *Concrete-Representational-Abstract (CRA): Instructional Sequence for Mathematics*, por Pennsylvania Training and Technical Assistance Network ([https://www.pattan.net/getmedia/9059e5f0-7edc-4391-8c8e-ebaf8c3c95d6/CRA\\_Methods0117](https://www.pattan.net/getmedia/9059e5f0-7edc-4391-8c8e-ebaf8c3c95d6/CRA_Methods0117))

Esta estrategia, no solo se utiliza en niños con TEA, lo que permite un método inclusivo de trabajo grupal. Además, el profesor deberá proveer oportunidades y representaciones de objetos concretos que ayuden a los alumnos a entender el conocimiento que se quiere desarrollar. Para niños con TEA, sirve como un puente de comunicación entre los conceptos abstractos hablando específicamente de matemática y la representación mental que ellos manejan debido a su condición. En la Tabla 2.6 se puede observar las ventajas y las desventajas de esta estrategia.

**Tabla 2.6.***Ventajas y desventajas – CRA*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sirve como puente entre los conceptos abstractos y un infante mediante el uso de objetos concretos.</li> <li>• Se puede complementar con otras herramientas como VM.</li> <li>• Esta herramienta se puede utilizar en cualquier nivel de TEA debido a que ellos aprenden desde un nivel básico concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si no se representa bien el conocimiento a un nivel concreto, puede traer confusiones.</li> <li>• Llegar a una representación abstracta es muy difícil para infantes con TEA.</li> </ul>

**2.2.6 SAAC - PECS**

Según Tamarit (1989), existen muchas variaciones sobre el término SAAC, pero todos reflejan el mismo concepto, es decir, como instrumentos 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 sí solos o en conjunto con código vocales o no vocales.

Asimismo, estos son formas de expresiones diferentes del lenguaje hablado, orientado a fomentar el mayor desarrollo del lenguaje y de la comunicación (alternativo) y compensar los déficits, facilitando la capacidad de cubrir los objetivos equivalentes a la mayoría de las personas, pero de diferente manera (aumentativa) (Basil Almirall, 2020).

Según Lloyd y Karlan (1984), estos sistemas tienen varias técnicas y tipos que se utilizan de acuerdo con la condición de la persona, estos se pueden clasificar en dos tipos:

- **Sistemas sin ayuda:** No se utilizan herramientas externas a la persona, se recurre a elementos del propio cuerpo como por ejemplos las expresiones corporales.
- **Sistemas con ayuda:** Se utilizan herramientas externas a la persona, es decir, se apoyan en herramientas físicas para lograr la comunicación.

Dentro de los sistemas con ayuda, se ubica 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. Asimismo, este consiste en el intercambio de imágenes entre una persona, sin o con poco lenguaje y un receptor comunicativo. 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 (S. Bondy & A. Frost, 1994).

El sistema PECS se desarrolla en 6 fases:

- **Fase I – “Cómo” comunicarse:** Como comunicarse mediante el intercambio entre imagen por parte del niño y la persona que iniciará la comunicación.
- **Fase II – Distancia y persistencia:** Persistencia en buscar nuevas imágenes e intercambiarlas por objetos para crear una comunicación más bidireccional. Además, busca generalizar este comportamiento en diferentes lugares.
- **Fase III - Discriminación de imágenes:** Se le presenta dos o más imágenes, de los cuales aprende a discriminar y seleccionar solo los de su interés.
- **Fase IV - Estructura de la oración:** Se desarrolla la estructura y forma de pedir algo a alguien, por ejemplo, si se desea algo, se puede empezar por la palabra “quiero ...”

- **Fase V - Responder a ¿Qué quieres?:** Se enseña a responder esta pregunta para crear un mecanismo de inicio de comunicación
- **Fase VI - Comentar:** Se enseña a comentar y/o emitir nuevas peticiones o formular preguntas acerca de su entorno.

En la Figura 2.7 se puede observar como la persona emite una imagen que representa para él obtener las canicas y por parte de la persona encargada proveer de los objetos que describen en la imagen.

**Figura 2.7.**

*Paso de entregar el objeto deseado en PECS*



*Nota.* Tomado de Autismo Diario, *¿Qué es el PECS o Picture Exchange Communication System?*, 2020, (<https://autismodiario.com/2014/06/17/que-es-el-picture-exchange-communication-system-o-pecs/>)

En el Tabla 2.7 se mencionan algunas ventajas y desventajas de los SAAC - PECS

**Tabla 2.7.**

*Ventajas y desventajas – Sistemas Alternativo Aumentativo de Comunicación*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede establecer reglas fácilmente</li> <li>• Permite relacionar objetos con palabras y frases, creando una relación que perdura en el tiempo.</li> <li>• Permite describir sentimientos mediante imágenes</li> <li>• En algunos casos, el significado de un objeto no esta determinado, lo que permite definir conceptos propios para cada persona.</li> <li>• El uso de imágenes favorece la comprensión de conceptos debido a que los niños con TEA son aprendices visuales.</li> <li>• La imagen que representa al objeto es concreta y de fácil entendimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede crear una fijación o dependencia</li> <li>• Puede crear una mecanización del proceso de aprendizaje, olvidando el razonamiento de por medio.</li> <li>• La comunicación depende de la herramienta.</li> </ul>

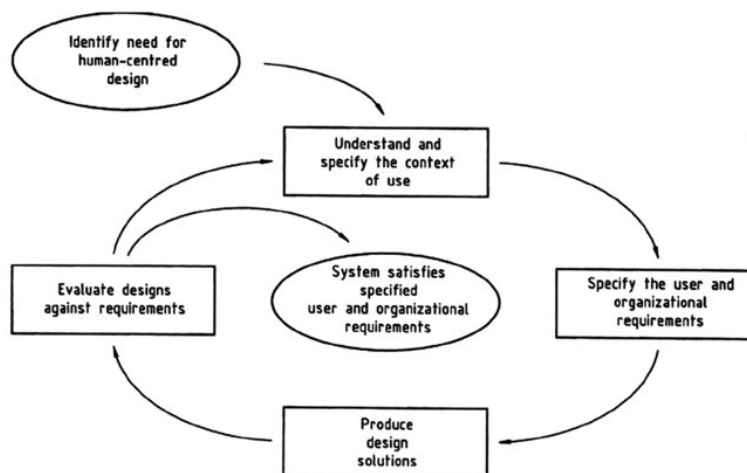
### **2.2.7 Diseño centrado en el usuario**

Según Abras et al. (2004), UCD es un término que describe el proceso de diseño en el cual los usuarios finales influyen en el proceso de desarrollo. Esto involucra una filosofía para construir productos finales y también una serie de métodos recomendados para llegar concretarlos. Asimismo, el objetivo es la utilización del producto final como se propuso y con un mínimo esfuerzo para aprender a utilizarlo.

Por otra parte, existen estándares relacionados con la usabilidad, este es el caso de ISO-13407 que establece una serie de reglas y este provee un guía basado en las actividades de diseño centradas en el usuario a lo largo del ciclo de vida de los sistemas interactivos basados en computadoras (Jokela et al., 2003). En la Figura 2.10 se muestra el flujo que sigue este estándar.

### Figura 2.8.

*Diagrama del ciclo de UCD según ISO 13407*



*Nota.* Tomado de *The Standard of User-Centered Design and the Standard Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11*, por Jokela et al. (2003)

El diseño centrado en el usuario es un buen enfoque para construir herramientas para personas con TEA, dado que una de las características principales es el bajo nivel social y poca comunicación; los usuarios encargados de participar en un UCD son los padres, profesores, terapeutas y todas las personas de su alrededor. Esto no es una barrera para preguntar al infante con TEA sobre su opinión de la herramienta, si y solo si esta en la capacidad sin la menor presión de responder. (A. Margherita & S. Constantine, 2019)

En la Tabla 2.8 se muestra las ventajas y desventajas del UCD

**Tabla 2.8.***Ventajas y desventajas – UCD*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos son más eficientes, efectivos y seguros.</li> <li>• Soporte en gestionar las expectativas del usuario y los niveles de satisfacción del producto.</li> <li>• Los usuarios desarrollan un sentido de propiedad del producto.</li> <li>• Con soluciones colaborativas se crea ideas innovadoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera un mayor costo en el desarrollo del producto.</li> <li>• Se necesita mayor tiempo para desarrollar la herramienta.</li> <li>• Posibilidad de integrar más personas para construir un producto.</li> <li>• Dificultades en traducir la data a diseño.</li> </ul>

Nota. Tomado de User-Centered Design, por Abras et al. (2004)

### **2.2.8 Juegos Serios**

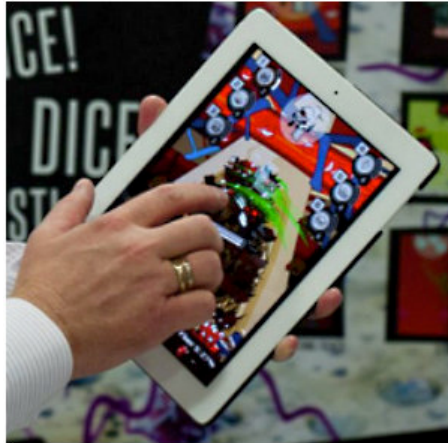
Un juego serio se define como un juego digital creado con la intención de entretener y lograr en lo posible un objetivo adicional, por ejemplo, aprendizaje o salud (Dörner et al., 2016). Estos objetivos adicionales se denominan objetivos característicos, además, estos tienen otra utilidad, como, por ejemplo:

- Reclutamiento de soldados, es decir, se les presenta un entrenamiento básico a través de estos juegos
- Pacientes con cáncer, se trata de un juego serio donde un robot es encargado de eliminar el cáncer y la infección. De esta manera se busca concientizar e informar a los pacientes acerca de los tratamientos contra el cáncer y de ser posible cambiar su actitud. En la Figura 2.9 se puede observar este juego en una Tablet.



**Figura 2.9.**

*Juego Serio Re-Mission 2 ejecutado en una Tablet*



*Nota.* Tomado de *Re-Mission: where it all began*, por Hopelab (2020)

- Distracciones a personas con quemaduras, es un juego serio en primera persona que se encarga de lanzar bolas de nuevo y el objetivo es distraer al paciente mientras recibe su tratamiento.

En la Tabla 2.9 se puede observar algunas ventajas y desventajas

**Tabla 2.9.***Ventajas y desventajas – Juegos Serios*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite obtener habilidades cognitivas.</li> <li>• Aumenta el efecto positivo del aprendizaje.</li> <li>• En algunos casos aumenta el nivel anímico de los participantes.</li> <li>• Fomenta la participación en las actividades de aprendizaje.</li> <li>• Con la ayuda de juegos serios se puede aprender en cualquier momento sin estar limitado por un horario de estudio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos juegos serios pueden sobrecargar el trabajo mental.</li> <li>• Hay posibilidades de disminuir la eficacia del aprendizaje debido al excesivo trabajo mental.</li> </ul>

Nota: Tomado de *Un Meta-Análisis sobre el uso de juegos serios en educación*, por Zhonggen (2019)

### 2.2.9 Agentes Tecnológicos - Robots Sociales

Los agentes tecnológicos, particularmente llamados robots sociales, son entidades destinadas hacia actividades sociales como el aprendizaje, entretenimiento, ocio, entre otros; el cual se distingue de otros aparatos comunes porque como parte de su estructura contiene un software especial que le permite realizar estas actividades.

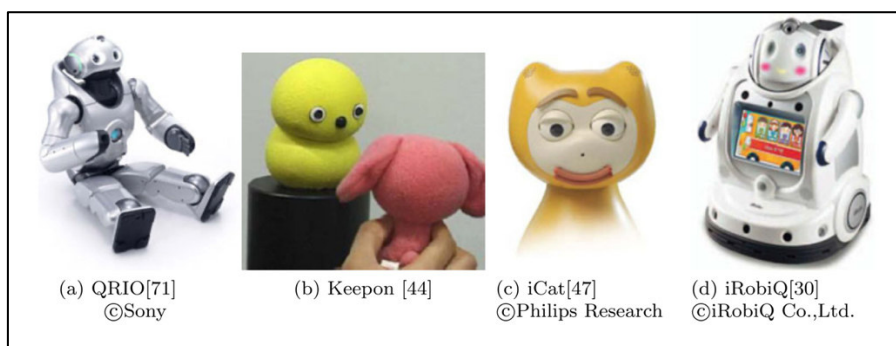
Entre las principales diferencias con los robots convencionales, se encuentra el diseño para tener una interacción con su entorno. Para cumplir con este objetivo, tienen muchas características como, por ejemplo, percibir emociones, interpretar señales de comunicación no verbal, entablar relaciones sociales conforme a las necesidades y están programados para proveer respuestas positivas en todo momento. Por otra parte, existen características más sofisticadas que están relacionadas con el aprendizaje del propio

agente, es decir, tienen la capacidad de aprender de su entorno y enriquecer su conocimiento para dar una respuesta mejor y en base a su experiencia.

En la Figura 2.10 se puede observar la apariencia física de algunos agentes tecnológicos

**Figura 2.10.**

*Robots utilizados para el aprendizaje a largo plazo y sus diferentes apariencias físicas.*



*Nota.* Tomado de *Social Robots for Long-Term Interaction: A Survey*, por Leite et al. (2013)

En la Tabla 2.10 se menciona algunas ventajas y desventajas de los agentes tecnológicos

**Tabla 2.10.**

*Ventajas y desventajas – Agentes Tecnológicos*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite conectar, de manera más sencilla, con el entorno a niños con TEA.</li> <li>• La interacción mediante gestos, señas, expresiones y contacto resultan atractivos para niños con TEA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los efectos a largo plazo aun no se han comprobado.</li> <li>• La complejidad y costos de este tipo de herramientas es muy alto.</li> </ul>

### 2.2.10 Procesamiento del Lenguaje Natural

El área del procesamiento del lenguaje natural (NLP, del inglés Natural Language Processing) es el campo de la Inteligencia Artificial que por una parte investiga las propiedades del lenguaje humano escrito para modelar los mecanismos cognitivos subyacentes a la comprensión y producción del lenguaje escrito y, por otra parte, desarrolla aplicaciones que involucra el procesamiento de la inteligencia del lenguaje humano mediante ordenadores (Indurkha y Damerau, 2010).

Para representar los objetivos del NLP, según Elizabeth D. Liddy, se tiene los siguientes niveles (Liddy, 2001):

- **Nivel Fonológico:** Para este nivel existen 3 reglas que se necesitan para realizar el análisis
  - Reglas fonéticas: Se refiere a los sonidos con palabras
  - Reglas fonémicas: Variación de la pronunciación cuando se relacionan palabras
  - Reglas prosódicas: Se refiere a las entonaciones del mensaje
- **Nivel Morfológico:** Este nivel se refiere a la estructura natural de la palabra, es decir, las unidades mas pequeñas con significado. Por ejemplo, si tenemos la palabra exalumno, podemos separar en dos partes, “ex” que viene a ser el prefijo y “alumno” viene a ser la raíz, estos morfemas tienen significado propio a través de las palabras, esto hace que podamos utilizarlas y crear otras palabras.
- **Nivel Léxico:** En el nivel léxico se presta importancia al significado de la palabra y muy relacionado al contexto que pertenece, para esto se basa en algunos factores como puede ser el origen de la palabra y las relaciones que existe entre palabra y concepto.

- **Nivel Sintáctico:** Este nivel se encarga de ver la categoría gramatical de la palabra en la oración, además, observa las relaciones de dependencia estructural y jerárquica que existe entre ellas.
- **Nivel semántico:** El nivel semántico denota los diferentes significados de una oración con respecto al significado individual de cada palabra en la oración, por ejemplo, si una palabra tiene muchos significados se necesitará un analizador semántico conocer toda la oración para determinar el significado de esa palabra.
- **Nivel de discurso:** En este nivel se enfoca en las relaciones que existe entre oraciones, es decir, se centra en las propiedades del texto total que se componen y adquieren significado uniendo oraciones.
- **Nivel pragmático:** Se refiere a la deducción del significado de una oración sin conocer todos los componentes, es decir, se puede utilizar el contexto más allá del contenido de la oración para su comprensión.

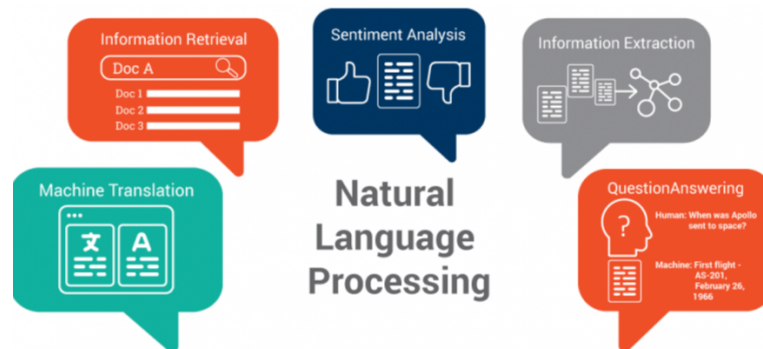
El NLP tiene los siguientes enfoques:

- **Enfoque simbólico:** En este enfoque se observa la construcción de estructuras complejas con significado lingüístico (fonemas, morfológicos, sintáctico, etc.) a través de estos componentes se da sentido y significado a la oración formada (Pascual, 2012)
- **Enfoque estadístico:** En este enfoque se observa que no se tiene una estructura para definir un sistema o estructura con significado lingüístico, por el contrario, utilizan técnicas matemáticas con el fin de inferir esas reglas. (Pascual, 2012)

En la Figura 2.11 se puede observar algunas de las aplicaciones del NLP

**Figura 2.11.**

*Algunas aplicaciones del NLP*



Nota. Tomado de Natural Language Processing, por Mall (2020),

(<https://medium.com/@mallrishabh52/natural-language-processing-2913817282c1>)

El NLP es un área muy extensa en la Inteligencia Artificial, pero muy utilizada. Por ejemplo, ayuda a encontrar información importante de acuerdo con los intereses, realiza un análisis del texto para adaptar este al usuario de acuerdo con sus conocimientos y también puede determinar el sentimiento que una persona tiene hacia un objeto o ante una situación. En la Tabla 2.11 se puede observar las ventajas y desventajas.

**Tabla 2.11.**

*Ventajas y desventajas – Procesamiento del lenguaje natural*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede traducir pictogramas mediante texto.</li> <li>• Se puede analizar análisis emocional de textos.</li> <li>• Se puede facilitar resúmenes y acceso a la información con menor detalle y concretos para niños con problemas cognitivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se produce confusiones con textos y expresiones que son ambiguos.</li> <li>• En algunos casos se desconoce el contexto del texto.</li> <li>• Depende de un gran procesamiento y entrenamiento.</li> </ul>

## 2.3 Sistemas comerciales

- **Livox:** Es una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, el cual implementa un SAAC con el uso de Inteligencia Artificial. Asimismo, ante la presencia de discapacidad física, este permite agregar sensores para complementar esta deficiencia, además, agrega muchas configuraciones acordes al nivel del infante y permite adaptar el contenido para ellos. Actualmente han ayudado a más de 13 millones de personas y contiene paquetes de suscripción para adquirir el producto y sus complementos (Livox, 2019). En la Figura 2.12 se muestra la adaptación en una Tablet de esta aplicación.

**Figura 2.12.**

*Implementación de Livox para personas con discapacidad*



*Nota.* Tomada de Livox, 2019, (<https://livox.com.br>).

- **Emotiv Epoc:** Es un sistema EEG portable de alta resolución con 14 canales, que permite tomar medidas fácil y rápido para investigaciones prácticas o de uso personal. Estos no están destinados para el tratamiento o diagnóstico de enfermedades, ni como dispositivos médicos. Permite una buena cobertura de

todos los lóbulos para mayor precisión y medición. Este sistema, tiene muchas aplicaciones entre las que destacan los videojuegos. En la Figura 2.13 se puede observar las características físicas de este sistema.

### Figura 2.13.

#### *Emotiv EPOC+ con sus características físicas*



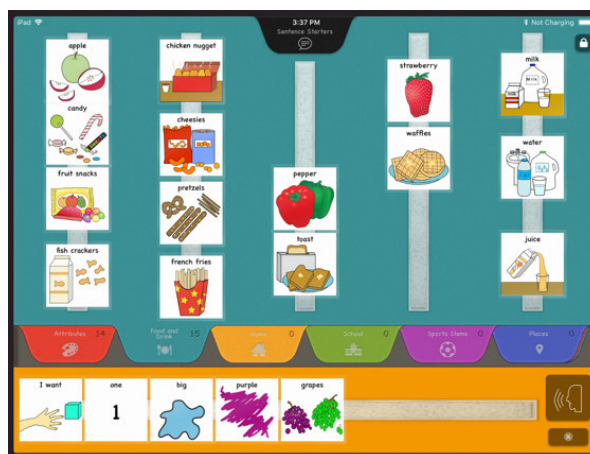
Nota. Tomado de *Emotiv Epoc*, por Emotiv (2021)

- **PECS IV+:** Según Pyramid Educational Consultants (2014), PECS IV+ es un SAAC que permite realizar la transición desde un PECS tradicional (cuaderno físico) hacia uno digital. Como características principales se tiene la emisión de sonidos y posicionamientos de imágenes en tiras de colores, asimismo, recomienda como requisito principal que el infante haya creado una persistencia de identificar y aproximarse a receptores comunicativos y tenga habilidades de discriminación de imágenes. Actualmente se encuentra con un precio aproximado de 280 soles. En la Figura 2.14 se muestra una de las pantallas de este aplicación.



**Figura 2.14.**

*Pantalla de interacción de PECS IV+*



Fuente: Tomado de *PECS® a VOCA: Guía y recomendaciones para una transición exitosa*, por Pyramid Educational Consultants (2014)

## 2.4 Herramientas para el desarrollo del SAAC

- Librerías de NLP:** Según Gudivada y Arbabifard (2018), NLP es un dominio interdisciplinario que permite comprender el lenguaje natural y habilita la comunicación humana – Computador. Asimismo, con el avance rápido de la tecnología aparecen herramientas, entre los cuales destacan: Natural Language Toolkit, Stanford CoreNLP Toolset, Apache OpenNLP, entre otros. La mayoría son usados para tareas como análisis de sentimiento, traducción, clasificación, entre otros. Además, no se considera que una herramienta sea mejor que la otra, solo que según el conjunto de datos de prueba y el tipo de problema NLP que se quiera evaluar, se pueden obtener diversos resultados.

En este mismo contexto, SimpleNLG, que es una Aplicación Programming Interfaz (API) desarrollada en Java que facilita la generación del lenguaje natural. Este fue desarrollado por Ehud Reiter en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Aberdeen en Reino Unido. Entre sus

características mas importantes tiene un sistema léxico/morfológico y la generación de textos a partir de una forma sintáctica (Ehud Reiter, 2020).

- **Interfaz Cerebro – Computador:** Son herramientas tecnológicas que se apoya en un EEG y un computador para servir como medio de comunicación entre personas con deficiencia motora severa y su entorno, cuya dependencia no exige ningún esfuerzo muscular, por el contrario, utiliza señales neurofisiológicas capturados por el EEG (Gentiletti et al. 2007).

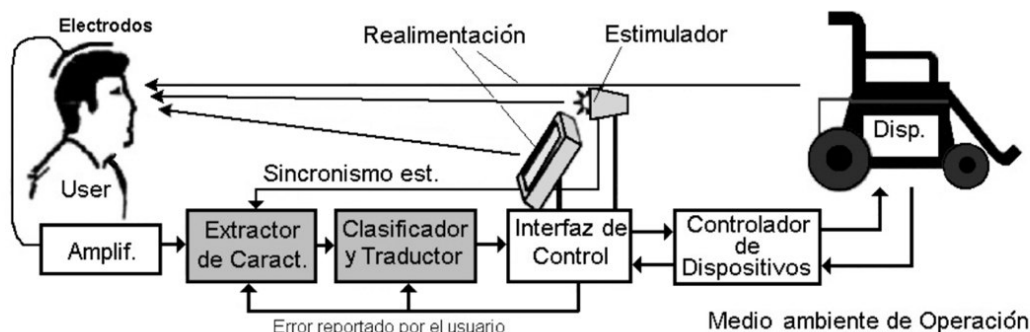
Según el tipo de electrodos que se utilizan para el registro, se pueden clasificar en:

- BCI Invasivas: Se refiere al tipo de registro intracraneal, es decir, se implanta microelectrodos en la corteza cerebral, estos registrar las señales que emiten los potenciales de acción de un grupo de neuronas.
- BCI No Invasivas: Se refiere al tipo de registro extracraneal, es decir, se coloca electrodos en la cabeza para luego ser registrados por un EEG y/o potenciales evocados (EP)

En la Figura 2.15 se puede observar un modelo funcional para un BCI planteado por Mason y Birch.

**Figura 2.15.**

*Modelo funcional de un sistema BCI genérico*



*Nota.* Tomado de *A General Framework for Brain-Computer Interface Design*, por Mason y Birch (2003)

- **Tecnología de Asistencia:** Según la OMS, AT es una expresión genérica que designa todos los sistemas y servicios relacionados con la utilización de productos de asistencia y la prestación de servicios al respecto. Se puede dividir en dos tipos:
  - Dispositivos de tecnología de asistencia: Se refiere a alguna pieza de equipo, artículo, sistema de productos, listo para usar, modificado o personalizado que se utiliza para aumentar, mantener o mejorar la funcionalidad de una persona con discapacidad (OMS, 2020)
  - Servicios de tecnología de asistencia: Se refiere al servicio de asistencia directa para niños en la selección, adquisición o uso de un dispositivo de tecnología de asistencia (OMS, 2020). Entre sus alcances presenta: las evaluaciones de un niño con discapacidad; comprar, arrendar o adquirir de alguna manera un dispositivo de tecnología de asistencia; seleccionar, reparar, diseñar, personalizar o reemplazar el dispositivo de tecnología de asistencia, coordinar y utilizar otros terapias, intervenciones o servicios de tecnología de asistencia, entre otros.

En la Figura 2.16 se puede observar a Ingenieros de Intel que trabajaron en conjunto con Stephen Hawking, para diseñar su AT.

**Figura 2.16.**

*Stephen Hawking con algunos Ingenieros de Intel en el desarrollo de su AT*



*Nota.* Tomado de *Stephen Hawking: Intel Helped Give Him His Voice*, por Intel (2018), (<https://newsroom.intel.com/news/stephen-hawking-intel-helped-give-voice/#gs.gu77g5>)

## 2.5 Casos de éxito

### 2.5.1 Uso de una BCI (Brain Computer Interface) como enlace interactivo, terapéutico y de aprendizaje dirigido a personas con discapacidad cognitiva y motora

Garzón et al. (2013) con el artículo “Uso de una BCI como enlace interactivo, terapéutico y de un aprendizaje dirigido a personas con discapacidad cognitiva y motora” publicado en la Undécima Conferencia LACCEI de América Latina y el Caribe para Ingeniería y Tecnología - Cancún, México, presentaron un estudio sobre las nuevas formas de comunicación en personas con deficiencia motora y cognitiva. En sus estudios, mencionaron que el uso de herramientas tecnológicas en patologías como parálisis cerebral es casi imposible debido a la incapacidad motora del mismo, por otro lado, en el retraso mental o síndrome de Down, la limitación viene por el lado cognitivo. Asimismo,

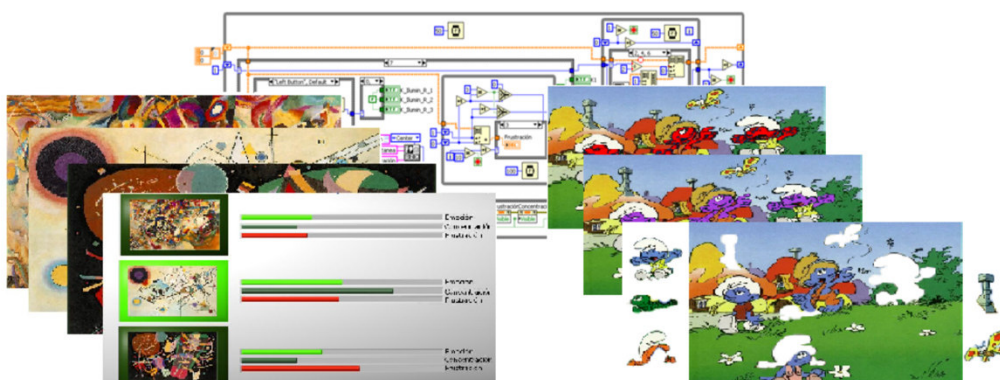
si a estos le agregamos el factor social, se tiene un alto grado de discriminación y exclusión para personas con discapacidad. En consecuencia, implementaron principios de sinestesia para evaluar las reacciones de los usuarios ante el estímulo de imágenes, de esta manera se identificó donde se encuentran en mayor nivel la concentración y emoción.

El sistema desarrollado utiliza el emotiv EPOC, una herramienta que utiliza exploración encefalográfica mediante una cantidad de sensores ubicados en la cabeza, para luego detectar las diferentes frecuencias producidas por el procesamiento cerebral ante algún estímulo, además, esta herramienta utiliza componentes complementarios como auriculares entre otros, que permiten descifrar las frecuencias.

Con la ayuda de un BCI se planteó un sistema que contiene dos suites, la primera llamada suite sinestesia, que se encarga de evaluar la emoción, concentración y frustración, y la otra suite motora, esta derivada para un desenvolvimiento motriz y social. En la Figura 2.17 se puede observar estas dos suites.

**Figura 2.17.**

*Suite sinestesia(izquierda) y suite motora (derecha)*



Nota. Tomado de *Uso de una BCI (Brain Computer Interface) como enlace interactivo, terapéutico y de aprendizaje dirigido a personas con discapacidad cognitiva y motora*, por Garzón et al. (2013)

La suite Sinestesia se encarga de registrar los datos cuando el paciente esta reaccionando emocionalmente ante estímulos (imágenes), estos datos son categorizados con respecto al tipo de emoción generado y ubicados en una matriz para facilitar la comparación y evaluación. Por otra parte, la suite motora se encarga de complementar la parte de la terapia y ayuda a estimular el aprendizaje, para lograr esto utiliza de entrada los datos recogidos en la suite sinestesia, en consecuencia, si se presenta la lectura de un estímulo ya registrado, se asocia una determinada emoción a esa lectura.

Luego de varias pruebas y ajustes, se obtuvieron algunos resultados destacados como:

- **Aprendizaje de conceptos:** Se planteó una secuencia de colores para que los pacientes lo recordaran. Se observó que el BCI ayuda al reconocimiento de una manera didáctica a comparación de utilizar una imagen estática.
- **Seguimiento de instrucciones:** Se observó un mayor reconocimiento y seguimiento de instrucciones con la ayuda de un BCI a comparación de una dinámica visual.
- **Relación Social:** Las terapias con el uso de BCI ayudan a evaluar y desarrollar el desenvolviendo de la persona.

Finalmente, concluyeron que para pacientes con alguna de las discapacidades mencionadas anteriormente se requiere un terapeuta que ayude en el proceso de socialización, además, observaron que mediante el uso BCI se estimula a los pacientes en asistir a las terapias y estimular sus habilidades, por parte de los terapeutas, afirmaron que es una herramienta muy útil que permite medir las habilidades de cada paciente y reconocer sus deficiencias.

### **2.5.2 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**

Chen et al. (2016) en su artículo “Libro de cuentos con señales faciales no verbales que utiliza AR basada en VM para mejora la percepción y juicio de expresiones faciales y emotivas en infantes con TEA” publicada en ELSEVIER, describe que algunas personas con TEA son relativamente hábiles hacia la comunicación social, pero encuentran barreras en la comunicación no verbal. Esto hace que no reconozcan gestos no verbales o señales social que son el efecto del contacto visual y atención conjunta atípica. En consecuencia, encontraron que las personas con TEA normalmente prestan más atención a los objetos inanimados, debido a esto, plantean uso de AR basado en VM de tipo básico para ayudar a dirigir la atención de los TEA hacia esas señales sociales y no verbales. Como parte su metodología, se describe los siguientes procesos:

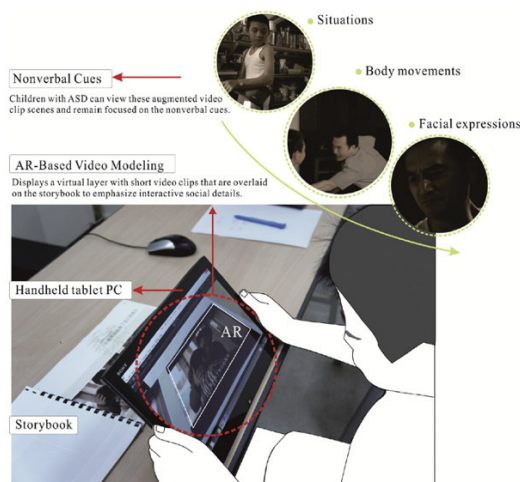
- **Participantes:** Se reclutaron seis adolescentes con las siguientes características:
  - Diagnostico de TEA según DSM-IV
  - Ninguna otra discapacidad o comorbilidad diagnosticada
  - No consumir medicamentos para enfermedades auto diagnosticadas.
  - No tener historial de alguna otra terapia
- **Desarrollo de AR basado en VM:** Se utilizó videos que describen las actividades diarias y momentos sociales de cada persona. Asimismo, los fragmentos de video fueron recortados de acuerdo con el contexto, remarcando las señales sociales, esto es, animarlos a visualizar un video breve y coherente. De esta manera los terapeutas pudieron comprender lo que realmente sucede en la vida de los infantes con TEA.

- **Escenario:** En un cuarto, se le presento el libro de cuentos a lo niños y se le pidió que seleccionen la emoción correcta según su criterio. Luego, se le presentó una Tablet y se localizó frente al libro de cuentos, de esta manera, el niño visualizaba un video corto sobre el fragmento y comprendía un poco más la escena.
- **Experimento**
  - **Línea Base:** Se les presentó los fragmentos a los niños y se les preguntó sobre cual era la emoción que más describía esa escena.
  - **Intervención:** Luego de observar la respuesta de cada infante, se procede a mostrar un dispositivo que contiene el producto (AR basado en VM), de esta manera se comprende el contexto de lo que el fragmento representa y se le pide al infante que elija una de las emociones. En caso de error, se le hace aclaraciones de la escena para crear una relación correcta entre la emoción y la escena presentada. En la Figura 2.18 se puede observar como se le presenta y utiliza el infante la herramienta.



**Figura 2.18.**

*Uso del libro de cuentos con AR basado en VM por parte del infante con TEA*



*Nota. Tomado de 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, por Chen et al. (2016)*

- **Mantenimiento:** Luego de cuatro semanas, realizan un procedimiento como la línea base para observar si el infante recuerda o puede deducir la emoción correcta para la escena.

Entre los resultados se encuentra un niño que logró una precisión mayor al 80% en las preguntas. Asimismo, los demás participantes obtuvieron resultados similares. Esto evidencia que un libro de cuentos que usa de AR basado en VM ayuda a reconocer las emociones y señales sociales mediante los escenarios que se presentan, en consecuencia, luego de un entrenamiento, los TEA puedan asimilar y comprender las emociones de las personas. Lo cual, es una habilidad que está muy afectada por su condición.

### 2.5.3 Learning with Technology: VM with Concrete Representational Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder

El artículo “Aprendizaje con tecnología: VM con secuencia de CRA para estudiantes con TEA” presentado por Yakubova et al. (2016) en la revista CrossMark, describe la importancia de enseñar, a los infantes con TEA, operaciones matemáticas básicas dado que estas se aplican en diversas actividades de la vida diaria. En el mismo contexto, identificaron que los TEA necesitan un método de aprendizaje que se ajuste a sus características cognitivas. En tal sentido, encontraron CRA, que permite la enseñanza a través de objetos concretos, pasando por modelos que representan a objetos concretos y finalmente un modelo abstracto del mismo. Por otro lado, para representar CRA en un ambiente tecnológico utilizaron VM de tipo básico, que, según sus investigaciones, tienen buenos resultados y producen interés visual. De esta manera los instructores grabaron videos realizando operaciones matemáticas utilizando CRA, para luego presentarlos a los infantes con TEA. Para su implementación plantearon los siguientes procedimientos:

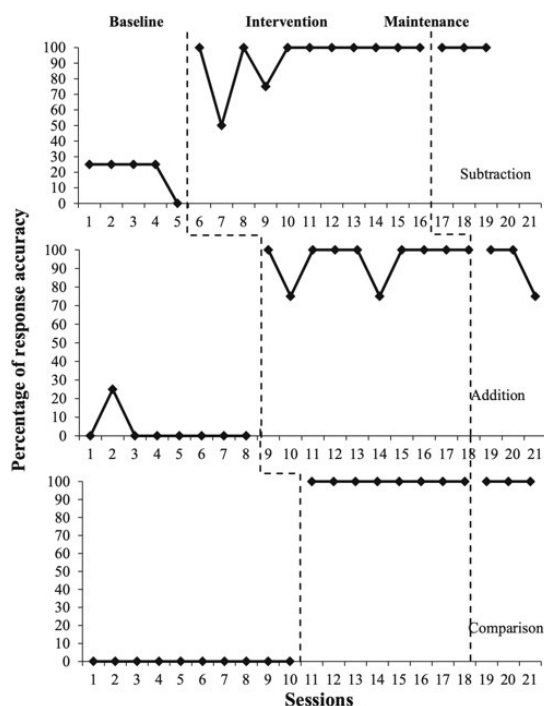
- **Participantes:** Se eligieron cuatro niños con los siguientes criterios
  - Ser diagnosticados con TEA basado en el DSM-V
  - Presentar dificultades matemáticas según un instructor
  - Presentar poca experiencia con CRA y VM
  - Voluntad de participar
  
- **Variable Independiente:** El CRA y una hoja de referencia de los pasos representaba esta variable. Los videos grabados en primera persona utilizando una hoja y crayones eran los modelos de imitación. Además, en las sesiones al infante se le entregaba una hoja con crayones para imitar lo que el video indicaba.

- **Variable Dependiente:** La precisión en a la resolución de problemas que implican restas, sumas y comparación de números representan esta variable. Es decir, el porcentaje de respuestas correctas de las actividades que realizaron los infantes.
- **Escenario:** Los ensayos se llevaron a cabo en el centro de estudio mediante el uso de un iPad con la menor cantidad de distracciones. Asimismo, el tiempo de entrenamiento de cada infante era variable.
- **Procedimiento:** Los infantes participaron tres días a la semana en un total de 23 días en las siguientes etapas.
  - Línea de Base: En una sesión de 15 a 10 minutos se le presentó al infante cuatro problemas con la finalidad que los resuelva observando un video referencial en el iPad.
  - Intervención: Si el infante presentaba problemas en las operaciones propuestas, un instructor, en aproximadamente, 30 minutos ayudaba al infante. Asimismo, se podía observar el video cuando sea necesario por parte del infante.
  - Mantenimiento: Luego de 3 semanas, hubo tres sesiones en la cual se le presentó al infante problemas sin ninguna ayuda, de esta manera, se evaluó la retención del aprendizaje.

Luego de seguir todos estos procedimientos, en la Figura 2.19 se puede observar los resultados.

**Figura 2.19.**

*Porcentaje de respuestas correctas por cada sesión realizados por lo infantes con TEA*



*Nota.* Tomado de *Learning with Technology: Video Modeling with Concrete– Representational-Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder*, por Yakubova et al. ( 2016)

En función a lo planteado, se puede observar que los resultados indican un 100% de respuestas acertadas luego de la sesión número quince, en consecuencia, concluyeron afirmando que el uso de CRA con VM para la enseñanza de operaciones matemáticas tiene muy buenos resultados en infantes con TEA.

#### **2.5.4 Development and evaluation of a speech- generating AAC mobile app for minimally verbal children with autism spectrum disorder in Mainland China**

An et al. (2017) en su investigación “Desarrollo y evaluación de una aplicación móvil SAAC generadora de voz para infantes con TEA mínimamente verbales en China Continental” presentado en la revista CrossMark presenta que al momento de su estudio, no se supo la cantidad de infantes con TEA en su region y a nivel mundial el 30% de

infantes con TEA son minimamente verbales. Asimismo, los TEA utilizan un pequeño repertorio de palabras o frases, con un significado representativo, para comunicarse.

Además, las aplicaciones móviles, destinadas al apoyo de infantes con TEA, solo se utilizaban como dispositivos generadores de voz (SGD, del inglés Speech Generating Device) sin algún método adicional. En este contexto, encontraron PECS, que es un tipo de SAAC, el cual comprende múltiples fases y establece un medio de comunicación mediante el intercambio de imágenes. En consecuencia, implementaron una aplicación PECS, de nombre Yuudee, que integra un SGD y permite configuraciones que ayudan a los infantes y a las personas encargadas de ellos. Para lograr el objetivo y medir la efectividad de la propuesta plantearon una serie de descripciones, entre las más importantes se tiene:

- **Desarrollo de Yuudee:** La aplicación fue desarrollada para los OS iOS y Android, agregando aproximadamente 400 imágenes, agrupadas de categorías.
- **Participantes:** Diez niños desde tres a seis años fueron seleccionados de acuerdo con los siguientes criterios
  - Exceder el límite para TEA según el Programa de Observación de Diagnostico de Autismo (ADOS, del inglés Autism Diagnostic Observation Schedule) y la Entrevista de Diagnostico de Autismo Revisada (ADI-R, del inglés Autism Diagnostic Interview-Revised)
  - Tener un diagnostico de TEA según el manual DSM-IV
  - Tener la característica de “mínimamente verbal” según ADOS
  - No haber utilizado alguna herramienta PECS, algún dispositivo que implementa SGD y no presentar signos de epilepsia

- **Reforzadores de entrenamiento:** Mediante entrevistas a los padres se obtuvo que los mejores reforzadores son las galletas y dulces. Además, la representación de las imágenes es conforme al contexto de cada infante.
- **Desarrollo del entrenamiento:** Se desarrollo en ocho sesiones de 30 minutos durante 5 semanas con dos personas, un comunicador y un apuntador físico.
- **Procedimiento:** Se llevaron a cabo cinco fases
  - Fase I: Ocho de los diez realizaron 3 solicitudes consecutivas espontáneas luego de un promedio de 36.38 intentos.
  - Fase II: Los diez niños lograron tres respuestas consecutivas espontáneas luego de un promedio de 9.2 intentos
  - Fase III: Ocho de los nueve niños capacitados lograron tres solicitudes exitosas consecutivas espontáneas de un promedio de 45.5 intentos
  - Fase IV-A: Siete de los ocho niños capacitados lograron tres solicitudes exitosas consecutivas espontáneas de un promedio de 33.71 intentos
  - Fase IV-B: Cuatro de los nueve niños capacitados lograron tres solicitudes exitosas consecutivas espontáneas de un promedio de 15.5 intentos
  - Fase V: Tres de los cuatro niños entrenados en esta fase lograron tres respuestas exitosas consecutivas luego de un promedio de 4.33 intentos.

En la Figura 2.20 se puede observar la aplicación con algunas imágenes referenciales de objetos y animales.

**Figura 2.20.**

*Aplicación Yuudee con algunas categorías*



*Nota.* Tomado de *Development and evaluation of a speech-generating AAC mobile app for minimally verbal children with autism spectrum disorder in Mainland China*, por An et al. (2017)

Luego de las cinco semanas de entrenamiento, los resultados fueron positivos. Utilizaron la tasa de precisión para medir las respuestas exitosas consecutivas de los infantes. De los diez niños, al menos siete de ellos lograron el 50% de precisión en dos de las cinco fases. Los otros tres niños obtuvieron al menos 50% de precisión en una sola fase y dos niños lograron al menos 50% de precisión en todas las fases que participaron.

### **2.5.5 Results of a Video Prompting Intervention Package Impacting Dishwashing Skill Acquisition for Adolescents with Autism**

En la revista SAGE, se publicó un artículo titulado “Resultado de un paquete de videos de intervención de tipo secuenciales que ayudan a la adquisición de habilidades de lavar platos en adolescentes con TEA” por parte de Gardner y Wolfe (2018), en el cual describieron la importancia de la independencia, por parte de los infantes como TEA, para realizar actividades de la vida diaria, dado que esto, muestra autonomía la cual es importante para la inclusión en ambientes sociales y laborales. De este modo,

investigaron las herramientas disponibles y encontraron que, VM permite el apoyo visual simultaneo de procesos como el lenguaje oral y gráfico, asimismo, escogieron el de tipo secuencial, dado que permite enseñar al infante una tarea mediante pasos a diferencia de los otros tipos de VM y para complementar su uso, implementaron GG como metodología de enseñanza, la cual se caracteriza por proporcionar asistencia física en un inicio y luego disminuir este conforme el infante aprende las instrucciones del video. Con este sustento buscaban comprobar la validez de esta herramienta, el nivel de ayuda que los estudiantes requieren, la posibilidad de replicar estas enseñanzas en un ambiente diferente al entrenamiento y la persistencia de estas enseñanzas en el tiempo.

En lo que respecta a su implementación, describieron los siguientes procesos:

- **Participantes:** Cuatro adolescentes con las siguientes características:
  - Infante diagnosticado con TEA nivel moderado por un profesional autorizado y con un plan de educación individualizado.
  - Presentar déficit en habilidades adaptativas y social observadas por un profesor en el salón de clases.
  - Recomendación por sus equipos educativos para participar en el estudio.
- **Escenario:** En un salón de clases para TEA que estaba equipado con un fregadero ubicado al final del pasillo, el cual se utilizó, para la intervención.
- **Materiales:** Todos los elementos necesarios para lavar tazas, platos y cubiertos. Además, de un iPad en la parte izquierda del fregadero para presentar el video.
- **Medidas dependientes:** La principal variable dependiente fue el número de pasos en el análisis de tareas realizadas correctamente. Entre variables dependientes secundarias se plantearon el numero de sesiones requeridas y el nivel de asistencia necesario con GG para lograr la tarea.
- **Procedimiento:**

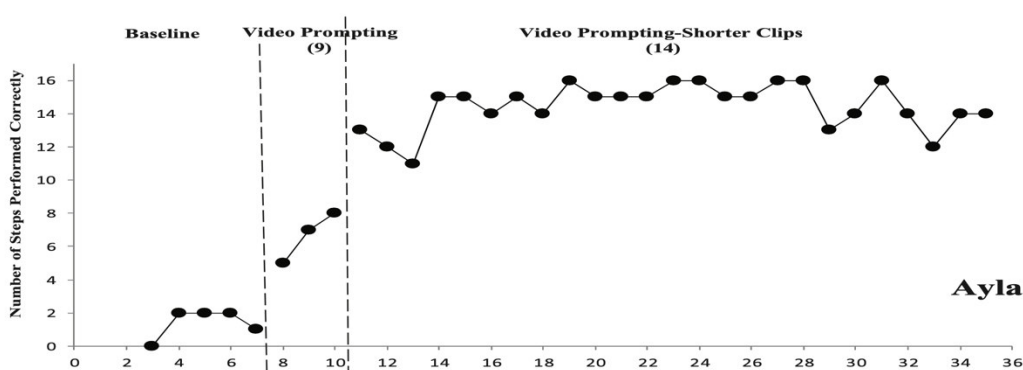


- Línea Base: Se les explicó verbalmente a los participantes las actividades a realizar sin ningún tipo de ayuda.
- Intervención: Mediante un instructor, con el uso de VM y GG, se fueron realizando entrenamientos hasta llegar a una precisión de éxito de mayor del 90%.
- Retiro del video: Por cinco sesiones se retiró el VM y se trabajó al igual que el proceso de línea base. Si por algún motivo, el participante reducía su nivel de precisión, se procedía a realizar dos sesiones de refuerzo.
- Generalización y mantenimiento: Localizaron a los participantes en aulas diferentes para realizar la misma tarea, previamente aprendida.

En la Figura 2.21 se puede observar el número de tareas correctas realizadas por una de las participantes de pseudónimo “Ayla”.

**Figura 2.21.**

*Número de tareas correctas realizadas en las diferentes sesiones*



*Nota. Tomado de Results of a Video Prompting Intervention Package Impacting Dishwashing Skill Acquisition for Adolescents with Autism, por Gardner y Wolfe (2018)*

Finalmente, como parte de las conclusiones de esta investigación, se reportó que el uso de VM con GG ayuda a mejorar el rendimiento de las actividades, para este caso particular, lavar los platos. La mayoría logro la precisión requerida en la fase de intervención y ante cualquier error, GG fue utilizado como elemento de retroalimentación para lograr el objetivo.

### **2.5.6 Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish.**

García et al. (2018) en su artículo “Generación automática del lenguaje natural aplicado a un SAAC para servicios de contenido de video en linea utilizando SimpleNLG para el idioma Español” propusieron técnicas de procesamiento del lenguaje para ayudar a estructurar oraciones y palabras a los infantes con TEA. Esta idea se basa en que, a los SAAC solo se enfocan en mostrar palabras y oraciones que los infantes construyeron, pero sin una estructura morfológica o sintáctica de ellas. Asimismo, encontraron que los TEA son aprendices visuales, de tal forma que, al agregar a los SAAC la capacidad de proveer oraciones o conjuntos de palabras con sentido, estos se puede utilizar como peticiones hacia otras aplicaciones externas al SAAC con contenido multimedia, como por ejemplo Youtube.

En consecuencia, plantearon los siguientes procedimientos:

- Adaptación de las herramientas SimpleNLG para el idioma español: Tomaron como referencia el idioma francés, basándose en las similitudes lingüísticas entre este y el español. Asimismo, agregaron reglas de nivel sintáctico y léxico.
- aLexiS: Recurso léxico que se agrego con una versión adaptada al español debido a la información morfológica de este, con aproximadamente 90 mil lemas.

- Elsa: Recurso léxico que ayuda en el proceso de inferencia gramatical a partir de la selección de imágenes.
- Reglas morfológicas: Los conectores de las palabras seleccionadas son definidos por esta regla.
- Reglas sintácticas: La inferencia de la estructura sintáctica son definidos por esta regla que se apoya en Elsa porque contiene una gran cantidad de datos lingüísticos como información morfológica, sintáctica y semántica.
- Reglas semánticas: La inferencia del sentido semántico son definidos por esta regla con el apoyo de Elsa.

Luego de estos procedimientos, en las pruebas se observaron que de aproximadamente 100 sentencias formadas dentro del SAAC y se produjeron un 77% de correcciones. La Figura 2.22 muestra la aplicación, de nombre PictoDroid, que implementa SAAC en un dispositivo móvil.

**Figura 2.22.**

*Aplicación Android PictoDroid que implementa SAAC con librerías de NLP*

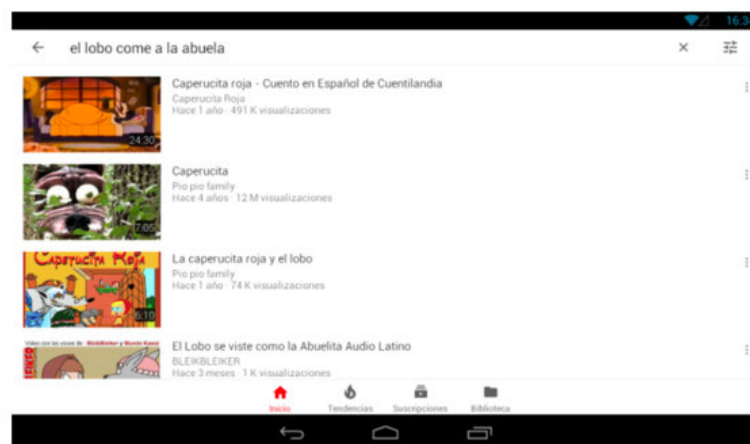


*Nota. Tomado de Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish, por García et al. (2018)*

Con estos resultados, concluyeron que el uso de NLP para SAAC permite a los infantes con TEA visualizar oraciones que estructuradas y con sentido. Asimismo, esto permite agregar mayor nivel de accesibilidad a los SAAC, dado que, se puede utilizar esta información procesada para utilizar otras herramientas, en particular para este caso de estudio, la aplicación de YouTube. En la Figura 2.23 se puede observar un ejemplo.

### Figura 2.23.

*Resultado luego de formar una oración y ejecutarlo para abrir la aplicación YouTube*



*Nota.* Tomado de *Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish*, por García et al. (2018)

### 2.5.7 Informe breve: Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders

Por parte de Kumazaki et al. (2019) con la publicación, en la revista CrossMark, del artículo “Informe Breve: Evaluación de la utilidad de diversos agentes tecnológicos para atraer la atención social de los infantes con TEA” informaron que las respuestas sociales por parte de los infantes con TEA son más efectivas hacia agentes tecnológicos que hacia las personas. Por otro lado, infantes con desarrollo típico demostraron mayor preferencia por agentes humanos. Con respecto a estos datos, evaluaron el uso de agentes tecnológicos con rasgos humanos y no humanos para servir como estímulos y agentes de intervención en el desarrollo de habilidades sociales de los TEA. En este mismo contexto, presentaron diferentes tipos de agentes tecnológicos para observar algún patrón de preferencia y respuesta ante estímulos sociales por parte de los TEA.

Como parte de los procedimientos de este caso de estudio, describieron los siguientes:

- **Participantes:** Se eligieron 14 niños con TEA y 23 niños con desarrollo típico. Por parte del grupo TEA, estos fueron diagnosticados según el DSM-V.
- **Agentes tecnológicos:** Se utilizaron tres tipos de agentes tecnológicos, dos de tipo humanoide y uno de tipo digital en forma de avatar:
  - **Actroid-F:** Primer agente humanoide con rasgos femeninos y una gran apariencia humana. En la Figura 2.24 se puede observar a este agente.

**Figura 2.24.**

*Agente tecnológico Actroid-F*



Nota. Tomado de Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders, por Kumazaki et al. (2019)

- **CommU:** Segundo agente humanoide con rasgos simples, pero una gran capacidad de expresión en lo ojos. En la Figura 2.25 se puede observar a este agente.

**Figura 2.25.**

*Agente tecnológico CommU*



Nota. Tomado de Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders, por Kumazaki et al. (2019)

- **Avatar digital:** Este tipo de agente es virtual de tipo avatar generalmente utilizados en realidades virtuales. En la Figura 2.26 se puede observar a este agente.

**Figura 2.26.**

*Agente tecnológico en avatar digital*



Nota. Tomado de Brief Report: Evaluating the Utility of Varied Technological Agents to Elicit Social Attention from Children with Autism Spectrum Disorders, por Kumazaki et al. (2019)

Asimismo, describieron que los resultados obtenidos pueden ser una explicación de porque los infantes de edades muy temprana suelen prestar mucha atención a los televisores o aparatos con características llamativas, además, describen que los infantes con TEA pueden tener ese comportamiento o inclinación por estos aparatos. Siendo así, un ejemplo de herramientas que se pueden utilizar para llamar la atención de los TEA y servir como agentes de intervención.

### 2.5.8 A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders

En la Décimo Tercera Conferencia Internacional sobre el Acceso Universal en la Interacción Hombre – Computador, en Orlando, Florida; se presentó una investigación llamada “Tecnología Colaborativa de Asistencia en el habla para personas con TEA” por parte de Margherita y Constantine (2019), en la cual reportaron que, aproximadamente un tercio de las personas que utilizan AT no persisten en su uso debido a que no satisfacen todas las requerimientos que se espera. Es así como, la falta de una metodología que permita al usuario participar en el desarrollo del AT limita el uso de este. En consecuencia, plantean el uso de UCD, una estrategia que posiciona al usuario final como principal objetivo en la construcción de estas herramientas, para desarrollar un entorno ergonómico de comunicación para los TEA y sus familiares.

Como parte de la implementación, se tiene:

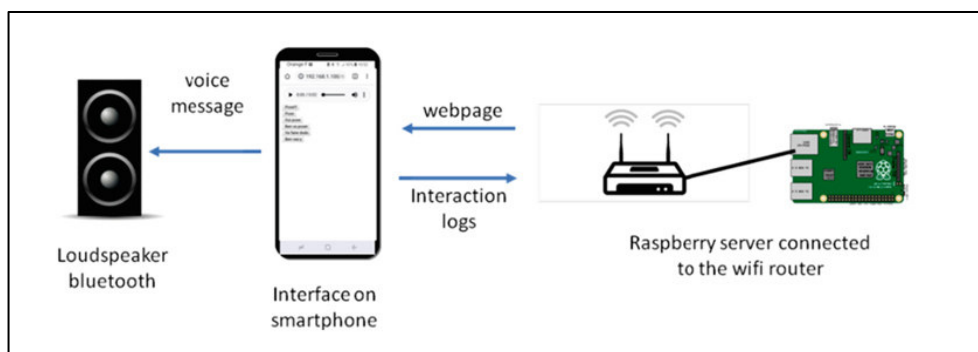
- **Usuario Final:** Un adulto de 32 años diagnosticado con TEA, de nombre Christophe. Solo los fines de semana visita a su familiar, mientras el resto de los días vive en un centro especial. Una de sus características es la alta solicitud de permiso por parte de él hacia los padres. En consecuencia, los padres manifiestan la necesidad de una herramienta que permita agilizar este proceso y hacerlo más simple.
- **Entrevista:** Se entrevistó a la hermana, madre y padre de Christophe. Destacando el hecho que él no puede realizar actividades sin el permiso de sus padres, sobretodo de su madre. Justificando así, el desarrollo de un AT de tipo VCT, el cual funciona como SGD, para evitar, la repetición de las frases por parte de los familiares y crear un ambiente agradable para él.



- **Desarrollo del prototipo:** Según las entrevistas, se proporcionaron seis mensajes por parte de los padres que son los más recurrentes. En la Figura 2.27 se puede observar el VCT propuesto. Entre las principales partes se tiene:
  - Unos parlantes que se encargaran de emitir el sonido de la respuesta
  - Una página web, como interfaz, aquí se puede observar los seis mensajes propuestos
  - Un dispositivo Raspberry que almacena la página web y los datos

**Figura 2.27.**

*Prototipo del VCT*

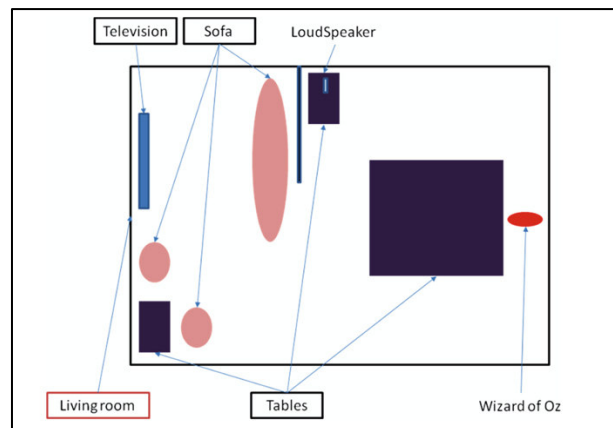


Nota. Tomado de *A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders*, por Margherita y Constantine (2019)

- **Experimentación**
  - **Contexto de Uso:** Instalaron todo el prototipo en el ambiente natural de Christophe y principalmente en la sala, donde él utiliza el televisor y realiza actividades. Para seleccionar la respuesta correcta se utilizó un usuario denominado Mago de Oz. En la Figura 2.28 se puede observar el entorno planteado.

**Figura 2.28.**

*Entorno donde el VCT fue instalado*



Nota. Tomado de *A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders*, por Margherita y Constantine (2019)

- **Observación:** En un inicio el sonido emitido por los parlantes fueron demasiados altos, lo que produjo en Christophe. Por otra parte, cuando la familia estaba junto con él, se omitía el uso del aparato. Luego de varias repeticiones y regular estos datos, el infante obedecía con mayor preferencia el uso de VCT para realizar sus acciones, reduciendo el estrés de la madre al tener que responder todas las peticiones de su hijo.

En lo que respecta a los resultados, los padres de Christophe, informaron la gran utilidad e interés por parte de su hijo en esta AT. Asimismo, en un inicio Christophe sentía la curiosidad de saber el origen de sonido, pero luego de percatarse que no era realizado por su madre, no tuvo problema en considerarlo como si fuera de ella debido al uso de UCD en su construcción. Concluyendo así, que el uso de AT de tipo VCT como herramienta para disminuir la demanda de requerimientos por parte de una persona con TEA ayuda mucho a los familiares que son los principales agentes que atienden estos requerimientos.

### 2.5.9 Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions

Según Newbutt et al. (2019), en su artículo “Uso de dispositivos de VR para la cabeza en escuelas con infantes con TEA: Observación, experiencia y direcciones futuras” presentaron que la capacidad por parte de los dispositivos que implementan VR para representar escenarios del mundo real y actividades con un alto grado de realismo, puede ser utilizado para apoyar aspectos educacionales en personas con TEA. En este contexto, se plantearon las siguientes preguntas:

- [Q1]: ¿Cual es el tipo de dispositivo de realidad virtual que más impacto e interés presenta el infante?
- [Q2]: ¿Cual es la opinión y el comportamiento de los niños cuando utilizan este tipo de herramientas? Y
- [Q3]: ¿Qué les gustaría explorar a los infantes con TEA con estos dispositivos?

Para luego plantear las respuestas en base a la experiencia y validación en un caso real. Como parte del desarrollo, entre sus procedimientos se tiene:

- **Participantes y configuración:** Se seleccionaron 31 infantes con TEA, de un grupo de 43 infantes de cuatro escuelas. Asimismo, el uso de dispositivos que implementan VR se repartió conforme a la condición de cada infante.
- **Desarrollo y ética:** Para el proceso de selección de la herramienta se tuvo mucho énfasis en las recomendaciones por parte de los especialistas, de los padres y sobretodo de los mismos usuarios. Cuando se observaba una respuesta negativa por parte de los infantes se procedía con las siguientes etapas:
  - **Fase 1:** Se verificaban todas las condiciones éticas para el uso de herramientas en infantes con TEA y la aprobación de los padres.

- **Fase 2:** Se utilizaba herramientas adicionales para simular una experiencia de 360 grados a modo de videos. Además, en cada presentación de material audiovisual revisaban algún efecto negativo para ajustar las herramientas o el entorno virtual
- **Fase 3:** Se utilizaba una herramienta más sofisticada como la Full VR HMD. Y se procedía de la misma manera que en la Fase 2.

En la Figura 2.29 se puede observar algunos de los entornos presentados a los infantes.

**Figura 2.29.**

*Escenarios de realidad virtual*



Nota. Tomado de *Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions*, por Newbutt et al. (2019)

- **Recolección:** Luego de las fases de desarrollo, procedieron a recalentar toda la información y diseñaron encuestas sobre las experiencias de los niños que les permite responder las pregunta Q1, Q2 y Q3.

Finalmente, las encuestas reportaron los siguientes resultados:

- Pregunta [Q1]: el 99% tuvo una preferencia por el dispositivo HTC Vive, debido a la calidad ergonómica. Por otra parte, este tipo de dispositivos tienen un alto costo debido a su complejidad.
- Pregunta [Q2]: la mayoría calificó como una herramienta interesante y divertida por parte de los infantes. Por otra parte, en base a la encuesta realizada, la mayoría calificó como agradables física y visualmente. Y un cierto grupo recomendaría este tipo de dispositivos a otras personas.
- Pregunta [Q3]: Se identificaron el uso como oportunidad de poder explorar un lugar antes de visitarlo en el mundo real por parte de los infantes con TEA, desarrollar oportunidades de aprendizaje y una manera de relajarse.

#### **2.5.10 CodaRoutine: A Serious Game for Introducing Sequential Programming Concepts to Children with Autism**

En la Conferencia Mundial de Educación en Ingeniería de la IEEE, realizada en Porto, Portugal; Elshahawy et al. (2020) con su artículo “CodaRoutine: Un juego serio para la introducción de conceptos de programación secuencial en infantes con TEA” informaron que los infantes con TEA carecen de habilidades de resolución de problemas, los cuales, son cruciales para aspectos académicos, laborales y sociales. Asimismo, encontraron que la intervención basada en computadoras ha demostrado ser una herramienta eficaz en los TEA, debido a su capacidad, por parte del desarrollo de software, de proveer entornos más atractivos y controlados de enseñanza. En este contexto, se apoyaron de los juegos serios (SG, del inglés Serious Game) que tienen un impacto positivo en el aprendizaje y motivación para infantes con desarrollo típico, pero sobretodo para infantes con TEA, porque estos proveen de el uso de entornos virtuales, los cuales no incluyen la presión existen del mundo real.

Debido a esto se plantearon la hipótesis de utilizar juegos serios interactivo, de nombre CodaRoutine, enfocado a los conceptos de programación secuencial y evaluar si esta herramienta es efectiva en infantes con TEA. Como parte del desarrollo, plantearon los siguientes procesos:

- **Descripción del flujo del juego:** Se tomaron las características de un infante con TEA para construir un personaje virtual que ellos puedan controlar en entornos familiares. El juego consiste en tres niveles que ayudan al infante a entender los conceptos de programación secuencial.
  - **Nivel 1:** El primer nivel se sitúa en la sala de una casa, en la cual se tiene que realizar actividades como: prender un televisor, prender un aire acondicionado y prender la luz. En la Figura 2.30 se muestra un ejemplo de este nivel

**Figura 2.30.**

*CodaRoutine – Nivel 1- Tarea de prender la luz*



Nota. Tomado de CodaRoutine: A Serious Game for Introducing Sequential Programming Concepts to Children with Autism, por Elshahawy et al. (2020)

- **Nivel 2:** Este nivel se sitúa en la cocina de una casa en la cual se tiene que realizar actividades como: preparar un plato de fruta o un jugo de bananas
- **Nivel 3:** Este nivel se sitúa en el dormitorio de una casa con las siguientes tareas: colocar objetos en una mochila y arrastrar libros según un orden.
- **Características del Juego**
  - Disponible en el idioma inglés y árabe
  - Contiene muchas ayudas visuales
  - El personaje guía puede ser hombre o mujer
  - El hogar presentado se puede configurar para aparentar la mayor similitud con el hogar del infante
- **Fase Experimental:**
  - **Desarrollo colaborativo de CodaRoutine:** Para el desarrollo del software se llevaron a cabo muchas reuniones con expertos, infantes con TEA y sus familiares.
  - **Prototipo:** En este proceso se eligieron ocho niños que participaron el juego e informaron sus opiniones.
  - **Pruebas:** Se eligieron cuatro niños con TEA que participaron del juego en sesiones de aproximadamente 40 minutos.

Finalmente, concluyeron que el primero grupo de niños sin TEA, completaron todos los niveles y encontraron el juego muy interesante. Por el contrario, los infantes con TEA obtuvieron dificultades en las tareas de arrastrar objetos y necesitaban al instructor para completar la tarea, pero si completaron el juego en la mayoría de los niveles. Siendo así que, el uso de juegos serios demuestra ser atractivo para los niños con TEA, lo que permite enseñar conceptos de programación secuencial en niños con TEA y servir como

otra opción de enseñanza para los infantes con TEA. En la Tabla 2.12 se muestra la comparación entre las diversas técnicas revisadas.

**Tabla 2.12**

*Resumen de fuentes y técnicas para el TEA*

<b>FUENTE</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>TÉCNICA</b>
Garzón et al. (2013)	Hardware	Interfaz Cerebro Computador + Sinestesia
Chien et al. (2015)	SAAC	PECS
Chen et al. (2016)	Virtualidad	Realidad Aumentada + Video Modeling - Básico
Yakubova et al. (2016)	Juegos	Concreto – Representacional - Abstracto
Taryadi (2016)	Virtualidad & SAAC	Realidad Aumentada + PECS
An et al. (2017)	SAAC	PECS
Cooper & Ireland (2018)	Inteligencia Artificial	Procesamiento del Lenguaje Natural
Gardner & Wolfe (2018)	Video	Video Modeling - Secuencial
García et al. (2018)	Inteligencia Artificial	Procesamiento del Lenguaje Natural
Kumazaki et al. (2019)	Hardware + Inteligencia Artificial	Robot Inteligentes
Margherita & Constantine (2019)	Tecnología de Asistencia	Diseño Centrado en el usuario
Lorenzo et al. (2019)	Virtualidad	Realidad Aumentada
Newbutt et al. (2019)	Virtualidad	Realidad Virtual
Elshahawy et al. (2020)	Juegos	Juego Serio
Lopez et al. (2020)	SAAC	PECS
De Lacroix (2020)	SAAC	PECS
Zebiri (2020)	SAAC	PECS



## CAPÍTULO 3: MÉTODO ELEGIDO SAAC-PECS

En el presente capítulo se desarrolla una comparación entre las técnicas descritas en el capítulo anterior mediante métricas que permitirán elegir la mejor para el caso de estudio. De la misma forma, se presenta la justificación de la técnica elegida y la descripción de la metodología que permite el uso de esta técnica.

### 3.1 Justificación

Para realizar la comparación entre las técnicas revisadas previamente, es necesario plantear criterios y características que estas deben presentar. Se realizará la asignación de una ponderación que sirva como métrica para el caso de estudio. Los criterios planteados son:

- **Nivel de Autonomía:** Representa el nivel de independencia que el infante puede lograr mediante el uso de esta técnica cuando realiza sus actividades o solicita ayuda a otras personas en su entorno social. Asimismo, esta propiedad está determinada por la condición del infante con TEA.
- **Desarrollo Cognitivo:** Expresa la capacidad que tiene la técnica para desarrollar habilidades cognitivas en el infante tomando en consideración su condición.
- **Nivel de adquisición:** Representa la capacidad adquisitiva, por parte de las familias, que se requiere para obtener de una herramienta tecnológica que implemente alguna técnica de ayuda para infantes con TEA.
- **Nivel de Acondicionamiento:** Indican el nivel de esfuerzo requerido para preparar, presentar e implementar la técnica en un infante con TEA.

- **Nivel de Comunicación:** Expresa la capacidad, por parte de la técnica, para desarrollar habilidades comunicativas en el infante con TEA, considerando su condición.
- **Complejidad:** Representa la dificultad para analizar, construir e implementar una técnica en una herramienta tecnológica.
- **Nivel de configuración:** Representa los niveles de configuración que la técnica puede implementar en una herramienta tecnológica para disponer de la capacidad de adaptarlo al contexto de un infante con TEA.

A continuación, en la Tabla 3.1 se presentan los diferentes valores que criterio puede tomar, además de una breve descripción y un puntaje asociado que servirá como métrica para determinar nuestra mejor técnica para el caso de estudio.

**Tabla 3.1.**

*Valor, descripción y puntaje de cada criterio*

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Nivel de Independencia</b>	Parcial	El infante con TEA, mediante esta técnica, obtiene una independencia parcial con ayuda para tareas difíciles o específicas.	2
	Nula	El infante con TEA requiere de otras personas para utilizar esta técnica.	1
<b>Desarrollo Cognitivo</b>	Básico	La técnica permite una interacción, entre el infante con TEA y la herramienta tecnológica, con algunas limitaciones, debido a la falta de características que permitan un uso ergonómico del mismo.	1
	Intermedio	Mediante la técnica, el infante puede desarrollar habilidades cognitivas progresivamente, permitiéndole aprender a su manera y en su contexto.	2

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Nivel de adquisición</b>	Fácil	La adquisición de la herramienta no se requiere un costo excesivo, se puede complementar fácilmente con la condición económica actual de las familias y no impacta de manera drástica en ellas.	3
	Mediano	Se requiere un nivel económico mediano por parte de los familiares para adquirir una herramienta como una pequeña inversión o para adquirirlo se necesita ingresar a programas especiales que pueda proveer el uso de alguna herramienta.	2
	Difícil	Se requiere un nivel económico alto por parte de los familiares, generalmente utilizado cuando se tiene problemas a nivel físico por parte de infante, es decir, se requiere de tecnología de asistencia.	1
<b>Nivel de Acondicionamiento</b>	Simple	La técnica ha implementar en una herramienta tecnológica permite el uso ergonómico del mismo sin herramientas adicionales o complejas. Asimismo, su preparación y uso no requiere mucho esfuerzo.	2
	Complejo	La técnica ha implementar en una herramienta tecnología permite su uso mediante el apoyo de herramientas externas. Se requiere un esfuerzo mediano para preparar y usar la herramienta.	1
<b>Nivel de Comunicación</b>	Alto	Indica que la técnica presenta un alto nivel de comunicación para el infante. Contiene diferentes componentes ergonómicos, que conforme a su condición podrán utilizar para expresarse. Asimismo, en pueden servir de complementos a otras técnicas.	3
	Medio	Indica que la técnica utiliza procedimientos específicos para enseñar a jugar, expresar una idea o solicitud por parte del infante con TEA. En muchos casos, estos procedimientos no se adaptan al contexto del infante.	2
	Bajo	Indica que la técnica se utiliza para eventos de comunicación específicos. En algunas ocasiones, se utiliza para evaluar la atención o la reacción del infante.	1
<b>Complejidad</b>	Alta	La técnica requiere una herramienta tecnológica con alta capacidad de procesamiento computacional. Asimismo, debe soportar recursos gráficos y audiovisuales para representar estructuras de comunicación útiles para los infantes con TEA.	1
	Intermedia	La implementación de la técnica en una herramienta tecnológica requiere el uso de herramientas externas o complementarias.	2
	Simple	La técnica permite su implementación en herramientas tecnológicas simples y no requieren de accesorios complementarios.	3

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
<b>Nivel de configuración</b>	Básica	La técnica permite configuraciones únicas y especifica pasos únicos para su implementación en una herramienta tecnológica. Muchas veces la técnica solo se puede implementar en una herramienta tecnológica, compleja y tiene poca o nula capacidad de integrar características adicionales.	1
	Intermedia	La técnica permite configuraciones adicionales, pero se necesita accesorios externos o complementarios.	2
	Avanzada	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

En la Tabla 3.2, se observa la ponderación de las técnicas según los criterios previamente definidas. Asimismo, se observa que la técnica AR, Juegos Serios y NLP obtienen puntajes elevados similares, pero la técnica que destaca por encima de estas últimas es SAAC – PECS debido a que obtienen un valor fácil en el criterio “Nivel de Adquisición”, un valor simple en el criterio “Nivel de Acondicionamiento” y una “Complejidad” simple al momento de implementar esta técnica en una herramienta tecnológica.

**Tabla 3.2.***Benchmarking de las Técnicas vs Criterios*

		<b>TÉCNICAS</b>									
		<b>SINESTESIA</b>	<b>VR</b>	<b>AR</b>	<b>VM</b>	<b>CRA</b>	<b>SAAC PECS</b>	<b>UCD</b>	<b>Juego Serios</b>	<b>AT</b>	<b>NLP</b>
<b>C R I T E R I O S</b>	<b>Nivel de Independencia</b>	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
	<b>Desarrollo Cognitivo</b>	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
	<b>Nivel de Adquisición</b>	2	1	1	3	2	3	1	2	1	2
	<b>Nivel de Acondicionamiento</b>	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	<b>Nivel de comunicación</b>	2	3	3	1	2	3	2	2	3	3
	<b>Complejidad</b>	1	1	1	3	2	2	1	2	1	1
	<b>Nivel de Configuración</b>	2	3	3	1	2	3	2	2	3	3
	<b>Total</b>	11	12	13	12	12	17	11	13	12	15

En el contexto de proveer herramientas tecnológicas y con el objetivo de aumentar las habilidades sociales de los infantes con TEA, existen casos de estudio en el cual se utilizan las técnicas previamente mencionadas. Tal es el estudio realizado por Taryadi (2016) titulado “Multimedia AR with PECS for Autism Spectrum Disorder” en la cual se implementa la técnica de SAAC - PECS en conjunto con AR en un laboratorio con equipos especializados. Asimismo, según Lorenzo et al. (2019), en su estudio “Preliminary study of AR as an instrument for improvement of social skills in children with autism spectrum disorder” utilizaron la técnica AR en dispositivos móviles para adaptarse al contexto de los infantes con TEA de una Organización no Gubernamental ubicada en España. Debido a que los dos casos mencionados anteriormente utilizan AR como su principal técnica, necesitan de un laboratorio o un salón de clases equipado, además de dispositivos móviles con recursos que soporten esta técnica. Sin embargo, PECS se puede utilizar sin el uso de AR, ahorrándose los recursos adicionales. Debido a esto PECS obtiene un mayor puntaje, como se puede observar en la Tabla 3.2, en lo que respecta a los criterios de Nivel de Adquisición y Complejidad.

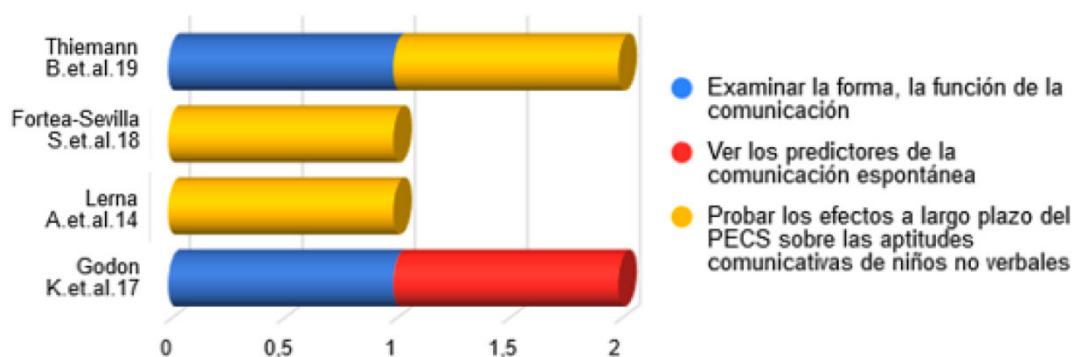
Por su parte, Cooper y Ireland (2018), realizaron estudios basados en Inteligencia Artificial para infantes con TEA, durante el desarrollo observaron que las características más importantes de las aplicaciones para los TEA son los niveles de configuración que una herramienta puede ofrecer, por lo cual optaron por un SAAC que utiliza un Chat Bot que permite una interacción más ergonómica con la herramienta. En el mismo contexto, Anagnostopoulou (2020) en su investigación “Artificial Intelligence in Autism Assessment” revisa las aplicaciones de técnicas de Inteligencia Artificial, como NLP, concluyendo que la mayoría de ellos están enfocados en el diagnóstico temprano de TEA. Sin embargo, algunas de estas técnicas, están limitadas a ciertos requisitos previos como el significado de palabras o reconocimiento de estructuras gramaticales completas, que al

ser conceptos muy abstractos para un infante con TEA, suelen ser ignorados o rechazados en algunos casos.

Por otro lado, Lopez et al. (2020), en su investigación “Efectividad de intervenciones en la comunicación en niños con TEA. Una revisión teórica”, menciona muchas técnicas entre las que se encuentra PECS, que son efectivas en las intervenciones realizadas debido a que apoyan al componente verbal y no verbal de un infante con TEA y sostiene el uso de dispositivos que sirven como alternativa para motivar y potenciar las peticiones por parte de los TEA. Asimismo, De Lacroix (2020), en su tesis “Revisión sistemática: la efectividad de los PECS sobre la comunicación de niños entre 0 y 12 años con TEA” realiza una comparación de cuatro estudios, los cuales 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. Además, encontraron similitudes en los resultados, incluso si el proceso de implementación se realiza en contextos diferentes. En la Figura 3.1 se pueden observar estos objetivos compartidos por los 4 estudios analizados.

### Figura 3.1.

*Similitud entre los objetivos de cuatro estudios realizados*

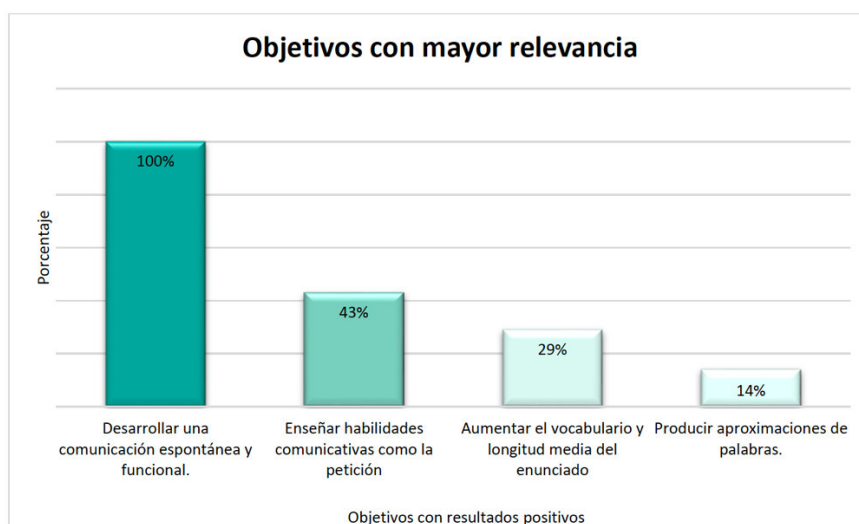


*Nota.* Tomada de *Revisión sistemática: la efectividad de los PECS (Picture Exchange Communication System) sobre la comunicación de niños entre 0 y 12 años con TEA*, por De Lacroix (2020)

En este mismo contexto, Zebiri (2020), en su tesis titulada “Estimulación de la comunicación en niños con TEA entre 3 y 12 años: efectividad del sistema PECS” realizó un análisis de varios estudios donde se utilizó PECS como técnica para apoyar a los infantes con TEA. De estos, el 100% desarrollaron una comunicación espontánea y funcional, el 43% enseñaron habilidades comunicativas, 29% aumentaron el vocabulario y el 14% produjeron aproximaciones a palabras. En la Figura 3.2 se puede observar estos datos.

**Figura 3.2.**

*Comparativa de los objetivos alcanzados de los diversos estudios que utilizaron PECS*



*Nota.* Tomada de *Estimulación de la comunicación en niños con TEA entre 3 y 12 años: efectividad del sistema PECS*, por Zebiri (2020)

Finalmente, según Trembath et al. (2015), indica que los SAAC ofrecen una manera de comunicación eficiente y apoya al desarrollo de la comunicación simbólica. Según estos hechos y otros citados anteriormente se decide implementar un SAAC de tipo PECS en un dispositivo móvil debido a sus buenos resultados comprobados en la



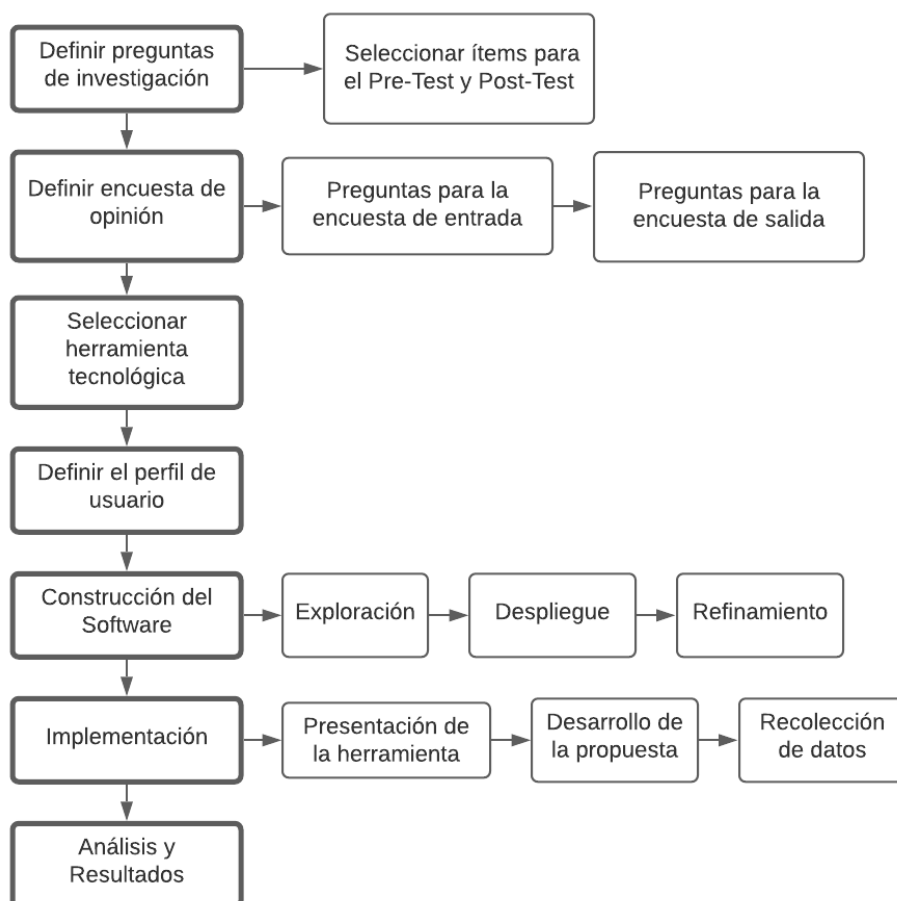
población TEA, al alto nivel de configuración que se puede desarrollar, al entorno ergonómico de aprendizaje que provee y que, al implementarse en una herramienta tecnológica, puede ser utilizado por terapeutas, cuidadores, mentores y familiares.

### 3.2 Metodología

La metodología ha utilizar comprende siete fases, las cuales se pueden observar en la Figura 3.3.

**Figura 3.3.**

*Representación gráfica de la metodología propuesta*



*Nota.* Elaboración propia

### **3.2.1 FASE 1: DEFINIR PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

Como primera fase en la metodología a desarrollar, se definen las preguntas de investigación para que el desarrollo del estudio tenga una dirección guiada. Es decir, todas las demás fases estarán basadas en las preguntas de investigación planteadas inicialmente.

#### **3.2.1.1 SUBFASE 1.1: SELECCIONAR ÍTEMS PARA EL PRE Y POST TEST**

Para poder validar los resultados de la herramienta, se necesita definir ítems que permitan comparar los datos recolectados antes y después de la implementación. Para ello se definen los ítems que permitirán este objetivo.

### **3.2.2 FASE 2: DEFINIR ENCUESTA DE OPINIÓN**

Para conocer la situación y la opinión de las familias que participaran en el uso de la herramienta, se crean las siguientes encuestas.

#### **3.2.2.1 SUBFASE 2.1: PREGUNTAS PARA LA ENCUESTA DE ENTRADA**

Estas preguntas son para recolectar datos de la situación actual de las familias y sus opiniones o conocimiento de algunas herramientas en la actualidad.

#### **3.2.2.2 SUBFASE 2.2: PREGUNTAS PARA LA ENCUESTA DE SALIDA**

Estas preguntas recolectan la opinión acerca de la herramienta, los beneficios más sobresalientes y como se puede mejorar a futuro.

### **3.2.3 FASE 3: SELECCIONAR HERRAMIENTA TECNOLÓGICA**

Según Autism Speaks (2015), el uso de herramientas tecnológicas en infantes TEA no verbales o mínimamente verbales está en incremento debido a las características que presentan y a la gran variedad de opciones que se pueden configurar. La selección de herramientas depende del nivel de adquisición de las familias, en un contexto de TEA se pueden utilizar desde herramientas muy complejas como una AT o muy simples como un

dispositivo móvil. Por tal motivo, la opción elegida esta muy determinada por el entorno en el cual se está implementando esta herramienta, como por ejemplo, un salón especializado para infantes con TEA o el hogar familiar.

#### **3.2.4 FASE 4: DEFINIR EL PERFIL DE USUARIO**

Se define lo requisitos que el usuario debe presentar para el uso de la herramienta tecnológica con la técnica implementada. Asimismo, se debe especificar si existe algún riesgo del uso del software si no se cumple con el perfil. Sin embargo, es importante resaltar algunos requerimientos no son excluyentes del uso para otros usuarios.

#### **3.2.5 FASE 5: CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE**

Cuando ya se tiene establecida la herramienta tecnológica ha utilizar, se puede realizar el desarrollo de software, la cual se divide en la siguiente tres subfases:

##### **3.2.5.1 SUBFASE 5.1: EXPLORACIÓN**

Consiste en la observación de como los infantes con TEA utilizan actualmente una herramienta o si no utilizan alguna. Esto es, en caso de utilizar alguna herramienta se registra su modo de uso y se pregunta a los encargados del infante con TEA si estos presentan alguna dificultad o tienen opiniones para mejorarla. Por el contrario, en el caso de no utilizar alguna herramienta se registre el motivo y la opinión de como ellos visualizan una herramienta que pueda apoyar a un infante con TEA. Con estos datos recolectados y la literatura revisada se procede a definir las principales características que de la herramienta.

##### **3.2.5.2 SUBFASE 5.2: DESPLIEGUE**

Luego de la exploración y con las características principales definidas, se procede a crear esquemas y diseños de los componentes visuales que servirán a los infantes con

TEA para interactuar con la herramienta. Estos primeros diseños son el punto de partida que permitirá evaluar los datos recolectados anteriormente. Asimismo, se toma en consideración la opinión de la especialista (Psicóloga dedicada al área de TEA) y un diseñador para tener una herramienta más ergonómica para el usuario final. Esta etapa termina con el lanzamiento de las primeras versiones del software.

### **3.2.5.3 SUBFASE 5.3: REFINAMIENTO**

Luego de obtener las primeras versiones del software, se procede a realizar validaciones y verificaciones con la especialista y las familias. Se realizan modificaciones de ser necesarias y se agregan características que hacen más ergonómico el uso del software.

### **3.2.6 FASE 6: IMPLEMENTACIÓN**

En esta fase se realiza una presentación de la guía de uso de la herramienta a los encargados de los infantes con TEA, se describe el desarrollo de la propuesta y se realiza la recolección de datos. La implementación se divide en tres subfases.

#### **3.2.6.1 SUBFASE 6.1: PRESENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA**

Se presentan las características del software, el modo de uso y las configuraciones disponibles que se tiene. Asimismo, se describen los flujos principales y alternativos que se pueden presentar como parte del uso de la herramienta. En este mismo contexto, se hace uso del Pre-Test para recolectar el estado inicial de las familias y la percepción que tienen en base a las preguntas de investigación anteriormente definidas.

#### **3.2.6.2 SUBFASE 6.2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

En el desarrollo de la propuesta, los infantes con TEA utilizan la herramienta tecnológica con el software instalado, guiados por sus cuidadores. Asimismo, se realizan

observaciones y preguntas a estos últimos, sobre como fue la adopción de esta nueva herramienta y si es necesario la actualización de la herramienta para algún caso particular.

### **3.2.6.3 SUBFASE 6.3: RECOLECCIÓN DE DATOS**

Después de un periodo de uso de la herramienta, se procede a realizar el Post-Test que permite conocer la percepción de la herramienta y permite la creación de información comparativa con respecto al pre-test. En este mismo contexto, se agregan opiniones relevantes por parte de los encargados de los infantes con TEA o propiedades por parte del software que se tuvieron que agregar, modificar o eliminar y sus motivos.

### **3.2.7 FASE 7: ANÁLISIS Y RESULTADOS**

Luego de la recolección de datos, se procede a analizar y comprobar la efectividad de la propuesta mediante el uso del pre-test y post-test. Asimismo, se detallan los efectos encontrados para los usuarios finales.

## **3.3 Ejemplo utilizando el método propuesto**

Como ejemplo de la metodología anteriormente descrita, se utilizará la investigación realizada por Chien et al. (2015) titulada “iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism” en la cual se implementó PECS en una Tablet para apoyar a los infantes con TEA.

### **3.3.1 Fase 1: Definir las preguntas de investigación**

Pregunta de Investigación #1: ¿Hasta que punto puede iCAN reducir la carga de crear y administrar tarjetas con imágenes a los cuidadores?

Para la pregunta de investigación se plantea una serie de ítems en la escala Likert en la cual la referencia [método] puede referirse a iCAN o PECS tradicional. Para este ejemplo los ítems son:

### Ítems para la Pregunta de investigación #1

- ¿Cuánto tiempo se demora en configurar [método] para que el infante pueda utilizarla?
- ¿Cuál es el nivel de satisfacción que siente utilizando [método]?
- ¿Qué tan fácil es crear una tarjeta con [método]?
- ¿Qué tan preferido es el [método] para sus actividades?
- ¿Cuál es su velocidad creando tarjetas con [método]?

#### **3.3.2 Fase 2: Definir encuesta de opinión**

- Preguntas de Entrada
  - ¿Conoce herramientas que le sirva de apoyo?
  - ¿Cuáles son las herramientas actuales que usa para crear pictogramas o imágenes?
  - ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una herramienta tecnológica?
- Preguntas de Salida
  - ¿Compraría iCAN para su infante con TEA?
  - ¿Cuáles cree que son las principales diferencias entre iCAN y PECS tradicional?

#### **3.3.3 Fase 3: Seleccionar herramienta tecnológica**

Según este caso de estudio la herramienta que más se utiliza son las Tablet debido a su gran tamaño y que los infantes lo encuentran más amigable y ergonómico.

#### **3.3.4 Fase 4: Definir perfil de usuario**

El infante debería tener las siguientes características:

- Diagnosticado con TEA desde moderado hasta severo con habilidades verbales desde bajo hasta ninguna.
- Rango de edad: 5 – 16 años

- Periodo de implementación: 4 semanas

Asimismo, participaron de este caso de estudio once infantes con TEA, ocho cuidadores y tres especialistas. En la figura 3.4 se puede observar la información recolectada.

**Figura 3.4.**

*Visión general sobre los participantes con TEA en el uso de iCAN*

	Gender	Age	Tablet	Gender	Age	Diagnosis level	Verbal ability
<b>Caregivers</b>				<b>Children</b>			
<b>P1</b>	M	60	Asus TF101	M	16	Moderate	Non-verbal
<b>P2</b>	M	41–45	Asus TF101	M	12	Severe	Low willingness
<b>P3</b>	F	36–40	Asus TF101	F	5	Moderate	Non-verbal
<b>P4</b>	F	31–35	Asus TF101	M	5	Moderate	Passive
<b>P5</b>	F	46–50	Dr.eyeN101	M	11	Moderate	Passive
<b>P6</b>	F	36–40	Dr.eyeN101	M	8	Severe	Low willingness
<b>P7</b>	M	41–45	Dr.eyeN101	F	10	Moderate	Low willingness
<b>P8</b>	M	46–50	Dr.eyeN101	M	6	Moderate	Low willingness
<b>T9</b>	F	46–50	Asus TF101	M	7	Severe	Low willingness
<b>T10</b>	F	26–30	Asus TF101	M	9	Severe	Non-verbal
<b>T11</b>	F	26–30	Asus TF101	M	9	Moderate	Passive

*Nota.* Tomada de *iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism*, por Chien et al. (2015)

### 3.3.5 Fase 5: Construcción de Software

Se recolectó la información mediante la observación del uso de un PECS tradicional en los salones. Luego con la información recolectada, diseñaron un prototipo inicial de la aplicación. Además, se presentó a los cuidadores y familiares los materiales para revisar las características, capacidades y la usabilidad en infantes con TEA. Finalmente, luego de las opiniones y observaciones encontradas, ajustaron el software y sacaron la primera versión que fue otorgada a usuarios de prueba, que son los infantes con TEA guiados por sus cuidadores.

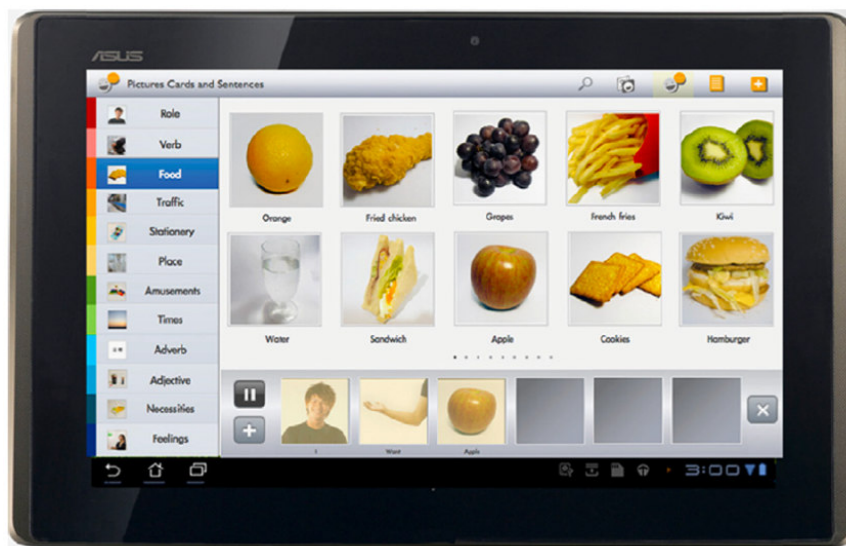
### 3.3.6 Fase 6: Implementación

Se realizaron las preguntas de entrada a los encargados y familiares de los infantes con TEA. Asimismo, por un periodo de cuatro semanas se otorgó una Tablet a los infantes, con la aplicación iCAN instalada y se realizó una introducción de la visión general de la aplicación a los encargados de los infantes con TEA.

La aplicación divide la pantalla en tres secciones. La primera encargada de mostrar las categorías de las imágenes, la segunda se muestran las imágenes que corresponden a la categoría seleccionada y la tercera es una fila en la parte inferior donde acumulan imágenes mientras se presionan. Asimismo, en ésta última parte se tiene un botón para emitir un sonido de la frase o palabra formada. En la Figura 3.5 se puede observar la pantalla principal de iCAN.

**Figura 3.5.**

*Aplicación iCAN instalada en una Tablet*



*Nota.* Tomada de *iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism*, por Chien et al. (2015)

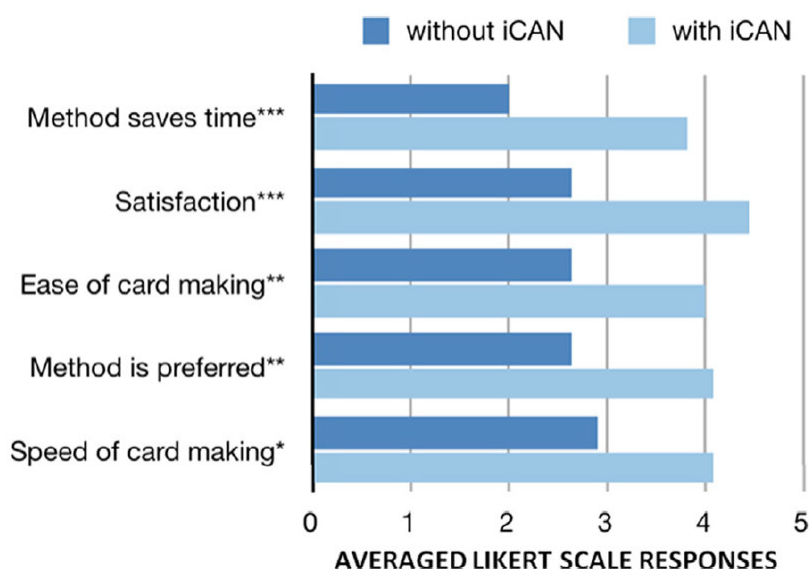


Asimismo, luego del periodo de tiempo, se registró el avance de los infantes con TEA y se realizó las preguntas de salida a los encargados.

### 3.3.7 Fase 7: Análisis y resultados

Con los ítems planteadas anteriormente, se hace una comparación entre el uso de iCAN y una herramienta tradicional PECS utilizando los datos recolectados de la escala de Likert. En la Figura 3.6 se observa la comparación que se obtuvo con y sin el uso de iCAN.

**Figura 3.6.** Comparación entre el uso con y sin iCAN en infantes con TEA



*Nota.* Tomada de *iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism*, por Chien et al. (2015)

Finalmente, como conclusiones se resalta el uso de PECS que tiene un impacto positivo en la enseñanza de comunicación funcional. Asimismo, mediante el uso iCAN se reduce en 73% aproximadamente las dificultades en crear pictogramas, y las configuraciones que implica adaptar la herramienta un infante con TEA.

## **CAPÍTULO 4: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SAAC - PECS EN UN DISPOSITIVO MÓVIL**

En el presente capítulo se describe los pasos, según la metodología previamente descrita, para implementar un SAAC de tipo PECS en una herramienta tecnológica. El nombre del producto es Comunicándonos Mediante Imágenes - PECS (CMI - PECS).

### **4.1 FASE 1: DEFINIR LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

Las preguntas de investigación ha plantear se basan en la facilidad de uso, desarrollo de habilidades sociales y comunicativas y el costo de económico. Las cuales son:

- **[PI-1]** - Pregunta de investigación #1: ¿CMI – PECS 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]** - Pregunta de investigación #2: ¿Se observa un desarrollo de habilidades sociales y comunicativas por parte del infante con TEA cuando utiliza CMI - PECS?
- **[PI-3]** - Pregunta de investigación #3: ¿Existe un beneficio económico en adquirir CMI - PECS para apoyar a un infante con TEA?

#### 4.1.1 SUBFASE 1.1: SELECCIONAR ÍTEMS PARA EL PRE Y POST TEST

Las preguntas de investigación (PI) y sus ítems:

- **Ítems para [PI-1]:**
  - Califique del 1 al 10 ¿Cuánto tiempo le toma preparar todo el material necesario utilizando [método] para apoyar a su familiar con TEA? Siendo 1 el menor tiempo y 10 el mayor tiempo
  - Califique del 1 al 10 ¿Qué tan complejo es utilizar [método] al momento de interactuar con su familiar con TEA? Considerando que 1 es la menor complejidad y 10 la mayor complejidad
  - Si tuviera que otorgarle un puntaje de calificación entre el 1 al 10 a [método] ¿Cuánto le otorgaría? Siendo 1 el puntaje más bajo y 10 el mayor puntaje
  
- **Ítems para [PI-2]:**
  - Califique del 1 al 10 el desarrollo de habilidades comunicativas que usted observa al momento de utilizar [método]. Considerando a 1 como menor desarrollo de habilidades comunicativas y 10 como mayor desarrollo de habilidades comunicativas
  - Califique del 1 al 10 el desarrollo de habilidades sociales que usted observa al momento de utilizar [método]. Considerando a 1 como menor desarrollo de habilidades sociales y 10 como mayor desarrollo de habilidades sociales

- **Ítems para [PI-3]:**
  - Califique del 1 al 10 ¿Qué tan costoso es adquirir [método] para desarrollar sus actividades? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como mayor costo
  - Califique del 1 al 10 ¿Qué tan costoso es mantener y reutilizar los materiales creados utilizando [método] para su uso a largo plazo? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como el mayor costo.

Como se puede observar cada ítem tiene formato de tipo Likert que tiene una valoración entre uno y diez. Asimismo, éstos contienen una referencia entre corchetes rectangulares con la palabra “método” que puede tomar los valores de “CMI - PECS” y “Herramienta actual” (véase Anexo 2) que hacen referencia al uso de la herramienta tecnológica CMI - PECS o la herramienta actual que utilizan las familias para apoyar a sus familiares con TEA. Finalmente, todos los ítems de cada pregunta de investigación nos permitirán evaluar la eficacia y la utilidad de éste en comparación con las herramientas actuales que utiliza cada familia.

## **4.2 FASE 2: DEFINIR ENCUESTA DE OPINIÓN**

Debido a que el director general de la OMS declaró al COVID-19 como Pandemia (OMS, 2020), la selección de una herramienta de medición que permita recolectar los datos debe adaptarse a este contexto. En tal sentido, se elaboró una encuesta que consiste en la evaluación de la situación actual de las personas a cargo de un infante con TEA y otra encuesta que será tomada luego de la implementación de CMI - PECS para recolectar la opinión y como se puede agregar nuevas funcionalidades a la herramienta.

#### 4.2.1 SUBFASE 2.1: PREGUNTAS PARA LA ENCUESTA DE ENTRADA (EE)

Preguntas de la Encuesta de Entrada (véase Anexo 3):

- [PE-1] - ¿Cuáles son los apoyos que usted le brinda a su familiar con TEA?
- [PE-2] - En una cuarentena ¿Cómo usted apoya a su familiar con TEA?
- [PE-3]: ¿Qué materiales utiliza para apoyar las terapias de su familiar con TEA en el hogar o en algún otro ambiente?
- [PE-4]: ¿Qué es lo que opina acerca de la forma en como se desarrolla las terapias en el hogar? ¿Cómo podría mejorarlo?
- [PE-5]: ¿Conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA?
- [PE-6]: Si su respuesta en la anterior pregunta es afirmativa ¿Qué opina del uso de herramientas tecnológicas para apoyar las terapias de los infantes con TEA?
- [PE-7]: Si usted conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA ¿Estaría dispuesto a obtenerla? ¿Por qué?
- [PE-8]: Si en la pregunta anterior su respuesta fue negativa debido al costo económico de adquisición (dinero) ¿Estaría dispuesto a utilizar una herramienta tecnológica que es gratuita y ergonómica? ¿Por qué?

#### **4.2.2 SUBFASE 2.2: PREGUNTAS PARA LA ENCUESTA DE SALIDA (ES)**

Preguntas de la Encuesta de Salida (véase Anexo 4):

- [PS-1]: ¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas como CMI - PECS 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 - PECS que ayuda a desarrollar habilidades en un infante con TEA?
- [PS-3]: Con respecto al uso de CMI - PECS o alguna otra aplicación ¿Cuál considera que es el dispositivo en el cual se deben utilizar?
- [PS-4]: Luego de conocer CMI - PECS o alguna otra herramienta tecnológica ¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas debería realizarse con supervisión de un adulto?
- [PS-5]: Desde su perspectiva ¿Cuales son los puntos positivos que ofrece CMI - PECS?
- [PS-6]: Desde su perspectiva ¿Qué funcionalidades debería agregar CMI - PECS?

### **4.3 FASE 3: SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA**

En la mayoría de los estudios mencionados, la herramienta utilizada es una Tablet porque ofrece 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 ha construir

y sus funcionalidades se pueden utilizar en un celular o en una Tablet, sin ninguna distinción. En consecuencia, las familias no se ven obligadas a adquirir una Tablet.

#### **4.4 FASE 4: PERFIL DE USUARIO**

Los usuarios de CMI - PECS deberán cumplir con los siguientes criterios de inclusión:

- Ser diagnosticado con TEA según un especialista
- Tener una edad mayor a cinco años
- No tener ninguna comorbilidad diagnosticada que le impida utilizar herramientas tecnológicas como una Tablet o un celular.

A continuación, se describen algunos criterios opcionales:

- Tener la aprobación de sus apoderados o alguna recomendación de amigos, familiares o especialistas para utilizar la herramienta CMI – PECS .
- No se recomienda para infantes con TEA que además padecen de Trastorno de déficit por atención e Hiperactividad (TDAH).
- No se recomienda para infantes que presentan signos de epilepsia.
- Se recomienda la supervisión de un especialista y la familia.
- Es recomendable para infantes que ya recibieron terapias de lenguaje.

Para el desarrollo de este caso de estudio, 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 4.1 se muestra los 25 infantes con TEA que participaron y algunos datos adicionales:

**Tabla 4.1.**  
*Datos de los participantes para CMI-PECS*

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

Nota. El nivel de diagnóstico se obtuvo al preguntar al apoderado cual fue el diagnóstico que le realizó a su familiar. En algunos casos ellos no recibieron esta información al momento del diagnóstico y otros no han realizado una visita para ver el estado actual de su familiar luego de un tiempo. A todos estos casos se les ha calificado como “otro”.



## 4.5 FASE 5: CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE (APLICACIÓN MÓVIL)

El proceso de construcción de la herramienta CMI - PECS se divide en las siguientes subfases.

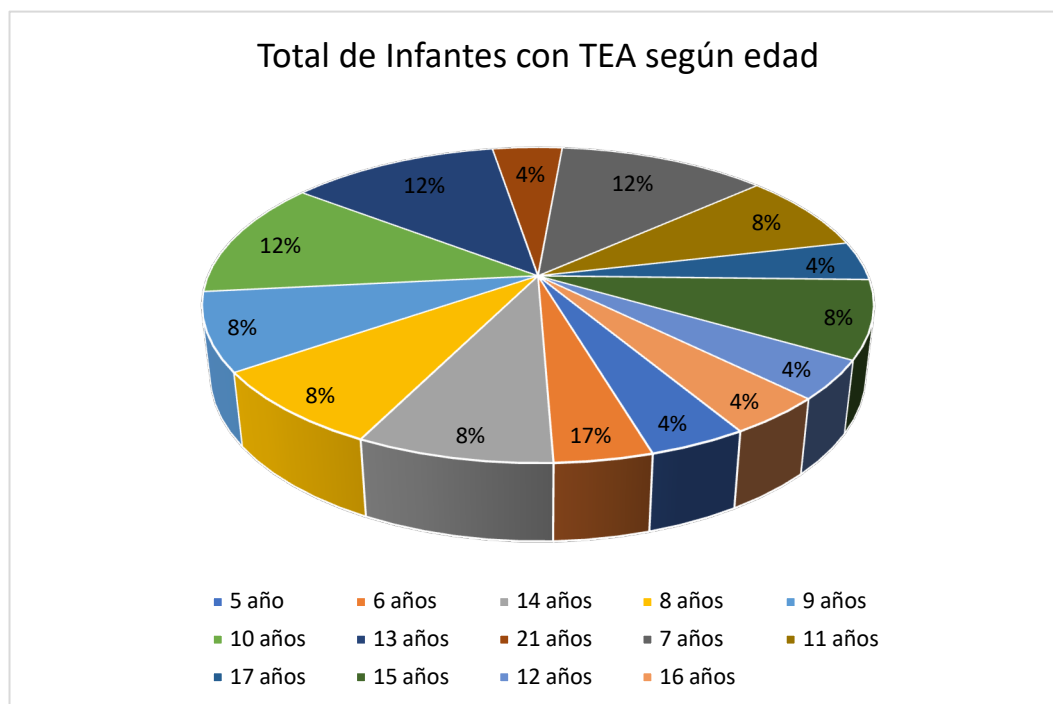
### 4.5.1 SUBFASE 5.1: EXPLORACIÓN

Se entrevistó a un grupo de 25 familias que tienen un infante con TEA y se obtuvieron los siguientes datos:

- Existe una gran diversidad de edades entre los infantes que participaron. En la Figura 4.1 se puede visualizar la proporción de éstas.

**Figura 4.1.**

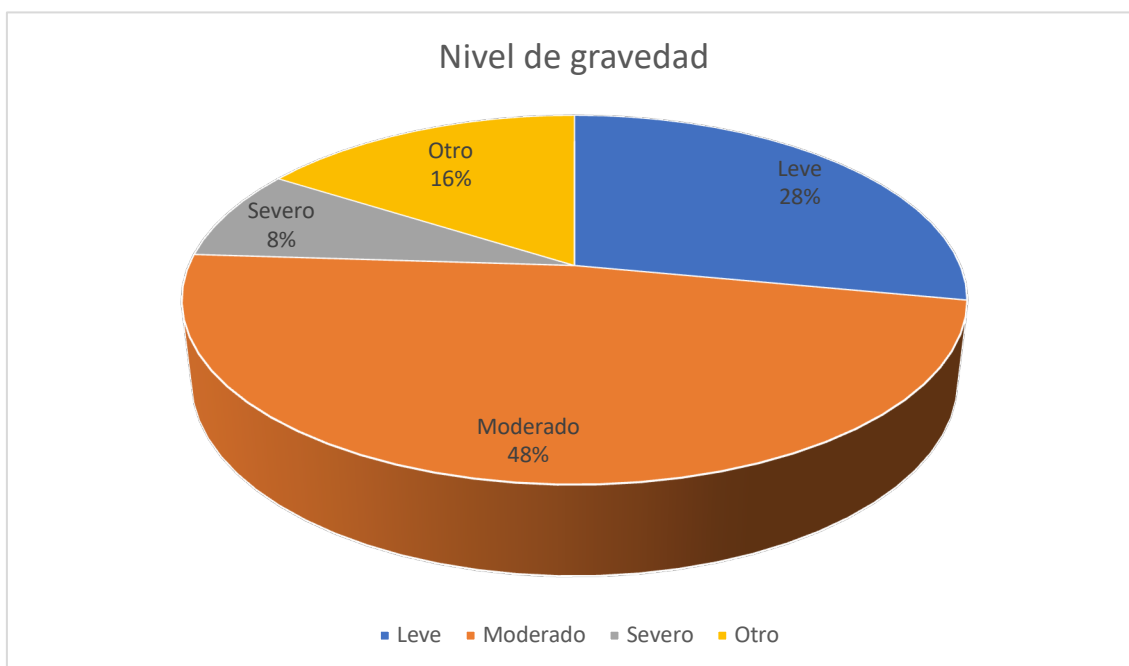
*Proporción de infantes con TEA según la edad*



- La mayoría de los participantes se encuentra con un nivel de diagnóstico de tipo moderado. En la Figura 4.2 se puede visualizar la distribución de éstos.

**Figura 4.2.**

*Proporción de infantes con TEA según nivel de diagnóstico*



Por otra parte, basado en la literatura revisada y los componentes visuales que ofrece PECS en su versión tradicional se procede a definir las siguientes funcionalidades principales:

- Agrupar una cantidad de pictogramas en una determinada categoría para facilitar la búsqueda
- Seleccionar pictogramas de manera ergonómica y posicionarlos en una Tira Frase, luego emitir el sonido correspondiente
- Agregar y editar pictogramas
- Agregar y editar categorías

#### 4.5.2 SUBFASE 5.2: DESPLIEGUE

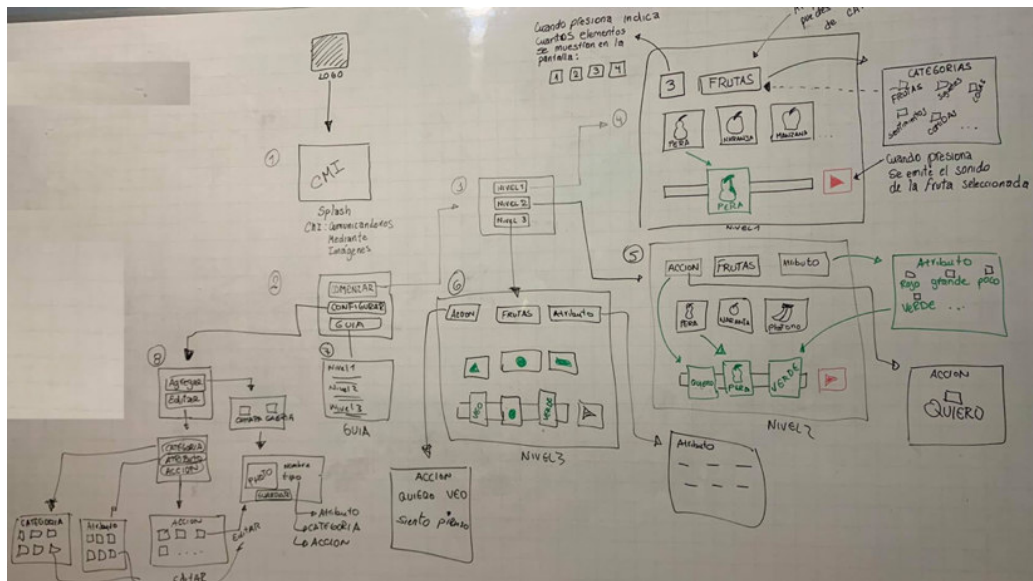
Luego de definir las funcionalidades principales, se procede a crear los esquemas que están compuestas por:

1. Componente visual de presentación: Inicio de la aplicación
2. Componente visual de inicio: Presentación de las características
3. Componente visual de fases: Debido a que CMI - PECS utiliza PECS, esta se divide en seis fases, sin embargo, según las entrevistas y las observaciones por parte de la especialista se redujo estas fases, por tal motivo, en el presente esquema se visualiza 3 niveles (fases):
  - a. Nivel 1: Integra la primera, segunda y tercera fase
  - b. Nivel 2: Integra la cuarta y quinta fase
  - c. Nivel 3: Integra la sexta fase
4. Componente visual de selección de pictogramas y categorías para el primero nivel
5. Componente visual de selección de pictogramas y categorías para el segundo nivel
6. Componente visual de selección de pictogramas y categorías para el tercer nivel
7. Componente visual de Guía: Presentan la guía de uso de la aplicación
8. Componente visual de configuración: Permite agregar y editar pictogramas y categorías.

En la Figura 4.3 se puede observar el esquema y sus componentes visuales.

Figura 4.3.

## Esquema y Componentes visuales iniciales de CMI - PECS



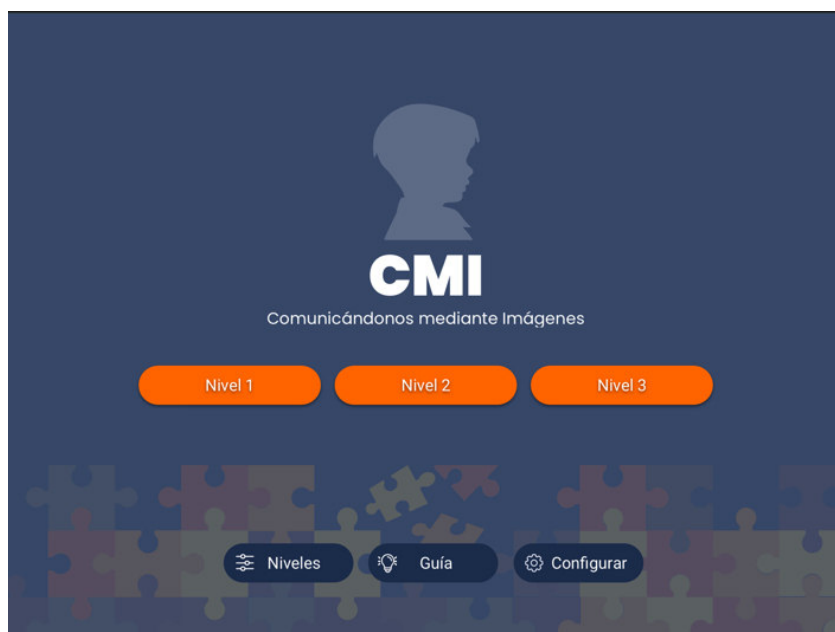
Luego, se realiza reuniones con un diseñador en el cual se le explica las funcionalidades de la aplicación y el público objetivo. Tomando como referencia el esquema anterior, el diseñador, presenta una propuesta que servirá para presentarlo ante una psicóloga especialista en el área de TEA. En la Figura 4.4 y Figura 4.5 se puede observar el componente visual de inicio y de niveles respectivamente

**Figura 4.4.**

*Componente visual de CMI – PECS en una Tablet*

**Figura 4.5.**

*Componente de Niveles Iniciales de CMI - PECS*



Luego de presentar los diseños a la psicóloga, se obtienen recomendaciones y opiniones sobre el mismo. Algunos puntos importantes para tener en cuenta:

- Las imágenes deben ocupar el mayor tamaño posible de la pantalla
- Se debe persistir las imágenes seleccionadas previamente, esto permite formar frases a partir del nivel 2 de CMI – PECS.
- Considerar el uso en celulares pequeños. En la Figura 4.6 se puede observar el componente visual de inicio en la versión para celulares.

**Figura 4.6.**

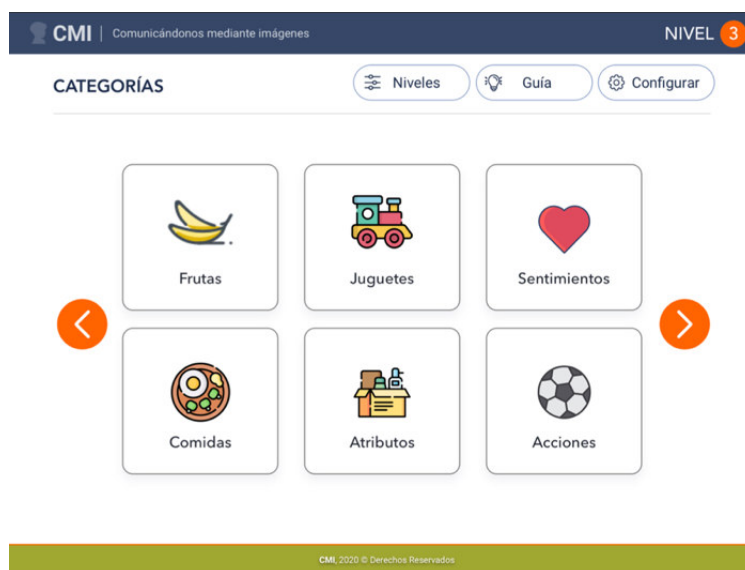
*Componente inicial de CMI – PECS en un Celular*



- Agregar pictogramas básicos que se utilizan en la mayoría de las intervenciones.
- Considerar algunos pictogramas por género
- Enfocar los componentes visuales en tareas específicas, asimismo, eliminar la mayor cantidad de distractores posibles. En la Figura 4.7 y 4.8 se observa el cambio sugerido para el componente visual de CMI - PECS para la selección de categorías, luego de la opinión de la psicóloga con respecto a eliminar los distractores como los botones “niveles”, “guía” y “configurar. Asimismo, se aprovecha el tamaño de la pantalla para agrandar las imágenes de las categorías.

**Figura 4.7.**

*Componente de Categorías de CMI – PECS antes del cambio*

**Figura 4.8.**

*Componente de CMI – PECS después del cambio*



- Agregar los seis niveles (fases) de PECS debido a que cada fase esta destinado para un objetivo específico. En la figura 4.9 se puede observar el componente visual de niveles en la versión celular.

**Figura 4.9.**

*Componente de las seis fases del PECS tradicional en CMI - PECS*



Luego de los cambios realizados luego de las recomendaciones de la psicóloga, se procede a presentar la herramienta a los usuarios finales.

#### **4.5.3 SUBFASE 5.3: REFINAMIENTO**

Para el proceso de refinamiento, se le presentó la herramienta a dos padres de familia que tienen un infante con TEA. Asimismo, por parte de la psicóloga, utilizo CMI -PECS en sus terapias para observar el comportamiento de los infantes. Luego de un periodo de observaciones y evaluaciones se obtuvo las siguientes observaciones:

- **Niveles:** En un inicio se presentó tres niveles (Figura 4.4) con el objetivo de encapsular las seis fases de PECS debido a que los componentes visuales de cada nivel presentan mucha similitud. Luego se decidió dividir en 6 niveles que representan a cada fase (Figura 4.8). Finalmente, con las observaciones del comportamiento de los infantes y con el objetivo de conseguir un flujo simple de uso se decide a remover los niveles, pero se agregan configuraciones especiales que permitirán el uso de la herramienta en cualquier fase de PECS. En



consecuencia, ya no existe la pantalla de niveles, por el contrario, ahora se presenta un componente visual que puede ser usada para cualquier fase de PECS.

- **Configuraciones adicionales**
  - Se agrega un componente principal, llamado componente visual PECS, el cual permite agregar pictogramas en la Tira Frase.
  - Eliminar pictogramas o categorías.
  - Seleccionar pictogramas o categorías para el uso en el componente visual PECS.
  - Agregar verbos y atributos
- **Tira Frase especial:** Anteriormente en un solo componente visual se realizaban muchas acciones, como seleccionar pictogramas y categorías. Debido a que los componentes visuales deben emitir acciones únicas sin distracciones. Luego de agregar un pictograma a la Tira Frase en el componente visual PECS e indicar que se quiere comunicar lo que se acaba de formar, se muestra un nuevo componente visual con la Tira Frase y las imágenes que se indicó.

Luego de realizar los cambios necesarios, se plantearon los componentes (Interfaces) visuales finales que estarán presentes en el producto final (Véase Anexo 1).

## **4.6 FASE 6: IMPLEMENTACIÓN**

### **4.6.1 SUBFASE 6.1: PRESENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA**

Antes de presentar CMI – PECS a los apoderados de los infantes con TEA, se procede a realizar el Pre-Test que en esta subfase permitirán recolectar los datos y la percepción sobre el uso de las herramientas actuales.

Luego se procede a explicar los fundamentos en el cual se basa la herramienta, se describe las características del software, el modo de uso y las configuraciones disponibles que se tiene. Asimismo, se describen los flujos principales y alternativos que se pueden presentar como parte del uso de la herramienta.

Con el objetivo de mejorar la experiencia de los padres de familia en CMI - PECS, se publica un video de guía (Véase Anexo 1) en el sitio web YouTube que describe las funcionalidades principales y como pueden obtener CMI - PECS. En la Figura 4.10 se observa el video publicado.

#### **Figura 4.10.**

*Video guía de CMI - PECS publicado en el sitio web de YouTube*



*Nota.* Tomada de YouTube: *Comunicándonos Mediante Imágenes (CMI – PECS)*, por Raul Guzman 2021, ([https://www.youtube.com/watch?v=jFqzmWQx\\_yg&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=jFqzmWQx_yg&t=4s))

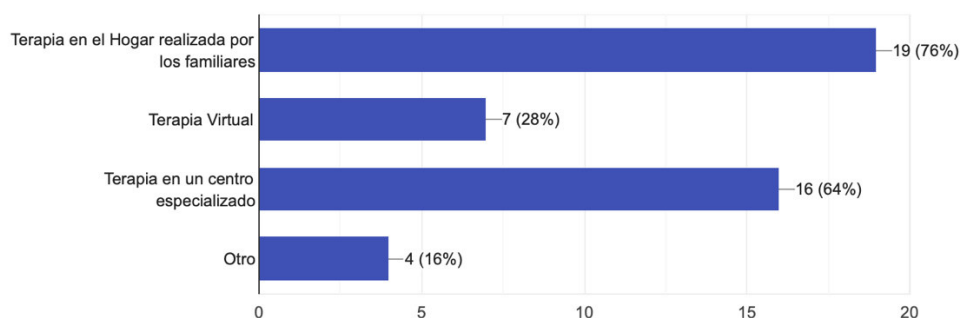
En este mismo contexto, se realiza la EE a la persona encargada del infante con TEA para conocer su situación actual y cuales son los materiales que usa para apoyar las terapias de su familiar con TEA o si no utiliza ningún material de apoyo debido a alguna limitación. A continuación, se presentan algunos datos de la EE.

- **[PE-1] - ¿Cuáles son los apoyos que usted le brinda a su familiar con TEA?**

Según los datos recolectados, la mayoría de las familias suelen realizar terapias en el hogar guiadas por ellos mismos y contratar servicios en un centro especializado.

**Figura 4.11.**

*Resultados en porcentaje para [PE-1] de la encuesta de entrada*

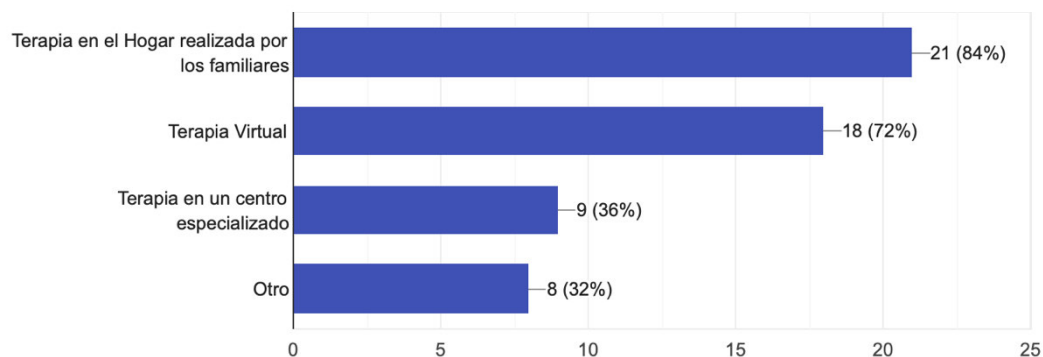


- **[PE-2] - En una cuarentena ¿Cómo usted apoya a su familiar con TEA?**

A comparación de la [PE-1], se puede observar que las terapias virtuales tuvieron un incremento desde 28% hasta 72% y las terapias presenciales se redujeron desde 64% hasta 36% en un ambiente de cuarentena.

**Figura 4.12.**

*Resultados en porcentaje para [PE-2] de la encuesta de entrada.*

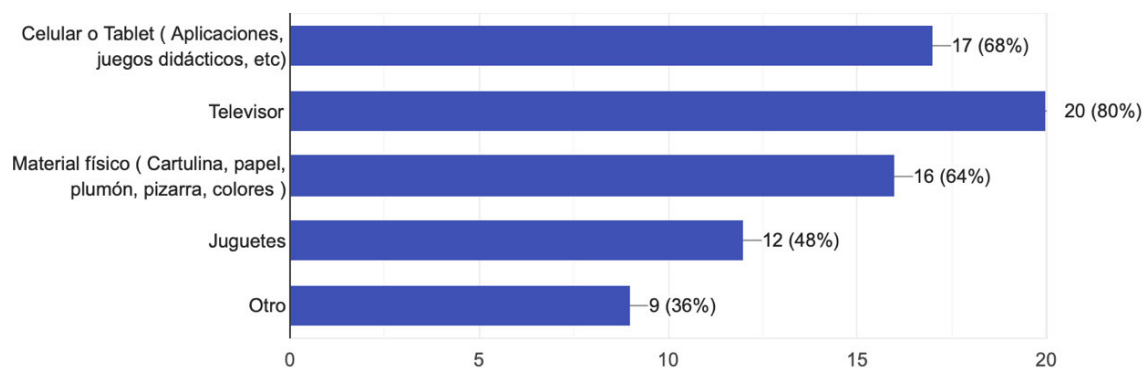


- **[PE-3]: ¿Qué materiales utiliza para apoyar las terapias de su familiar con TEA en el hogar o en algún otro ambiente?**

Según los datos recolectados, la mayoría de las familias utilizan el televisor para realizar múltiples actividades, pero lo hacen de manera controlada y en algunos casos supervisada. Asimismo, utilizan el celular o Tablet y materiales escolares para otras actividades más relacionadas con juegos didácticos.

**Figura 4.13.**

*Resultados en porcentaje para [PE-3] de la encuesta de entrada.*



- **[PE-4]: ¿Qué es lo que opina acerca de la forma en como se desarrolla las terapias en el hogar? ¿Cómo podría mejorarlo?**

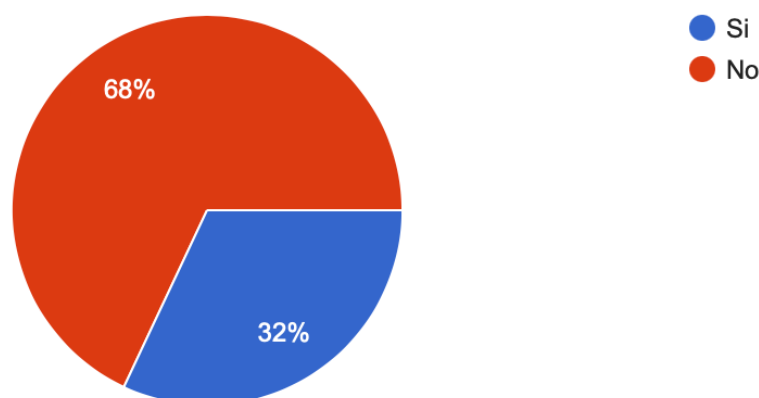
Según la opinión recolectada, los padres de familia utilizaban servicios en centros especializados y complementaban dichas actividades en casa con guía del especialista. Debido a la pandemia, hubo un cambio de roles y ahora se utiliza el hogar como ambiente de trabajo para las terapias virtuales y en algunos casos se realiza actividades de recreación fuera del hogar. Como punto de mejora, ellos opinan que hace falta aprender como apoyar a un infante con TEA y tener herramientas que ellos puedan utilizar en el hogar.

- **[PE-5]: ¿Conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA?**

El 68% de las familias entrevistadas no conocen alguna herramienta tecnológica que pueda apoyar a su familiar con TEA

**Figura 4.14.**

*Resultados en porcentaje para [PE-5] de la encuesta de entrada.*



- **[PE-6]: Si su respuesta en la anterior pregunta es afirmativa ¿Qué opina del uso de herramientas tecnológicas para apoyar las terapias de los infantes con TEA?**

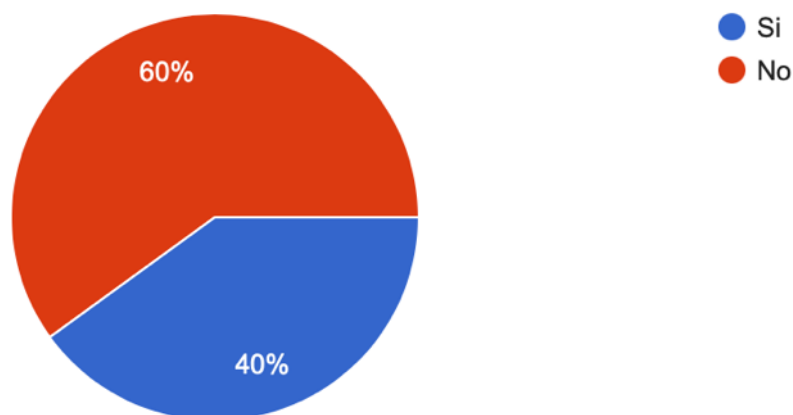
Del 32% que respondió la pregunta [PE-5] de manera afirmativa, opinan que el uso que observaron de herramientas tecnológicas casi siempre tiene un costo mensual y en otros casos son complejos de utilizar.

- **[PE-7]: Si usted conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA ¿Estaría dispuesto a obtenerla? ¿Por qué?**

El 40% de familias entrevistadas estarían dispuestos a obtener una herramienta tecnológica para su familiar con TEA.

**Figura 4.15.**

*Resultados en porcentaje para [PE-7] de la encuesta de entrada.*



- **[PE-8]: Si en la pregunta anterior su respuesta fue negativa debido al costo económico de adquisición (dinero) ¿Estaría dispuesto a utilizar una herramienta tecnológica que es gratuita y ergonómica? ¿Por qué?**

El 60% de familias entrevistadas que contestaron negativamente en la pregunta [PE-7] es debido a que la herramienta tecnológica que ellos puedan adquirir requiere una revisión por parte de ellos y en algunos casos la recomendación de un especialista.

#### **4.6.2 SUBFASE 6.2: DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

CMI - PECS es una aplicación móvil para el sistema operativo Android que en sus primeras versiones fue publicada en Google Play Store bajo el formato llamado *Alpha*, el cual solo permite descargar la aplicación a aquellas personas que tengan los permisos necesarios. Luego de presentar la herramienta a los padres de familia y compartir la guía detallada en formato de video publicado en el sitio web de YouTube, se modifica los permisos de la aplicación para que pueda ser descargada por todo el público de manera gratuita.

En tal sentido, se les indica a los padres de familia que pueden descargar la aplicación desde cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android y cuya versión sea mayor 6.0, asimismo, se les brinda soporte para algunas configuraciones adicionales que sean necesarias.

Para el uso de CMI – PECS se solicita a los padres de familia que presenten la herramienta a su familiar con TEA y creen las condiciones necesarias, que se explicaron anteriormente. Asimismo, se recomienda la supervisión de un especialista que pueda observar y ayudar en el desarrollo del uso de CMI - PECS.

Aproximadamente, se recomienda a los familiares que el uso de CMI – PECS se realice entre tres a seis veces por semana y reportar algún inconveniente o mejora que pueden encontrar.

#### **4.6.3 SUBFASE 6.3: RECOLECCIÓN DE DATOS**

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

Finalmente, se procede a realizar la ES con el objetivo de recolectar la opinión de los padres de familiar luego de conocer la herramienta.

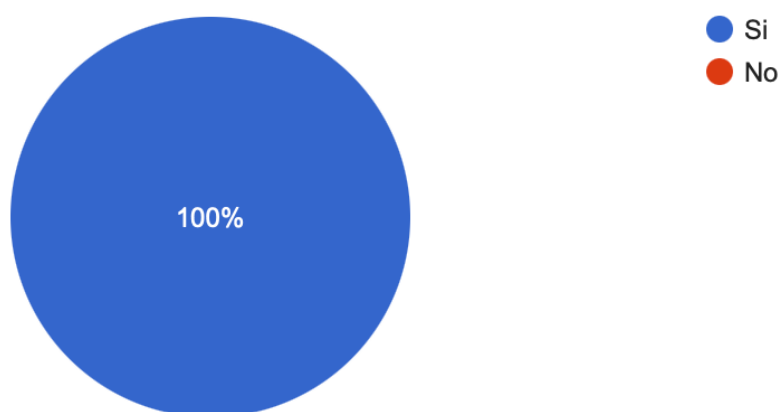
Entre los hechos recolectados se tiene:

- **[PS-1]: ¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas como CMI - PECS o alguna otra ayuda en el desarrollo de habilidades en los infantes con TEA?**

El 100% de familias entrevistadas consideran que las herramientas tecnológicas ayudan a desarrollar habilidades a los infantes con TEA si se basan en una técnica comprobada con buenos resultados y es recomendado por un especialista

**Figura 4.16.**

*Resultados en porcentaje para [PS-1] de la encuesta de salida.*



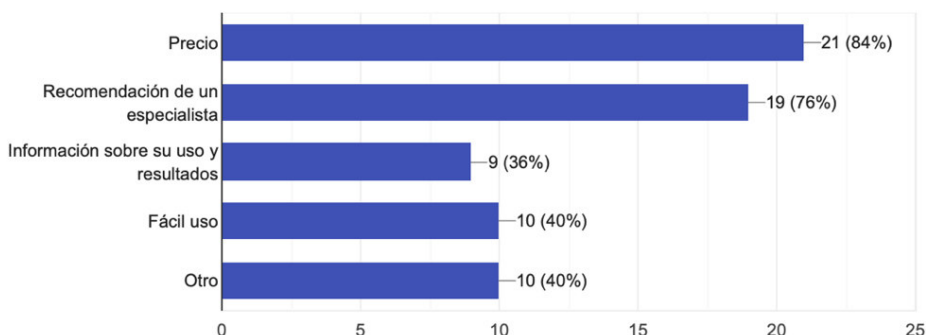
- **[PS-2]: ¿Cuáles son las características que usted observa cuando obtiene un producto como CMI - PECS que ayuda a desarrollar habilidades en un infante con TEA?**

El 84% de familias entrevistadas presta gran atención al precio de una herramienta tecnológica debido a su complejidad económica de adquisición, por el contrario, CMI - PECS al ser una herramienta gratuita recibe un gran porcentaje en esta característica y un 76% a la recomendación por parte de un especialista.



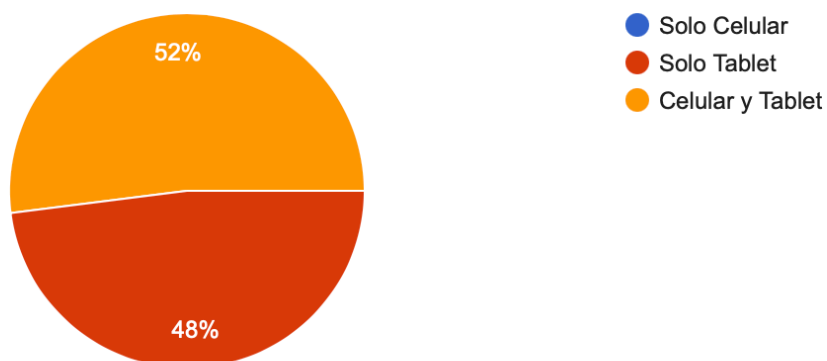
**Figura 4.17.**

*Resultados en porcentaje para [PS-2] de la encuesta de salida.*



- **[PS-3]: Con respecto al uso de CMI - PECS o alguna otra aplicación ¿Cuál considera que es el dispositivo en el cual se deben utilizar?**

El 52% de familias entrevistada prefiere tener disponible CMI - PECS en celular y Tablet, mientras un 48% opina que el mejor dispositivo es la Tablet porque se tiene más espacio para desarrollar las actividades.

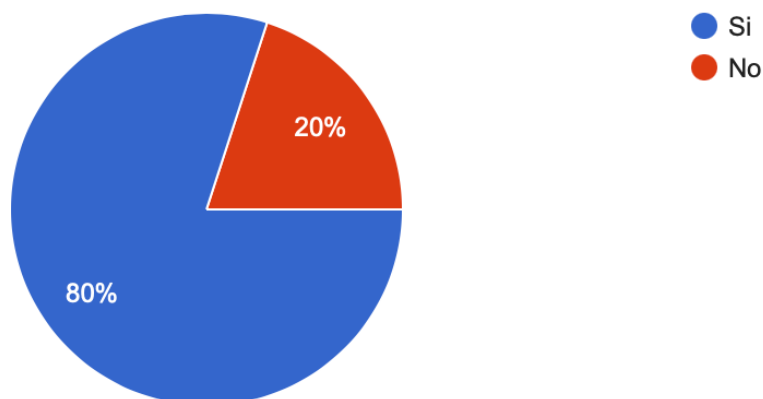
**Figura 4.18.** *Resultados en porcentaje para [PS-3] de la encuesta de salida.*

- **[PS-4]:** Luego de conocer CMI - PECS o alguna otra herramienta tecnológica ¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas debería realizarse con supervisión de un adulto?

El 80% de familias considera que el uso de CMI - PECS y de cualquier otra herramienta tecnológica se debería utilizar bajo supervisión de un adulto.

**Figura 4.19.**

*Resultados en porcentaje para [PS-4] de la encuesta de salida.*

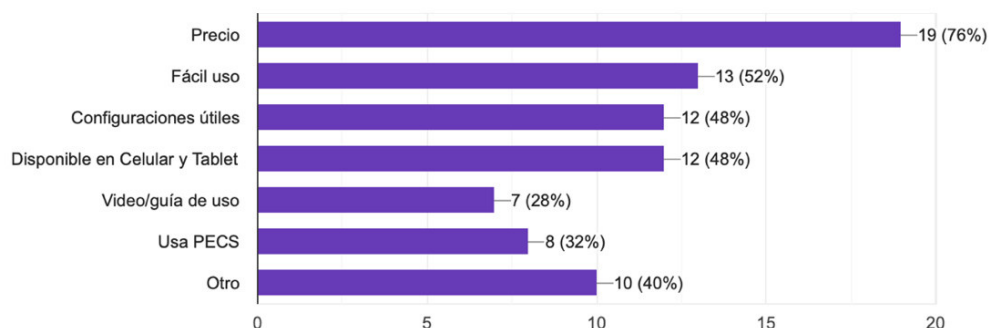


- **[PS-5]:** Desde su perspectiva ¿Cuales son los puntos positivos que ofrece CMI - PECS?

Casi un 80% considera que el precio es la característica más positiva de CMI - PECS, por otro lado, un 52% opina que es de fácil uso y un 48% que esta disponible en Celular y Tablet.

**Figura 4.20.**

*Resultados en porcentaje para [PS-5] de la encuesta de salida.*



- **[PS-6]: Desde su perspectiva ¿Qué funcionalidades debería agregar CMI - PECS?**

Según las familias, se deberían agregar las siguientes funcionalidades:

- Abrir el sitio web YouTube luego de formar una sentencia
- Grabar la voz del infante para emitir el sonido de las imágenes
- Un propio buscador de imágenes
- Agregar imágenes animadas
- Configurar la velocidad de emisión del sonido de las imágenes

## **CAPÍTULO 5: PRUEBA Y VALIDACIÓN DEL SAAC - PECS**

En el presente capítulo se procesan y se describen los datos obtenidos en las respuestas de los ítems para cada pregunta de investigación. Asimismo, se realiza las validaciones para responder a estas preguntas mediante la prueba t de Student.

### **5.1 Experimentos**

En la Tabla 5.1 se muestra los diferentes valores que toman los ítems para cada PI. Estos datos fueron recolectados en dos instancias de tiempo diferentes lo cuales corresponden al Pre-Test que esta basado antes de la implementación de CMI – PECS y el Post-Test, que esta basado luego de la implementación.

Se puede observar que los ítems Preparación, Complejidad, Costo de Adquisición y Costo de Mantenimiento tienen un valor menor y los ítems Calificación, Desarrollo de Habilidades Sociales y Desarrollo de Habilidades Comunicativas tienen un valor superior en comparación a sus valores iniciales luego de la implementación.

**Tabla 5.1.**

Valores de los ítems para el Pre-Test y Post-Test

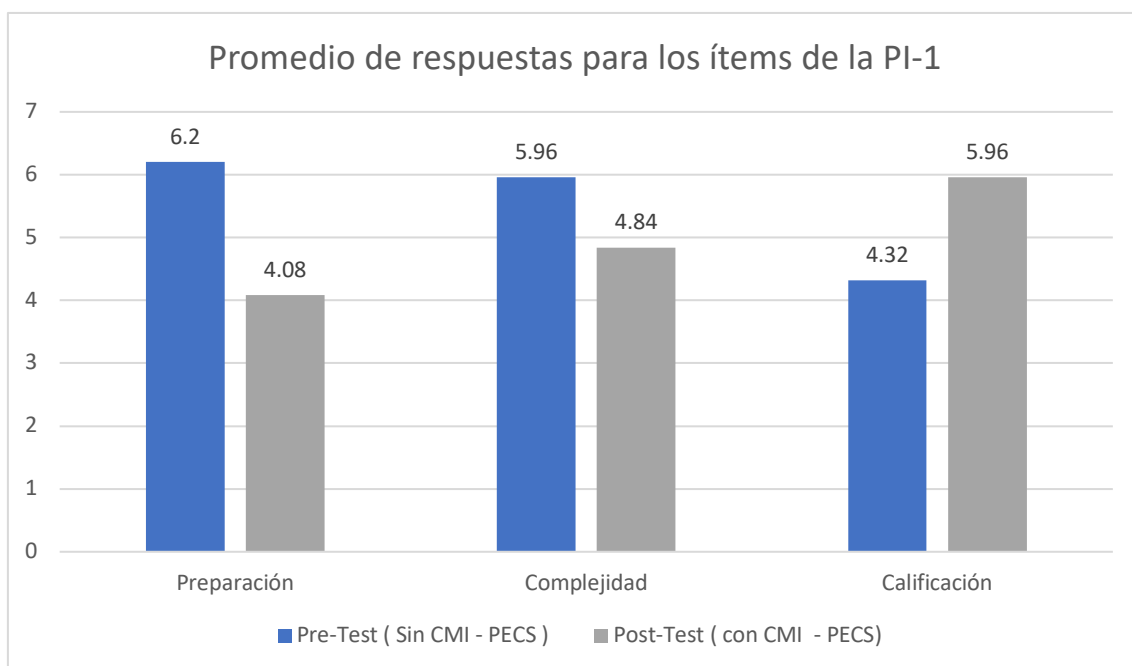
CODIGO	PREPARACION		COMPLEJIDAD		CALIFICACION		HABILIDADES SOCIALES		HABILIDADES COMUNICATIVA		COSTO DE ADQUISICIÓN		COSTO DE MANTENIMIENTO	
	TEST		TEST		TEST		TEST		TEST		TEST		TEST	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
A1	3	2	3	2	4	4	8	9	3	4	3	2	5	3
A2	4	3	4	4	3	5	7	8	4	5	5	3	3	2
A3	5	3	4	3	4	5	6	6	2	3	5	3	4	3
A4	5	2	5	4	2	3	5	5	1	2	4	1	5	4
A5	4	4	5	3	3	4	4	4	5	5	4	3	4	2
A6	5	3	2	3	1	2	4	5	6	6	5	4	9	3
A7	4	4	3	4	3	4	5	5	7	7	4	3	5	4
A8	7	5	6	5	2	3	3	3	8	8	6	2	6	5
A9	5	2	7	6	4	7	2	3	5	6	5	5	7	6
A10	6	3	8	7	5	8	6	6	4	5	7	6	7	7
A11	7	6	6	4	6	9	7	7	3	5	9	7	6	5
A12	8	5	7	5	5	6	8	8	4	6	9	7	7	4
A13	8	7	7	6	4	6	4	5	1	2	8	8	8	3
A14	9	6	8	7	3	4	6	6	5	6	10	9	9	6
A15	6	4	9	5	2	5	3	3	6	7	3	1	5	3
A16	5	3	9	6	1	3	2	3	7	7	7	2	4	2
A17	7	4	8	7	6	7	1	3	4	5	9	3	9	1
A18	9	6	8	8	7	9	2	4	3	3	6	4	3	2
A19	9	7	5	3	5	9	3	4	2	3	8	4	4	3
A20	6	5	6	4	7	10	1	2	7	8	7	5	5	4
A21	7	3	3	3	8	8	4	4	8	9	6	6	10	6
A22	5	4	4	4	8	10	6	6	9	9	8	7	10	5
A23	9	5	7	5	6	9	7	7	2	3	5	4	7	4
A24	8	4	6	6	5	5	8	9	3	3	4	3	9	3
A25	4	2	9	7	4	4	5	6	4	5	10	8	6	2

A continuación, se muestran los promedios obtenidos para cada ítem.

La PI-1 esta conformado por tres ítems que corresponden a preparación, complejidad y calificación. En la Figura 5.1 se puede observar el promedio obtenido en el Pre-Test y Post-Test.

**Figura 5.1**

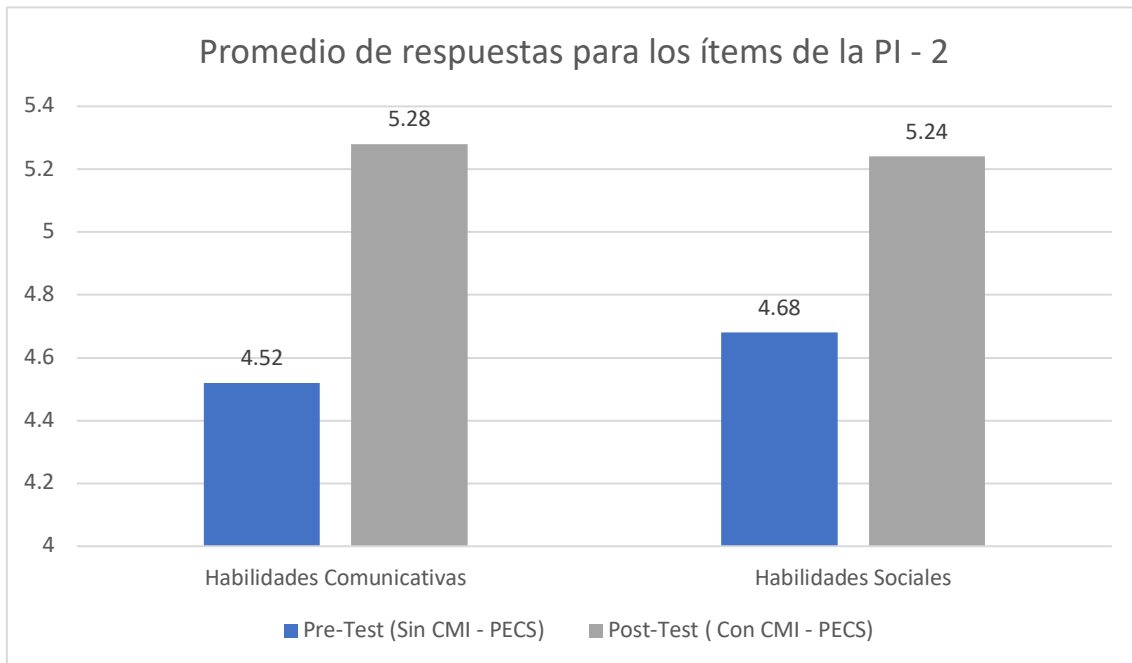
*Promedio de respuestas en el Pre-Test y Post-Test para la PI-1*



La PI-2 esta conformado por dos ítems que corresponden al desarrollo de habilidades sociales y comunicativas. En la Figura 5.2 se puede observar el promedio obtenido en el Pre-Test y Post-Test.

**Figura 5.2.**

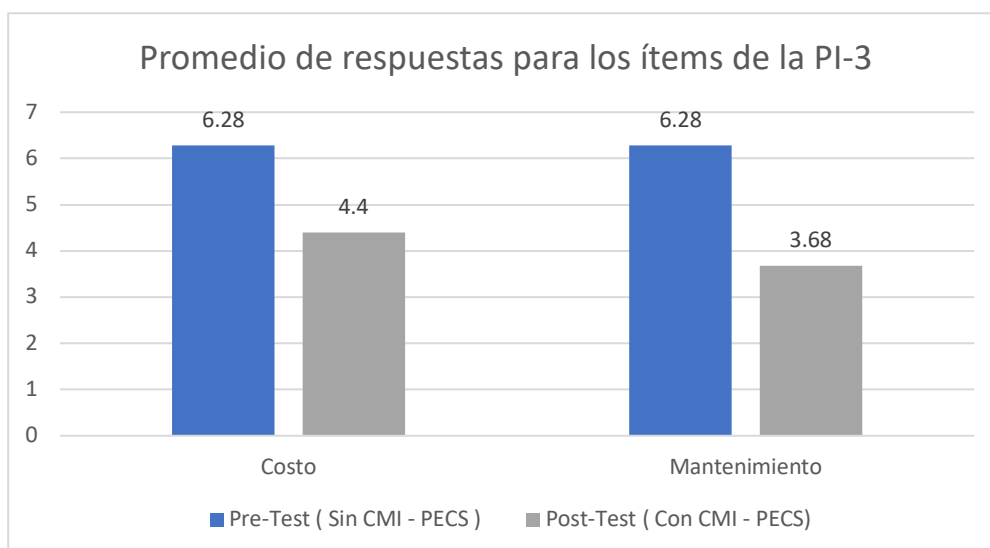
*Promedio de respuesta en el Pre-Test y Post-Test para la PI-2*



La PI-3 esta conformado por dos ítems que corresponden a costo adquisición y mantenimiento. En la Figura 5.3 se puede observar el promedio obtenido en el Pre-Test y Post-Test.

**Figura 5.3.**

*Promedio de respuesta en el Pre-Test y Post-Test para la PI-3*



## 5.2 Resultados

La Prueba t de Student para muestras relacionadas es la que más se ajusta según la naturaleza del caso de estudio debido a que se va a evaluar las mismas variables en dos instancias de tiempos diferentes. Como primer paso para realizar esta prueba, se necesita analizar si los datos tienen un comportamiento normal, en este caso los ítems de cada PI son las variables para evaluar (Véase Anexo 5). Para calcular la prueba de normalidad existen dos supuestos.

- Prueba de Normalidad Shapiro – Wilk: Muestra es menor a 30
- Prueba de Kolmogorov – Smirnov: Muestra mayor a 30

Para nuestro caso se utilizará la Prueba de Shapiro – Wilk debido a que la muestra es de 25 participantes. Asimismo, en esta prueba se define el porcentaje de error de aceptación el cual se conoce como el valor *alpha* ( $\alpha$ ) y tendrá un valor del 5%.

Finalmente, para definir si los datos son normales se evalúa el Nivel de Significancia (Sig). Si el Sig > 0.05 se puede afirmar que los datos son normales. A continuación, se muestran las Pruebas de Normalidad utilizando SPSS 26.0.

### 5.2.1 Pruebas de Normalidad

- **Preparación:** En la Figura 5.4 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable Preparación. Se puede visualizar que  $p$  (0.066, 0.070) >  $\alpha$  (0.05). Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.



**Figura 5.4.**

*Prueba de normalidad para la variable Preparación*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de preparación de materiales sin CMI - PECS	.182	25	.032	.925	25	.066
Tiempo de preparación de materiales con CMI - PECS	.161	25	.094	.926	25	.070

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* El tiempo de preparación de materiales sin CMI - PECS corresponde al Pre-Test y el tiempo de preparación de materiales con CMI - PECS corresponde al Post-Test.

- **Complejidad:** En la Figura 5.5 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable Complejidad. Se puede visualizar que  $p$  ( $0.191, 0.150$ )  $> \alpha$  ( $0.05$ ). Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.

**Figura 5.5.**

*Prueba de normalidad para la variable Complejidad*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Complejidad para desarrollar actividades sin CMI - PECS	.131	25	.200*	.945	25	.191
Complejidad para desarrollar actividades con CMI - PECS	.177	25	.041	.940	25	.150

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* La Complejidad para desarrollar actividades sin CMI - PECS corresponde al Pre-Test y la Complejidad para desarrollar actividades con CMI - PECS corresponde al Post-Test

- **Calificación:** En la Figura 5.6 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable Calificación. Se puede visualizar que  $p$  ( $0.410, 0.064$ )  $> \alpha$  ( $0.05$ ). Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.

**Figura 5.6.**

*Prueba de normalidad para la variable Calificación*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Puntaje de calificación para la herramienta actual de uso	.123	25	.200 <sup>*</sup>	.960	25	.410
Puntaje de calificación para CMI - PECS	.172	25	.055	.924	25	.064

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* El Puntaje de calificación para la herramienta actual de uso corresponde al Pre-Test y el Puntaje de calificación para CMI – PECS corresponde al Post-Test

- **Habilidades Sociales:** En la Figura 5.7 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable Habilidades Sociales. Se puede visualizar que  $p$  ( $0.199, 0.180$ )  $> \alpha$  ( $0.05$ ). Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.

**Figura 5.7.**

*Prueba de normalidad para la variable Habilidades Sociales*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Desarrollo de habilidades sociales sin CMI - PECS	.126	25	.200 <sup>*</sup>	.946	25	.199
Desarrollo de habilidades sociales con CMI - PECS	.134	25	.200 <sup>*</sup>	.944	25	.180

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* El *Desarrollo de habilidades sociales sin CMI - PECS* corresponde al Pre-Test y el *Desarrollo de habilidades sociales con CMI - PECS* corresponde al Post-Test

- **Habilidades Comunicativas:** En la Figura 5.8 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable Habilidades Comunicativas. Se puede visualizar que  $p (0.335, 0.199) > \alpha (0.05)$ . Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.

**Figura 5.8.**

*Prueba de normalidad para la variable Habilidad Comunicativas*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Desarrollo de habilidades comunicativas sin CMI - PECS	.151	25	.144	.956	25	.335
Desarrollo de habilidades comunicativas con CMI - PECS	.144	25	.190	.946	25	.199

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* El *Desarrollo de habilidades comunicativas sin CMI - PECS* corresponde al Pre-Test y el *Desarrollo de habilidades comunicativas con CMI - PECS* corresponde al Post-Test

- **Costo de adquisición:** En la Figura 5.9 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable. Se puede visualizar que  $p$  ( $0.144, 0.131$ )  $>$   $\alpha$  ( $0.05$ ). Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.

**Figura 5.9.**

*Prueba de normalidad para la variable Costo de Adquisición*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costo monetario de adquirir herramienta tradicional	.164	25	.081	.939	25	.144
Costo monetario de adquirir CMI - PECS	.169	25	.062	.938	25	.131

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* El *Costo monetario de adquirir una herramienta tradicional* corresponde al Pre-Test y el *costo monetario de adquirir CMI - PECS* corresponde al Post-Test

- **Costo de Mantenimiento:** En la Figura 5.10 se muestra la prueba de normalidad del Pre-Test y Post-Test para la variable. Se puede visualizar que  $p$  ( $0.096, 0.149$ )  $> \alpha$  ( $0.05$ ). Por lo tanto, estos valores tienen un comportamiento normal.

**Figura 5.10.**

*Prueba de normalidad para la variable Costo de Mantenimiento*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costo de mantenimiento de herramienta tradicional	.162	25	.088	.932	25	.096
Costo de mantenimiento de CMI - PECS	.190	25	.021	.940	25	.149

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* El Costo de mantenimiento de una herramienta tradicional corresponde al Pre-Test y el costo de mantenimiento de CMI – PECS corresponde al Post-Test

A continuación, en la Tabla 5.2 se muestra un resumen de las PI, los ítems y la prueba de normalidad. Asimismo, para los resultados se observará que se habla en términos de *variables* los cuales corresponden a los ítems de cada PI. Se observa que todas las variables tienen un comportamiento normal.

**Tabla 5.2.***Resumen de preguntas de Investigación, sus ítems y resultados*

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

### 5.3 Otros Resultados

Como ya se comprobó en capítulos anteriores que los datos tienen un comportamiento normal utilizando la Prueba de Shapiro – Wilk. Se procede a calcular el valor de Prueba de Student que nos permitirá analizar si la diferencia entre las medias en el Pre-Test y Post-Test son significativas. Para ellos se utilizará nuevamente la herramienta de SPSS y en este caso se evaluará en la Tabla de Muestras para Pruebas Emparejadas el valor de Sig Bilateral (Valor p) que se comparará con el valor *alpha* ( $\alpha$ ).

#### 5.3.1 Prueba T de Student

##### 5.3.1.1 Preparación

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- H0: El tiempo promedio para preparar el material necesario para apoyar a un familiar con TEA aumenta utilizando CMI - PECS.
- Ha: El tiempo promedio para preparar el material necesario para apoyar a un familiar con TEA disminuye utilizando CMI - PECS.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable preparación obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable preparación obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

En la Figura 5.11 se muestra la prueba T para muestras emparejadas y su correspondiente cálculo del valor *p*.

**Figura 5.11.**

*Prueba T y calculo del valor p para la variable Preparación*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Tiempo de preparación de materiales sin CMI - PECS - Tiempo de preparación de materiales con CMI - PECS	2.120	1.166	.233	1.639	2.601	9.089	24	.000

Dado que el valor  $p$  ( $0.000$ )  $< \alpha$  ( $0.05$ ), entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que el usuario luego de utilizar CMI – PECS disminuye el tiempo de preparación de materiales para desarrollar actividades.

### 5.3.1.2 Complejidad

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- $H_0$ : La complejidad de CMI - PECS es mayor en comparación a las herramientas actuales de uso para apoyar a un familiar con TEA.
- $H_a$ : La complejidad de CMI - PECS es menor en comparación a las herramientas actuales de uso para apoyar a un familiar con TEA.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable complejidad obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable complejidad obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:



$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

En la Figura 5.12 se muestra la prueba T para muestras relacionadas y su correspondiente calculo del valor  $p$ .

### Figura 5.12.

*Prueba T y calculo del valor p para la variable Complejidad*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Complejidad para desarrollar actividades sin CMI - PECS - Complejidad para desarrollar actividades con CMI - PECS	1.120	1.166	.233	.639	1.601	4.802	24	.000

Dado que el valor  $p$  ( $0.000$ )  $< \alpha$  ( $0.05$ ), entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que el usuario observa una menor complejidad cuando utiliza CMI – PECS en comparación a cuando utiliza su herramienta tradicional al momento de desarrollar actividades.

#### 5.3.1.3 Calificación:

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- $H_0$ : El puntaje de calificación que se le otorga a CMI - PECS es menor al puntaje de las herramientas actuales de uso para apoyar a un familiar con TEA.

- Ha: El puntaje de calificación que se le otorga a CMI - PECS es mayor al puntaje de las herramientas actuales de uso para apoyar a un familiar con TEA.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable calificación obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable calificación obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:

$$H_0: \mu_2 \leq \mu_1$$

$$H_a: \mu_2 > \mu_1$$

En la Figura 5.13 se muestra la prueba T para muestras relacionadas y su correspondiente calculo del valor *p*.

**Figura 5.13.**

*Prueba T y calculo del valor p para la variable calificación*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Puntaje de calificación para la herramienta actual de uso - Puntaje de calificación para CMI - PECS	-1.640	1.150	.230	-2.115	-1.165	-7.128	24	.000

Dado que el valor *p* (*0.000*) <  $\alpha$  (*0.05*), entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (*H0*) y aceptar la hipótesis alternativa (*Ha*), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que observa y otorga una calificación superior a CMI – PECS en comparación a la herramienta tradicional que usa para desarrollar actividades.

**5.3.1.4 Habilidad Social**

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- H0: Se observa un menor o igual desarrollo de habilidades sociales cuando se utiliza CMI - PECS.
- Ha: Se observa un mayor desarrollo de habilidades sociales cuando se utiliza CMI - PECS.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable habilidad social obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable habilidad social obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:

$$H_0: \mu_2 \leq \mu_1$$

$$H_a: \mu_2 > \mu_1$$

En la Figura 5.14 se muestra la prueba T para muestras relacionadas y su correspondiente calculo del valor *p*.

**Figura 5.14.**

*Prueba T y calculo del valor p para la variable habilidad social*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Desarrollo de habilidades sociales sin CMI - PECS - Desarrollo de habilidades sociales con CMI - PECS	-.560	.651	.130	-.829	-.291	-4.303	24	.000

Dado que el valor *p* (0.000) <  $\alpha$  (0.05), entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptar la hipótesis alternativa (Ha), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que el usuario observa un desarrollo de habilidades sociales mayor en comparación a la herramienta actual de uso cuando desarrolla actividades.

### 5.3.1.5 Habilidad comunicativa

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- H0: Se observa un menor o igual desarrollo de habilidades comunicativas cuando se utiliza CMI - PECS.
- Ha: Se observa un mayor desarrollo de habilidades comunicativas cuando se utiliza CMI - PECS.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable habilidad comunicativa obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable habilidad comunicativa obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:

$$H_0: \mu_2 \leq \mu_1$$

$$H_a: \mu_2 > \mu_1$$

En la Figura 5.15 se muestra la prueba T para muestras relacionadas y su correspondiente calculo del valor  $p$ .

**Figura 5.15.**

*Prueba T y calculo del valor p para la variable habilidad comunicativa*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Desarrollo de habilidades comunicativas sin CMI - PECS - Desarrollo de habilidades comunicativas con CMI - PECS	-.760	.597	.119	-1.007	-.513	-6.363	24	.000

Dado que el valor  $p (0.000) < \alpha (0.05)$ , entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que el usuario observa un desarrollo de habilidades comunicativas mayor en comparación a la herramienta actual de uso cuando desarrolla actividades.

### 5.3.1.6 Costo de adquisición

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- $H_0$ : El costo de adquisición de CMI - PECS es mayor en comparación con la herramienta actual de uso para apoyar a un familiar con TEA.
- $H_a$ : El costo de adquisición de CMI - PECS es menor en comparación con la herramienta actual de uso para apoyar a un familiar con TEA.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable costo de adquisición obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable costo de adquisición obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

En la Figura 5.23 se muestra la prueba T para muestras relacionadas y su correspondiente calculo del valor *p*.

**Figura 5.16.**

*Prueba T y calculo del valor p para la variable el costo de adquisición*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Costo monetario de adquirir herramienta tradicional - Costo monetario de adquirir CMI - PECS	1.880	1.509	.302	1.257	2.503	6.230	24	.000

Dado que el valor *p* (0.000) <  $\alpha$  (0.05), entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (H0) y aceptar la hipótesis alternativa (Ha), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que el usuario observa un menor costo económico cuando adquiere CMI – PECS en comparación al costo económico de adquirir su herramienta tradicional de uso.

**5.3.1.7 Costo de mantenimiento**

Planteamiento de la Hipótesis nula y alternativa:

- H0: El costo de mantenimiento de los materiales creados por CMI - PECS es mayor en comparación con la herramienta actual de uso para apoyar a un familiar con TEA.
- Ha: El costo de mantenimiento de los materiales creados por CMI - PECS es menor en comparación con la herramienta actual de uso para apoyar a un familiar con TEA.

Asimismo, la correspondiente media poblacional para cada una:

- $\mu_1$ : Media poblacional de la variable costo de mantenimiento obtenidas en el Pre-Test
- $\mu_2$ : Media poblacional de la variable costo de mantenimiento obtenidas en el Post-Test

Entonces, se tiene:

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

En la Figura 5.17 se muestra la prueba T para muestras relacionadas y su correspondiente calculo del valor  $p$ .

**Figura 5.17.**

*Prueba T y calculo del valor p para el promedio de tiempo de preparación*

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Costo de mantenimiento de herramienta tradicional - Costo de mantenimiento de CMI - PECS	2.600	2.062	.412	1.749	3.451	6.306	24	.000

Dado que el valor  $p$  ( $0.000$ )  $<$   $\alpha$  ( $0.05$ ), entonces existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), es decir la diferencia es significativa.

**Interpretación:** La media del Post-Test es significativa en comparación a la media del Pre-Test, lo cual nos indica que el usuario observa un menor costo económico de mantenimiento cuando se utiliza CMI – PECS en comparación al costo económico de mantenimiento de su herramienta tradicional de uso.



### 5.3.2 Respuesta a las Preguntas de Investigación

#### 5.3.2.1 [PI – 1]: ¿CMI – PECS puede reducir la complejidad de preparar y utilizar materiales para el desarrollo de actividades que complementan las terapias de un infante con TEA?

Respuesta: Las pruebas realizadas a las variables Preparación, Complejidad y Calificación demostraron que existen una diferencia significativa a favor de CMI – PECS luego de su implementación, los valores obtenidos en el Post-Test verifican este hecho. Esto demuestra que la herramienta reduce el tiempo que lleva preparar materiales para realizar actividades, tiene una menor complejidad de uso y obtiene una mejor calificación que las herramientas actuales de uso de las familias. En la Tabla 5.3 se observan los detalles.

**Tabla 5.3**

*Resultados para las variables de la PI-1*

<b>Variable</b>	<b>Promedio de respuestas en el Pre – Test</b>	<b>Promedio de respuestas en el Post – Test</b>	<b>Observación</b>
Preparación	6.20	4.08	Se observa una reducción en los promedios desde 6.20 a 4.08, lo que indica que esta variable se reduce en un <b>34.20%</b> luego de la implementación.
Complejidad	5.96	4.84	Se observa una reducción en los promedios desde 5.96 a 4.84, lo que indica que esta variable se reduce en un <b>18.79%</b> luego de la implementación.
Calificación	4.32	5.96	Se observa un incremento en los promedios desde 4.32 a 5.96, lo que indica que esta variable se incrementa en un <b>37.96%</b> luego de la implementación.

### 5.3.2.2 [PI – 2]: ¿Se observa un desarrollo de habilidades sociales y comunicativas por parte del infante con TEA cuando utiliza CMI - PECS?

Respuesta: Las pruebas realizadas a las variables desarrollo de Habilidades Sociales y desarrollo de Habilidades Comunicativas demostraron que existen una diferencia significativa a favor de CMI – PECS, los valores obtenidos en el Post – Test verifican este hecho. Esto demuestra que la herramienta ayuda a mejorar las habilidades sociales y comunicativas de los infantes con TEA luego de su implementación. En la Tabla 5.4 se pueden observar los detalles

**Tabla 5.4**

*Resultados para las variables de la PI-2*

Variable	Promedio de respuestas en el Pre – Test	Promedio de respuestas en el Post – Test	Observación
Desarrollo de Habilidades Sociales	4.68	5.24	Se observa un incremento en los promedios desde 4.68 a 5.24, lo que indica que esta variable se incrementa en un <b>11.96%</b> luego de la implementación.
Desarrollo de Habilidades Comunicativas	4.52	5.28	Se observa un incremento en los promedios desde 4.52 a 5.28, lo que indica que esta variable se incrementa en un <b>16.80%</b> luego de la implementación.

### 5.3.2.3 [PI – 3]: ¿Existe un beneficio económico en adquirir CMI - PECS para apoyar a un infante con TEA?

Respuesta: Las pruebas realizadas a las variables Costo de Adquisición y Costo de Mantenimiento demostraron que existen una diferencia significativa a favor de CMI – PECS. Esto demuestra que las familias son beneficiadas económicas cuando adquieren la herramienta debido a que pueden obtenerla de manera gratuita a través de las plataformas de descarga en una Tablet o Celular y obtienen 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. En la Tabla 5.5 se observan los detalles.

**Tabla 5.5**

*Resultados para las variables de la PI-3*

Variable	Promedio de respuesta en el Pre – Test	Promedio de Respuesta en el Post – Test	Observación
Costo de Adquisición	6.28	4.4	Se observa una reducción en los promedios desde 6.28 a 4.4, lo que indica que esta variable se reduce en un <b>29.93%</b> luego de la implementación.
Costo de Mantenimiento	6.28	3.68	Se observa una reducción en los promedios desde 6.28 a 3.68, lo que indica que esta variable se reduce en un <b>41.40%</b> luego de la implementación.

## 5.4 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos por CMI – PECS demuestran y verifican que la implementación de un SAAC de tipo PECS en un dispositivo móvil ayudan a mejorar diversos aspectos del infante con TEA. Tal es el ejemplo de la aplicación Yuudee (Figura 2.19) de China que evidenció resultados positivos para habilidades comunicativas similares a los 16.80% de CMI – PECS. Asimismo, iCAN (Figura 3.16) redujo la preparación y búsqueda en un 70% a comparación del 34.20% de CMI – PECS debido a que solo se ha enfocado en la creación más no en la búsqueda de pictogramas, pero como alternativa se agregaron configuraciones que permiten reducir el tiempo de búsqueda de componentes o pictogramas.

Por otro lado, según Lorenzo et al. (2019) y Taryadi (2016) que agregaron AR a un SAAC evidenciaron buenos resultados para los infantes con TEA debido a la sofisticación en el uso de éstos dispositivos. Por su parte, Cooper y Ireland (2018) que agregaron NLP a un SAAC permitieron agregar soporte en el uso de la herramienta la cual obtuvo resultados positivos para la usabilidad. Sin embargo, como se puede observar, la técnica que esta siempre presente es el SAAC debido a que ofrece la flexibilidad de agregar herramienta o técnica externas que puedan ayudar a mejorar los resultados obtenidos.

Finalmente, Lopez et al. (2020) , De Lacroix (2020) y Trembath et al. (2015) que evaluaron la efectividad de PECS sin ninguna herramienta adicional, evidenciaron que éste apoya al componente verbal y no verbal, se obtienen resultados positivos en el habla espontánea, mejoras a largo plazo de habilidades socio – comunicativas, aparición de nuevas palabras y el aumento de funciones comunicativas y proveen una manera de comunicación eficiente y apoya al desarrollo de la comunicación simbólica. De esta manera, CMI – PECS permite a los infantes con TEA desarrollar diversos aspectos y

permite agregar herramientas externas para poder aumentar el entorno ergonómico de uso y sus resultados positivos.

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

### **6.1 Conclusiones**

- Luego de revisar y evaluar las diferentes técnicas, métodos y herramientas que se utilizan se puede observar que existe a nivel global una gran iniciativa por utilizar tecnología para reducir las limitaciones que las personas con TEA presentan debido a su condición.
- El SAAC de tipo PECS es una de las herramientas más utilizadas y según la literatura revisada se observa un aumento en el uso de herramientas y técnicas complementarias para mejorar la experiencia de usuario y los resultados luego de la implementación.
- En el análisis del perfil de usuario para CMI – PECS se encontró que el Nivel de Diagnostico no es un indicador que limita su uso debido a que éste puede cambiar con el tiempo. Asimismo, la edad superior a cinco años es un buen indicador para empezar a utilizar herramientas tecnológicas con infantes con TEA, pero se recomienda la supervisión de un especialista.
- La construcción del prototipo fue dirigida para celular y Tablet con el objetivo de ofrecer mayores posibilidades de adquisición. Asimismo, las opiniones de un diseñador y una especialista en autismo fueron muy importantes para visualizar que las configuraciones que ofrece CMI - PECS son las características más importantes debido a que permiten la adaptación de la herramienta al infante.
- Los resultados obtenidos para PI – 1 demuestran que se mejora en más del 15% en la preparación, complejidad y la puntuación de herramientas en comparación a otros. Además, por parte de la PI-2 se observa 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. Finalmente, por parte de la PI-3 se demuestra que CMI – PECS obtiene un beneficio mayor al 28% para el costo económico de adquisición y mantenimiento debido a que la herramienta es gratuita y el mantenimiento esta limitado por el espacio disponible de cada celular considerando que crear recursos conlleva un mínimo espacio necesario.




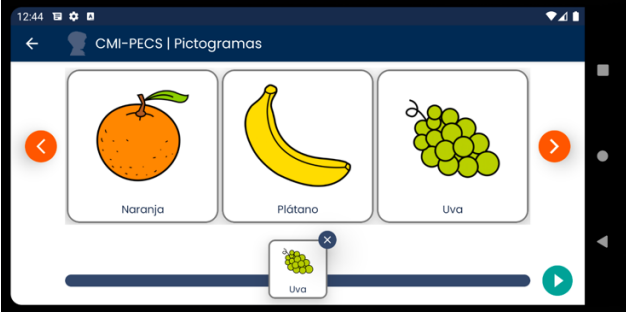
## 6.2 Trabajos futuros

- Se puede extender la funcionalidad de CMI - PECS para utilizar Inteligencia Artificial y predecir ciertos comportamientos que apoyen al uso de esta herramienta con una mejor experiencia de usuario
- Se puede extender la funcionalidad de CMI - PECS para utilizar Realidad Aumentada o Virtual, con la finalidad de ofrecer otro tipo de experiencia al infante agregando componentes visuales que llamen su atención.
- ARASAAC tiene un portal web que ofrece muchos servicios para integrar en aplicaciones móviles, éstos se pueden integrar a CMI - PECS mediante servicios web que permitan agregar más funcionalidades a demanda
- Tomando como referencia el código fuente que esta publicado bajo licencia “Creative Commons BY-NC-SA” se puede crear la versión para iPhone.


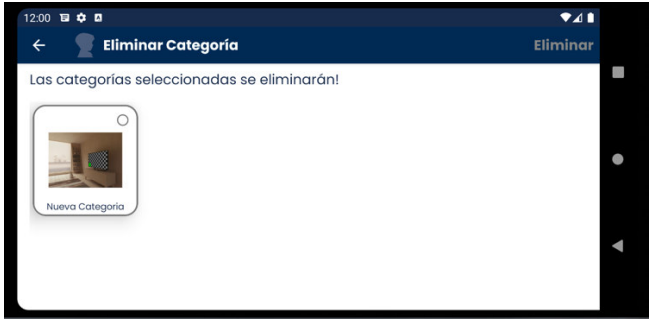
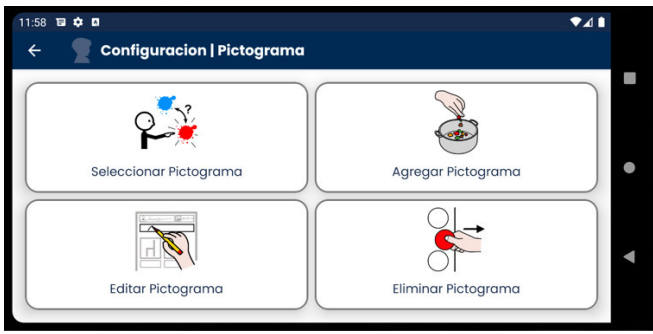

## **ANEXO**



## ANEXO 1: MANUAL DE USO DE CMI - PECS

COMPONENTE VISUAL	DESCRIPCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
INTRO	Componente de inicio de CMI – PECS. Desde éste se puede acceder a la ENCUESTA, CONFIGURACIONES, iniciar el flujo de para usar PECS y la GUÍA	
ENCUESTA	Componente en el cual se describe el objetivo social de la herramienta y se muestra los enlaces para realizar el PRE-TEST y POST-TEST	
CMI-PECS CATEGORIA	Componente de CATEGORIA. Se accede a este luego de presionar el botón COMENZAR en el componente llamado INTRO. Aquí se debe elegir la categoría a la cual pertenece la imagen que se quiere utilizar	
CMI-PECS PICTOGRAMA	Componente de PICTOGRAMA. Luego de seleccionar la Categoría, se procede a seleccionar el pictograma/imagen que se quiere utilizar. Esta se mostrará en la línea inferior la cual tiene como nombre TIRAFRASE	

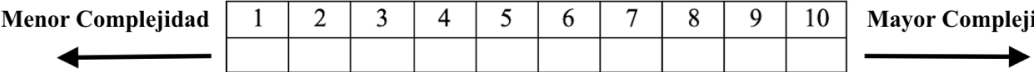
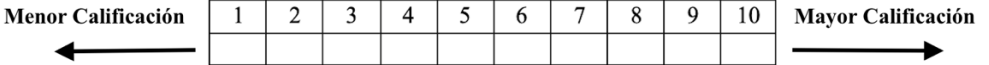
<p>CMI-PECS TIRAFRASE</p>	<p>Componente TIRAFRASE. Se accede luego de presionar el botón PLAY en el componente PICTOGRAMA. Esté permite emitir el sonido de la imagen seleccionada y repetirlo a demanda.</p>	
<p>CONFIGURACION</p>	<p>Componente de CONFIGURACIÓN. Se accede desde el componente INTRO luego de presionar el botón en forma de engranaje en la parte superior. Permite configurar una CATEGORÍA y un PICTOGRAMA</p>	
<p>CONFIGURACION DE CATEGORIA</p>	<p>En el componente de CONFIGURACIÓN DE CATEGORIA se tiene cuatro opciones: SELECCIONAR, AGREGAR, EDITAR Y ELIMINAR</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE CATEGORIA OPCIÓN SELECCIONAR</p>	<p>Este componente permite seleccionar las categorías que se deseen observar en el componente CMI-PECS CATEGORIA</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE CATEGORIA OPCIÓN AGREGAR</p>	<p>Componente permite agregar categorías. Se debe adjuntar una imagen y un nombre.</p>	

<p>CONFIGURACIÓN DE CATEGORIA</p> <p>OPCIÓN EDITAR</p>	<p>Componente permite editar una categoría. Los atributos que se pueden editar son el nombre y la imagen.</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE CATEGORIA</p> <p>OPCION ELIMINAR</p>	<p>Solo se puede eliminar las categorías creadas por el usuario, es decir no se puede eliminar ninguna categoría que viene en CMI – PECS por defecto.</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE PICTOGRAMA</p>	<p>En el componente de CONFIGURACIÓN DE PICTOGRAMA se tiene cuatro opciones: SELECCIONAR, AGREGAR, EDITAR Y ELIMINAR</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE PICTOGRAMA</p> <p>OPCIÓN SELECCIONAR</p>	<p>Este componente permite seleccionar los pictogramas que se deseen observar en cada categoría.</p>	

<p>CONFIGURACIÓN DE PICTOGRAMA</p> <p>OPCIÓN AGREGAR</p>	<p>Componente permite agregar pictogramas. Se debe adjuntar una imagen, un nombre y seleccionar a la categoría que pertenece.</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE PICTOGRAMA</p> <p>OPCIÓN EDITAR</p>	<p>Componente permite editar un pictograma. Los atributos que se pueden editar son el nombre, la imagen y la categoría a la que pertenecen</p>	
<p>CONFIGURACIÓN DE PICTOGRAMA</p> <p>OPCIÓN ELIMINAR</p>	<p>Solo se puede eliminar los pictogramas creados por el usuario, es decir no se puede eliminar ningún pictograma que viene en CMI – PECS por defecto.</p>	

## Anexo 2: Preguntas de Investigación y sus ítems

PI	Variable	PRE-TEST	POST-TEST																			
<b>PI-1: ¿CMI – PECS puede reducir la complejidad de preparar y utilizar materiales para el desarrollo de actividades que complementan las terapias de un infante con TEA?</b>	Preparación	<p>Califique del 1 al 10 ¿Cuánto tiempo le toma preparar todo el material necesario utilizando <b>su herramienta actual</b> para apoyar a su familiar con TEA? Siendo 1 el menor tiempo y 10 el mayor tiempo.</p>	<p>Califique del 1 al 10 ¿Cuánto tiempo le toma preparar todo el material necesario utilizando <b>CMI - PECS</b> para apoyar a su familiar con TEA? Siendo 1 el menor tiempo y 10 el mayor tiempo.</p>																			
		<p>Diagrama:</p> <p style="text-align: center;"> <b>Menor Tiempo</b> ← <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> → <b>Mayor Tiempo</b> </p>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
	Complejidad	<p>Califique del 1 al 10 ¿Qué tan complejo es utilizar <b>su herramienta actual</b> al momento de interactuar con su familiar con TEA? Considerando que 1 es la menor complejidad y 10 la mayor complejidad</p>	<p>Califique del 1 al 10 ¿Qué tan complejo es utilizar <b>CMI – PECS</b> al momento de interactuar con su familiar con TEA? Considerando que 1 es la menor complejidad y 10 la mayor complejidad</p>																			

		<p>Diagrama:</p> <p style="text-align: center;"> <b>Menor Complejidad</b>    1   2   3   4   5   6   7   8   9   10    <b>Mayor Complejidad</b>   </p>	
	<p>Calificación</p>	<p>Si tuviera que otorgarle un puntaje de calificación entre el 1 al 10 a <b>su herramienta actual</b> ¿Cuánto le otorgaría? Siendo 1 el puntaje más bajo y 10 el mayor puntaje</p>	<p>Si tuviera que otorgarle un puntaje de calificación entre el 1 al 10 a <b>CMI - PECS</b> ¿Cuánto le otorgaría? Siendo 1 el puntaje más bajo y 10 el mayor puntaje</p>
		<p>Diagrama:</p> <p style="text-align: center;"> <b>Menor Calificación</b>    1   2   3   4   5   6   7   8   9   10    <b>Mayor Calificación</b>   </p>	



<p><b>[PI-3]: ¿Existe un beneficio económico en adquirir CMI - PECS para apoyar a un infante con TEA?</b></p>	<p>Costo De Adquisición</p>	<p>Califique del 1 al 10 ¿Qué tan costoso es adquirir su herramienta actual para desarrollar sus actividades? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como mayor costo</p>	<p>Califique del 1 al 10 ¿Qué tan costoso es adquirir CMI - PECS para desarrollar sus actividades? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como mayor costo</p>																			
		<p>Diagrama:</p> <div style="text-align: center;"> <p>Menor costo de adquisición ← <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> → Mayor costo de adquisición</p> </div>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
<p>Costo De Mantenimiento</p>	<p>Califique del 1 al 10 ¿Qué tan costoso es mantener y reutilizar los materiales creados utilizando su herramienta actual para su uso a largo plazo? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como el mayor costo</p>	<p>Califique del 1 al 10 ¿Qué tan costoso es mantener y reutilizar los materiales creados por CMI - PECS para su uso a largo plazo? Considerando a 1 como el menor costo y a 10 como el mayor costo</p>																				
	<p>Diagrama:</p> <div style="text-align: center;"> <p>Menor costo de mantenimiento ← <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table> → Mayor costo de mantenimiento</p> </div>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													



### Anexo 3: Encuesta de Entrada (EE)

Código	Descripción	Dependencia	Opciones de respuesta
PE-1	¿Cuáles son los apoyos que usted le brinda a su familiar con TEA?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Terapia en el Hogar realizada por los familiares <input type="radio"/> Terapia Virtual <input type="radio"/> Terapia en un centro especializado <input type="radio"/> Otro
PE-2	En una cuarentena ¿Cómo usted apoya a su familiar con TEA?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Terapia en el Hogar realizada por los familiares <input type="radio"/> Terapia Virtual <input type="radio"/> Terapia en un centro especializado <input type="radio"/> Otro
PE-3	¿Qué materiales utiliza para apoyar las terapias de su familiar con TEA en el hogar o en algún otro ambiente?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Celular o Tablet (Aplicaciones, juegos didácticos, etc.) <input type="radio"/> Televisor <input type="radio"/> Material físico (Cartulina, papel, plumón, pizarra, colores) <input type="radio"/> Juguetes <input type="radio"/> Otro
PE-4	¿Qué es lo que opina acerca de la forma en como se desarrolla las terapias en el hogar? ¿Cómo podría mejorarlo?	Pregunta Independiente	Pregunta abierta
PE-5	¿Conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
PE-6	Si su respuesta en la anterior pregunta es afirmativa ¿Qué opina del uso de herramientas tecnológicas para apoyar las terapias de los infantes con TEA?	Pregunta depende de PE-5	Pregunta abierta
PE-7	Si usted conoce alguna herramienta tecnológica para infantes con TEA ¿Estaría dispuesto a obtenerla? ¿Por qué?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
PE-8	Si en la pregunta anterior su respuesta fue negativa debido al costo económico de adquisición (dinero) ¿Estaría dispuesto a utilizar una herramienta tecnológica que es gratuita y ergonómica? ¿Por qué?	Pregunta depende de PE-7	Pregunta abierta

### Anexo 4: Encuesta de Salida (ES)

Código	Descripción	Dependencia	Opciones de respuesta
PS-1	¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas como CMI - PECS o alguna otra ayuda en el desarrollo de habilidades en los infantes con TEA?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
PS-2	¿Cuáles son las características que usted observa cuando obtiene un producto como CMI - PECS que ayuda a desarrollar habilidades en un infante con TEA?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Precio <input type="radio"/> Recomendación de un especialista <input type="radio"/> Información sobre su uso y resultados <input type="radio"/> Fácil uso <input type="radio"/> Otro
PS-3	Con respecto al uso de CMI - PECS o alguna otra aplicación ¿Cuál considera que es el dispositivo en el cual se deben utilizar?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Solo Celular <input type="radio"/> Solo Tablet <input type="radio"/> Celular y Tablet
PS-4	Luego de conocer CMI - PECS o alguna otra herramienta tecnológica ¿Considera que el uso de herramientas tecnológicas debería realizarse con supervisión de un adulto?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
PS-5	Desde su perspectiva ¿Cuales son los puntos positivos que ofrece CMI - PECS?	Pregunta Independiente	<input type="radio"/> Precio <input type="radio"/> Fácil uso <input type="radio"/> Configuraciones útiles <input type="radio"/> Disponible en Celular y Tablet <input type="radio"/> Video/guía de uso <input type="radio"/> Usa PECS <input type="radio"/> Otro
PS-6	Desde su perspectiva ¿Qué funcionalidades debería agregar CMI - PECS?	Pregunta Independiente	Pregunta abierta

### Anexo 5: Descripción de las variables

<b>VARIABLE Y SUS IDENTIFICADORES PARA EL PRE-TEST Y POST-TEST</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Preparación</b>		
preparacion_sin_cmi_pecs	Numérico	Tiempo de preparación de materiales sin CMI - PECS
preparacion_con_cmi_pecs	Numérico	Tiempo de preparación de materiales con CMI - PECS
<b>Complejidad</b>		
complejidad_sin_cmi_pecs	Numérico	Complejidad para desarrollar actividades sin CMI - PECS
complejidad_con_cmi_pecs	Numérico	Complejidad para desarrollar actividades con CMI - PECS
<b>Calificación</b>		
calificacion_sin_cmi_pecs	Numérico	Puntaje de calificación para la herramienta actual de uso
calificacion_con_cmi_pecs	Numérico	Puntaje de calificación para CMI - PECS
<b>Habilidad Comunicativa</b>		
comunicacion_sin_cmi_pecs	Numérico	Desarrollo de habilidades comunicativas sin CMI - PECS

---

comunicacion_con_cmi_pecs	Numérico	Desarrollo de habilidades comunicativas con CMI - PECS
---------------------------	----------	--

---

### **Habilidad Social**

---

social_sin_cmi_pecs	Numérico	Desarrollo de habilidades sociales sin CMI - PECS
---------------------	----------	---

---

social_con_cmi_pecs	Numérico	Desarrollo de habilidades sociales con CMI - PECS
---------------------	----------	---

---

### **Costo de Adquisición**

---

costo_adquisicion_sin_cmi_pecs	Numérico	Costo económico de adquirir herramienta tradicional
--------------------------------	----------	---

---

costo_adquisicion_con_cmi_pecs	Numérico	Costo económico de adquirir CMI - PECS
--------------------------------	----------	--

---

### **Costo de Mantenimiento**

---

costo_mantenimiento_sin_cmi_pecs	Numérico	Costo económico de mantenimiento de la herramienta tradicional
----------------------------------	----------	--

---

costo_mantenimiento_con_cmi_pecs	Numérico	Costo económico de mantenimiento de CMI - PECS
----------------------------------	----------	--

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

M. Daniels, A. C. (2017). *Autism in Southeast Europe: A Survey of Caregivers of Children with Autism Spectrum Disorders*. Springer.

Centers for Disease Control and Prevention. (2020). *AUTISM AND DEVELOPMENTAL DISABILITIES MONITORING (ADDM) NETWORK*. Centers for Disease Control and Prevention.

Naciones Unidas. (2007). Día Mundial de Concienciación sobre el Autismo. *Naciones Unidas*.

M. Zhao & S. Chen. (2017). The Effects of Structured Physical Activity Program on Social Interaction and Communication for Children with Autism. *Hindawi*.

Mark L. Sundberg. (1993). Selecting a Response Form for Nonverbal Persons: Facilitated Communication, Pointing Systems, or Sign Language? *The Analysis of Verbal Behavior*, 99 - 116.

Ippolito, M. (2017). SUPPORTING STUDENTS WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD) WITH ACQUISITION OF ESSENTIAL SKILLS THROUGH THE USE OF VIDEO BASED INTERVENTIONS. *State University of New York College at Fredonia*.

M. Hughes & G. Yakubova. (2016). Developing Handheld Video Intervention for Students With Autism Spectrum Disorder. *Intervention in School and Clinic*.

M. Schaeffer, A. Hamilton & L. Bauman. (2016). Video Self-Modeling Interventions for Students With Autism Spectrum Disorder. *Intervention in School and Clinic*.

R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg & J. Wiemeyer. (2016). *Serious Games*. Springer International Publishing.

Hopelab. (10 de Setiembre de 2020). *Home*. Obtenido de Re-Mission2: <https://www.re-mission2.org/#/page>

Zhonggen, Y. (2019). A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade. *Hindawi*.

C. Abras, D. Malokey-Krichmar & Jenny Preece. (2004). User-Centered Design. *Berkshire Encyclopedia of Human-computer Interaction*.

- T. Jokela, N. Livari, J. Matero & M. Karukka. (2003). The Standard of User-Centered Design and the Standard Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11. *Proceedings of the Latin American Conference on Human-Computer Interaction*.
- D. Banda, S. Copple, K. Koul, L. Sancibrian & J. Bogschutz. (2010). Video modelling interventions to teach spontaneous requesting using AAC devices to individuals with autism: a preliminary investigation. *Disability and Rehabilitation*.
- S. Babb, J. Gormley, D. McNaughton & J. Light. (2018). Enhancing Independent Participation Within Vocational Activities for an Adolescent With ASD Using AAC Video Visual Scene Displays. *Journal of Special Education Technology*.
- Tamarit, J. (1989). Uso y abuso de los sistemas alternativos de comunicación.
- G. Mason & E. Birch. (2003). A General Framework for Brain–Computer Interface Design. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*.
- N. Indurkha & J. Damerau. (2010). *Handbook of Natural Language Processing*. London: Taylor & Francis Group.
- Liddy, E. D. (2001). Natural Language Processing. *Encyclopedia of Library and Information Science*.
- Pascual, C. P. (2012). En defensa del procesamiento del lenguaje natural fundamentado en la lingüística teórica. *Departamento de lingüística Aplicada, universidad Politécnica de Valencia*.
- Mall, R. (20 de Agosto de 2020). *Medium*. Obtenido de Natural Language Processing: <https://medium.com/@mallrishabh52/natural-language-processing-2913817282c1>
- Organización Mundial de la Salud*. (25 de 6 de 2020). Obtenido de Tecnología de asistencia: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>
- L'USINEDIGITALE*. (20 de 7 de 2020). Obtenido de Intel passe la voix de Stephen Hawking en open source: <https://www.usine-digitale.fr/article/intel-passe-la-voix-de-stephen-hawking-en-open-source.N345844>

- S. Langer & N. Hickey. (1999). Augmentative and alternative communication and natural language processing: current research activities and prospects. *Augmentative and Alternative Communication*.
- K. Hill, T. Kovacs & S. Shin. (2015). Critical Issues Using Brain-Computer Interfaces for Augmentative and Alternative Communication. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.
- Cuevas, L. C. (2017). *Aplicación de los sistemas alternativos y aumentativos de comunicación*. ICE Editorial.
- L. Lloyd & G. Karlan. (1984). Non-speech communication symbols and systems: Where have we been and where are we going? *Journal of Mental Deficiency Research*.
- C. Basil, E. Soro-Camats & C Rosell. (1998). Sistemas de signos y ayudas técnicas para la comunicación aumentativa y la escritura : principios teóricos y aplicaciones. *Masson*.
- S. Bondy & A. Frost. (1994). The Picture Exchange Communication System. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*.
- Diario, A. (20 de 9 de 2020). *¿Qué es el PECS o Picture Exchange Communication System?* Obtenido de Autismo Diario: <https://autismodiario.com/2014/06/17/que-es-el-picture-exchange-communication-system-o-pecs/>
- J. Benitez & S. Vargas. (2020). TRANSCRIPTOR DE SISTEMA BRAILLE A TEXTO ESPAÑOL CON TÉCNICAS COMPUTACIONALES ESTÁNDAR.
- Jambat, A. (2014). *istemas alternativos y aumentativos de comunicación*.
- R. Clark, O. Davies & W. Woodcock. (1974). Standard Rebus Glossary. *American Guidance Service*.
- Alhadra. (20 de 9 de 2020). *SAAC Alhadra*. Obtenido de El Rebus: <https://saacalhadra.wordpress.com/2018/06/10/el-rebus/>
- Begoña, P. (2014). *Terapia Ocupacional en la Infancia*. Ed. Médica Panamericana.
- Fry, E. (1964). *A Diacritical Marking System to Aid Beginning Reading Instruction*. JSTOR.
- Miller. (22 de 9 de 2020). *CDI products - Cognitive Designs*. Obtenido de Symbol Accentuation: <http://www.millermethod.org/cdi/symbol.html>

- W. Sholossser & Jeff Sigafoos. (2002). Selecting Graphic Symbols for an Initial Request Lexicon: Integrative Review. *AAC Augmentative and Alternative Communication*.
- OMS. (2020). *CIE-11. Trastornos mentales, del comportamiento y del neurodesarrollo*. Ginebra: Organizacion Mundial de la Salud.
- Basil Almirall, C. (11 de 10 de 2020). *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN "CIENTÍFICAS QUE DEJAN HUELLA*. Obtenido de Carmen BASIL ALMIRALL:  
<http://mujeresdeciencias.ftp.catedu.es/4.BIOGRAFÍAS/Carmen%20Basil.html>
- A. Calvopiña & V. Chicaiza. (2006). Construcción de un tablero electrónico utilizando las técnicas de comunicación alternativa aumentativa (CAA) para niños con parálisis cerebral y/o retardo mental de grado leve o moderado. *Bachelor's thesis*.
- R. Suarez & M. Vilaseca. (1998). MAR: Desarrollo inicial de la comunicacion con un tablero pictográfico. *Mason*.
- J. Travis & M. Geiger. (2010). The effectiveness of the Picture Exchange Communication System (PECS) for children with autism spectrum disorder (ASD): A South African pilot study. *Child Language Teaching and Therapy*.
- National Autism Resource. (10 de 10 de 2020). *National Autism Resource*. Obtenido de The Picture Exchange Communication System (PECS):  
<https://nationalautismresources.com/the-picture-exchange-communication-system-pecs/>
- Lam Joyce. (2020). Critical Review: Does PECS intervention increase the initiation of requests in preschool children with ASD?
- Susanti Retno. (2020). THE EFFECTS OF PICTURE EXCHANGE COMMUNICATION SYSTEM (PECS) ON COMMUNICATION SKILLS OF ASD STUDENTS AT INCLUSION SCHOOL BANDAR LAMPUNG. *Doctoral dissertation, UNIVERSITAS LAMPUNG*.
- K. Spence-Cochran & C. Pearl. (2012). Educating Students with Autism Spectrum Disorders: Research-based Principles and Practices. *Routledge*.



- N. Soomro & S. Soomro. (2017). Autism Children's App using PECS - Assistive Technology to support people with autism spectrum disorder. *Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC)*.
- Sergio Palao. (23 de 10 de 2020). *Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa*. Obtenido de Herramientas Online: <http://old.arasaac.org/herramientas.php>
- R. Murphy & A. Bryan. (1980). Multiple-Baseline and Multiple-Probe Designs: Practical Alternatives for Special Education Assessment and Evaluation. *The Journal of special education*.
- L. Frost & A. Bondy. (2002). *El manual de PECS. El sistema de comunicación por intercambio de imágenes*. Nueva Jersey: Pyramid Educational Products.
- H. Ribeiro, S. de Paula, D. Bordini, J. Mari & S. Caetano. (2017). *Barriers to early identification of autism in Brazil*. *Revista Brasileira de Psiquiatria*.
- Organización Mundial de la Salud. (15 de 06 de 2020). *Trastornos del espectro autista*. Recuperado el 06 de 2020, de <https://www.who.int/es/https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Asociación Americana de Psiquiatría. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. Arlington, VA: Editorial Medica Panamericana.
- Organización Mundial de la Salud. (09 de 2020). *Clasificación Internacional de Enfermedades (11va edición)*. Recuperado el 03 de 2021, de CIE-11 para estadísticas de mortalidad y morbilidad: <https://icd.who.int/browse11/l-m/es>
- F. Chiarotti & A. Venerosi. (2020). Epidemiology of Autism Spectrum Disorders: A Review of Worldwide Prevalence Estimates Since 2014. *brain sciences*.
- J. Mash & A. Barkley. (2008). *Assessment of Childhood Disorders, Fourth Edition*. Guildford Press.
- Center for Disease Control and Prevention. (01 de 07 de 2020). *Center for Disease Control and Prevention*. Recuperado el Marzo de 2021, de Trastorno de Espectro Autista: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/autism/signs.html>
- Elsabbagh, M. (2012). Perspectives from the Common Ground. *Autism Research*.

- C. Barthélémy, J. Fuentes, P. Howlin & R. Van der Gaag. (2017). *Personas con trastornos de espectro del autismo*. Donostia/San Sebastián: Autismo Europa.
- P. García, A. Hellendoorn, T. Charman, H. Roeyers, M. Dereu, B. Roge, S. Baduel, F. Muratori, A. Narzisi, E. Van Daalen, I. Moilanen, M. Posada de la Paz & R. Canal. (2014). Screening for autism spectrum disorders: state of the art in Europe. *Springer*.
- Autism Europe. (30 de Agosto de 2020). *Autism across Europe*. Recuperado el 02 de 2021, de Autism Europe: <https://www.autismeurope.org>
- S. Qiu, Y. Lu, Y. Li, J. Shi, H. Cui, Y. Gu, Y. Li, W. Zhong, X. Zhu, Y. Liu, Y. Cheng, Y. Liu & Y. Qiao. (2019). Prevalence of autism spectrum disorder in Asia: a systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Research*.
- K. Ilias, K. Cornish, S. Kummar, M. Sang-Ah Park & J. Golde. (2018). Parenting Stress and Resilience in Parents of Children With Autism Spectrum Disorder (ASD) in Southeast Asia: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*.
- U. Sharma & R. Rangarajan. (2019). *Teaching students with autism spectrum disorders in South Asia: a scoping study and recommendations for future*. International Journal of Developmental Disabilities.
- WHO Regional Office for South-East Asia. (2017). *WHO South-East Asia Regional Strategy on Autism Spectrum Disorders*. New Delhi: World Health Organization.
- C. Paula, S. Cukier, G. cunha, M. Irrarázaval, C. Motiel-Nava, R. Garcia, A. Rosoli, D. Valdez, D. Bordini, A. Shih, G. Garrido & A. Rattazzi. (2020). *Challenges, priorities, barriers to care, and stigma in families of people with autism: Similarities and differences among six Latin American countries*. Autism.
- Red Espectro Autista. (30 de Agosto de 2020). *¿Qué son las Condiciones del Espectro Autista?* Recuperado el 03 de 2021, de Red Espectro Autista: <http://redea.org.ar/info/>
- Pyramid Educational Consultants. (07 de 10 de 2014). *Pyramid Educational Consultants*. Recuperado el 03 de 2021, de Información y soporte para la aplicación PECS +IV: <https://www.pecs-spain.com/informacion-y-soporte-de-la-aplicacion-pecs-iv/>

- R. Schlosser & D. Blischak. (2001). Is there a role for speech output in interventions for persons with autism? *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 170-178.
- S. Wilkes-Gillan & A. Joosten. (2016). Technology-based interventions were found to have evidence of effectiveness on a range of outcomes, including social problem solving and facial and emotional processing skills for individuals with autism spectrum disorders. *Australian Occupational Therapy*, 135-138.
- Livox. (2019). *Livox*. Recuperado el 03 de 2021, de Inclusion without borders: <https://livox.com.br/en/about/>
- Google. (1 de Setiembre de 2020). *Google Desafío Global: Discapacidades*. Recuperado el 03 de 2021, de Desafío Global: <https://www.google.org/intl/es/impactchallenge/disabilities/about.html>
- Ramos, E. (02 de 04 de 2019). *Agencia Peruana de Noticias*. Recuperado el 03 de 2021, de Autismo: 81% de personas tratadas en Perú son varones: <https://andina.pe/agencia/noticia-autismo-81-personas-tratadas-%20peru-son-varones-747274.aspx>
- Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables. (10 de 01 de 2019). *Aprueban Plan Nacional para Personas con Trastorno del Espectro Autista*. Recuperado el 03 de 2021, de Plataforma digital única del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/mimp/noticias/24357-aprueban-plan-nacional-para-personas-con-trastorno-del-espectro-autista>
- Defensoría del pueblo. (02 de 04 de 2019). *Defensoría del pueblo*. Recuperado el 03 de 2021, de Se desconoce el número de peruanos con trastorno del espectro autista: <https://www.defensoria.gob.pe/se-desconoce-el-numero-de-peruanos-con-trastorno-del-espectro-autista/>
- L. Echavarría-Ramírez, D. Díaz-Reyes & A. Narzisi. (2020). TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA: PAUTAS PARA EL MANEJO DURANTE EL PERIODO DE AISLAMIENTO SOCIAL POR EL CORONAVIRUS (COVID-19). *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 35-41.

- A. Bondy & L. Frost. (1998). The picture exchange communication system. *Semin Speech Lang.*
- A. Bondy & L. Frost. (1993). Mands Across the Water: A Report on the Application of the Picture-Exchange Communication System in Peru. *The Behavior Analyst*, 123-128.
- Pyramid Educational Consultants. (2014). De PECS® a VOCA: Guía y recomendaciones para una transición exitosa. *Pyramid Educational Consultants.*
- J. Garzón, S. Rojas, C. Sanabria & D. Montenegro. (08 de 2013). Uso de una BCI (Brain Computer Interface) como enlace interactivo, terapéutico y de aprendizaje dirigido a personas con discapacidad cognitiva y motora. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 2-12.
- C.-H. Chen, I.-J. Lee & L.-Y Lin. (2016). 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. *Computer in Human Behavior*, 477-485.
- G. Yakubova, M. Hughes & M. Shinaberry. (2016). Learning with Technology: Video Modeling with Concrete– Representational-Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2349-2362.
- S. An, X. Feng, Y. Dai, H. Bo, X. Wang, M. Li, John Zhuohao, X. Liang, C. Guo, C. Xingchao & L. Wei. (2017). Development and evaluation of a speech- generating AAC mobile app for minimally verbal children with autism spectrum disorder in Mainland China. *Molecular Autism*.
- J. Gardner & S. Wolfe. (2018). Results of a Video Prompting Intervention Package Impacting Dishwashing Skill Acquisition for Adolescents With Autism. *Journal of Special Education Technology*.
- S. García, F. Gavilanez, C. Montenegro, J. Martínez & G. Castaño. (2018). Automatic Natural Language Generation Applied to Alternative and Augmentative Communication for Online Video Content Services using SimpleNLG for Spanish. *In Proceedings of the Internet of Accessible Things* .

- H. Kumazaki, Z. Warren, A. Swanson, Y. Yoshikawa, Y. Matsumoto, Y. Yoshimura, J. Shimaya, H. Ishiguro, N. Sarkar, J. Wade, M. Mimura, Y. Minabe & M. Kikuchi. (2019). 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*, 1700-1708.
- A. Margherita & S. Constantine. (2019). A Collaborative Talking Assistive Technology for People with Autism Spectrum Disorders. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Multimodality and Assistive Environments.*, 11573, 3-12.
- N. Newbutt, R. Bradley & L. Conley. (2019). Using Virtual Reality Head-Mounted Displays in Schools with Autistic Children: Views, Experiences, and Future Directions. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*.
- M. Elshahawy, K. Aboelnaga & N. Sharaf. (2020). CodaRoutine: A Serious Game for Introducing Sequential Programming Concepts to Children with Autism. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1862–1867.
- Compeán, F. J. (2014). *Sinestesia, arte y tecnología: Una exploración de la Historia del Arte Sinéستico a través de dispositivos relacionados*. León, México: Editorial Montea S.A. de C.V.
- Sanz, E. (13 de 04 de 2016). *Lo que nos ha enseñado la sinestesia*. Recuperado el 03 de 2021, de Open Mind BBVA: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/investigacion/lo-que-nos-ha-ensenado-la-sinestesia/>
- N. Latta & J. Oberg. (1994). A Conceptual Virtual Reality Model. *Computer Graphics and Applications*, 14, 23-29.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 355-385.
- Pennsylvania Training and Technical Assistance Network. (2017). *Concrete-Representational-Abstract (CRA): Instructional Sequence for Mathematics*. Recuperado el 03 de 2021, de [https://www.pattan.net/getmedia/9059e5f0-7edc-4391-8c8e-ebaf8c3c95d6/CRA\\_Methods0117](https://www.pattan.net/getmedia/9059e5f0-7edc-4391-8c8e-ebaf8c3c95d6/CRA_Methods0117)
- Emotiv. (2021). *Emotiv*. Recuperado el 03 de 2021, de Emotiv Epoc: <https://www.emotiv.com/epoc/>

- G. Gentiletti, B. Tabernig & C. Acevedo. (2007). Interfaces Cerebro Computadora: Definición, Tipos y Estado Actual. *IFMBE Proceedings*.
- N. Gudivada & K. Arbabifard. (2018). Open-Source Libraries, Application Frameworks, and Workflow Systems for NLP. *Handbook of Statistics*.
- Ehud Reiter. (2020). *Github*. Obtenido de SimpleNLG: <https://github.com/simplenlg/simplenlg>
- I. Leite, C. Martinho & A. Paiva. (2013). Social Robots for Long-Term Interaction: A Survey. *International Journal of Social Robotics*, 291–308.
- Taryadi. (2016). Multimedia Augmented Reality With Picture Exchange Communication System for Autism Spectrum Disorder. *IJCST*, 7(4), 34.
- K. Khowaja, B. Banire, D. Al-Thani, M. Sqalli, A. Aqle, A. Shah & S. Salim. (2020). Augmented reality for learning of children and adolescents with autism spectrum disorder (ASD): A systematic review. *IEEE*, 8, 78779-78807.
- G. Lorenzo, M. Gómez-Puerta, G. Arráez-Vera & A. Lorenzo-Lledó. (2019). Preliminary study of augmented reality as an instrument for improvement of social skills in children with autism spectrum disorder. *Educ Inf Technol*, 181–204.
- I. Chojnicka & A. Wawer. (2020). Social language in autism spectrum disorder: A computational analysis of sentiment and linguistic abstraction. *PLoS ONE*.
- P. Anagnostopoulou, V. Alexandropoulou, G. Lorentzou, A. Lykothanasi, P. Ntaountaki & A. Drigas. (2020). Artificial Intelligence in Autism Assessment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(6), 95-107.
- A. Cooper & D. Ireland. (2018). Designing a Chat Bot for Non - Verbal Children on the Autism Spectrum. *Stud Health Technol Inform*, 63-68.
- V. Lopez, M. Suelves & M. Antón. (2020). Efectividad de intervenciones en la comunicación en niños con TEA. Una revisión teórica. *REIDOCREA*, 121-137.
- Zebiri, S. (2020). Estimulación de la comunicación en niños con TEA entre 3 y 12 años: efectividad del sistema PECS. (*Bachelor's thesis, Salut-UVic*).
- Autism Speaks. (29 de 09 de 2015). *Autism and speech devices: Helping kids advance skills as they mature*. Recuperado el 04 de 2021, de Autism Speaks:

<https://www.autismspeaks.org/expert-opinion/autism-and-speech-devices-helping-kids-advance-skills-they-mature>

- M. Chien, C. Jheng, N. Lin, H. Tang, P. Taelle, W. Tseng & M. Chen. (2015). iCAN: A tablet-based pedagogical system for improving communication skills of children with autism. *International Journal of Human-Computer Studies*, 79-90.
- D. Trembath, G. Vivanti, T. Iacono & C. Dissanayake. (2015). Accurate or Assumed: Visual Learning in Children with ASD. *CrossMark*, 45(10), 3276-3287.
- OMS. (27 de 04 de 2020). *COVID-19: cronología de la actuación de la OMS*. Recuperado el 04 de 2021, de OMS: <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>
- Programa T.G.D. de Vizcaya y Álava. (s.f.). LOS PROBLEMAS, D. L. C. EL AUTISMO EN LA EDAD INFANTIL LOS PROBLEMAS DE LA COMUNICACIÓN.
- Programa de Trastornos Generalizados del Desarrollo. (1994). EL AUTISMO EN LA EDAD INFANTIL LOS PROBLEMAS DE LA COMUNICACIÓN.
- Pyramid Educational Consultant. (03 de 09 de 2021). *De PECS® a VOCA: Guía y recomendaciones para una transición exitosa*. Obtenido de Pyramid Educational Consultant: <https://pecs-spain.com/download/PECStoSGD-GuidelinesRecommendations-USA.pdf>
- Confederación Autismo España. (30 de Agosto de 2020). *Sobre el TEA*. Recuperado el 02 de 2021, de Autismo España: <http://www.autismo.org.es/sobre-los-TEA/trastorno-del-espectro-del-autismo>
- S. Syed, A. Moore & E. March. (2017). A review of prevalence studies of Autism Spectrum Disorder by latitude and solar irradiance impact. *Medical Hypotheses*.
- Consejo Nacional para la Integración de las Personas con Discapacidad. (9 de 1 de 2019). *Plan Nacional para las Personas con Trastorno del Espectro Autista 2019-2021*. CONADIS. Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables. Obtenido de Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad: <https://www.conadis-peru.gob.pe/notas-informativas/conadis-se-suma-a-la-campana-luz-azul-por-el-autismo-2016>

Wicab. (15 de 06 de 2020). *BRAINPORT TECHNOLOGIES - helping people with health issues live a BETTER LIFE!* Recuperado el 03 de 2021, de Brainport Technologies: <https://www.wicab.com/brainport-vision-pro>

Intel News Room. (23 de 11 de 2021). *Stephen Hawking: Intel Helped Give Him His Voice*. Obtenido de Intel: <https://newsroom.intel.com/news/stephen-hawking-intel-helped-give-voice/#gs.gu77g5>

De Lacroix, A. (2020). Revisión sistemática: la efectividad de los PECS (Picture Exchange Communication System) sobre la comunicación de niños entre 0 y 12 años con TEA. *Bachelor's thesis, Salut-UVic*.

Guzman, R. (29 de 05 de 2021). *YouTube*. Obtenido de Comunicándonos Mediante Imágenes ( CMI - PECS ): [https://www.youtube.com/watch?v=jFqzmWQx\\_yg&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=jFqzmWQx_yg&t=4s)



