

GUSTAVO EDUARDO CONSTAIN MORENO

**FRAMEWORK PARA EL DISEÑO DE SOFTWARE INCLUSIVO
QUE APOYE EL LOGRO DE HABILIDADES SOCIALES EN
NIÑOS CON AUTISMO**



Universidad
del Cauca

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del Título de

Doctor en:
Ciencias de la Electrónica

Director:
PhD. Cesar Alberto Collazos Ordoñez
Universidad del Cauca (Colombia)

Co-directores:
PhD. Fernando Joaquim Lopes Moreira
Universidad Portucalense (Portugal)

PhD. Susana Bautista Blasco
Universidad Francisco de Vitoria (España)

Comisión Evaluadora:

PhD. Valeria Farinazo Martins, Universidad Mackenzie, Brasil
PhD. Jaime Muñoz, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México
PhD. Ana Isabel Molina Diaz, Universidad de Castilla La Mancha, España

Popayán
Diciembre de 2022

Página de aceptación

PhD. Valeria Farinazo Martins
Universidad Mackenzie, Brasil

PhD. Jaime Muñoz
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

PhD. Ana Isabel Molina Diaz
Universidad de Castilla La Mancha, España

Dedicatoria

*A mi esposa Maye y mis hijas Danna Valentina y Celeste
por su apoyo permanente, comprensión y sacrificio
con el tiempo que es de ellas.*

*A mis padres Gustavo y Nayibe por el ánimo que me ofrecieron,
por la formación de toda una vida y por fomentar en mí
el espíritu de querer estar aprendiendo siempre.*

*A quienes estuvieron ahí con sus palabras de aliento para
seguir adelante en los momentos de mayor necesidad.*

Agradecimientos

A mis directores de tesis PhD. Cesar Alberto Collazos Ordoñez, Phd. Susana Bautista Blasco y PhD. Fernando Moreira por sus enseñanzas, el acompañamiento permanente, la dedicación, la motivación, el apoyo y la confianza que me han brindado.

Al grupo IDIS del departamento de sistemas de la Universidad del Cauca, por su apoyo en la realización de diversas actividades de investigación.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD por la destinación de tiempo para el desarrollo de mi formación postgradual y por todo el apoyo administrativo brindado.

A la Universidad Portucalense de Porto (Portugal) y la Universidad Francisco de Vitoria de Madrid (España) por la acogida en sus instalaciones, la búsqueda de entidades aliadas para la investigación, y por hacerme sentir parte de sus iniciativas y proyectos.

A la Fundación CENIDI por su gran labor en el mejoramiento de la calidad de vida de los niños y niñas con necesidades especiales en la Ciudad de Popayán, y por aceptar nuestras ideas.

A la Empresa de desarrollo de software SIIGO, especialmente al Ing. Jaime Adalberto López, por aceptar participar con nosotros en esta idea de trabajo.

Resumen estructurado

Antecedentes:

Este proyecto de formación doctoral parte de los resultados del desarrollo del proyecto de la Fase 1 (Maestría en Computación de la Universidad del Cauca) “*Recomendaciones para el diseño de aplicaciones informáticas inclusivas como apoyo al tratamiento del Trastorno de Espectro Autista -TEA*”, y que tenía como propósito especificar un conjunto de recomendaciones, a partir de lineamientos de modelo de procesos de software y metodología de diseño centrado en el usuario, para implementar software accesible que brinde apoyo al tratamiento del TEA.

Los hallazgos y resultados de este proyecto son presentados en este documento como la actividad diagnóstica 3 que hace parte de la descripción del problema.

Objetivos:

General:

Proponer un framework para el diseño de software accesible relacionado al logro de habilidades sociales en niños con Trastorno de Espectro Autista.

Específicos:

1. OE1. Clasificar las características de diseño de aplicaciones accesibles más relevantes para el desarrollo de habilidades sociales en niños con autismo.
2. OE2. Diseñar un framework para el desarrollo de aplicaciones accesibles que fortalezcan las habilidades sociales en niños con autismo.
3. OE3. Evaluar el desarrollo de habilidades sociales en niños con autismo de la Fundación CENIDI, mediante métricas e indicadores de accesibilidad aplicados al software inclusivo realizado.
4. OE4. Elaboración de informe final del proyecto y socialización de resultados.

Métodos:

El desarrollo de esta tesis se organizó desde tres enfoques metodológicos: uno que define el componente investigativo, otro para especificar el método de intervención y trabajo colaborativo interdisciplinar dentro de la investigación, y finalmente el método para el diseño de software que compone el framework FRIDA pretendido.

Conclusiones:

El proyecto realiza un análisis detallado acerca del uso de tecnología, especialmente software accesible, al interior de los procesos de tratamiento del Trastorno de Espectro Autista encontrando que su uso es tangencial, bien sea por desconocimiento del tipo

de software existente o porque las aplicaciones existentes no son del todo pertinentes o válidas de aplicación en casos del TEA muy diversos.

Se diseña un producto integral para la atención de niños con TEA denominado Framework FRIDA que integra dos componentes:

1. Un Framework de desarrollo de software con características de accesibilidad orientadas completamente hacia el diseño de aplicaciones accesibles.
2. Un marco de intervención colaborativa e interdisciplinar para favorecer el diseño y utilización de software accesible diseñado a la medida de los requerimientos que un usuario con TEA pueda requerir.

Se logra comprobar la eficiencia del framework FRIDA para el diseño ágil de software accesible, y la efectividad de las aplicaciones diseñadas con FRIDA para su utilización en procesos de tratamiento de niños con TEA en el desarrollo de habilidades emocionales y sociales específicas.

Palabras clave:

Trastorno de Espectro Autista; Habilidades emocionales; Arquitectura de software accesible; Diseño Centrado en el Humano; Recomendaciones para diseños accesibles.

Structured Abstract

Background:

This doctoral project is based on the results of the development of the Phase 1 project (Computing Master at the Universidad del Cauca) "*Recommendations for the design of inclusive computer applications as support for the treatment of Autism Spectrum Disorder - ASD*". The purpose of this project was to specify a set of recommendations, based on software process model guidelines and User-Centered Design methodology, to implement accessible software that supports the treatment of ASD.

The findings and results of this project are presented in this document as diagnostic activity 3, which is part of the description of the problem.

Aims:

General:

Propose a framework for the design of accessible software related to the achievement of social skills in children with Autism Spectrum Disorder.

Specifics:

1. Classify the most relevant design features of accessible applications for the development of social skills in children with autism.
2. Design a framework for the development of accessible applications that strengthen social skills in children with autism.
3. Evaluate the development of social skills in children with autism of the CENIDI Foundation, through accessibility metrics and indicators applied to the inclusive software carried out.
4. Preparation of the final report of the project and socialization of results.

Method:

The development of this thesis was organized from three methodological approaches: one that defines the investigative component, another to specify the intervention method and interdisciplinary collaborative work within the investigation, and finally the method for the software design that composes the intended FRIDA framework. .

Conclusions:

The project carries out a detailed analysis of the use of technology, especially accessible software, within the treatment processes for Autism Spectrum Disorder, finding that its use is tangential, either due to ignorance of the type of existing software or because existing applications they are not entirely relevant or valid for application in very diverse cases of ASD.

A comprehensive product for the care of children with ASD called the FRIDA Framework is designed, which integrates two components:

1. A Software Development Framework with accessibility features completely oriented towards the design of accessible applications.
2. A framework of collaborative and interdisciplinary intervention to favor the design and use of accessible software tailored to the requirements that a user with ASD may require.

It is possible to verify the efficiency of the FRIDA framework for the agile design of accessible software, and the effectiveness of applications designed with FRIDA for use in treatment processes for children with ASD in the development of specific emotional and social skills.

Keywords:

Autism Spectrum Disorder; Emotional skills; Accessible software architecture; Human Centered Design; Recommendations for accessible designs.

Contenido

1. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. El problema de investigación.....	5
1.3. Planteamiento del problema.....	19
1.4. Objetivos.....	20
1.5. Metodología.....	21
1.6. Hipótesis de trabajo.....	24
1.7. Contenido del documento.....	24
2. BASE CONCEPTUAL	26
2.1. Introducción al capítulo.....	26
2.2. El Trastorno de Espectro Autista -TEA.....	27
2.3. Alternativas de tratamiento.....	29
2.4. Marcos de intervención de personas con TEA.....	32
2.5. Frameworks de desarrollo de software.....	34
3. USO DE TECNOLOGÍA EN PROCESOS TERAPÉUTICOS DEL TEA	41
3.1. Introducción al capítulo.....	41
3.2. Sistemas Alternativos de Comunicación (SAC).....	42
3.3. Sistema de comunicación con intercambio de imágenes (PECS).....	46
3.4. Diseño de software para la accesibilidad.....	48
4. FRAMEWORK FRIDA PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE ACCESIBLE	52
4.1. Introducción al capítulo.....	52
4.2. Modelo tecnológico para la implementación del framework FRIDA.....	54
4.3. Utilización de FRIDA en el diseño de actividades con uso de tecnología.....	70
5. RESULTADOS	86
5.1. Introducción al capítulo.....	86
5.2. Validación cuantitativa del Framework FRIDA.....	87
5.3. Validación cualitativa del Marco de intervención.....	93
5.4. Tabla de resultados.....	96
5.5. Análisis de resultados.....	101
6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	103
6.1. Conclusiones.....	103

6.2. Trabajos Futuros.....	105
7. RESULTADOS ADICIONALES.....	109
7.1. Premios y reconocimientos.....	109
7.2. Creación de Programa de formación posgradual	111
7.3. Invitaciones y participaciones académicas	111
7.4. Estancias de investigación	112
8. EQUIPO DE TRABAJO	113
9. RECOMENDACIONES.....	115
10. BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS	124

Lista de Figuras

Figura 1. Discapacidades intelectuales y del desarrollo (Elaboración propia)	3
Figura 2. Fichas de manejo pictográfico utilizadas en el manejo del autismo	4
Figura 3. Experiencia de entidades en el manejo del TEA	7
Figura 4. Tiempo de experiencia en la atención del TEA	7
Figura 5. Tipos de terapias aplicadas en atención del TEA	8
Figura 6. Conocimiento y uso de terapias alternativas	8
Figura 7. Conocimiento y uso de tecnología en terapias para el TEA	9
Figura 8. Razones de la no utilización de software en tratamiento del TEA	10
Figura 9. Necesidad de vinculación de software accesible en el tratamiento del TEA	11
Figura 10. Conocimiento de padres de familia sobre software accesible	12
Figura 11. Tipo de software desarrollados por profesionales	13
Figura 12. Disponibilidad para desarrollar software accesible	14
Figura 13. Importancia de desarrollar software accesible	14
Figura 14. Valoración de usabilidad de App accesibles para TEA	17
Figura 15. Identificación de emociones predominantes al uso de software	19
Figura 16. Diseño metodológico para la investigación	22
Figura 17. Proceso de investigación de usuario desde el proceso Design Thinking (Tomado de: Cross, 2011)	22
Figura 18. Diseño metodológico del proyecto (Elaboración propia)	23
Figura 19. Trastornos ligados al desarrollo neurológico (Elaboración propia)	27
Figura 20. Bases neurobiológicas de las emociones (Elaboración propia)	28
Figura 21. Niveles funcionales del TEA (Elaboración propia)	29
Figura 22. Categorías de tratamiento para el TEA. Tomado de [19]	30
Figura 23. Marcos de intervención de personas con TEA (Elaboración propia)	34
Figura 24. Algunos frameworks de diseño de software (Elaboración propia)	35
Figura 25. Estadísticas de comparación entre frameworks de desarrollo	39
Figura 26. Análisis comparativo de frameworks de desarrollo (Tomado de Statista.com)	40
Figura 27. Tratamientos alternativos para el TEA (Elaboración propia)	42
Figura 28. Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (Tomado de [27])	43
Figura 29. Ejemplo de sistemas pictográficos de comunicación de ARASAAC	45
Figura 30. Ejemplo de tablero de comunicación	45
Figura 31. Ejemplo de comunicador electrónico GoTalk del fabricante Attainment Company	46
Figura 32. Ejemplo de tablero de comunicación PECS	47
Figura 33. Ejemplo de comunicador electrónico utilizando PECS	48
Figura 34. Categorización de tecnologías de asistencia (Adaptado de portal Family Networks On Disabilities)	49
Figura 35. Metodologías para Diseño Centrado en el Humano (Tomado de www.quora.com)	50
Figura 36. Características para la selección de Design Thinking (Elaboración propia)	51
Figura 37. Marco de intervención FRIDA	54
Figura 38. Esquema de componentes de FRIDA (Elaboración propia)	55
Figura 39. Arquitectura de Flutter (Tomado de [43])	56
Figura 40. Descripción de alto nivel de la arquitectura de FRIDA	58
Figura 41. Diagrama de contexto de FRIDA	59
Figura 42. Diagrama de contenedores de FRIDA	60
Figura 43. Diagrama de Componentes de FRIDA	61
Figura 44. Diagrama de Componentes – Widgets de FRIDA	62

<i>Figura 45. Relación Módulos-Widgets-Modelos en FRIDA</i>	65
<i>Figura 46. Etapas de Design Thinking</i>	70
<i>Figura 47. Reunión de socialización de proyecto Fundación CENIDI</i>	73
<i>Figura 48. Mapa de Empatía para la caracterización de niños con TEA (Elaboración propia)</i>	75
<i>Figura 49. Identificación de emociones al uso de software accesible para TEA</i>	77
<i>Figura 50. Actividad de Braindumping con terapeutas Fundación CENIDI (Popayán)</i>	78
<i>Figura 51. Actividad de Brainstorming con terapeutas Fundación CENIDI (Popayán)</i>	79
<i>Figura 52. Secuencia de utilización de FRIDA para el diseño de software accesible (Elaboración propia)</i>	82
<i>Figura 53. Ejemplo de prototipo de software accesible diseñado usando FRIDA - Usuario Guioban</i>	83
<i>Figura 54. Ejemplo de prototipo de software accesible diseñado usando FRIDA - Usuario César</i>	83
<i>Figura 55. Esquema de validación de resultados del proyecto</i>	87
<i>Figura 56. Sesión de validación en línea de Framework FRIDA por desarrollador</i>	89
<i>Figura 57. Tiempos de diseño de software accesible Sin y Con uso de FRIDA</i>	90
<i>Figura 58. Comparativa de tiempos de desarrollo de App accesibles Sin/Con FRIDA</i>	91
<i>Figura 59. Valoración por criterios para framework FRIDA</i>	92
<i>Figura 60. Porcentaje de usabilidad de Framework FRIDA</i>	92
<i>Figura 61. Percepción del uso de software accesible en el tratamiento del TEA</i>	94
<i>Figura 62. Intención de vinculación de software accesible al tratamiento del TEA</i>	94
<i>Figura 63. Expresiones emocionales en niños con TEA post uso de software accesible personalizado</i>	95

Lista De Tablas

<i>Tabla 1 Marcos de intervención de personas con TEA (Elaboración propia)</i>	32
<i>Tabla 2. Comparación entre frameworks de desarrollo (Elaboración propia)</i>	39
<i>Tabla 3. Widgets de FRIDA</i>	62
<i>Tabla 4. Módulo de preguntas de pictogramas</i>	63
<i>Tabla 5. Módulo de Combinación de pictogramas</i>	64
<i>Tabla 6. Argumentos del Módulo de emparejamiento de pictogramas</i>	64
<i>Tabla 7. Módulo de seguridad de pictogramas</i>	65
<i>Tabla 8. Atributos de calidad para framework de desarrollo FRIDA</i>	66
<i>Tabla 9. Pautas de accesibilidad para la perceptibilidad del software</i>	67
<i>Tabla 10. Pautas de accesibilidad para distinguir sonidos en el software</i>	68
<i>Tabla 11. Pautas de accesibilidad para la operabilidad del software</i>	68
<i>Tabla 12. Pautas de accesibilidad para la comprensibilidad del uso del software</i>	68
<i>Tabla 13. Etapas de Design Thinking (Tomado de https://intive.com/)</i>	70
<i>Tabla 14. Entidades para realización de estudio de casos</i>	72
<i>Tabla 15. Requisitos funcionales para los usuarios con TEA caracterizados</i>	77
<i>Tabla 16. Elementos de prueba (Testeo) considerados (Elaboración propia)</i>	84
<i>Tabla 17. Heurísticas de validación del Framework FRIDA</i>	88
<i>Tabla 18. Heurísticas de validación de Apps diseñadas a partir de FRIDA</i>	88
<i>Tabla 19. Porcentaje de reducción de tiempos de desarrollo usando FRIDA</i>	91
<i>Tabla 20. Tabla de cumplimiento de objetivos propuestos</i>	96
<i>Tabla 21. Relación de publicaciones realizadas</i>	99
<i>Tabla 22. Trabajos futuros planteados</i>	107

Listas Especiales

Listas de siglas utilizadas en el documento

- ABA: Análisis Conductual Aplicado (por sus siglas en inglés)
- ARASAAC: Sistema Aumentativo y Alternativo de Comunicación de Aragón
- CDC: Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades
- DCH: Diseño Centrado en el Humano
- DCU: Diseño Centrado en el Usuario
- DID: Discapacidad Intelectual y del Desarrollo
- IHC: Interacción Humano Computador
- MVC: Modelo Vista-Controlador
- PECS: sistema de comunicación por intercambio de imágenes
- PU: Porcentaje de usabilidad
- SAC: Sistemas Alternativos de Comunicación
- SAAC: Sistema Aumentativo y Alternativo de Comunicación
- SDK: Kit de desarrollo de software
- SPA: Single Page Application
- SPC: Sistema Pictográfico de Comunicación
- TEA: Trastorno de Espectro Autista
- TEACCH: Treatment and Education of Autistic and related Communication Handicapped Children

Listas de Anexos

- Anexo 1. Entidades terapéuticas para el Trastorno de Espectro Autista en Colombia
- Anexo 2. Encuesta dirigida a terapeutas del TEA
- Anexo 3. Encuesta dirigida a padres de familia de niños con TEA
- Anexo 4. Encuesta dirigida a desarrolladores de software
- Anexo 5 – Consentimientos informados de padres de familia y representantes de niños con TEA
- Anexo 6 – Código de ética
- Anexo 7 – Formato de Mapa de Empatía
- Anexo 8 – Formato de requerimientos tecnológicos
- Anexo 9 – Formatos de evaluación heurística
- Anexo 10 – Encuestas de evaluación cualitativa de resultados de uso de software accesible
- Anexo 11 – Instalación y Documentación de FRIDA
- Anexo 12 – Guía de pautas de accesibilidad en FRIDA (Guideline)
- Anexo 13 – Publicaciones
- Anexo 14 – Informes de estancias de investigación
- Anexo 15 – Premios y reconocimientos
- Anexo 16 – Registro de software
- Anexo 17 – Proyecto de pregrado Universidad del Cauca (Práctica docente)

Glosario

Design Thinking: Metodología para resolver problemas complejos, generar innovación y mejorar procesos o la experiencia de usuarios de productos tecnológicos.

Framework: Estructura conceptual para el trabajo interdisciplinario de atención a personas con autismo y, al mismo tiempo, de asistencia tecnológica definida con artefactos y módulos concretos de software, que pueden servir de base para diseñar y desarrollar aplicaciones con características de accesibilidad.

Interacción Humano-Computador: Disciplina dedicada a diseñar, evaluar e implementar sistemas informáticos interactivos para el uso humano, y a estudiar los fenómenos relacionados más significativos acerca de su uso.

Modelo C4: Es una técnica de notación gráfica que se utiliza para modelar la arquitectura de sistemas de software. Está basada en la descomposición estructural de un sistema en contenedores y componentes.

Módulos: (Módulo) Es una porción de un programa de software que puede cumplir con una función específica.

Packages: (Paquetes) Es una serie de programas que se distribuyen conjuntamente. Algunas de las razones suelen ser que el funcionamiento de cada uno complementa lo que requieren otros, además de que sus objetivos están relacionados como estrategia de desarrollo ágil.

Pictograma: Es una representación gráfica o dibujo simple que, independiente de su complemento con un texto explicativo, es capaz de transmitir un mensaje o la representación de un objeto de la vida real.

Renderizado de software: Proceso de abstracción de la arquitectura de base del framework Flutter que es instanciada a las aplicaciones generadas a partir de su utilización.

SAAC: Sistema Aumentativo y Alternativo de Comunicación basado en el uso de pictogramas.

Software accesible: Software diseñado para una gama amplia de usuarios, incluidos aquellos que tienen algún tipo de discapacidad.

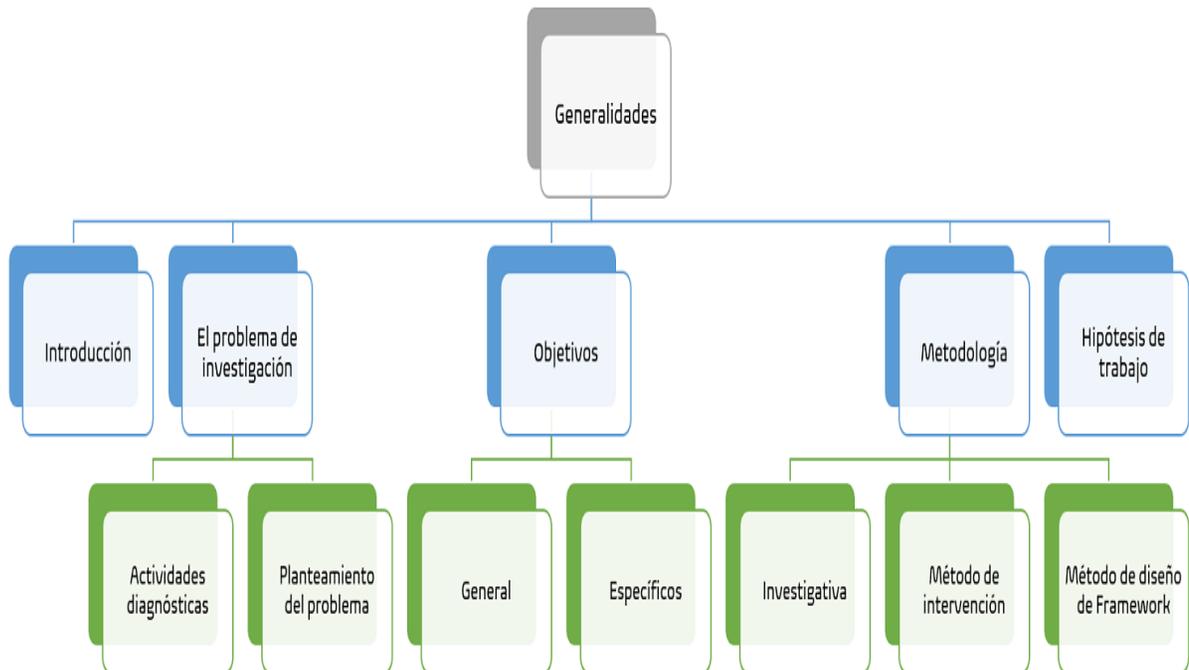
Statista: Es un portal de estadística en línea alemán que publica datos relevantes que proceden de estudios de mercado y de opinión, así como indicadores económicos y estadísticas oficiales en varios idiomas. www.statista.com

Usabilidad: Se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso, que para nuestro caso es la diversidad de personas con TEA.

WCAG: Son las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (por sus siglas en inglés). Es un estándar con el objetivo de proporcionar contenido que satisfaga a todos los usuarios sin importar si tiene alguna discapacidad o no.

Widgets: Es una pequeña aplicación o programa, usualmente presentado en archivos o ficheros pequeños que son ejecutados por un motor de widgets o Widget Engine. Entre sus objetivos están dar fácil acceso a funciones frecuentemente usadas y proveer de información visual.

1. GENERALIDADES



Desde el enfoque de la Interacción Humano-Computador (IHC) y el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), este proyecto de investigación doctoral busca proponer un marco de referencia para el diseño de software (framework¹) que aporte a la comunidad de profesionales dedicadas al desarrollo de aplicaciones informáticas en el diseño de software con características de accesibilidad que contribuya al desarrollo de habilidades sociales, propias de la inteligencia emocional, en niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA).

El estudio se centra especialmente en el fortalecimiento de las características del desempeño social de niños con autismo: el auto-reconocimiento, la comunicación oral y la nivelación emocional, como parte de sus habilidades sociales [1]. Para ello, se propone una estrategia experimental, a través de la ingeniería de la colaboración entre expertos interdisciplinarios, para lograr el diseño ágil de software accesible como aspecto importante para el logro del mejoramiento en la comunicación y la conducta dentro de las habilidades sociales de las personas con autismo.

¹ En este proyecto se entiende como “*framework*” a una estructura conceptual para el trabajo interdisciplinario de atención a personas con autismo y, al mismo tiempo, de asistencia tecnológica definida con artefactos y módulos concretos de software, que pueden servir de base para diseñar y desarrollar aplicaciones con características de accesibilidad.

1.1. Introducción

Los resultados y el impacto de las actividades que realizamos como seres humanos están ligadas con los niveles de inteligencia emocional y social que hayan sido creados especialmente durante su etapa de niñez [2]. De acuerdo con [3] se han realizado estudios generalmente en etapas tempranas de aprendizaje en niños, donde dichos niveles emocionales que alguien puede tener son: Autoconocimiento, Autocontrol, Automotivación, Reconocimiento y Habilidades sociales. En tal sentido, es significativo que las bases de formación en las personas estén acompañadas por iniciativas de fortalecimiento y creación de habilidades que mejoren dichos niveles emocionales, de manera que la forma en que reaccionamos ante las eventualidades ocurridas en nuestro desempeño personal represente una notoria diferencia para el mejoramiento de los logros alcanzados [2].

La situación anterior se torna más compleja en casos de niños con Discapacidad Intelectual y del Desarrollo -DID, especialmente aquellos con *Trastorno de Espectro Autista*, del cual a partir de ahora nos referiremos como *TEA*.

Es preciso mencionar que el desarrollo del sistema nervioso, que ocurre durante los primeros cinco años de vida, permite al cuerpo humano desarrollar todas las funciones motoras, sensitivas, cognitivas y emocionales. Cuando este desarrollo ocurre con parámetros por debajo de lo normal se conoce como "Trastornos del desarrollo neurológico" y están vinculados con alteraciones del sistema nervioso desde etapas tempranas en el desarrollo intelectual que se van incrementando con el paso de los años. La especificación de discapacidades intelectuales y del desarrollo se resumen en la Figura 1 y se estará detallando en el Capítulo 2.

El TEA es una de estas condiciones neurológicas y del desarrollo que comienza en la niñez y dura toda la vida [4]; afecta cómo una persona se comporta, cómo interactúa con los demás, cómo se comunica y la manera como aprende. Este trastorno incluye lo que anteriormente se conocía como síndrome de Asperger y el trastorno generalizado del desarrollo no especificado. Se lo llama "*trastorno de espectro*" porque diferentes personas con TEA pueden tener una gran variedad de síntomas distintos y no se encuentran dos casos idénticos de dicha condición intelectual.

De acuerdo con lo anterior y a partir del juicio de especialistas clínicos expertos, actualmente el TEA se clasifica en los niveles 1, 2 o 3 referenciando de esta manera el tipo de afectación existente en las funciones motoras, sensitivas, emocionales y cognitivas [5].

Las personas que padecen del trastorno autista pueden tener problemas para hablar con otra persona y es posible que no miren a los ojos cuando se les habla [4]. Además, pueden tener intereses limitados y comportamientos repetitivos.

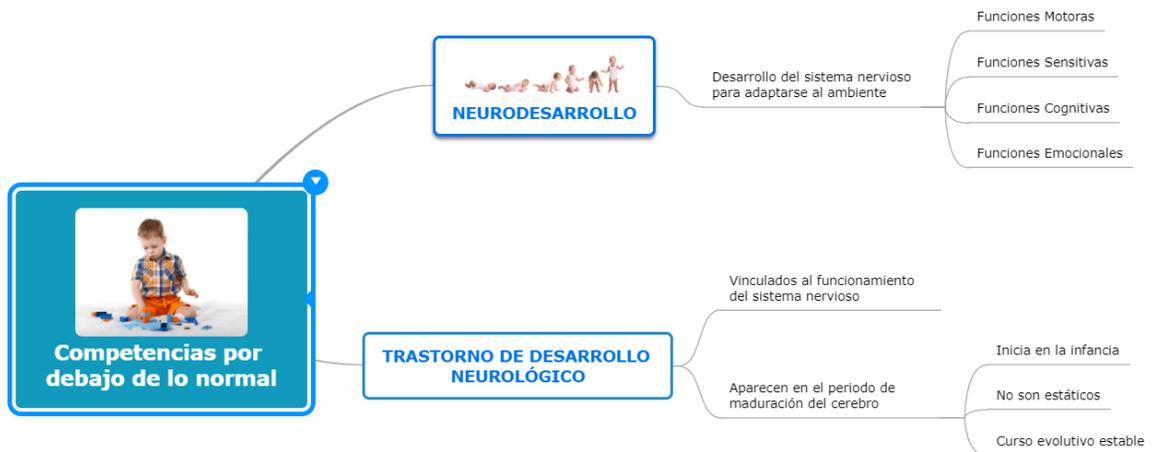


Figura 1. Discapacidades intelectuales y del desarrollo (Elaboración propia)

El Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)² de los Estados Unidos, reconoce que existen muchas maneras de maximizar la capacidad de un niño con TEA, de manera que pueda crecer y aprender nuevas habilidades. Cuanto antes se comience con su intervención, mayores son las probabilidades de tener más efectos positivos en los síntomas y en sus aptitudes. Generalmente, estos tratamientos se dividen en varias categorías entre las cuales se tiene el “*Enfoque en torno al comportamiento y la comunicación*” como marco principal para el desarrollo de habilidades para el comportamiento y la comunicación de los niños con TEA [6]. Sin embargo, estos tratamientos incluyen terapias de comportamiento y de comunicación, desarrollo de habilidades y/o medicamentos para controlar los síntomas, pero hasta ahora poco se ha profundizado en el diseño de modelos de uso de tecnologías accesibles que permitan potencializar sus habilidades y competencias [7].

Justamente, uno de los inconvenientes en el tratamiento de niños con TEA es el manejo tradicional de sus habilidades emocionales por parte de terapeutas con formación en aspectos de la psicología clínica como la adaptación social, la toma de decisiones, el aprendizaje colaborativo o la capacidad de afrontar conflictos (es decir, el manejo de su inteligencia emocional) [2], pero con necesidad de explorar otras alternativas relacionadas al desarrollo de habilidades mediante estrategias de intervención no-invasivas, como podría ser el uso de software que estimule dichas competencias de una manera más natural [7].

Desde un enfoque netamente psicosocial, se realizan diversos tipos de terapias asistenciales para personas con TEA que ha dado algunos resultados positivos como complemento al manejo clínico. Entre estas terapias experimentales se encuentra el adiestramiento de mascotas, generalmente perros o caballos, para buscar la nivelación emocional de niños con TEA [7].

² <https://www.cdc.gov/spanish/index.html>

Desde las Ciencias Computacionales, se ha venido probando algunas iniciativas como el uso de robots o figuras animatrónicas para lograr nivelaciones emocionales en niños con TEA y su posterior intervención con fines de fortalecimiento de habilidades intelectuales y sociales. En el mismo sentido anterior, uno de estos aspectos por explorar es la característica ya identificada en diversos estudios, referenciados en el marco teórico del proyecto, sobre cómo la mayoría de los niños con autismo muestran interés por la manipulación de pictogramas³, lo que resalta sus habilidades físicas que luego se configuran en un significado y en el quehacer de estas personas [8].

La Figura 2 muestra un ejemplo de fichas para el manejo pictográfico de actividades utilizada en el manejo del autismo. El uso de pictogramas en personas con TEA se enfoca en el uso de estos para crear un mecanismo de comunicación alternativo, de manera que permita a la persona expresar sentimientos, emociones y necesidades o inclusive su preparación mental antes de realizar alguna actividad.

Generalmente el uso de pictogramas se hace inicialmente de forma controlada por parte de un terapeuta que enseñe la manera correcta de utilización en procesos de comunicación de la persona con TEA hacia otras personas y de igual manera en el sentido contrario.



Figura 2. Fichas de manejo pictográfico utilizadas en el manejo del autismo

Uno de los programas de tratamiento más efectivos utilizados actualmente en la intervención del trastorno de espectro del autismo mediante trabajo con pictogramas es TEACCH⁴, que proporciona diferentes servicios tanto para las personas con autismo y trastornos asociados, como para sus familias [9]. Este modelo de intervención busca lograr que, mediante la aplicación de algunas actividades preparadas, el niño con TEA logre un mejoramiento en su autonomía,

³ Un *pictograma* es una representación gráfica o dibujo simple que, independiente de su complemento con un texto explicativo, es capaz de transmitir un mensaje o la representación de un objeto de la vida real.

⁴ Treatment and Education of Autistic and related Communication Handicapped Children. <https://teacch.com/>

mientras evita las dificultades de comunicación y comprensión del lenguaje. Las tareas propias para niños con TEA que empiezan a trabajar en esta metodología son aquellas tareas que son manipulativas y que enseñan los principios de la tarea: la idea de complemento, de buscar las instrucciones, uso de los materiales y todo aquello que se defina para las competencias emocionales o sociales que se desee trabajar [9].

Otro de los programas más aplicados internacionalmente para los procesos de tratamiento de personas con TEA es ARASAAC⁵, definido como un Sistema Aumentativo y Alternativo de Comunicación (SAAC) que está basado en el uso de pictogramas que facilitan la comunicación en las personas que tienen dificultades en este ámbito por distintos factores (diversidad funcional, desconocimiento del idioma, traumatismos y degeneración cognitiva). Este programa provee de manera abierta un gran conjunto de pictogramas, materiales de trabajo y espacios de interacción para personas con diversidad de condiciones intelectuales y del desarrollo como producto de su continuo estudio y desarrollos investigativos.

De estos modelos de intervención podría inferirse que la tecnología, y especialmente el uso de software que utilice pictogramas como parte de los procesos terapéuticos en torno al comportamiento y la comunicación, podría ser una gran aliada para ayudar en el desarrollo de algunas habilidades en personas con trastornos como el autismo.

En este contexto, al profundizar en las iniciativas de desarrollo de software existentes, se encuentra en las bases de APP⁶ de Google y Apple una proliferación de aplicaciones tendientes al apoyo terapéutico de esta población, pero originadas desde casos particulares que han generado la formulación de proyectos en algunos casos, y de colecciones de aplicaciones móviles orientadas a comunidades que trabajen en el tratamiento de este trastorno de forma generalizada [10].

El proceso realizado para diagnosticar la pertinencia del uso de estas herramientas informáticas dentro de los procesos de tratamiento del TEA se detalla en el siguiente apartado del documento.

1.2. El problema de investigación

Un gran número de tratamientos desarrollados para personas con TEA, incluyendo los programas TEACCH y ARASAAC ya referenciados, se han centrado en el manejo terapéutico basado en la presentación de pictogramas (imágenes en formato digital o análogo) ordenados de manera lógica de acuerdo con el tipo

⁵ Sistema Aumentativo y Alternativo de Comunicación (SAAC) basado en el uso de pictogramas.
<https://arasaac.org/>

⁶ Ejercicio de búsqueda realizado en las bases de *aplicaciones* (APP) de Apple Store y Play Store.

particular de TEA identificado, al parecer por ser un elemento de atención en el niño y de alto efecto en las reacciones emocionales esperadas.

En tal sentido, durante un ejercicio de exploración del contexto del uso de tecnología en los procesos terapéuticos de personas con TEA se realizaron tres actividades diagnósticas consistentes en la búsqueda de clínicas o fundaciones que trabajen en procesos de tratamiento del autismo, para posteriormente aplicar encuestas dirigidas a sus terapeutas y familiares de los niños con autismo, de manera que nos permitieran conocer los niveles de uso de herramientas tecnológicas en dichos tratamientos.

Así mismo, se realizó una revisión de las bases de aplicaciones de Google⁷ y Apple⁸ para identificar aplicaciones de software que estén dirigidas a usuarios con TEA y así poder reconocer las características de diseño con las que fueron construidas y que mejor porcentaje de usabilidad presentaban para el tipo de usuario pretendido. Esta misma actividad incluyó la indagación realizada a empresas desarrolladoras de software sobre la existencia de la línea de producción de software accesible para personas con TEA, así como su percepción sobre este tipo de aplicaciones.

A continuación se detalla cada una de estas actividades y los hallazgos encontrados.

1) Actividad diagnóstica 1- Uso de software en procesos terapéuticos para el TEA

Con esta actividad se pretendía identificar los niveles de conocimiento y uso de tecnología, especialmente software, en los procesos de tratamiento de personas con Trastorno de Espectro Autista.

Para esto, se rastrearon e identificaron mediante consultas por internet diversas organizaciones en Colombia (Anexo 1) para poder aplicar el instrumento de recolección de información que fue diseñado para esta labor. Específicamente se diseñó una encuesta en línea (Anexo 2) a través de un formulario de Google cuyo enlace fue compartido mediante correo electrónico.

El sondeo se realizó con veintidós entidades, entre las cuales estaban la mayoría de las identificadas en Colombia y además otras encontradas en países de habla hispana, quienes respondieron a las preguntas establecidas en el formulario, lo cual nos permitió encontrar los siguientes hallazgos:

⁷ <https://play.google.com/store/games?hl=es>

⁸ <https://www.apple.com/co/app-store/>

Las figuras 3 y 4 indican que el 90% de las entidades encuestadas tenían experiencia en el manejo del Trastorno de Espectro del Autismo y en su mayoría con más de 5 años de práctica.

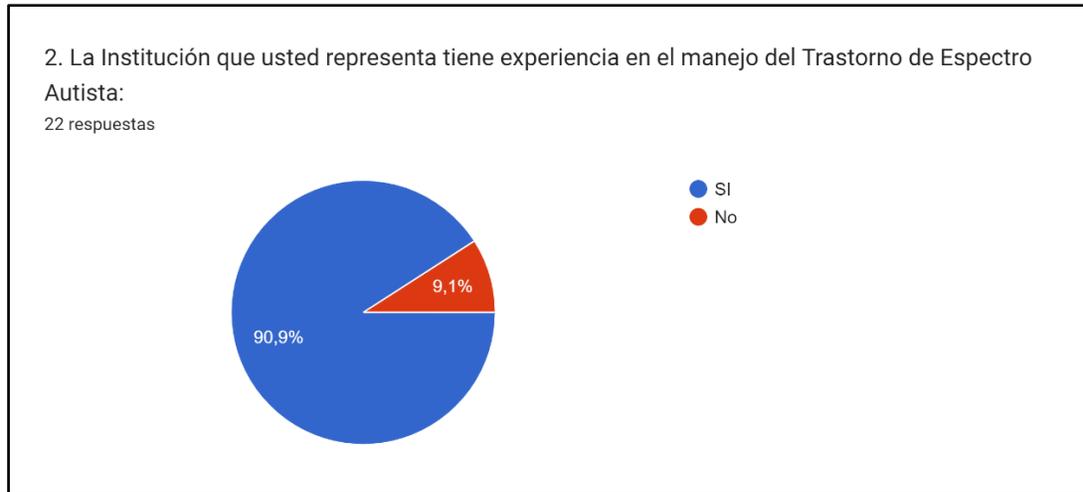


Figura 3. Experiencia de entidades en el manejo del TEA

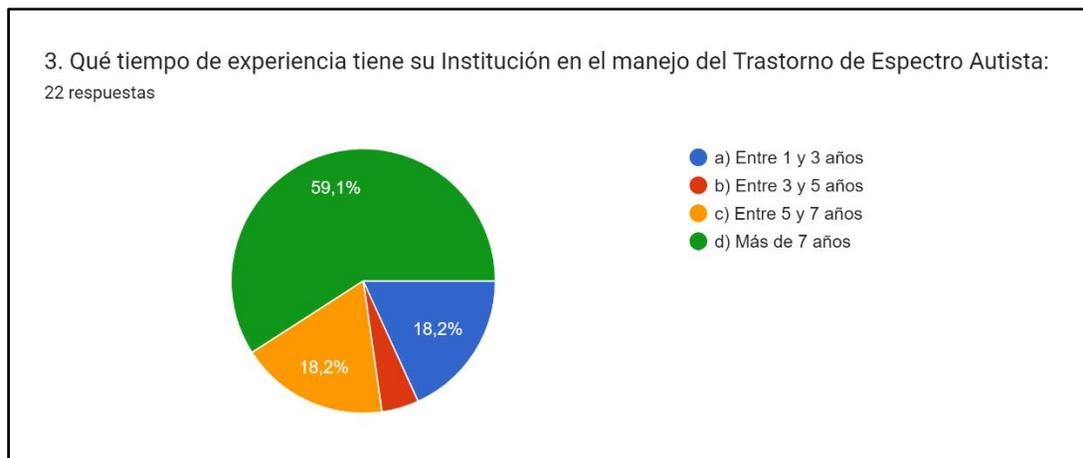


Figura 4. Tiempo de experiencia en la atención del TEA

Resultó de suma importancia para el estudio la identificación de la experiencia de las instituciones y sus profesionales en el dominio terapéutico de los distintos niveles del TEA, para continuar profundizando acerca del posible uso de herramientas de software dentro de sus actividades terapéuticas.

En este sentido, se pudo identificar que acorde a la literatura revisada y mencionada en [11] y [12], las instituciones que atienden personas con TEA desarrollan principalmente terapias de manejo cognitivo-conductual y fortalecimiento del habla/lenguaje. Esto puede observarse en la Figura 5.

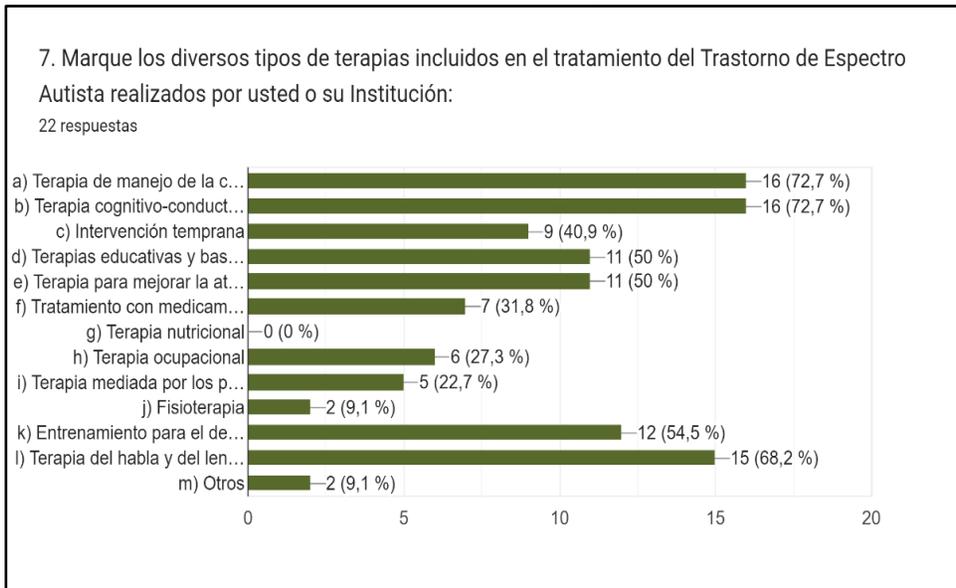


Figura 5. Tipos de terapias aplicadas en atención del TEA

No obstante lo anterior, y a pesar de considerar que la tecnología puede prestar un apoyo considerable para el mejoramiento de los resultados de las terapias conductuales y de fortalecimiento de habilidades específicas en personas con TEA, más del 80% de las instituciones participantes en el sondeo manifiestan la no exploración de terapias alternativas o uso de tecnología.

Lo anterior se evidencia en los hallazgos presentados en las figuras 6 y 7.

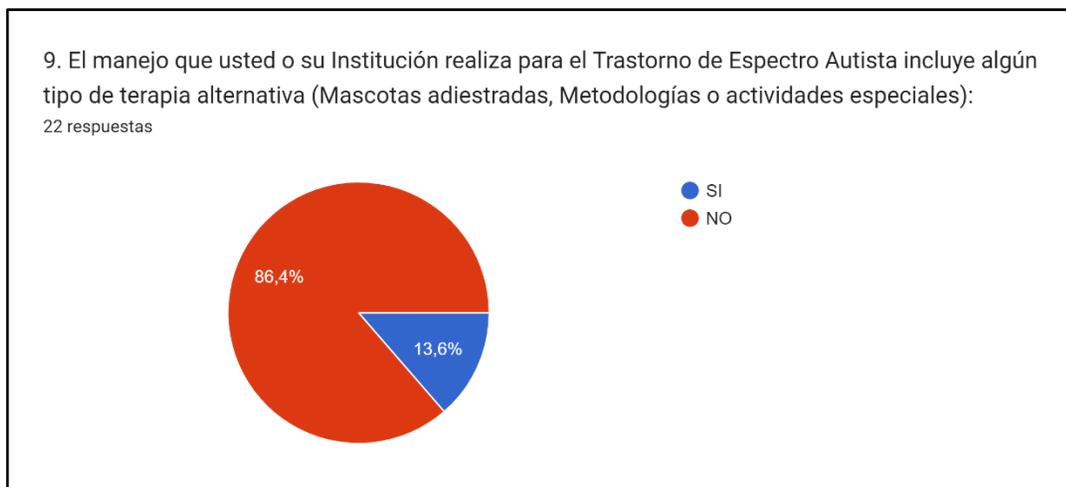


Figura 6. Conocimiento y uso de terapias alternativas

10. El manejo que usted o su institución realiza para el Trastorno de Espectro Autista utiliza algún tipo de tecnología (Robótica educativa, Software de...ia o desarrollo de habilidades específicas, otros):
22 respuestas

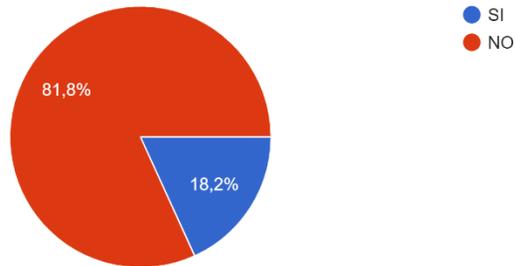


Figura 7. Conocimiento y uso de tecnología en terapias para el TEA

El sondeo realizado, permitió conocer que entre las razones manifestadas por las entidades para no utilizar tecnología en los procesos terapéuticos parte del no conocer cómo acceder a este tipo de herramientas y además a la generalización con la que muchas de las APP han sido construidas, lo cual no se ajusta a las condiciones intelectuales particulares de cada paciente, además de la imposibilidad de reconfiguración de sus características para hacerlas más usables⁹ tanto en las aulas de terapias como en los hogares de los niños con TEA.

Lo anterior puede observarse en la Figura 8.

⁹ La usabilidad se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso, que para nuestro caso es la diversidad de personas con TEA.

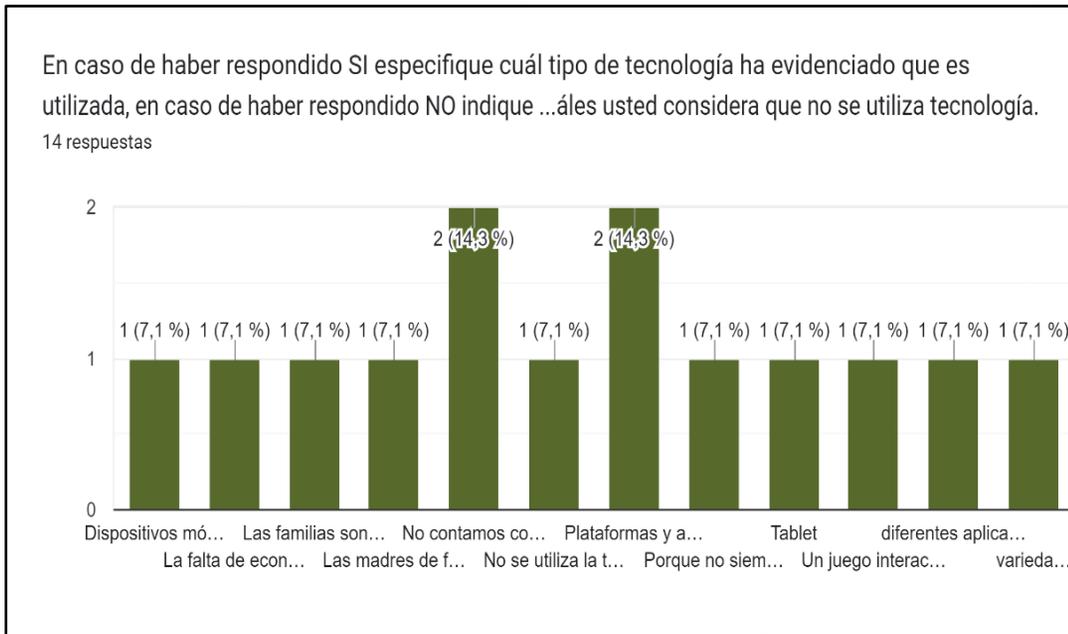


Figura 8. Razones de la no utilización de software en tratamiento del TEA

Finalmente, el diagnóstico realizado con estas entidades nos permitió conocer su nivel de interés acerca del uso de software con características de accesibilidad enfocado directamente a usuarios con TEA, y la necesidad de poder contar con la posibilidad de personalización de este software de acuerdo con los requerimientos de tratamiento particulares para cada persona.

Es así como más del 95% de los terapeutas considera que la existencia de software de apoyo a los tratamientos del TEA es necesaria para el mejoramiento de la calidad de vida de estos niños, y además, que es necesario contar con una mayor cantidad de aplicaciones de software dirigido a este tipo de usuarios.

Esta información se presenta en seguida a través de la figura 9.



Figura 9. Necesidad de vinculación de software accesible en el tratamiento del TEA

Durante esta etapa diagnóstica realizada con las clínicas, fundaciones y terapeutas que trabajan con personas con TEA, se quiso además vincular a los padres de familia de los niños vinculados a estas instituciones y otros casos por fuera de estas, esto con el fin de conocer su percepción acerca del uso de software y al mismo tiempo buscando extender las posibilidades de aplicación futura de los desarrollos resultantes del proyecto más allá de los tiempos y espacios de las terapias formales. Esta información se recopiló mediante un cuestionario en línea construido con este propósito (Anexo 3).

Es así como se logró recolectar información de 75 padres de familia de niños con TEA provenientes de cuatro países de habla hispana, como Colombia, México, Argentina y España, además de Estados Unidos y Alemania desde donde participaron padres de niños con este trastorno. La información recopilada nos permitió ampliar el nivel de comprensión del TEA y las implicaciones que tiene para el entorno familiar de quien lo padece.

Es así como encontramos entre las familias indagadas que más del 73% de ellas tienen niños con TEA con edades por encima de los 10 años pero su gran mayoría, el 68%, no cuentan con acompañamiento de terapeutas que apoyen su tratamiento y manejo en casa.

Con este grupo de padres de familia, ampliamos las variables de consulta hacia la percepción que ellos tienen sobre la importancia en el desarrollo de habilidades sociales y emocionales de sus parientes con TEA, así como el uso de software para este propósito. Como resultado se encuentra que más del 86% de ellos no conocen ni utilizan software para el fortalecimiento de las competencias intelectuales de sus niños con TEA, más allá de la visualización de videos que se encuentran publicados en la plataforma de YouTube. Esta información se resume en la figura 10.



Figura 10. Conocimiento de padres de familia sobre software accesible

Este ejercicio de recopilación de información con familiares permitió además identificar que ellos consideran que es necesario contar con una mayor cantidad de aplicaciones de software enfocado directamente en el manejo del TEA que pueda ser de fácil acceso y que permita además complementar las actividades terapéuticas por dentro o por fuera de las instituciones de atención.

2) Actividad diagnóstica 2 – Existencia de línea de diseño de software accesible en empresas desarrolladoras

Conociendo la importancia que encuentran los profesionales de la salud acerca de la necesidad de vinculación de aplicaciones informáticas como apoyo a los procesos terapéuticos para personas con TEA, la etapa diagnóstica se orientó hacia el conocimiento de la existencia de una línea de diseño de este tipo de aplicaciones entre las empresas desarrolladoras de software.

Es así como se realizó la búsqueda de empresas desarrolladoras de software para la realización de un sondeo acerca de la existencia del “software accesible” como parte de su oferta o línea de producción actual. Esta búsqueda tuvo eco en 43 profesionales dedicados al desarrollo de aplicaciones informáticas provenientes de diversos países como Colombia, Costa Rica, México y España a quienes se les envió un cuestionario en línea (Anexo 4). Este muestreo encontró empresas y desarrolladores de software con más de siete años de experiencia en la labor y enfoque en diversos tipos de aplicaciones informáticas principalmente para áreas como la educación (60%), aplicaciones contables y financieras (37%) y software utilitario (30%).

Este nivel de experiencia puede observarse en la figura 11.

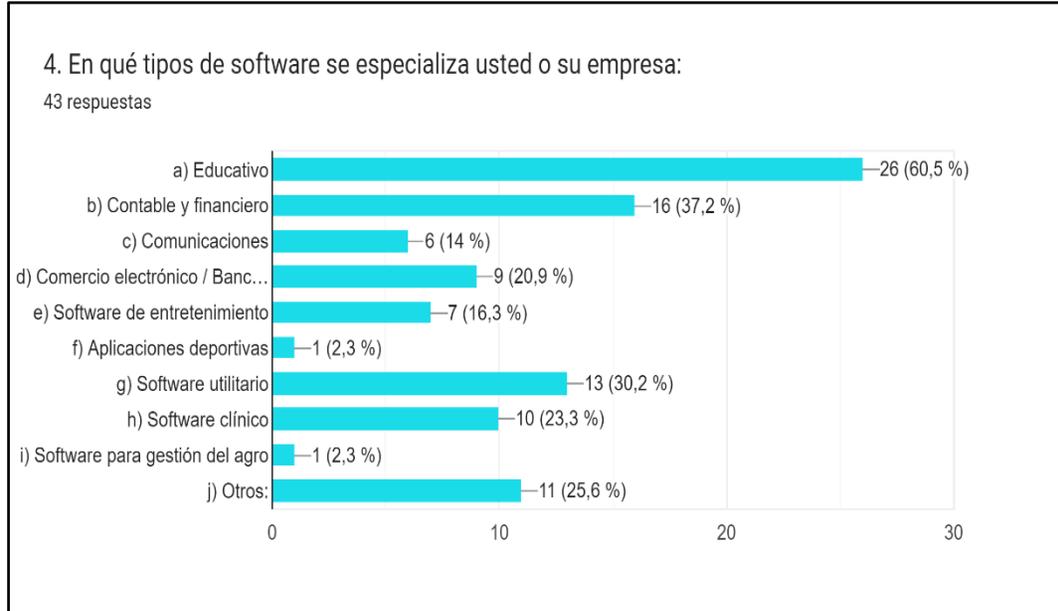


Figura 11. Tipo de software desarrollados por profesionales

Si bien las respuestas recopiladas mencionan que casi la mitad de los desarrolladores de software encuestados han trabajado en aplicaciones para entornos clínicos, la mayoría de ellos se enfocan en el manejo administrativo o contable de las entidades y en menos escala bajo el concepto de “software accesible”¹⁰ para casos de usuarios con discapacidades.

No obstante lo anterior, se indagó por el interés que ellos tenían acerca del desarrollo de aplicaciones de software dirigido a usuarios con TEA, encontrando que el 93% de ellos lo haría y más del 83% además lo considera sumamente importante para las cifras actuales de padecimiento de diversas discapacidades.

Lo anterior puede observarse en las figuras 12 y 13.

¹⁰ Software diseñado para una gama amplia de usuarios, incluidos aquellos que tienen algún tipo de discapacidad.

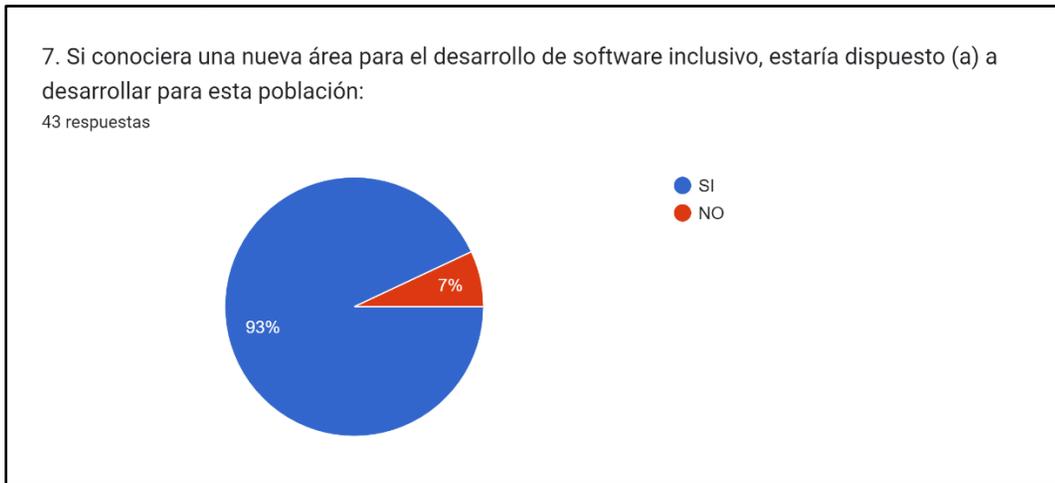


Figura 12. Disponibilidad para desarrollar software accesible

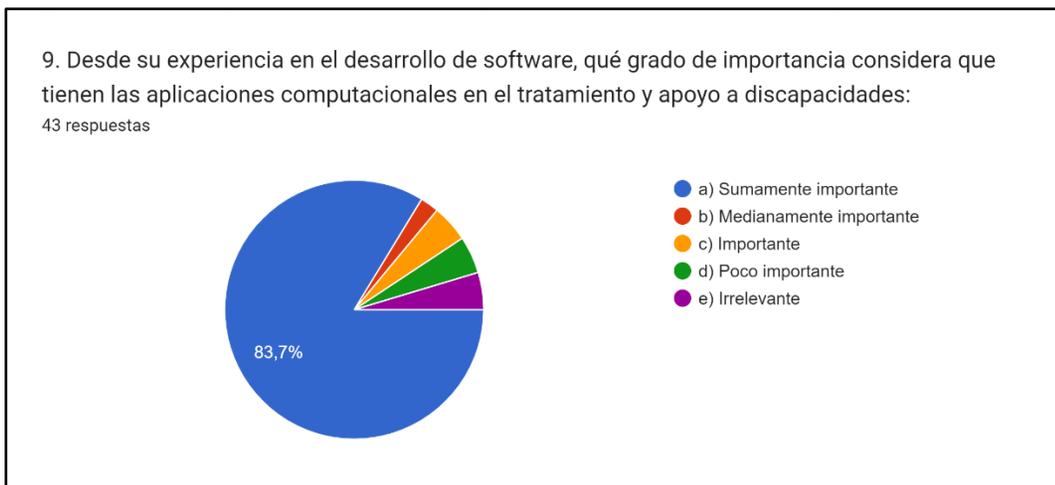


Figura 13. Importancia de desarrollar software accesible

La encuesta aplicada a los desarrolladores permitió además, indagar por la posibilidad de algunos de ellos para participar en etapas posteriores del proyecto donde se pudiera validar la solución propuesta para la necesidad que se estaba evidenciando de contar con mecanismos que faciliten el diseño de software accesible a la medida de usuarios con TEA. Efectivamente, algunos de ellos serían convocados para las etapas finales del proyecto.

3) Actividad diagnóstica 3 – Recomendaciones técnicas para el diseño de software dirigido a usuarios con TEA

Como pudo evidenciarse en [8], el uso de tecnologías para mejorar y estimular la comunicación de los niños con TEA ha aumentado en los últimos años. Estas herramientas en contextos terapéuticos posibilitan una

generalización del comportamiento hacia un contexto más natural para un niño con autismo; por lo tanto, se pretendía verificar en esta actividad diagnóstica si el uso de software especializado y mediante dispositivos móviles permitía a estos niños avanzar en su tratamiento, fuera del ámbito clínico, pudiendo utilizar las App en su casa para comunicarse con sus vínculos sociales cercanos.

Esta actividad se realizó a través de un subproyecto¹¹ de análisis de software accesible para el TEA y la formulación de recomendaciones para el diseño de aplicaciones informáticas inclusivas como apoyo a tratamiento de dicho trastorno [11].

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

1) Soporte teórico y revisión sistemática de literatura

Se exploró los conceptos de habilidades propias de la inteligencia emocional, especialmente el Autoconocimiento y las Habilidades sociales; las características más relevantes del Trastorno de Espectro Autista; qué Programas de tratamiento y educación existen y su nivel de efectividad; nociones de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) y Accesibilidad; Tipología de aplicaciones móviles existentes para el tratamiento del autismo; y finalmente las Métricas y Heurísticas que puedan existir para evaluar la usabilidad de aplicaciones accesibles.

Esta fase incluyó la búsqueda, exploración de características funcionales y selección de APP inclusivas con manejo de pictogramas para niños autistas, la definición de estándares de usabilidad en ingeniería del software, y la búsqueda de una herramienta de medición (no invasiva) de cambios emocionales y usabilidad de software.

2) Exploración de aplicaciones accesibles para TEA

Para esto, se realizó una búsqueda de APP en las bases de Apple Store y Play Store acerca de software que estuviera basado en el conocimiento del autismo y además presentara alternativas de tratamiento basado en el manejo de pictogramas para la construcción de estructuras de comunicación. Posterior a esta recopilación se tenía información relevante para cada App como el tipo de licenciamiento,

¹¹ Proyecto correspondiente a la Fase 1 dentro del proceso de formación posgradual (Maestría del mismo autor).

una descripción de la funcionalidad de la aplicación y una explicación del porqué era seleccionada.

Los criterios de inclusión para la selección de las App fueron: Aplicaciones que preferiblemente tuvieran un licenciamiento abierto (free) para facilitar su uso por parte de las entidades y usuarios seleccionados, que su manejo se basara en el manejo de pictogramas, que fuera de fácil manejo en dispositivos móviles (teléfono móvil o tableta), manejo adecuado para la realización de terapias basadas en manejo de imágenes y construcción de narrativas gráficas.

Los criterios de exclusión se basaron en que su licenciamiento fuera propietario (exige un pago), sistema operativo de funcionamiento distinto a IOS o Android y manejo de terapia diferentes al uso de pictogramas.

3) Definición de métricas de evaluación heurística para software accesible orientado a usuarios con TEA

Teniendo en cuenta los criterios de selección de las aplicaciones móviles, se buscaba evaluar cada una de las App seleccionadas con relación a su importancia dentro del tratamiento del TEA. Por esta razón se definen los criterios de usabilidad para ser aplicados en la evaluación por expertos para software recopilado.

En esta etapa se definieron los criterios de usabilidad que deberían tener las aplicaciones inclusivas que sean aplicadas al interior del tratamiento del autismo.

Estos criterios fueron:

- Facilidad de uso
- Documentación de la App
- Estética
- Operatividad
- Facilidad de acceso a la herramienta

Con los criterios ya definidos, se construyó un instrumento que permitiera realizar la evaluación heurística, basado en los criterios de expertos, para ser aplicado al listado de App seleccionadas en la actividad anterior. El instrumento construido para la evaluación heurística aplica una fórmula para calcular el porcentaje de usabilidad (PU) de cada una de las aplicaciones analizadas que igualmente puede consultarse en [11].

Esta actividad determinó las cuatro aplicaciones móviles con mejor resultado de la evaluación heurística realizada por un experto en Diseño Centrado en el Usuario, un desarrollador de software y un diseñador gráfico. Las App que mejor valoración obtuvieron del proceso de evaluación heurística por expertos fueron EmoPLAY, Picto One, PictoTEA, y algunas imágenes del Proyecto Emociones (presentadas en la Figura 14) que serían utilizadas en la siguiente actividad con niños con TEA que fueron seleccionados para esta labor.

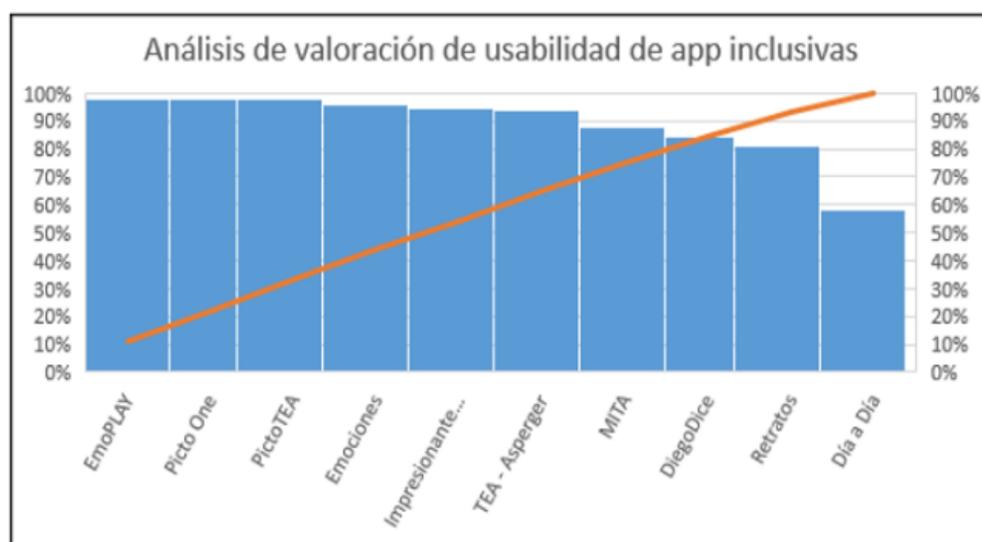


Figura 14. Valoración de usabilidad de App accesibles para TEA

4) Exploración de modelos de diseño de aplicaciones computacionales accesibles

El estado de la técnica permitió identificar modelos de diseño de software accesible que pudieran ser aplicadas o adaptadas para el desarrollo de aplicaciones enfocadas al tratamiento del autismo. En este sentido, se encuentran algunos modelos que podrían ser utilizados en este propósito y otro que fue creado de manera exclusiva para desarrollos accesibles [7]. El modelo aplicado en el proyecto se definiría más adelante y será presentado en el Capítulo 4 de este documento.

5) Validación mediante estudio de caso

El propósito del estudio de caso realizado fue verificar si el uso de software especializado, y a través de dispositivos móviles, permite que se avance en los resultados del tratamiento de niños con TEA

desarrollando algunas habilidades emocionales y sociales como el auto-reconocimiento y el desempeño social de los niños.

En este paso, el estudio de caso se diseñó para dos unidades de análisis, que correspondían a niñas de siete años que habían sido diagnosticadas previamente con nivel 1 de autismo y que contaban con el acompañamiento de profesionales en psicología, fonoaudiología y fisioterapia.

Esta actividad se realizó en un ambiente controlado, de manera que durante las actividades experimentales con las niñas con TEA ellas pudieran utilizar las App accesibles mientras podíamos registrar sus cambios emocionales mediante la técnica de reconocimiento facial.

Para esto se utilizó el software E-motion¹² que permite la identificación de las emociones expresadas por el rostro de una persona a través de la técnica de reconocimiento facial. El algoritmo contenido en E-motion permite reconocer el tipo de emoción expresada validando los movimientos en los músculos de la cara.

En nuestro caso, se validó la emoción expresada por las niñas con TEA durante cada tipo de actividad realizada con las app inclusivas que fueron seleccionadas para el estudio de caso.

Uno de estos ejercicios de identificación de emociones predominantes durante el uso de software accesible puede observarse en la Figura 15 don el uso del software de reconocimiento facial de emociones permitió identificar la generación de emociones positivas al interactuar con el software accesible al mover objetos en pantalla, escuchar el sonido con el nombre del objeto representado en un pictograma o ver pictogramas que representaban los estados emocionales.

¹² Software desarrollado por la Universidad de Carolina del Norte. <https://www.unc.edu/>



Figura 15. Identificación de emociones predominantes al uso de software

Luego de realizar varias sesiones de experimentación con las niñas con TEA en donde se utilizaba el software seleccionado para esta etapa del proyecto en el contexto del tratamiento basado en manejo de pictogramas, se obtuvo una relación entre la Actividad realizada y la Emoción predominante que esta originaba. Con todos los elementos anteriores hallados, se pudo definir el proceso lógico de diseño que deberían tener las aplicaciones accesibles (recomendaciones) de manera que puedan servir como apoyo al tratamiento del autismo.

1.3. Planteamiento del problema

Las actividades diagnósticas realizadas permitieron conocer a fondo la naturaleza del TEA y sus niveles de afectación en quienes lo padecen, además de las consecuencias que esto tiene para las personas cercanas. Así mismo, desde un enfoque netamente computacional, se puede determinar la necesidad de contar con mecanismos de diseño de software accesible a la medida de las necesidades que cada persona con TEA pueda requerir.

Por tanto, es necesaria la formulación de un marco de trabajo y ayuda técnica (a lo que llamamos framework) que busque la parametrización del diseño de aplicaciones informáticas que apoyen el tratamiento de niños con TEA, especialmente para el desarrollo de algunas habilidades específicas predefinidas.

Un marco de trabajo para el diseño de software accesible para el tratamiento de TEA puede partir del uso de patrones de arquitectura de software ya identificados; sin embargo, estos deben ser ajustados a la medida que las condiciones terapéuticas y técnicas lo requieran. De igual manera, el diseño de nuevas actividades de apoyo al tratamiento del TEA, así como el marco de consideraciones para el diseño de software accesible enfocado en este tipo de trastornos, idealmente debe ser producto del trabajo coordinado de expertos en cada área de conocimiento relacionado con este enfoque de estudio. Para este propósito, se tendría que validar los primeros hallazgos en un grupo experimental distinto y validar el uso de modelos basados en co-creación colaborativa para el diseño y validación del framework esperado.

Es por ello, que pensar en el diseño de aplicaciones computacionales accesibles que permitan la integración de algunos elementos pictográficos en los procesos de trabajo de niños con TEA, pueda resultar en una mejora significativa en la manera en que ellos adquieren habilidades para la inteligencia emocional y social, y por tanto la pregunta de investigación que orienta el desarrollo de este proyecto es:

¿Es posible que el uso de un marco de trabajo multidisciplinar para el diseño de software accesible enfocado en el autismo (framework), pueda resultar en el diseño ágil de aplicaciones computacionales que mejoren las habilidades sociales en niños con TEA?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Proponer un framework para el diseño de software accesible relacionado al logro de habilidades sociales en niños con Trastorno de Espectro Autista.

1.4.2. Objetivos específicos:

- **OE1.** Clasificar las características de diseño de aplicaciones accesibles más relevantes para el desarrollo de habilidades sociales en niños con autismo.
- **OE2.** Diseñar un framework para el desarrollo de aplicaciones accesibles que fortalezcan las habilidades sociales en niños con autismo.
- **OE3.** Evaluar el desarrollo de habilidades sociales en niños con autismo de la Fundación CENIDI, mediante métricas e indicadores de accesibilidad aplicados al software inclusivo realizado.

- **OE4.** Elaboración de informe final del proyecto y socialización de resultados.

1.5. Metodología

El desarrollo de esta tesis se organizó desde tres enfoques metodológicos: uno que define el componente investigativo, otro para especificar el método de intervención y trabajo colaborativo interdisciplinar dentro de la investigación, y finalmente el método para el diseño de software que compone el framework FRIDA pretendido.

1.5.1. Metodología de desarrollo investigativo

Este proyecto es de carácter interdisciplinario no solo por la naturaleza del estudio, sino por la integración de distintas estrategias provenientes de varios campos del saber, al buscar articular este estudio con resultados de otros proyectos analizados y las mismas prácticas que se aplican para el manejo del TEA.

Teniendo en cuenta los componentes centrales en los que se sustenta este proyecto, se plantea para el desarrollo de la investigación un enfoque metodológico correlacional cuasi experimental de carácter mixto, es decir con un análisis tanto cuantitativo como cualitativo y que está soportado por Hernández, Fernández y Baptista en [13]. En este caso, el diseño de la investigación es de tipo cuasi experimental por no realizarse la manipulación deliberada de todas las variables vinculadas a los procesos de tratamiento del TEA mediante el uso de tecnología, sino más bien la observación de los casos de niños con TEA en su ambiente natural y la variación de algunos de los elementos terapéuticos utilizados para posteriormente analizar los efectos obtenidos.

Para esto, la estrategia investigativa está basada en la exploración de diversas fuentes documentales mediante técnicas de revisión sistemática de literatura, y la formulación de estudios de caso con niños que padecen TEA en diversas instituciones especializadas en su manejo. Así mismo, se pretende aplicar de manera sistematizada los principios de evaluación heurística para valorar herramientas de software y los nuevos instrumentos que sean obtenidos durante el estudio, puntualmente hablamos del framework de desarrollo y las App construidas a partir de su utilización. El diseño metodológico para procesos investigativos del proyecto puede observarse en la figura 16.

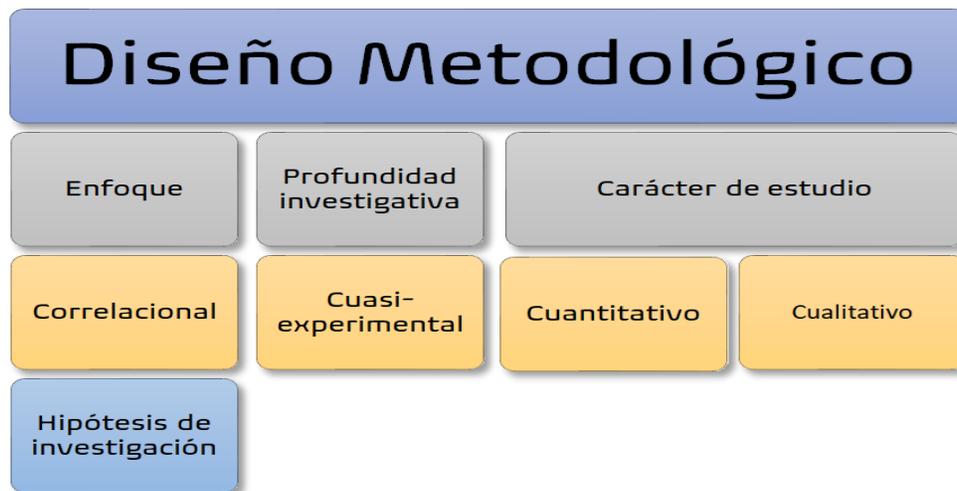


Figura 16. Diseño metodológico para la investigación

1.5.2. Métodos de intervención y trabajo interdisciplinar

Al tratarse de un proyecto interdisciplinar donde necesariamente se requiere de la interacción entre profesionales de diferentes áreas de conocimiento vinculadas al tratamiento de personas con TEA, se aplica el proceso de investigación de usuario propuesto por Cross [14] y basado en el método de Design Thinking [15] para el diseño colaborativo de los procesos de intervención de niños con TEA y el diseño de software accesible. El método de investigación de usuario basado en procesos del método Design Thinking puede observarse en la figura 17.

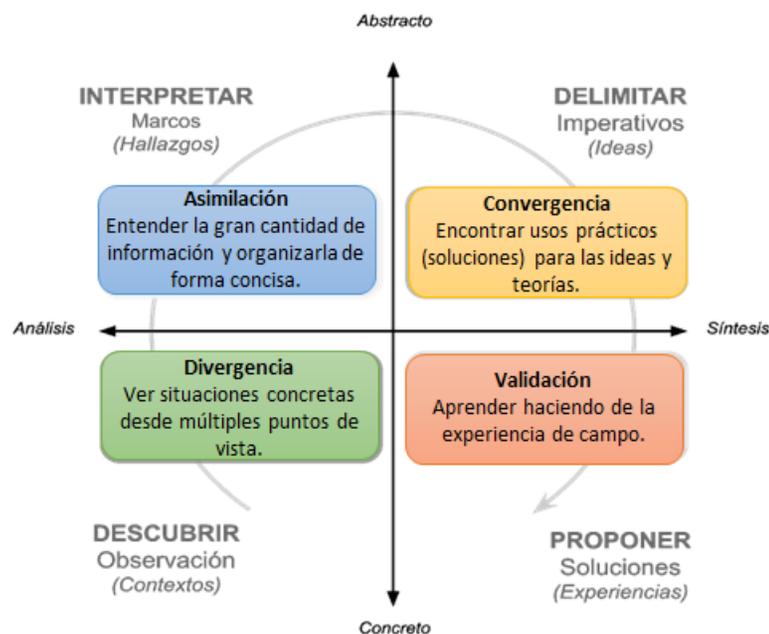


Figura 17. Proceso de investigación de usuario desde el proceso Design Thinking (Tomado de: Cross, 2011)

1.5.3. Método para el diseño de software del Framework

Tal como se había indicado al inicio del documento, en este proyecto se entiende como “framework” a una estructura conceptual para el trabajo interdisciplinario de atención a personas con autismo y, al mismo tiempo, de asistencia tecnológica definida con artefactos y módulos concretos de software, que pueden servir de base para diseñar y desarrollar aplicaciones con características de accesibilidad. En tal sentido, el componente técnico de un framework es una abstracción en la que un código de software cumple con una función genérica pero que, a su vez, puede ser reutilizada sobrescribiendo selectivamente alguna parte para desplegar una funcionalidad necesaria en el ámbito de trabajo requerido.

Basándonos en este principio, se definió el uso de un framework de base ya existente que cumpla con los patrones de diseño necesarios para el desarrollo de una aplicación accesible, y con esto se espera obtener aplicaciones de software a la medida de los usuarios con necesidades especiales como lo son quienes padecen del TEA.

Las especificaciones de selección del framework de base para el proyecto se detallan más adelante en el capítulo 4 de este documento.

La definición metodológica completa para esta tesis puede observarse en la figura 18.

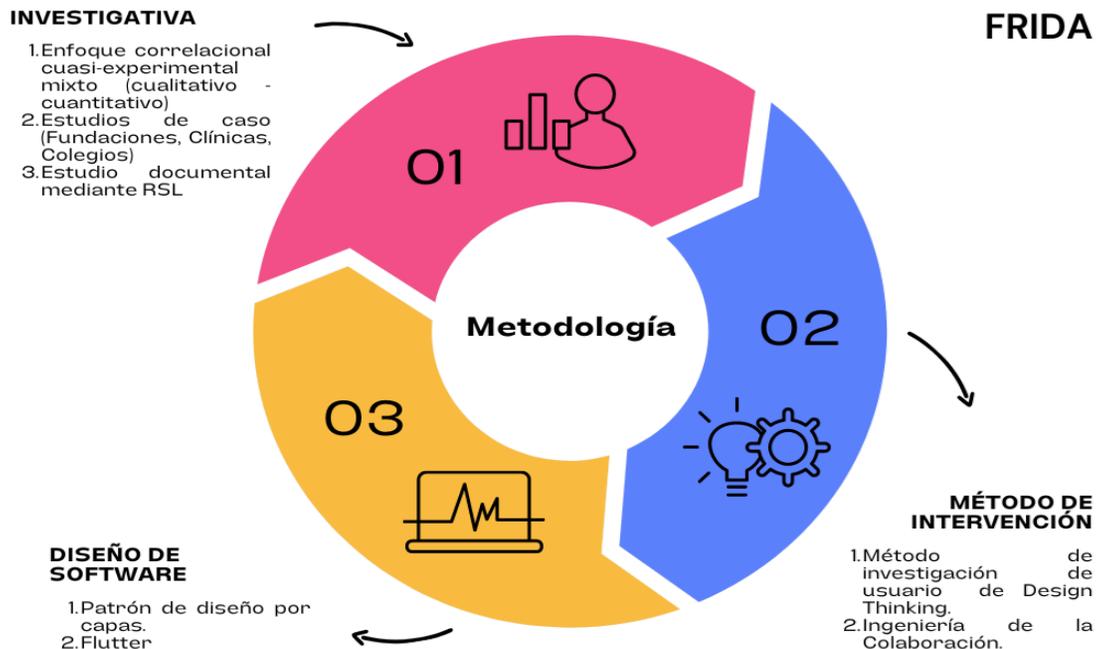


Figura 18. Diseño metodológico del proyecto (Elaboración propia)

1.6. Hipótesis de trabajo

Teniendo en cuenta que la interacción social hace parte del ámbito de las habilidades propias de la inteligencia emocional se pretende abordar este aspecto como un factor relevante en las personas con TEA, especialmente la realización colaborativa de actividades.

De acuerdo con este contexto problemático y con las necesidades de estudio identificadas, se define la siguiente hipótesis correlacional a comprobar durante el proyecto:

La definición de un framework para el diseño de aplicaciones accesibles facilita el desarrollo de software enfocado al fortalecimiento de habilidades sociales en niños con autismo.

1.7. Contenido del documento

CAPÍTULOS:

1. GENERALIDADES

- 1.1. Introducción
- 1.2. El problema de investigación
- 1.3. Planteamiento del problema
- 1.4. Objetivos
- 1.5. Metodología
- 1.6. Hipótesis de trabajo
- 1.7. Contenido del documento

2. BASE CONCEPTUAL

- 2.1. Introducción al capítulo
- 2.2. El Trastorno de Espectro Autista -TEA
- 2.3. Alternativas de tratamiento
- 2.4. Marcos de intervención de personas con TEA
- 2.5. Frameworks de desarrollo de software

3. USO DE TECNOLOGÍA EN PROCESOS TERAPÉUTICOS DEL TEA

- 3.1. Introducción al capítulo
- 3.2. Sistemas Alternativos de Comunicación (SAC)
- 3.3. Sistema de comunicación con intercambio de imágenes (PECS)
- 3.4. Diseño de software para la accesibilidad

4. FRAMEWORK FRIDA PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE ACCESIBLE

- 4.1. Introducción al capítulo
- 4.2. Modelo tecnológico para la implementación del framework FRIDA

4.3. Utilización de FRIDA en el diseño de actividades con uso de tecnología

5. RESULTADOS

5.1. Introducción al capítulo

5.2. Validación cuantitativa del Framework FRIDA

5.3. Validación cualitativa del Marco de intervención

5.4. Tabla de resultados

5.5. Análisis de resultados

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1. Conclusiones

6.2. Trabajos Futuros

7. RESULTADOS ADICIONALES

7.1. Premios y reconocimientos

7.2. Creación de Programa de formación posgradual

7.3. Invitaciones y participaciones académicas

7.4. Estancias de investigación

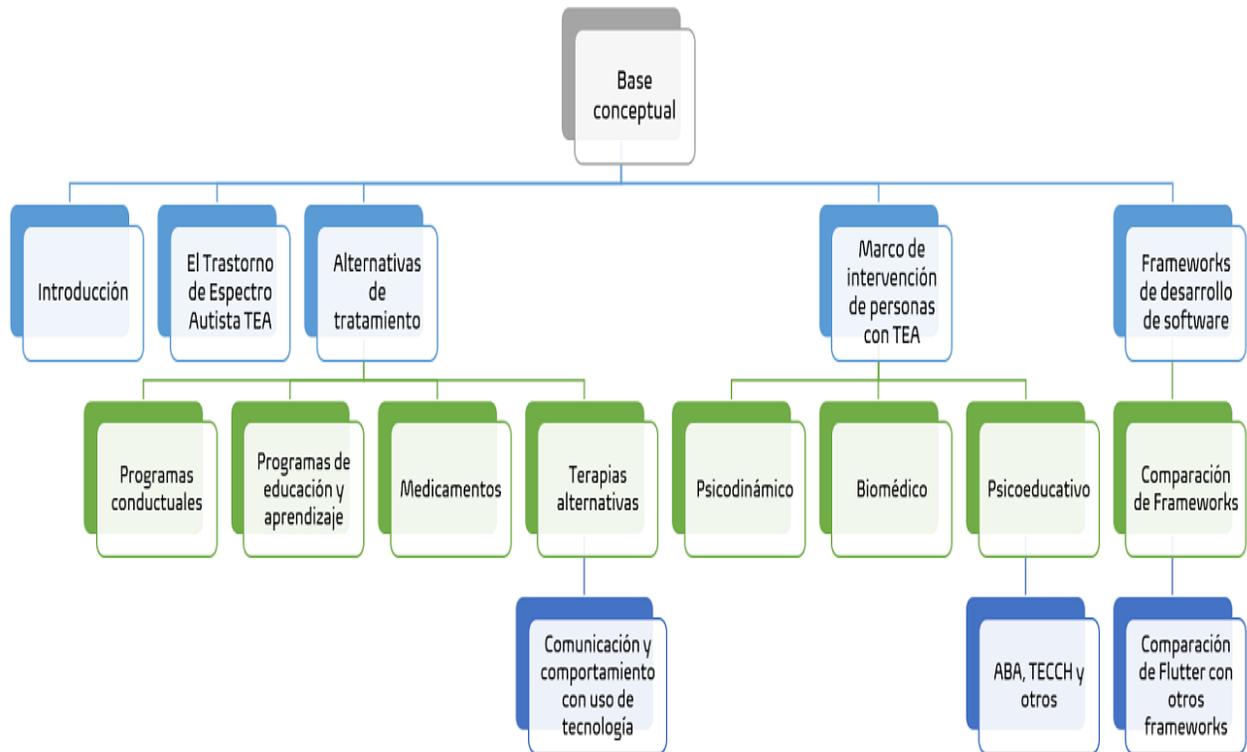
8. EQUIPO DE TRABAJO

9. RECOMENDACIONES

10. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

2. BASE CONCEPTUAL



2.1. Introducción al capítulo

El desarrollo neurológico del cerebro humano ocurre durante los primeros años de vida, y es en esta etapa cuando se fortalece nuestro sistema nervioso y la adaptación al ambiente que nos rodea. Aproximadamente durante nuestros primeros cinco años se desarrollan las funciones motoras, sensitivas, cognitivas y emocionales que determinan la continuidad del desarrollo físico, intelectual y social de las personas.

Si la etapa de madurez de las funciones neurológicas del cerebro ocurre con parámetros por debajo de lo normal, estas se consideran como *trastornos de desarrollo neurológico* que están vinculadas al funcionamiento del sistema nervioso desde los primeros meses o años de vida. Estos trastornos presentan un incremento constante en la afectación de las funciones intelectuales y motoras con el paso del tiempo, y terminan afectando las habilidades emocionales y sociales por el resto de la vida de quienes lo padecen. Algunos de estos trastornos del desarrollo neurológico pueden observarse en la Figura 19.

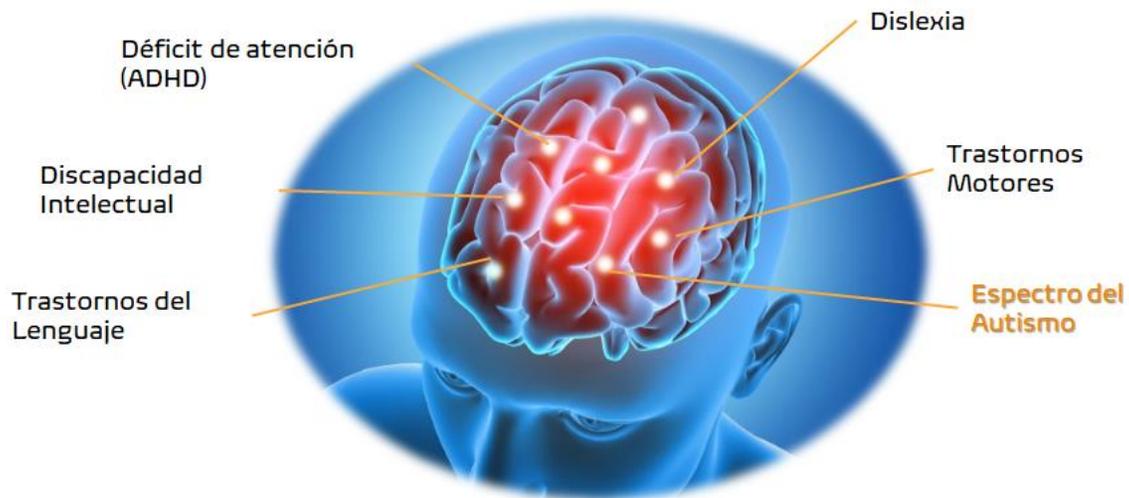


Figura 19. Trastornos ligados al desarrollo neurológico (Elaboración propia)

Como se ha indicado desde el comienzo de este documento nos hemos centrado en el Trastorno de Espectro del Autismo, sus niveles de afectación en quien lo padece, y las alternativas de tratamiento que mejores resultados han arrojado en cuanto al fortalecimiento de habilidades emocionales, para posteriormente ofrecer una alternativa de mejoramiento en los resultados desde el aporte que pueda hacerse desde las ciencias computacionales.

2.2. El Trastorno de Espectro Autista -TEA

El autismo hace parte de los trastornos del desarrollo neurológico de tipo permanente, en el que se deterioran las áreas cognitivas del cerebro relacionadas con la interacción social, la comunicación, el comportamiento y el interés, entre otras. De acuerdo con [16] en ambientes sociales y educativos se da gran importancia a la dimensión afectiva de los procesos de comunicación y aprendizaje, sin embargo, los aspectos emocionales siguen siendo un reto complejo en nuestra actualidad.

La emoción se constituye de tres componentes: Neurofisiológico, Conductual y Cognitivo (Figura 20).

El componente neurofisiológico se manifiesta en aspectos tales como la respiración, la sudoración y la hipertensión, que si bien son respuestas involuntarias que el individuo no puede controlar, el mismo autor aclara que si se pueden prevenir mediante técnicas apropiadas. El componente conductual se relaciona con las expresiones faciales, el lenguaje no verbal, el tono de voz y los movimientos del cuerpo, entre otros. A diferencia del componente neurofisiológico esas expresiones son controlables y aportan señales de bastante precisión sobre el estado emocional de la persona. El componente cognitivo es el que se relaciona con los sentimientos, como el miedo, la angustia y la rabia, entre otras emociones.

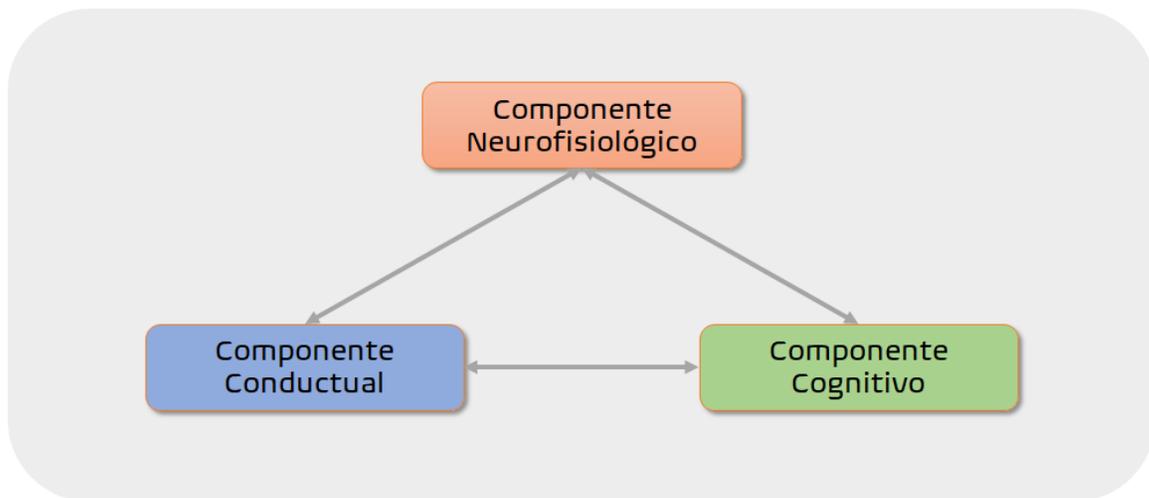


Figura 20. Bases neurobiológicas de las emociones (Elaboración propia)

La diversidad de hipótesis acerca de la naturaleza del trastorno autista que ha habido durante las últimas décadas, todas ellas centradas más en la causa que en los procesos mentales subyacentes, ha limitado mucho la eficacia de los diferentes tratamientos aplicados para su "rehabilitación" [17].

Algunos avances en este tipo de investigaciones relacionan tres tipos de Trastorno de Espectro del Autismo (Figura 21) de acuerdo con la afectación de su sistema neurológico:

1. **TEA Nivel 1:** Sin trastorno del desarrollo intelectual y que requiere de asistencia.
2. **TEA Nivel 2:** Con afectación de la comunicación social verbal y no verbal o anormal respuesta a las aproximaciones sociales de otros. Requiere soporte esencial.
3. **TEA Nivel 3:** Déficit severo en habilidades de comunicación social verbal y no verbal que causan severas discapacidades de funcionamiento; muy limitada iniciación de interacciones sociales y mínima respuesta a las aproximaciones sociales de otros. Requiere soporte de manera muy importante y constante.



Figura 21. Niveles funcionales del TEA (Elaboración propia)

Los orígenes establecidos para la aparición del TEA aún hacen parte de diversos estudios, pero han sido relacionados históricamente a factores sociales, ambientales y recientemente a factores genéticos que alteran el ADN de quienes lo padecen [18].

Es importante resaltar que el TEA es un “trastorno de amplio espectro”, lo cual quiere decir que los síntomas son diferentes de una persona a otra, variando desde leves hasta graves y estos pueden cambiar con el crecimiento de quien lo padece.

2.3. Alternativas de tratamiento

De acuerdo con la revisión del estado del arte en esta temática, podemos decir que actualmente se ha establecido algunas categorías para el desarrollo de tratamientos de personas con TEA, partiendo de una valoración clínica previa para determinar el objetivo de dicha intervención y los procedimientos más relevantes para ello. De acuerdo con [19], estas categorías establecidas, presentadas en la figura 22 son las siguientes:



Figura 22. Categorías de tratamiento para el TEA. Tomado de [19]

2.3.1. Programas conductuales

Abordan las destrezas sociales, la atención, el sueño, el juego, la ansiedad, la interacción con los padres y conductas desafiantes. Algunos programas ayudan también con el desarrollo general de los niños.

Muchos de estos programas utilizan a terapeutas especialmente capacitados que trabajan con los padres y los niños hasta 25 horas cada semana. Los programas pueden durar desde 12 semanas hasta 3 años. Se realizan en casas, escuelas y clínicas.

La intervención conductual intensiva temprana, la terapia cognitivo-conductual y el entrenamiento en destrezas sociales son tipos de programas conductuales. Las intervenciones conductuales intensivas tempranas se enfocan en el desarrollo general de los niños. Los programas que utilizan terapias cognitivo-conductuales ayudan a los niños a manejar su ansiedad.

2.3.2. Programas de educación y aprendizaje

Estos programas se ofrecen en escuelas u otros centros de enseñanza. Se concentran en las destrezas de aprendizaje y razonamiento, y en métodos para una “vida integral”.

Los programas de las escuelas pueden tener nombres distintos, pero muchos de ellos se basan en el método ya referenciado *Tratamiento y educación de los niños autistas y con problemas de comunicación* (Treatment and Education of Autistic and Related Communication-Handicapped Children; TEACCH, por su sigla en inglés) [20]. Los programas como TEACCH utilizan recursos visuales y acomodan el aula de forma que sea más fácil de manejar para un niño con TEA. Otros programas se aplican en el aula o el centro de enseñanza y utilizan estrategias de “análisis conductual aplicado” (conocido por su sigla en inglés ABA), como es el refuerzo positivo.

2.3.3. Medicamentos

Algunos estudios clínicos demuestran que el uso de algunos medicamentos en personas con TEA puede ayudar a reducir el sufrimiento emocional, la agresividad, la hiperactividad y la tendencia a autolesionarse. En muchos casos, el uso de medicamentos se utiliza de forma previa al desarrollo de cualquier otro método de intervención.

2.3.4. Otros tratamientos y terapias

Corresponde a terapias que aún están en experimentación o que por su reciente formulación aún no se tiene suficiente información para validar su total efectividad o la posible aparición de efectos secundarios. Entre estas están las terapias del habla y el lenguaje, terapia con música, terapia ocupacional, terapia con masajes, el Sistema de comunicación con intercambio de imágenes (pictogramas), enseñanza en un medio prelingüístico, entre otras.

Las investigaciones revisadas en este estudio demuestran que algunos tratamientos pueden producir mejorías específicas en la forma en que un niño con TEA piensa o actúa; sin embargo, los investigadores no poseen información suficiente para saber si algún tipo de tratamiento permite obtener mejores resultados que otro.

Respecto a la mayoría de los tratamientos, los investigadores tampoco saben cuál o cuáles actúan mejor en cada caso específico. Por ejemplo, las investigaciones no indican si un programa suele ser mejor en niños de edad mayor o menor, o en niños con TEA grave o menos grave. Esto también indica que un tratamiento que resulte exitoso en un niño con TEA no necesariamente obtendría los mismos resultados en otro, así tenga características similares de padecimiento del trastorno.

No obstante lo anterior, la mayoría de los estudios recientes concuerdan en que los tratamientos basados en un enfoque en torno al *comportamiento* y la *comunicación*, como marco principal para el desarrollo de habilidades para el manejo emocional y la interacción, es una de las mejores alternativas durante los primeros años de identificación de padecimiento del TEA [5].

De igual manera, el uso de tecnología para mejorar y estimular particularmente la comunicación de los niños con TEA ha aumentado en los últimos años de manera exponencial. Estas herramientas en contextos terapéuticos posibilitan una generalización del comportamiento hacia contextos naturales del niño [8].

Cualquier tipo de tratamiento que sea utilizado, analiza la conducta del niño con TEA y de acuerdo con los resultados se elabora el programa de intervención

educativa integral particular. Se debe tener en cuenta que una persona con TEA manifiesta, generalmente, alteraciones profundas y complejas en el área de comunicación, tanto verbal como no verbal, presentando ausencia de la intención comunicativa o alteraciones en la utilización del lenguaje [21]. Por lo tanto, dentro de la comunicación no verbal, hay que distinguir entre actos instrumentales, gestos naturales y Sistemas Alternativos de Comunicación (SAC) [21].

Debido a todo lo manifestado anteriormente, en este proyecto, nos centramos exclusivamente en tratamientos basados en el uso de los Sistemas Alternativos de Comunicación (SAC) y los Sistema de comunicación con intercambio de imágenes (pictogramas), que aportan directamente al desarrollo de las habilidades de la inteligencia emocional y social. Además de esto, se pretende analizar su impacto en el componente conductual mediante el reconocimiento facial de emociones reflejado en las expresiones faciales, el lenguaje no verbal, el tono de voz o los movimientos del cuerpo de los niños con TEA.

2.4. Marcos de intervención de personas con TEA

Actualmente existe una diversidad de modelos de intervención para personas diagnosticadas con Trastorno de Espectro del Autismo que han sido clasificadas por [22] y recopiladas por [23] de acuerdo con su utilización en procesos educativos y de apoyo terapéutico. De acuerdo con los análisis de los diferentes marcos de intervención realizado por estos autores, existe unanimidad en cuanto a la necesidad de inicio de las terapias desde edades tempranas, pero no en cuanto a cuál método puede dar mejores resultados, ya que esto siempre dependerá del diagnóstico previo que pueda hacerse sobre el niño con TEA y de los requerimientos de fortalecimiento de sus habilidades específicas [24].

Dentro de la diversidad de modelos de intervención, podemos mencionar la clasificación presentada en la Tabla 1.

Tabla 1 Marcos de intervención de personas con TEA (Elaboración propia)

Tipo de intervención	Descripción
Intervenciones psicodinámicas	Surge de una interpretación obsoleta del autismo, como daño emocional secundario por la falta de desarrollo de un vínculo estrecho del niño con sus progenitores. Actualmente este modelo de intervención ya no es utilizado por considerarse equivocado.
Intervenciones biomédicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medicaciones ▪ Medicina complementaria y alternativa
Intervenciones psicoeducativas	Intervenciones conductuales <ul style="list-style-type: none"> ▪ Programa Lovaas ▪ Análisis aplicado de la conducta (ABA) contemporáneo <ul style="list-style-type: none"> ○ Pivotal Response Training

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Natural Language Paradigm ○ Incidental Teaching <p>Intervenciones evolutivas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Floor Time ▪ Responsive Teaching ▪ Relationship Development Intervention <p>Intervenciones basadas en terapias</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intervenciones centradas en la comunicación <ul style="list-style-type: none"> ○ Estrategias visuales, instrucción con pistas visuales ○ Lenguaje de signos ○ Sistema de comunicación por intercambio de imágenes ○ Historias sociales (social stories) ○ Dispositivos generadores de lenguaje ○ Comunicación facilitada ○ Entrenamiento en comunicación funcional ▪ Intervenciones sensoriomotoras <ul style="list-style-type: none"> ○ Entrenamiento en integración auditiva ○ Integración sensorial ▪ Intervenciones basadas en la familia <ul style="list-style-type: none"> ○ Programas PBS (Family-Centred Positive Behaviour Support Programs) ○ Programa Hanen (More than Words) ▪ Intervenciones combinadas <ul style="list-style-type: none"> ○ Modelo SCERTS ○ Modelo TEACCH ○ Modelo Denver ○ Modelo LEAP
--	--

Acorde a lo que hemos mencionado anteriormente, en este proyecto hemos aportado desde las Ciencias Computacionales a las intervenciones psicoeducativas combinadas, especialmente enfocados en el Modelo TEACCH, debido a que este programa enfatiza el aprendizaje desde múltiples ambientes o entornos de participación de las personas con TEA, además de la colaboración de diversos profesionales que puedan participar en el diseño de las actividades vinculadas a los tratamientos, lo cual es nuestro caso. Además de esto, TEACCH busca mejorar diferentes problemas de las personas con TEA como la comunicación, la cognición, la percepción, la imitación y las habilidades motoras [25].

Los marcos de intervención de personas con TEA más utilizados se pueden observar en la figura 23.

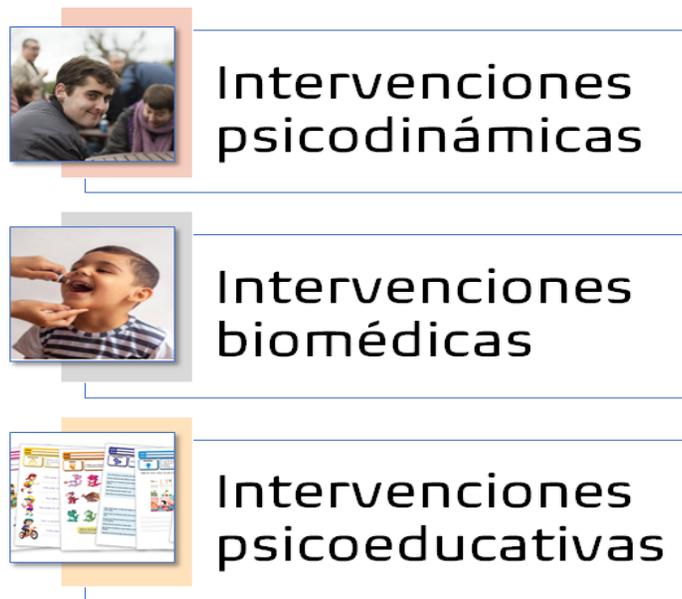


Figura 23. Marcos de intervención de personas con TEA (Elaboración propia)

El modelo TEACCH se centra en entender las particularidades del autismo, la forma que tienen las personas con TEA de pensar, aprender y experimentar el mundo, de manera que estas diferencias cognitivas permitan explicar los síntomas y los problemas conductuales que ellos presentan. Sus actividades incluyen, entre otras: diagnóstico, entrenamiento de los padres, desarrollo de habilidades sociales y de comunicación, además del entrenamiento del lenguaje.

Hoy día, el método TEACCH es el programa de educación especial más usado en el mundo y existen informes de su eficacia para mejorar habilidades sociales y de comunicación, reduciendo conductas agresivas y mejorando la calidad de vida de diversas personas con TEA, además de disminuir el estrés de los familiares [26] [27].

2.5. Frameworks de desarrollo de software

'Framework' literalmente, significa “marco de trabajo”. Se trata de un conjunto de herramientas sofisticadas que hacen posible que los desarrolladores sean más eficientes en el diseño de software, entre otras cosas [28]. Ofrece una arquitectura y componentes de software listos para usar y que pueden ser reutilizados.

Un framework es, por tanto, una abstracción en la que un código de software cumple con una función genérica pero que, a su vez, puede ser reutilizada sobrescribiendo selectivamente alguna parte para desplegar una funcionalidad necesaria en el ámbito de trabajo requerido. Este proceso permite dejar de lado la programación de detalles necesarios pero que consumen un proceso de desarrollo

amplio, y de esta manera dedicar tiempo y esfuerzo en el desarrollo de la funcionalidad del sistema [29].

Podríamos comparar un framework con una fábrica de automóviles. El automóvil sería el producto final y el framework sería la fábrica. En esa fábrica, ya tenemos todo lo que necesitamos en existencias: robots u operarios automáticos de la fábrica, estaciones de trabajo y los componentes de los automóviles (como motores, volantes o ruedas, etc.). Cada vez que la fábrica piensa en diseñar un nuevo automóvil, busca entre los componentes aquellos que necesita para utilizarlos.

Los framework normalmente son diseñados por una comunidad de desarrolladores de software. Funcionan utilizando un lenguaje de programación y permiten el desarrollo para todo tipo de medios: aplicaciones móviles, software utilitario, plataformas web, videojuegos, etc. Aunque es posible crear un framework propio, también es común actualizar alguno existente de acuerdo con las necesidades que se requiera para el diseño de software a la medida. Entre las mayores ventajas que ofrecen los framework están el ahorro de tiempo de programación de módulos o componentes que se pueden repetir de un programa a otro, la posibilidad de agregar jerarquía a los archivos prediseñados y la creación de carpetas para compartir estos componentes, además de proporcionar varias arquitecturas formalizadas de acuerdo con las necesidades para las que se utiliza.



Figura 24. Algunos frameworks de diseño de software (Elaboración propia)

Actualmente existen diversos tipos de frameworks, como los presentados en la figura 24, que están a disposición de la comunidad de desarrolladores de software para su elección de acuerdo con las necesidades de cada proyecto particular, que incluso podría llegar hasta la combinación de varios de ellos. Sin embargo, la popularidad de cada framework depende de la aceptación y uso por parte de los profesionales en esta área y de quienes dirigen los proyectos de desarrollo.

Basándonos en este principio, se acepta la idea de utilizar un framework ya existente que cumpla con patrones de diseño necesarios para el desarrollo de una aplicación accesible, y con esto se espera obtener aplicaciones de software a la medida de usuarios con necesidades especiales como lo son quienes padecen del Trastorno del Espectro Autista.

Con este propósito, compararemos algunos de los frameworks identificados y que han sido mayormente aceptados por las comunidades de desarrollo de software para identificar cuál ofrecería mejores ventajas para el diseño de software accesible orientado a usuarios con TEA [30].

2.5.1. **Springboot**



Springboot es la evolución del framework Spring . A pesar de haber existido durante mucho tiempo y ser famoso entre los desarrolladores, su evolución lo ha hecho un poco complejo. Ahora, para definir un sistema, en lugar de escribir varios mini-archivos en XML en el proyecto, el usuario debe actuar directamente sobre las anotaciones realizadas dentro del código fuente.

Springboot utiliza el patrón de arquitectura MVC (Modelo Vista-Controlador). Este modelo arquitectónico tiene como objetivo separar las representaciones de la información del usuario al interactuar con ellas. Cualquiera que vaya a desarrollar JavaScript con esta arquitectura, por ejemplo, tendrá a mano una buena herramienta, que ofrece una amplia gama de funcionalidades CRUD (Crear, Leer, Actualizar, Eliminar).

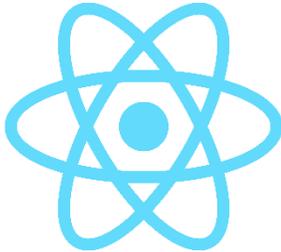
2.5.2. **Angular**



A diferencia de los marcos de desarrollo móvil discutidos anteriormente, Angular se usa específicamente para vincular el front-end y el back-end en la web y el escritorio. Permite la creación de un modelo de aplicación basado en Single Page Application (aplicación de una sola página) representado por las siglas SPA.

En este modelo de aplicación, el desarrollador trae una imagen al navegador, como si fuera una vista de back-end , en la que trabajará el usuario. Angular hace que la página funcione automáticamente, con su propio modelo definido. En general, este marco se usa principalmente para proyectos HTML5.

2.5.3. React



Es una biblioteca de JavaScript ampliamente utilizada por los desarrolladores para crear interfaces de usuario. Esto corresponde a ver las páginas en el patrón MVC (Modelo Vista-Controlador) y usarse en combinación con otras bibliotecas JavaScript o marcos en MVC como Angular.

Permite crear grandes aplicaciones multipropósito en la web, lo que le brinda la flexibilidad para realizar cambios fácilmente con el tiempo. El propósito de React implica principalmente brindar velocidad, simplicidad y escalabilidad a la producción de aplicaciones.

2.5.4. JQuery



Es un marco de desarrollo web a través de HTML5 y CSS3 adaptado para interacciones táctiles. Es una herramienta portátil capaz de ejecutarse en varios dispositivos con diferentes sistemas operativos con la misma versión de los códigos fuente. JQuery Mobile tiene dos variantes: la personalizada y la última versión estable. También es posible optimizar el funcionamiento de las aplicaciones a través de bibliotecas y complementos .

Esta herramienta utiliza muchas de las funciones de jQuery y jQuery UI. Con esto, es posible crear diseños receptivos con división en columnas, widgets , pestañas, conmutadores y controles deslizantes . JQuery Mobile es compatible con tabletas , dispositivos móviles y lectores electrónicos. Además, las aplicaciones también se ejecutan en sistemas de escritorio: MeeGo, Android, Blackberry, Palm WebOs, FireFox Mobile, iOS, Windows Phone 7, Nokia/Sybian, Opera Mobile/Mini, Kindle y Nook.

2.5.5. Flutter

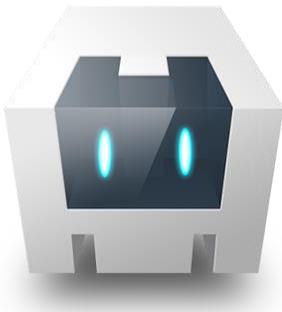


Es un SDK desarrollado por Google para crear aplicaciones móviles tanto para Android como para iOS (Apple). Fue desarrollado como un software para uso interno dentro de la compañía pero vieron el potencial que tenía y decidieron lanzarlo como proyecto de código libre. Actualmente es uno de los proyectos de desarrollo de aplicaciones móviles que más está creciendo. Además,

desde la última versión estable, también es posible realizar aplicaciones Web y de escritorio para Windows y Mac. Aunque en estas dos plataformas aún está en fase experimental (beta).

Entre las tres principales ventajas que ofrece Flutter respecto a otros frameworks de desarrollo de aplicaciones multiplataforma está que compila en nativo tanto para Android como para iOS, permite crear interfaces gráficas de forma muy flexible, se puede combinar diferentes Widgets (elementos gráficos) para crear las vistas y su desarrollo es muy rápido, lo cual permite ver el resultado de forma instantánea mientras se escribe el código.

2.5.6. Cordova



Cordova busca simplificar y estandarizar el desarrollo de aplicaciones móviles híbridas. Como los códigos nativos de iOS y Android son bastante diferentes, el framework funciona compilando y traduciendo un lenguaje desde HTML5, por ejemplo, al lenguaje del sistema operativo que se usa en el celular. De esta manera la aplicación diseñada con este framework puede funcionar igual en cualquier dispositivo. Para hacerlo aún más fácil, en el sitio web de Cordova, puede encontrar bibliotecas de códigos listas para usar.

Para poder elegir entre estos framework cuál ofrecería mejores ventajas para el diseño de aplicaciones accesibles dirigidas a usuarios con TEA, se recurre a la exploración de estudios comparativos sobre la aceptación y uso de cada uno de ellos entre las comunidades de desarrolladores de software. Para esto se realizan consultas en el portal Statista¹³ sobre comparación entre frameworks de desarrollo de software para móviles.

La consulta realizada, y que es presentada en la figura 25, evidencia a los Frameworks React Native y Flutter como los de mayor aceptación y usabilidad actual entre los desarrolladores de aplicaciones de software móviles, y por tanto se convierten en alternativas para ser considerados en el proyecto.

¹³ Statista GmbH es un portal de estadística en línea alemán que publica datos relevantes que proceden de estudios de mercado y de opinión, así como indicadores económicos y estadísticas oficiales en varios idiomas. www.statista.com

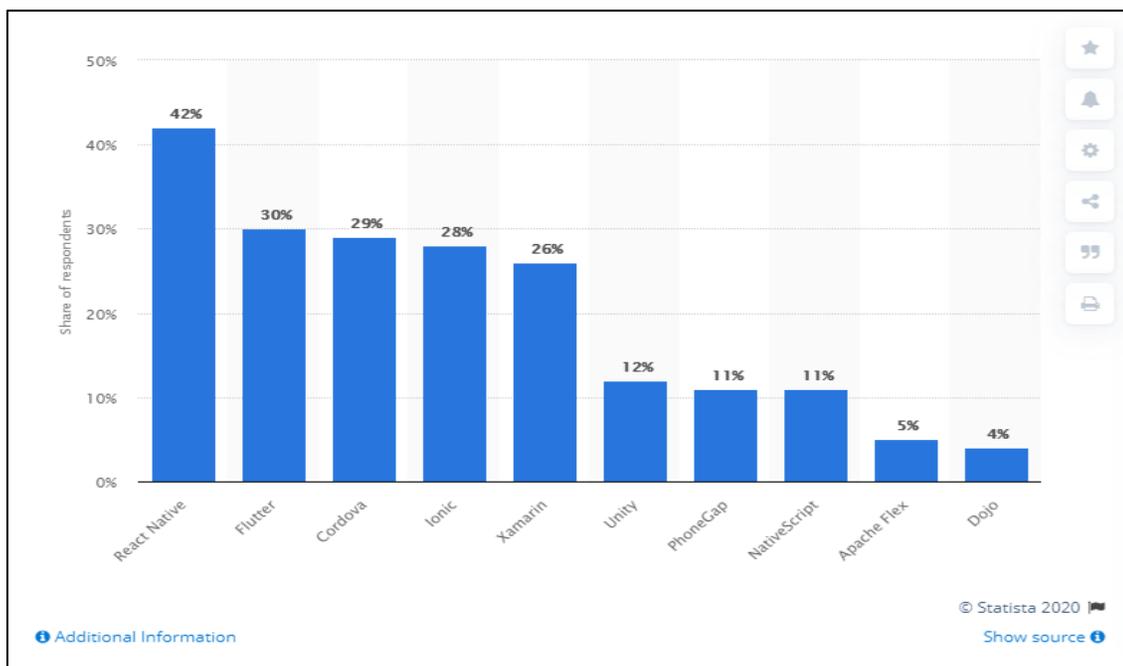


Figura 25. Estadísticas de comparación entre frameworks de desarrollo

En consecuencia, en la Tabla 2 se procede a comparar las características de estos dos frameworks para elegir el más convenientes para nuestro proyecto teniendo en cuentas los criterios de elección considerados: Interfaz de trabajo, rendimiento y compatibilidad de las App generadas con diferentes sistemas operativos.

Tabla 2. Comparación entre frameworks de desarrollo (Elaboración propia)

Criterios / Framework	Flutter	React Native
¿Qué es?	Un kit de herramientas de interfaz de usuario portátil para crear aplicaciones compiladas de forma nativa en dispositivos móviles, web desde una única base de código.	Un framework para construir aplicaciones nativas usando React
Interfaz de trabajo	Una base de código, las aplicaciones se ven y se comportan de manera similar en iOS y Android, pero gracias a los widgets de Material Design y Cupertino, también pueden imitar el diseño de la plataforma.	Los componentes de la aplicación se parecen a los nativos (por ejemplo, un botón en un dispositivo iOS se parece a un botón nativo de iOS, y lo mismo en Android). Utilizar biblioteca de terceros para que la aplicación se vea idéntica entre plataformas.
Rendimiento	Típicamente mucho más rápido que desarrollo nativo.	Posiblemente tan rápido como Flutter. Pero, como RN puede requerir optimización separada para cada plataforma.

Compatibilidad de las App generadas con SO	El diseño de la App es específico de plataforma. Requiere múltiples interacciones con el SO.	La aplicación requiera comunicación vía Bluetooth. Si se quiere crear la aplicación exclusivamente para Android. IOS tiene mejor soporte.
---	---	--

Este análisis es contrastado con los resultados comparativos adicionales encontrados en Statista, que son presentados en la Figura 26, para aportar al proceso de selección.

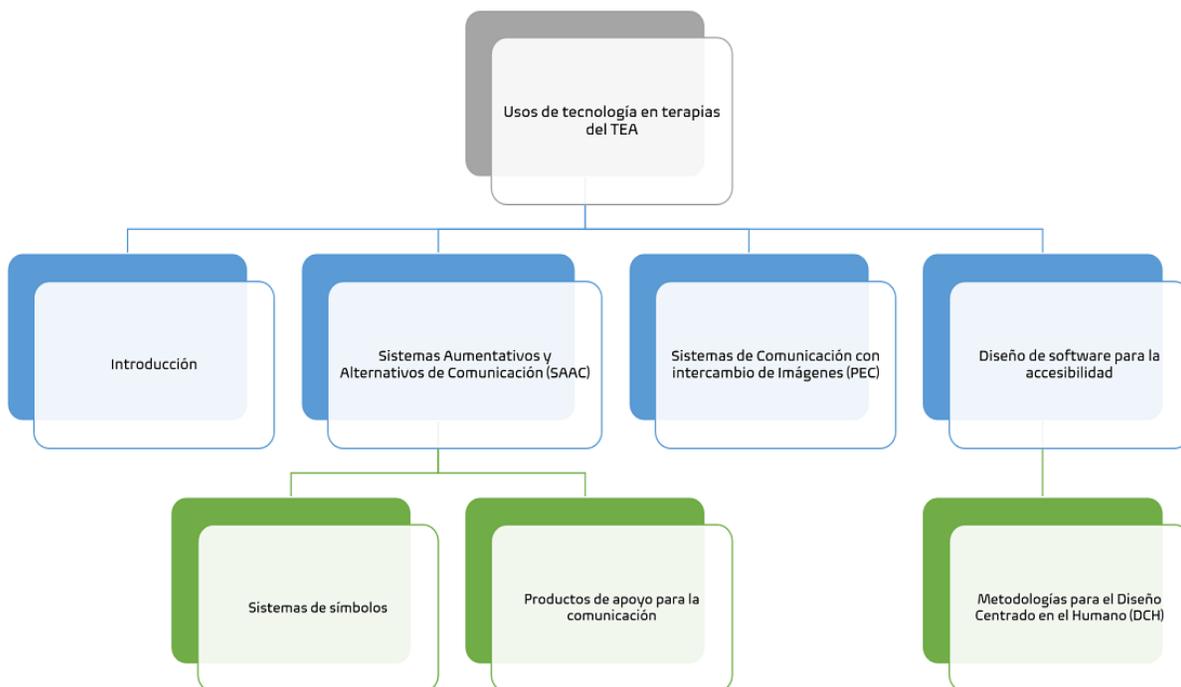
Se encuentra entonces que el mejor framework para el proyecto es **Flutter**¹⁴ por ofrecer ventajas para el equipo de trabajo y para los requisitos de funcionamiento requeridos para el diseño de App accesibles orientadas a usuarios con TEA.

ATTRIBUTE	 React Native	 Ionic	 Flutter	 PhoneGap
 Creators	Facebook	Drifty Co.	Google	Adobe
 Programming Language	JavaScript + Swift, Objective-C or Java	HTML5, CSS and JavaScript + Typescript	Dart	HTML, HTML5, CSS and JavaScript
 Performance	Close-to-native ★★★★★	Moderate ★★★	Amazing ★★★★★	Moderate ★★★
 GUI	Use native UI controllers	HTML, CSS	Use proprietary widgets and deliver amazing UI	HTML, CSS
 Market and Community Support	Very strong 👑	Strong	Not very popular	Average
 Use Cases	All apps	Simple apps	All apps	Simple apps
 Code Reusability	90% of code is reusable	98% of code is reusable	50-90% (approx.) of code is reusable	50-80% (approx.) of code is reusable
 Popular Apps	Facebook, Instagram, Airbnb, UberEats	Justwatch, Pacifica and Nationwide	Hamilton	FanReact, Untapped, Hockey Community
 Pricing	Open-source	Open-source + Paid as well	Open-source	Open-source

Figura 26. Análisis comparativo de frameworks de desarrollo (Tomado de Statista.com)

¹⁴ www.flutter.dev

3. USO DE TECNOLOGÍA EN PROCESOS TERAPÉUTICOS DEL TEA



3.1. Introducción al capítulo

El estado del arte y el estado de la técnica llevado a cabo en el proyecto y destacado especialmente en [11], [7] y [31], demuestran que el tratamiento del autismo se ha basado históricamente en métodos clínicos de control emocional a través de medicación y terapias de comportamiento [32].

En los últimos años se han explorado alternativas de tratamiento para personas con TEA (ver Figura 27) desde otras áreas de conocimiento [20] [6]; por ejemplo, desde la pedagogía a través de técnicas de lectoescritura como GEMMPA [33] que busca incrementar las habilidades intelectuales; desde la psicología con mascotas amaestradas (generalmente perros o caballos) para lograr una nivelación emocional de niños con discapacidad intelectual [34]; o desde las ciencias computacionales con el diseño de robots [35], o la digitalización de tableros con pictogramas para facilitar la comunicación y la gestión emocional en niños con TEA [4].



Figura 27. Tratamientos alternativos para el TEA (Elaboración propia)

Los documentos estudiados muestran que el uso de tecnología añade un factor positivo en los procesos de tratamiento del autismo al permitir la nivelación emocional y facilitar el aprendizaje en los niños con este trastorno [12] [7]. Sin embargo, también se encuentra que una herramienta tecnológica que es funcional para una persona con TEA no necesariamente tendría el mismo efecto en otra, esto debido a la diferencia en los niveles de su padecimiento.

En el mismo sentido anterior y de acuerdo con el enfoque computacional en el que se enmarca esta tesis, nos centraremos en el uso de software como componente tecnológico principal para el desarrollo de las habilidades emocionales y sociales esperadas en las personas con TEA.

Por lo anterior, es importante poder conocer las características funcionales que debe tener una aplicación de software, de manera que sea efectiva en los procesos de tratamiento del TEA, y que además tenga la posibilidad de poderse personalizar de acuerdo con las características cognitivas, emocionales y motrices de quienes la van a utilizar.

A continuación se detallan los elementos conceptuales más relevantes que han sido tenidos en cuenta en este proyecto para el diseño del framework pretendido que dé respuesta al problema identificado.

3.2. Sistemas Alternativos de Comunicación (SAC)

La comunicación y el lenguaje son esenciales para todo ser humano, para relacionarse con los demás, para aprender, para disfrutar y para participar en la sociedad [2]. Por esta razón, cualquier persona que por algún motivo no haya

desarrollado, o haya perdido, un nivel de habla eficiente para poder comunicarse de forma adecuada necesita usar un Sistema Alternativo de Comunicación (SAC).

De acuerdo con los aspectos más relevantes que deben ser trabajados en las terapias de personas con TEA y que son mencionados en [6] y [32], la comunicación es una de las habilidades que más debe fortalecerse para lograr una mejor calidad de vida.

Justamente, las experiencias realizadas en los estudios de casos ejecutados durante este proyecto han permitido evidenciar la importancia de esta habilidad para poder identificar los estados emocionales de los niños con TEA que fueron vinculados al estudio durante distintas actividades, bien sea para exteriorizar sus emociones o para manifestarlos mediante un lenguaje alternativo al habla que generalmente está afectado en personas con este trastorno.

Es en estos momentos cuando cobra gran importancia los denominados Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC) como formas de expresión diferentes del lenguaje hablado, que tienen como objetivo aumentar el nivel de expresión (aumentativo) y al mismo tiempo poder compensar (alternativo) las dificultades de comunicación que presentan las personas con TEA [36].

Es importante mencionar que los SAAC no son de uso exclusivo para mejorar la comunicación con personas con TEA, sino que han sido probados con éxito en diferentes tipos de discapacidades intelectuales y neurológicas, o inclusive para quienes sufren de la pérdida de funciones motoras del habla como consecuencia de accidentes; por tanto, estos sistemas de comunicación son complementarios a la rehabilitación del habla natural, y además pueden ayudar en gran medida cuando ésta no es posible.

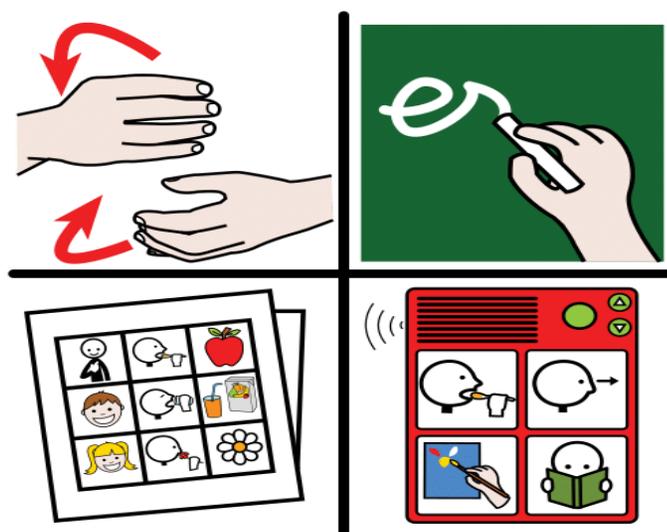


Figura 28. Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (Tomado de [27])

La Comunicación Aumentativa y Alternativa incluye diversos sistemas de símbolos, tanto gráficos (fotografías, dibujos, pictogramas, palabras o letras) como gestuales (mímica, gestos o signos manuales) y, en el caso de los primeros, requiere también el uso de productos de apoyo. Los diversos sistemas de símbolos se adaptan a las necesidades de personas con edades y habilidades motrices, cognitivas y lingüísticas muy dispares. Un ejemplo de las representaciones de los SAAC puede observarse en la figura 28.

Cuando nos referimos a "productos de apoyo" para la comunicación, nos referimos a diversos recursos tecnológicos, como los comunicadores de habla artificial o los computadores personales, tabletas digitales o teléfonos inteligentes con programas especiales instalados, que permiten diferentes formas de acceso adaptadas para personas con movilidad reducida, y facilitan también la incorporación de los diferentes sistemas de signos pictográficos, así como diferentes formas de salida incluyendo sonidos o la voz. En esta categoría también podríamos incluir recursos no tecnológicos, como los tableros o los libros de comunicación.

3.2.1. Sistemas de símbolos utilizados en los SAAC

De manera general, se podría decir que los símbolos utilizados en los SAAC se dividen en representaciones *gestuales* y en *gráficos*. En el caso de los símbolos gestuales, el lenguaje creado abarca desde el uso de mímica y gestos de uso común hasta el uso de signos manuales, generalmente en el orden correspondiente al lenguaje hablado; un ejemplo es el lenguaje de señas manifestado con las manos. Los símbolos gráficos abarcan desde sistemas muy sencillos basados en dibujos o fotografías hasta sistemas progresivamente más complejos como los sistemas pictográficos o la ortografía tradicional (letras, palabras y frases).

Los sistemas pictográficos, como los presentados en la figura 29, se aplican a personas que no están alfabetizadas a causa de la edad o la discapacidad. Tienen la ventaja de permitir desde un nivel de comunicación muy básico, que se adapta a personas con niveles cognitivos bajos o en etapas muy iniciales, hasta un nivel de comunicación muy avanzado, aunque nunca tan completo y flexible como el que se puede alcanzar con el uso de la lengua escrita. Los sistemas pictográficos más usados en la actualidad son el sistema SPC (Sistema Pictográfico de Comunicación) y el sistema ARASAAC.

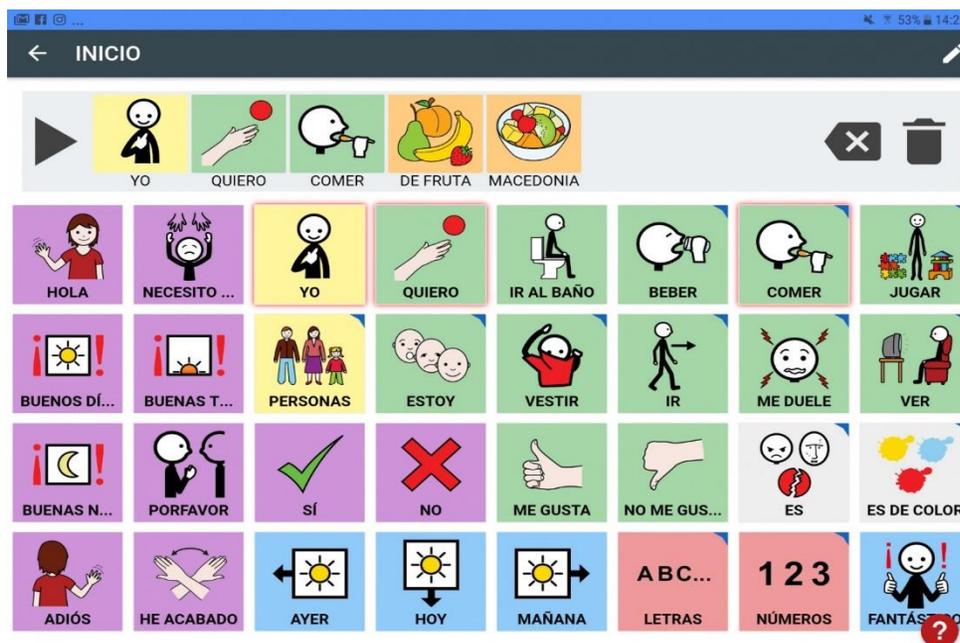


Figura 29. Ejemplo de sistemas pictográficos de comunicación de ARASAAC

3.2.2. Productos de apoyo para la comunicación

Podemos dividir los productos de apoyo para la comunicación en básicos y tecnológicos. Los tableros de comunicación (figura 30) son productos de apoyo básicos que consisten en superficies de materiales diversos en las que se disponen los símbolos gráficos para la comunicación (fotografías, pictogramas, letras, palabras y/o frases) que la persona indicará para comunicarse. Cuando los símbolos se distribuyen en varias páginas hablamos de libros de comunicación.



Figura 30. Ejemplo de tablero de comunicación

Entre los productos tecnológicos encontramos los comunicadores electrónicos, como el de la figura 31, especialmente diseñados para tal fin y los ordenadores portátiles o las tabletas digitales con programas especiales que los convierten en comunicadores. Los comunicadores electrónicos dedicados, o emulados mediante computadores personales, se personalizan con los símbolos gráficos que requiere cada persona y se caracterizan por ser portátiles y adaptarse a las formas de acceso apropiadas para cada persona (teclados, ratones, apuntadores, etc.). Disponen de una salida para los mensajes en forma de habla digitalizada o sintetizada, así como también, a menudo, de otras salidas como pantalla, papel impreso o incluso funciones de control del entorno.



Figura 31. Ejemplo de comunicador electrónico GoTalk del fabricante Attainment Company

Por su facilidad de acceso, recientemente se ha incrementado el diseño de software que emula el funcionamiento de los comunicadores electrónicos y que son sencillos de instalar en computadores personales, tabletas digitales o teléfonos inteligentes que por su popularidad facilitan el uso por parte de personas con TEA.

3.3. Sistema de comunicación con intercambio de imágenes (PECS)

El sistema de comunicación por intercambio de imágenes (PECS por su sigla en inglés) es un sistema alternativo y aumentativo de comunicación alternativo a ARASAAC, que fue desarrollado en USA en 1985 por Andy Bondy y Lori Frost [37]. Se aplicó inicialmente con niños de preescolar diagnosticados con TEA en el Delaware Autism Program. Desde entonces, se ha implementado alrededor del mundo, obteniendo resultados positivos en niños de todas las edades con diversos retos cognitivos, físicos y comunicativos.

El protocolo de enseñanza de PECS está basado en el libro de B.F. Skinner que es citado por [38], que habla sobre la Conducta Verbal, y en el Análisis Aplicado de la Conducta de amplio espectro. A lo largo de este protocolo se utilizan estrategias específicas de ayuda y de reforzamiento que promueven la comunicación independiente.

El protocolo también incluye procedimientos de corrección para ofrecer oportunidades de aprendizaje cuando ocurre algún error. No se utilizan ayudas verbales para, justamente, evitar la dependencia de las ayudas; en cambio, se promueven la iniciación y espontaneidad desde el inicio.

El sistema PECS consta de seis fases; empieza enseñando al individuo a entregar la imagen de un objeto u actividad deseados a un “receptor comunicativo”, quien inmediatamente honrará el intercambio como petición. El sistema prosigue con la enseñanza de discriminación de imágenes y cómo ponerlas ordenadamente en una frase. En las fases más avanzadas se enseña a los usuarios a utilizar modificadores, a responder preguntas y a comentar.

Un ejemplo de diseño de un tablero de comunicación bajo el modelo PECS puede observarse en la figura 32.



Figura 32. Ejemplo de tablero de comunicación PECS

Al igual que ha ocurrido con los pictogramas de ARASAAC, el lenguaje gráfico creado desde PECS también ha sido utilizado en versiones digitales aprovechando las bondades actuales de acceso masivo a diversos dispositivos electrónicos. En tal sentido, se encuentra diversidad de aplicaciones de software (como las

encontradas y analizadas en la actividad diagnóstica 3 presentada en el primer capítulo), que hacen uso de este modelo de comunicación y que puede observarse en la figura 33.



Figura 33. Ejemplo de comunicador electrónico utilizando PECS

3.4. Diseño de software para la accesibilidad

Desde un enfoque computacional, el diseño de diversas aplicaciones de software utilizado como instrumento para el tratamiento de usuarios con algún tipo de discapacidad no se diferencia arquitectónicamente de las aplicaciones que normalmente se desarrollan con propósitos utilitarios o comerciales [39]. En tal sentido, la diferencia en el diseño de software para usuarios con alguna discapacidad debe estar en el enfoque del análisis de los requerimientos específicos de los usuarios para quienes se desarrollan estas aplicaciones [40].

De acuerdo con lo anterior, cobra de gran importancia la selección de los modelos de intervención, la recolección de datos y el análisis de los mismos, de manera que éstos resulten relevantes para la comprensión del contexto de quienes serán los usuarios de las aplicaciones y la definición de los requisitos funcionales que debe poseer el software a implementar.

Es así como podemos decir que el diseñar software para la accesibilidad significa garantizar que las aplicaciones, y toda su funcionalidad, estén disponibles para una gama amplia de usuarios, incluidos aquellos que tienen discapacidades. Por esto, más allá de la elección de una arquitectura para el diseño del software debemos pensar en los tipos de tecnología de asistencia que se requiere y en las características de accesibilidad que debe tenerse en cuenta para su implementación.



Figura 34. Categorización de tecnologías de asistencia (Adaptado de portal Family Networks On Disabilities)

En este contexto, las tecnologías de asistencia son percibidas como las tecnologías digitales que brindan beneficios y oportunidades a las personas con alguna discapacidad para poder relacionarse y actuar de igual manera con las personas que no tengan los mismos padecimientos [41]. Estas tecnologías de asistencia podrían categorizarse de acuerdo con el nivel de acceso y apoyo que representan para los usuarios que las utilizan, tal como se presenta en la figura 34.

Tal como se ha mencionado y evidenciado antes en este mismo documento, las tecnologías digitales como los teléfonos inteligentes, las tabletas digitales, tecnologías que pueden vestirse (wearables technologies) y los computadores, se han convertido en potentes herramientas para facilitar la comunicación, pero que además han ayudado a mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad, así como a contribuir en su autonomía y participación social.

En términos concretos, desde la Interacción Humano-Computador (IHC)¹⁵ se ha generado modelos de Diseño Centrado en el Humano (DCH), una variación del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) pero enfocado en usuarios con características particulares como lo son las personas con alguna discapacidad.

Desde este enfoque, se han adoptado metodologías para el diseño de productos tecnológicos que puedan requerir características de accesibilidad. Algunas de las metodologías más utilizadas para el diseño de software accesible bajo el enfoque de DCH pueden observarse en la figura 33.

¹⁵ Entendida como la disciplina dedicada a diseñar, evaluar e implementar sistemas informáticos interactivos para el uso humano, y a estudiar los fenómenos relacionados más significativos acerca de su uso.

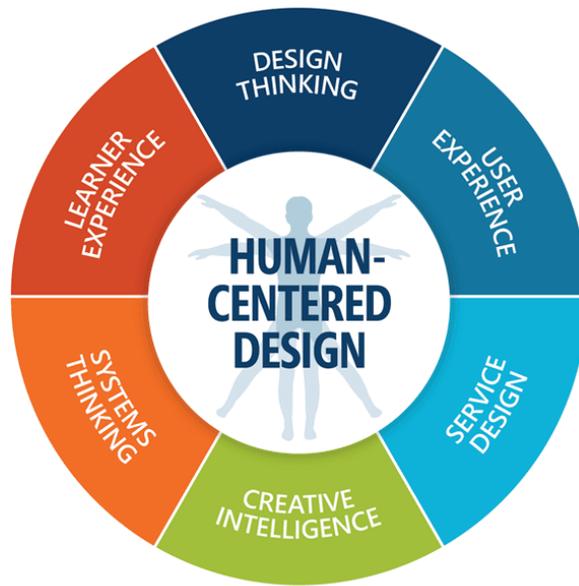


Figura 35. Metodologías para Diseño Centrado en el Humano (Tomado de www.quora.com)

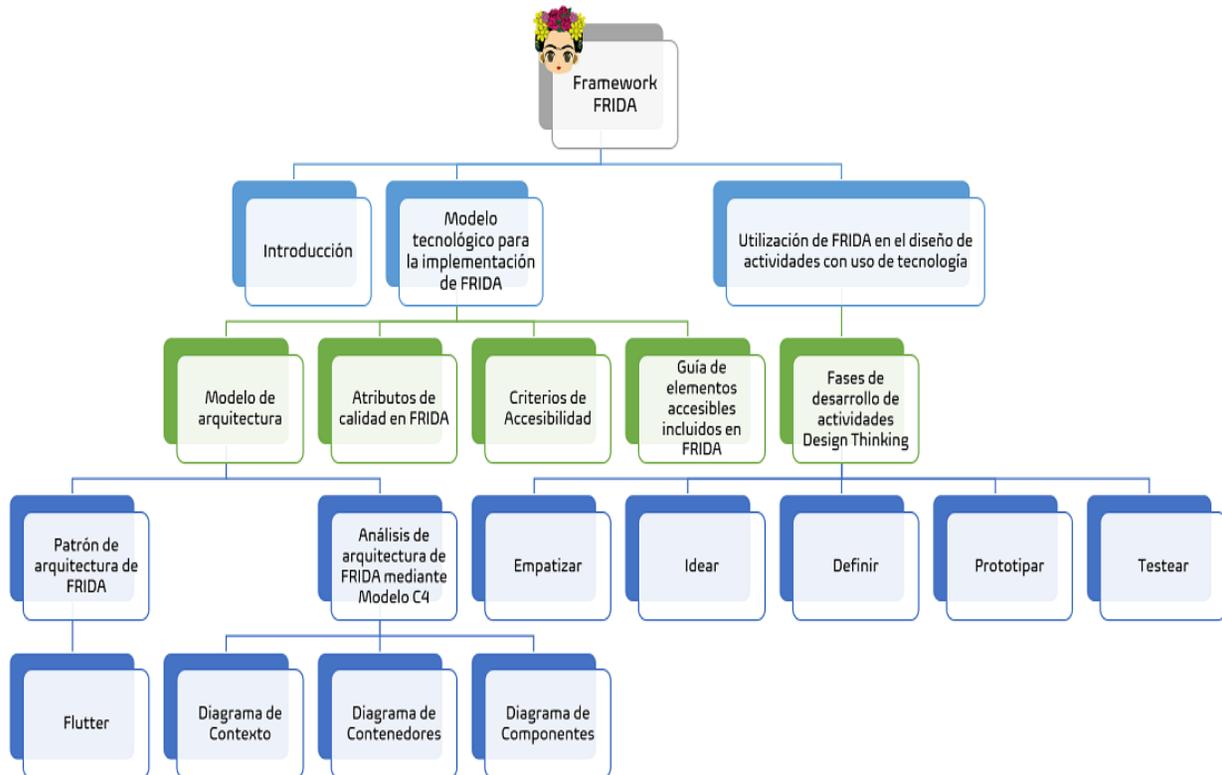
Para el caso particular de este proyecto en el cual se desea profundizar en aspectos de diseño de aplicaciones de software con características de accesibilidad para personas con TEA, se analizaron las características de cada metodología sugerida encontrando en el modelo de Design Thinking una de las más idóneas por ser esta una metodología que facilita el diseño creativo de productos a partir de la conformación de equipos de trabajo multidisciplinares y con un enfoque de resolución de problemas prácticos. Las razones tenidas en cuenta para su selección pueden observarse en la figura 34.

El proceso de aplicación de las fases de la metodología Design Thinking en la innovación del proceso de tratamiento de niños con TEA se detalla más adelante en el Capítulo 4.



Figura 36. Características para la selección de Design Thinking (Elaboración propia)

4. FRAMEWORK DE DESARROLLO DE SOFTWARE ACCESIBLE FRIDA PARA EL SOFTWARE



4.1. Introducción al capítulo

Acorde a lo especificado desde el inicio de este documento, en el marco del desarrollo de este proyecto entendemos como “framework” a una estructura conceptual para el trabajo interdisciplinario de atención a personas con trastorno de espectro del autismo y, al mismo tiempo, de asistencia tecnológica definida con artefactos y módulos concretos de software, que pueden servir de base para diseñar y desarrollar aplicaciones con características de accesibilidad.

En tal sentido, es necesario definir el marco de intervención de los actores vinculados al proyecto (terapeutas, familia y las mismas personas con TEA, así como desarrolladores de software e investigadores del proyecto) para generar un mecanismo de diseño ágil de software con las características de accesibilidad necesarias para ser utilizado en procesos de tratamiento de dicho trastorno.

Al mismo tiempo que se diseña este marco de intervención y desarrollo de software accesible para usuarios con TEA, buscando el fortalecimiento de habilidades emocionales y sociales especialmente en niños con autismo, hemos querido hacer una metáfora con la historia de **Frida Kahlo**¹⁶, artista mexicana cuya vida estuvo marcada por diferentes padecimientos físicos de los que se repuso gracias a su gran voluntad emocional y resiliencia para superar estos obstáculos y convertirse en una pintora reconocida internacionalmente.

Este mismo deseo de superación es el que deseamos alcanzar en los niños con TEA que hagan uso de nuestro modelo de intervención y por ello hemos nombrado el framework de intervención como **FRIDA “FRamework for development of accessible software and social Intelligence skills for people with Autism Spectrum Disorder”**.

FRIDA se ejecuta mediante la aplicación de las fases correspondientes al modelo Design Thinking, e incluye los siguientes componentes que además son presentados en la figura 37.

1. **Contexto de colaboración:** Corresponde al modelo de interacción colaborativa entre terapeutas, niños con TEA y sus familias, y además los desarrolladores de software.
2. **Caracterización de usuarios:** Para la identificación de requisitos funcionales (aspectos técnicos) para el diseño de App accesibles personalizadas y orientadas a usuarios particulares con TEA.
3. **Co-diseño de actividades:** Para la innovación de los procesos de tratamiento de niños con TEA mediante el uso de App accesibles diseñadas a partir de FRIDA.
4. **Validación de resultados:** Verificación del desarrollo de habilidades emocionales y sociales en niños con TEA mediante el uso de las App personalizadas.

¹⁶ https://es.wikipedia.org/wiki/Frida_Kahlo

MARCO INTERVENCIÓN FRIDA

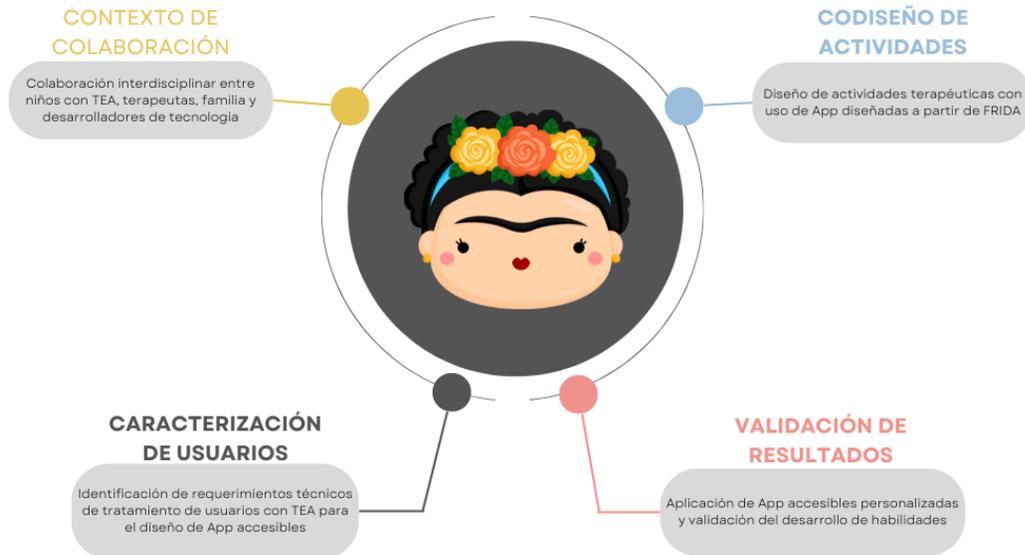


Figura 37. Marco de intervención FRIDA

Este marco de intervención de FRIDA se detalla ampliamente en el numeral 4.3 de este documento.

4.2. Modelo tecnológico para la implementación del framework FRIDA

Desde un enfoque computacional, FRIDA se debe considerar como un esquema de componentes que involucra los dos elementos estrechamente relacionados: el framework de desarrollo de software accesible propiamente dicho, y el marco de intervención de personas con TEA que haga uso del software diseñado con el componente anterior.

Un usuario de FRIDA podría hacer uso del esquema completo contemplado en este modelo o también de alguno de sus componentes de forma separada. Sin embargo, en este contexto de trabajo realizado, es importante considerar el uso completo de los elementos que componen a FRIDA para poder validar los problemas identificados al inicio del proyecto.

El esquema de componentes de FRIDA puede observarse en la Figura 38.

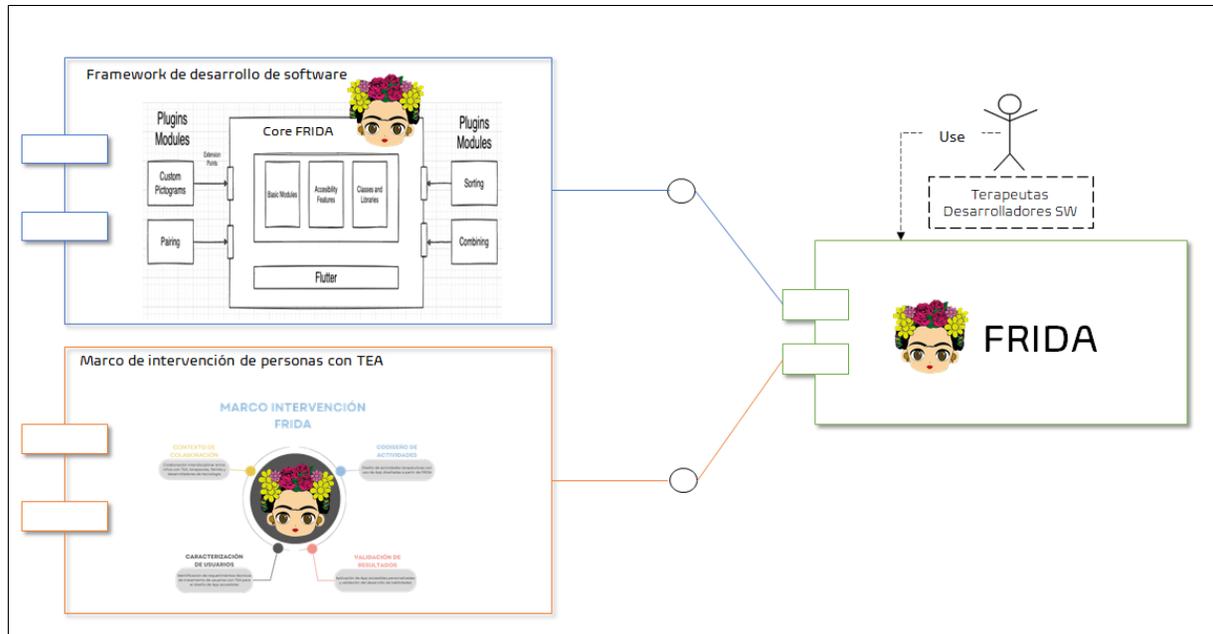


Figura 38. Esquema de componentes de FRIDA (Elaboración propia)

En esta parte del documento se detallará el diseño del framework para el desarrollo de software accesible dirigido a usuarios con TEA, por lo tanto el marco de intervención de estas personas haciendo uso de dicho software se detallará más adelante.

Para dar una mayor claridad en los aspectos considerados en el diseño del framework de desarrollo de software accesible, su presentación se ha dividido en cuatro partes:

1. Modelo de arquitectura
2. Atributos de calidad considerados
3. Criterios de accesibilidad considerados
4. Guía de elementos incluidos en el framework de FRIDA

4.2.1. MODELO DE ARQUITECTURA

Tal como se explicó en el numeral 2.5 de este documento, para este proyecto se optó por reutilizar un framework de desarrollo existente por considerarse que en la actualidad existen diversas alternativas que permiten ser adaptadas a los requerimientos que cualquier proyecto necesite, y en nuestro caso se ha seleccionado Flutter como marco de diseño de base, que permita agregar detalles particulares para la conformación de FRIDA.

Flutter es un framework que facilita el desarrollo de un proyecto de programación. Tiene la ventaja de ser gratuito y de código abierto, y según el sitio web de AWS [42] este fue creado por Google en mayo de 2017. Básicamente, este framework permite crear una aplicación móvil nativa con una sola base de código, lo cual significa que puede usar un lenguaje de programación y una base de código para crear dos aplicaciones diferentes (tanto para iOS como para Android).

El modelo de arquitectura de software de Flutter documentado en [43] se presenta en la Figura 39.

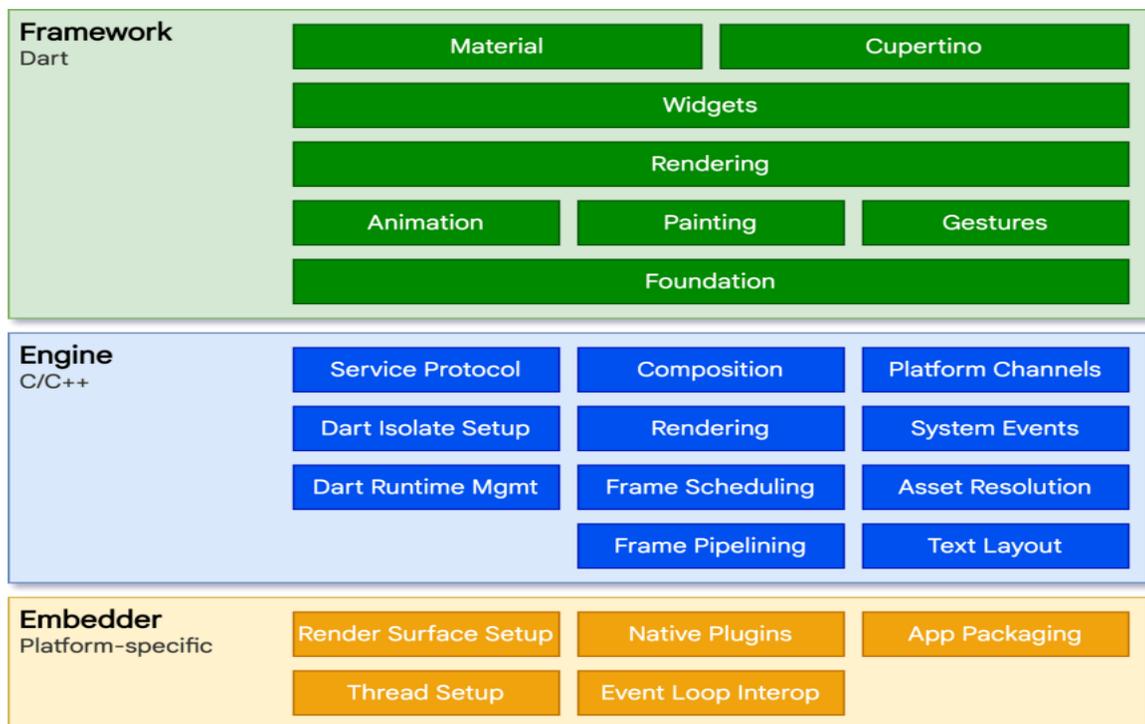


Figura 39. Arquitectura de Flutter (Tomado de [43])

Flutter utiliza el lenguaje de programación de código abierto Dart, que también desarrolló Google. Dart está optimizado para la creación de interfaces de usuario, y muchos de los puntos fuertes de Dart se utilizan en Flutter.

En Flutter, los desarrolladores crean diseños de interfaz de usuario mediante el uso de widgets. Esto significa que todo lo que un usuario ve en una pantalla, desde las ventanas y paneles hasta los botones y textos, está hecho de widgets. Los widgets de Flutter están diseñados para que los desarrolladores puedan personalizarlos fácilmente. Flutter logra esto a través de un enfoque de composición, lo cual significa que la mayoría de los widgets están formados por

otros más pequeños y que los más básicos tienen propósitos específicos. Esto permite a los desarrolladores combinar o editar widgets para crear otros nuevos. Flutter renderiza¹⁷ los widgets utilizando su propio motor gráfico en lugar de depender de los widgets integrados en la plataforma. De este modo, los usuarios experimentarán un aspecto similar en una aplicación Flutter en todas las plataformas. Este enfoque también proporciona flexibilidad a los desarrolladores, ya que algunos widgets de Flutter pueden hacer funciones que los widgets específicos de la plataforma no podrían hacer.

Flutter viene con un catálogo de widgets organizados en 14 categorías que incluyen diversos estilos reutilizables, esto se ubica en Cupertino (widgets estilo iOS) y Material Components (widgets que siguen las directrices de Material Design de Google).

Como puede evidenciarse, Flutter utiliza un patrón de arquitectura por capas para su implementación [44], donde sus componentes están organizados en niveles horizontales. Cada capa del patrón de arquitectura tiene un papel y una responsabilidad específicos dentro de la aplicación.

4.2.1.1. ARQUITECTURA DE FRIDA

La arquitectura de FRIDA, que es presentada en la Figura 40, aplica un patrón por capas y está dividida por niveles principales que se relacionan y se conectan todas entre sí. A continuación se describe cada una de ellas.

1. **Capa Core:** Contiene el código fuente que se puede extender directamente en FRIDA, los módulos, widgets y las clases utilitarias.
2. **Capa de paquetes de FRIDA:** Los cuales permiten cumplir las pautas de accesibilidad descritas más adelante en este mismo capítulo.
3. **Capa Flutter:** Ya que FRIDA está construida sobre este framework para aprovechar todas sus funcionalidades.

¹⁷ Proceso de abstracción de la arquitectura de base de Flutter que es instanciada a las aplicaciones generadas a partir de su utilización.

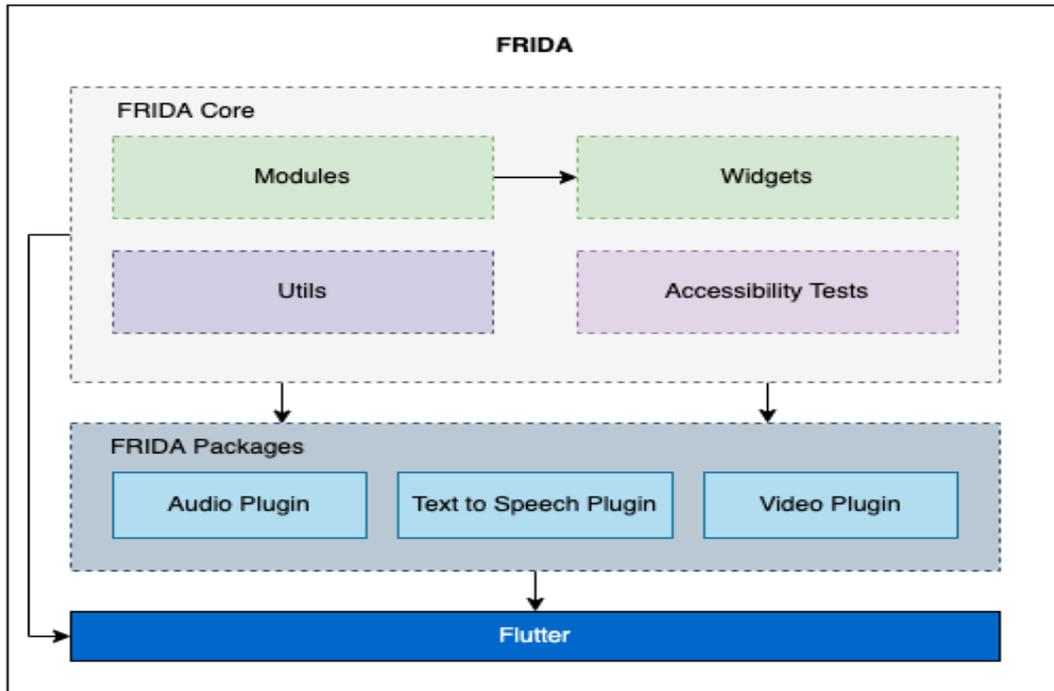


Figura 40. Descripción de alto nivel de la arquitectura de FRIDA

Con el fin de comprender mejor el patrón de arquitectura considerado para FRIDA, se aplicará el **Modelo C4**¹⁸ de manera que nos permita observar la arquitectura del framework basado en la descomposición estructural en contenedores y componentes. El Modelo C4 permite hacer un análisis de un sistema de software a través de abstracciones desde el nivel más alto hasta los más bajos como si se estuviera haciendo un acercamiento o zoom a cada parte del modelo.

4.2.1.2. Diagrama de Contexto FRIDA

Con este diagrama se quiere mostrar la relación de FRIDA con otros sistemas o usuarios externos. En la figura 41 se puede observar el diagrama de contexto de FRIDA donde el desarrollador construye las aplicaciones móviles que sean requeridas a partir del uso del sistema de software existente y pensando en los requerimientos de usuario establecidos, es decir, los niños con TEA.

¹⁸ <https://c4model.com/>

Modelo C4 Diagrama de Contexto de FRIDA

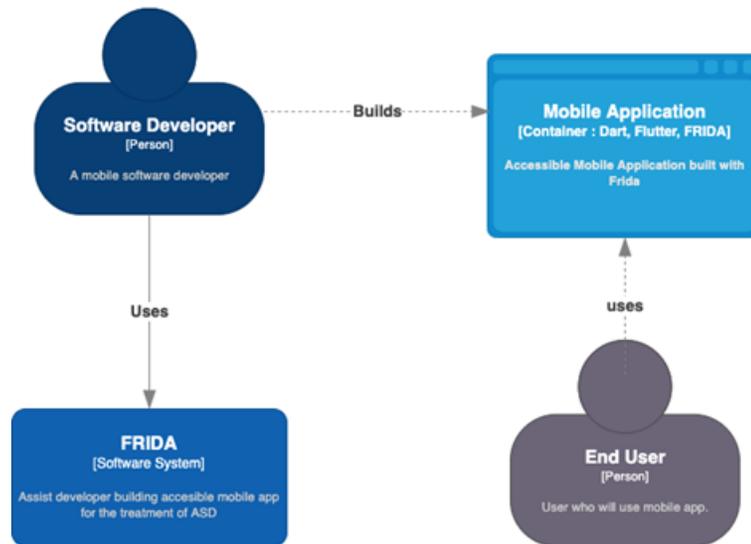


Figura 41. Diagrama de contexto de FRIDA

4.2.1.3. Diagrama de contenedores

Con este diagrama mostramos un siguiente nivel dentro de FRIDA, y como se relaciona el sistema con el usuario “Desarrollador de software” (Software Developer).

El desarrollador de software utiliza el framework, que tiene las clases y métodos disponibles en FRIDA, y además tiene la posibilidad de leer la documentación de FRIDA para conocer que clases existen y como usarlas.

Esta documentación se puede generar por medio de un servidor http local que es presentado en el Anexo 11 que contiene el tutorial paso a paso para su utilización.

Modelo C4 Diagrama de Contenedores

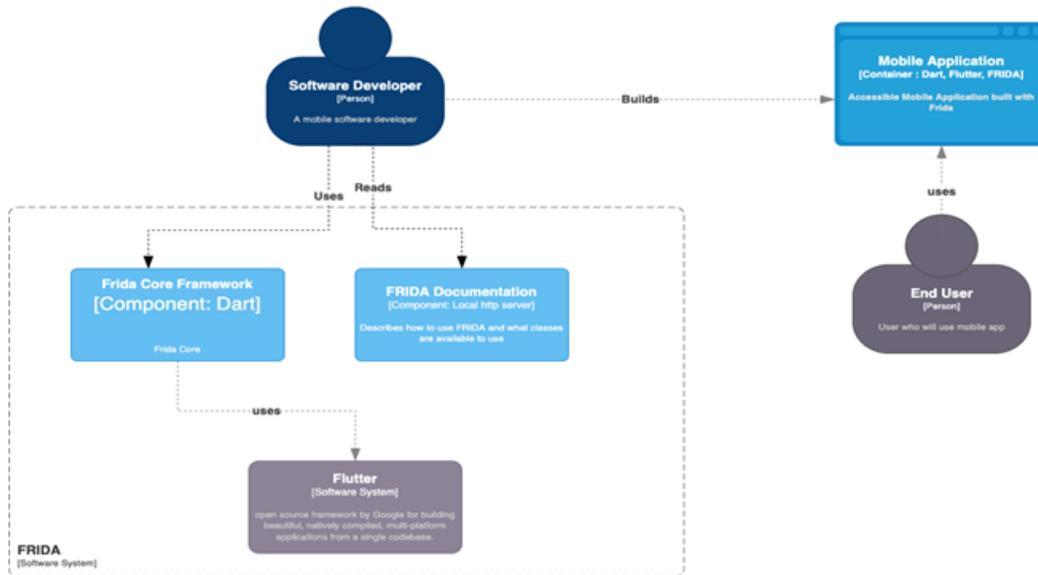


Figura 42. Diagrama de contenedores de FRIDA

La Figura 42 además muestra que FRIDA se desarrolla sobre otro framework que es Flutter ya explicado anteriormente. El uso de este Framework nos permite enfocarnos en los módulos para tratamiento del TEA sin preocuparnos de otros aspectos gráficos.

4.2.1.4. Diagrama de Componentes

Con este diagrama mostramos que componentes están conformando el framework FRIDA y cómo se relacionan entre ellos. Este diagrama, presentado en la Figura 43, muestra los 4 componentes principales: FRIDA modules, FRIDA Packages, FRIDA Widgets y FRIDA Utils, los cuales poseen las clases de software necesarias para el desarrollo de las aplicaciones.

Modelo C4 Diagrama de Componentes

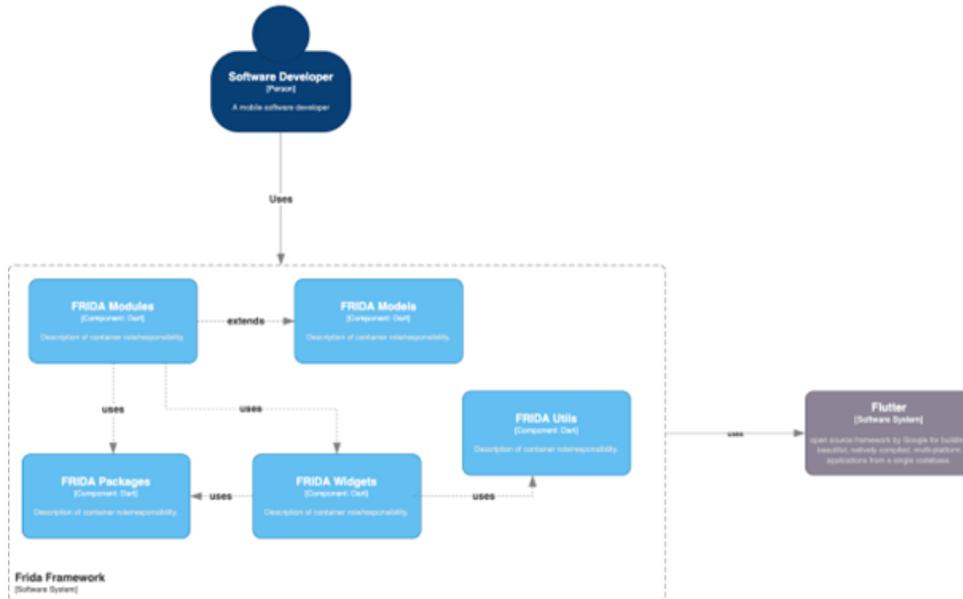


Figura 43. Diagrama de Componentes de FRIDA

A continuación se explica que contiene cada uno de estos componentes:

- **Componentes de FRIDA Core:**

- 1) **WIDGETS**

Los widgets describen cómo debería verse su vista dada la configuración y el estado actual. Cuando el estado del widget cambia, el widget reconstruye su descripción y por consiguiente la vista también cambia [45]. Los widgets incluidos en FRIDA no solamente construyen la vista sino que también facilitan la implementación de la accesibilidad.

Los widgets incluidos en FRIDA se describen en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Widgets de FRIDA

Widget	Descripción	Importancia
FrImage	FrImage permite mostrar imágenes tomadas del internet o archivo local para mostrar en la aplicación, a diferencia del widget Image de Flutter, FrImage agrega a sus atributos la opción de escuchar un audio descriptivo de la imagen así sea automatizado o personalizado por el desarrollador.	El uso de pictogramas es fundamental en las aplicaciones para el tratamiento del TEA, ya que se ha comprobado que los niños aprenden más usando pictogramas como herramienta educativa.
FrFeedback	FrFeedback permite mostrar una imagen y/o escuchar un audio como feedback de cualquier acción de la aplicación	En las aplicaciones para el tratamiento del TEA es indispensable que el usuario pueda ver o escuchar un feedback según las acciones que realice en la aplicación, para saber si se equivoca o se ha realizado una acción correctamente.
FrVideoPlayer	FrVideoPlayer permite reproducir un video tomando el archivo desde la web o un archivo local. permite agregar subtítulos si es necesario.	Reproducir videos en las aplicaciones es muy común e importante, por ello FRIDA ofrece la posibilidad de no solo reproducir videos sino agregarles subtítulos y descripciones para así satisfacer las pautas de accesibilidad.

En la Figura 44 se muestra la relación de estos widgets con los paquetes de FRIDA, cada uno de ellos utiliza uno o más paquetes de FRIDA para implementar la accesibilidad en las aplicaciones de software diseñadas.

Modelo C4
Diagrama de Componentes
FRIDA Widgets

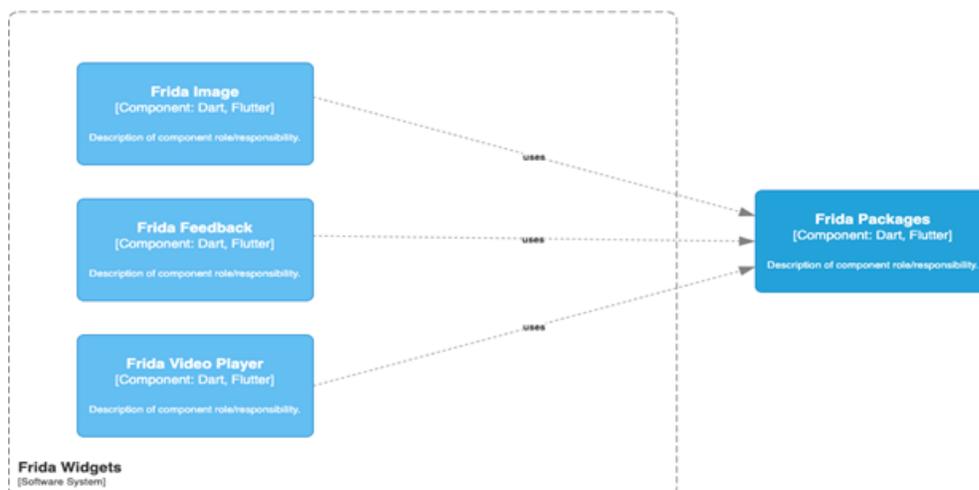


Figura 44. Diagrama de Componentes – Widgets de FRIDA

2) MODULES

Los módulos de FRIDA consisten en uno o más widgets ya desarrollados en FRIDA para el desarrollo de actividades para las aplicaciones accesibles enfocadas en el TEA, el desarrollador tiene la libertad de diseñar la actividad con los colores que crea conveniente según sus requerimientos. Los módulos incluidos en FRIDA son los siguientes:

a. Módulo de preguntas con pictogramas

Este módulo permite al desarrollador crear actividades con pictogramas para ser utilizadas en el tratamiento del TEA. Se compone de argumentos requeridos y opcionales para personalizar el módulo como se desee. Estos argumentos son listados a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Módulo de preguntas de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
quizQuestions	List	Lista de preguntas.	Si
positiveFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario responde correctamente.	Si
negativeFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario responde incorrectamente.	Si
resultFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario finaliza la actividad.	Si
positiveScoreValue	int	valor de puntaje positivo.	No
negativeScoreValue	int	valor de puntaje negativo.	No
questionTitleStyle	TextStyle	Estilos del texto del título de la pregunta.	No
showScore	bool	Se desea o no mostrar el puntaje.	No
showResetActivity	bool	Sea o no mostrar el botón de reiniciar la actividad.	No
showSteps	bool	Sea o no mostrar los pasos que faltan para finalizar la actividad.	No
backgroundColor	Color	Color de fondo de la actividad.	No

b. Módulo de combinación de pictogramas

El módulo de combinación de pictogramas es muy parecido al de preguntas. Este módulo permite al desarrollador crear actividades con pictogramas de tal forma que estos se puedan combinar.

Estos argumentos son listados a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Módulo de Combinación de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
items	List	Lista de ítems de emparejamiento.	Si
positiveFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario responde correctamente.	Si
negativeFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario responde incorrectamente.	Si
resultFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario finaliza la actividad.	Si
positiveScoreValue	int	valor de puntaje positivo.	No
negativeScoreValue	int	valor de puntaje negativo.	No

c. Módulo de emparejamiento de pictogramas

Este módulo de emparejamiento al igual que los anteriores, permite al desarrollador construir actividades con pictogramas para el tratamiento del autismo, el desarrollador debe suministrar los argumentos que se describen a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Argumentos del Módulo de emparejamiento de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
items	List	Lista de ítems de emparejamiento.	Si
positiveFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario responde correctamente.	Si
negativeFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario responde incorrectamente.	Si
resultFeedback	Widget	Feedback que se muestra cuando el usuario finaliza la actividad.	Si
positiveScoreValue	int	valor de puntaje positivo.	No
negativeScoreValue	int	valor de puntaje negativo.	No

d. Módulo de seguridad

El módulo de seguridad es importante en las aplicaciones accesibles, ya que no se desea que el usuario (niño con TEA) pueda cambiar la configuración de la aplicación, para esto FRIDA ofrece un módulo básico como intermediario.

Este módulo de seguridad puede ser una pregunta matemática o una pregunta con única respuesta. Los argumentos de seguridad agregados a FRIDA se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Módulo de seguridad de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
mathQuestion	MathQuestion	Lista de ítems de emparejamiento.	No, pero se debe usar mathQuestion ó simpleQuestion
simpleQuestion	SimpleQuestion	Feedback que se muestra cuando el usuario responde correctamente.	No, pero se debe usar mathQuestion ó simpleQuestion
onAccept	Function	Feedback que se muestra cuando el usuario responde incorrectamente.	Si
onReject	Function	Feedback que se muestra cuando el usuario finaliza la actividad.	Si

En la Figura 45 se muestra la relación de los Módulos con los Widgets de FRIDA y a su vez con los Modelos.

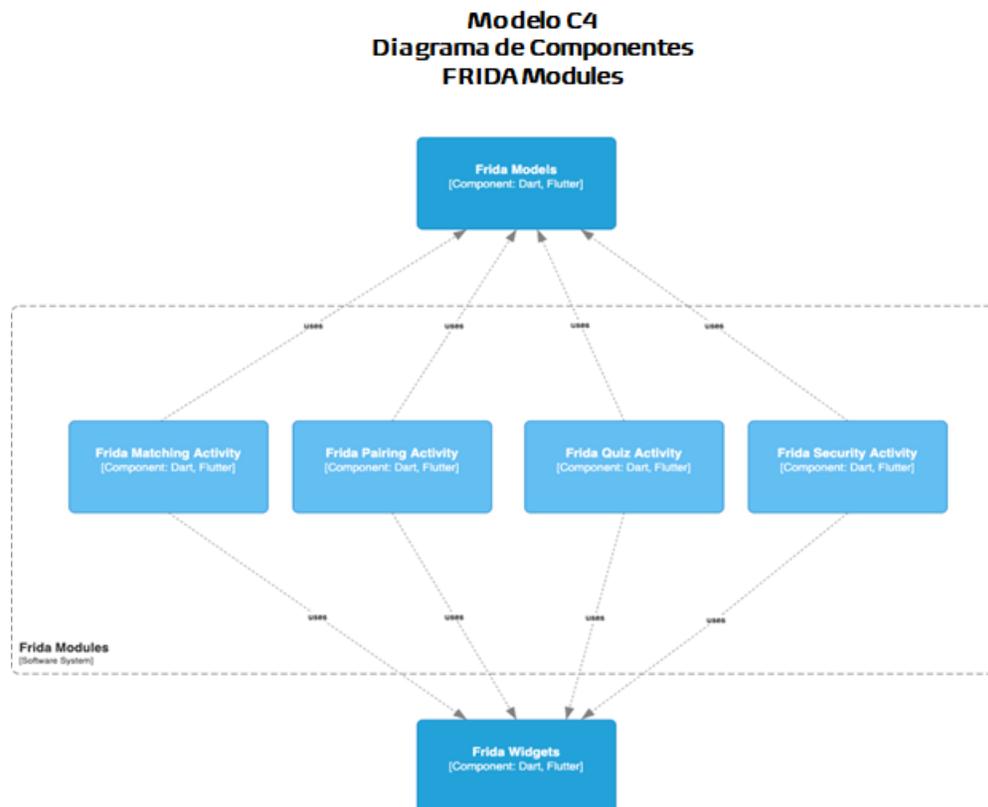


Figura 45. Relación Módulos-Widgets-Modelos en FRIDA

3) UTILS Y ACCESIBILITY TEST

Los test de accesibilidad de FRIDA proveen al desarrollador funciones para probar que el código cumpla con las pautas de accesibilidad de WCAG, tales como el contraste y el tamaño de los textos.

4) PACKAGES

Los paquetes consisten en código externo que es adaptado para funcionar con FRIDA, estos paquetes se encargan de los servicios de audio, video y texto a voz que ofrece el framework y que se integran con los widgets y módulos.

4.2.2. ATRIBUTOS DE CALIDAD

La característica de software o atributos de calidad son una propiedad medible del sistema que nos dice que tan bien se satisface a los requerimientos de las partes interesadas [46]. Para el diseño de FRIDA se analizaron las características de arquitectura teniendo en cuenta los requisitos de usabilidad, agilidad, eficacia y modificabilidad. Estas características se definen en la Tabla 8.

Tabla 8. Atributos de calidad para framework de desarrollo FRIDA

Atributo	Descripción	Importancia en el Framework
Agilidad	Es la capacidad de responder rápidamente a un entorno en constante cambio.	Un propósito del framework es que ayude a diseñar aplicaciones en el menor tiempo posible.
Desplegabilidad	Es la facilidad de desplegar el sistema en producción.	El framework se diseña con la premisa de seguir las actividades necesarias para que exista un despliegue del software tanto en su lanzamiento, activación y capacidad de integrar las actualizaciones en el sistema.
Eficacia	Capacidad del software de producir los efectos y resultados esperados.	Se requiere que los módulos trabajen conjuntamente entre ellos para poder diseñar las aplicaciones correctamente.
Escalabilidad	Es la capacidad de un sistema de poder soportar cargas de trabajo más alta en el tiempo.	El framework debe tener la capacidad de soportar nuevas funcionalidades sin afectar a las existentes.
Extensibilidad	La facilidad del software para soportar nuevas funcionalidades.	El framework debe soportar nuevas funcionalidades fácilmente sin generar problemas con las ya existentes.
Flexibilidad	Capacidad de ser usado de diferentes maneras	El framework propone ser tanto un medio educacional, terapéutico e innovador con la temática de ayudar a personas con discapacidad no solo diagnosticadas con TEA.
Modificabilidad	Capacidad de adaptarse a nuevos cambios necesarios sin perjudicar la esencia del software	La intención del framework es que tenga la capacidad de adaptarse y seguir creciendo ante nuevas necesidades y tecnologías.

Usabilidad	Fácil capacidad de entender y usar la información proporcionada	El framework debe contar con la facilidad de uso para los desarrolladores no expertos, además su uso debe estar estrechamente proporcionado a desarrollar aplicaciones con menor esfuerzo.
------------	---	--

4.2.3. CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD

Teniendo en cuenta que FRIDA está enfocado en el desarrollo de aplicaciones accesibles, es muy importante tener en cuenta los estándares de accesibilidad, como lo son **WCAG**¹⁹ formuladas por la *Web Accessibility Initiative* o **W3C**²⁰.

Estas pautas definen cómo crear software más accesible para personas con discapacidad. La accesibilidad considera un amplio rango de discapacidades, como son las visuales, auditivas, físicas, del habla, cognitivas, relativas al lenguaje, de aprendizaje y neurológicas.

Las *Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web*, por sus siglas en inglés (WCAG) es un estándar con el objetivo de proporcionar contenido que satisfaga a todos los usuarios sin importar si tiene alguna discapacidad o no.

FRIDA toma como base los atributos de estas pautas que se detallan a continuación en las Tablas 9 para la perceptibilidad del software, la Tabla 10 para distinguir sonidos incluidos en las aplicaciones, la Tabla 11 para la operabilidad del software y finalmente la Tabla 12 para la comprensibilidad del manejo del software para los usuarios a quienes están orientas las aplicaciones accesibles.

Tabla 9. Pautas de accesibilidad para la perceptibilidad del software

Perceptible		
La información y los componentes de la interfaz de usuario deben estar presentables para los usuarios de manera que puedan percibirlos.		
Estándar	Título	Descripción
WCAG AA	Non-Text Content	Texto alternativo como son los atributos Alt a las imágenes.
WCAG AA	Audio-only and Video-only (Prerecorded)	Proveer descripciones del audio, un script.
WCAG AA	Captions (Prerecorded)	Subtítulos para todos los videos o audios.

¹⁹ <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/es>

²⁰ <https://www.w3.org/>

Tabla 10. Pautas de accesibilidad para distinguir sonidos en el software

Distinguible		
Facilitar a los usuarios ver y escuchar contenido, incluida la separación del primer plano del fondo.		
Estándar	Título	Descripción
WCAG A	Use of Color	El color no es usado como la única forma para transmitir información.
WCAG AA	Contrast Minimum	La presentación visual de texto e imágenes de texto tiene una relación de contraste de al menos 4.5:1.
WCAG AA	Resize Text	Las imágenes y textos se pueden aumentar en tamaño hasta un 200 por ciento sin pérdida de contenido ni de funcionalidad.
WCAG AA	Reflow	El contenido se presenta sin pérdida de información y sin requerir el scroll en 2 dimensiones.

Tabla 11. Pautas de accesibilidad para la operabilidad del software

Operable		
Los componentes de la interfaz de usuario y la navegación deben estar operativos.		
Estándar	Título	Descripción
WCAG A	Keyboard	Toda la funcionalidad del contenido se puede operar a través de una interfaz de teclado sin requerir tiempos específicos para pulsaciones de teclas individuales
WCAG A / AA / AAA	Enough time	Proporcionar a los usuarios suficiente tiempo para leer y usar el contenido. Permitir controlar el tiempo, pausar, parar, ocultar.
WCAG A	Three Flashes or Below Threshold	La aplicación no debe contener nada que parpadee más de 3 veces en un segundo o el parpadeo esté por debajo de los umbrales de parpadeo general y parpadeo rojo.

Tabla 12. Pautas de accesibilidad para la comprensibilidad del uso del software

Comprensible		
La información y el funcionamiento de la interfaz de usuario deben ser comprensibles para todos los usuarios.		
Estándar	Título	Descripción
WCAG AA	Consistent Navigation	Los mecanismo de navegación son repetidos en el mismo orden en toda la aplicación.
WCAG A	Error Identification	Si se detecta automáticamente un error de entrada, se identifica el elemento que tiene el error y se describe el error al usuario en texto.
WCAG A	Labels or Instructions	Se proporcionan etiquetas o instrucciones cuando el contenido requiere la intervención del usuario.

4.2.4. GUÍA DE ELEMENTOS INCLUIDOS

Adicional a las pautas de accesibilidad, se ha querido establecer una guía de cómo estas y los demás elementos contenidos en FRIDA pueden ser implementados en casos particulares de discapacidad como lo es el TEA.

En nuestro caso, se realizó un documento guía, o guideline, que consiste en información acerca de los diferentes aspectos de usabilidad relacionados a las discapacidades vinculadas al Trastorno de Espectro del Autismo, y cómo estas características y normativas sirvieron para poder tener una idea general de lo que deben contener las aplicaciones de software diseñadas a partir de FRIDA. Esta Guía se encuentra en el Anexo 12.

El propósito de esta guía es mostrar los aspectos de accesibilidad que contendría el framework a desarrollar, y en consecuencia los recursos disponibles para crear aplicaciones accesibles, de esta manera dichas aplicaciones podrán ser evaluadas por parte de consultores, desarrolladores de software, entre otros, para determinar el nivel de accesibilidad establecidas en ellas.

En este sentido, la guía para la accesibilidad de aplicaciones de software suministrada presenta pautas para tres tipos de discapacidad que pueden acompañar al TEA en muchos de los casos identificados:

- Discapacidad intelectual: (Hacen parte de la variedad del TEA)
 - Trastorno por déficit de atención con hiperactividad -TDAH
 - Coherencia central
 - Asperger

- Discapacidad visual:
 - Fotofobia
 - Daltonismo
 - Discromatopsia

- Discapacidad motora:
 - Trastornos neurológicos
 - Hipersensibilidad al tacto

Por tanto, la guía está pensada para servir de apoyo tanto a profesionales como a desarrolladores novatos en el proceso de generación de pautas de accesibilidad necesarias de definir durante el ciclo de vida del diseño de aplicaciones accesibles enfocada en el tratamiento del TEA, y se basa en las pautas WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), usando como enfoque principal a las aplicaciones orientadas a dispositivos móviles.

4.3. Utilización de FRIDA en el diseño de actividades con uso de tecnología

Cada una de las fases del Marco de Intervención FRIDA se operativiza a través de la aplicación de las etapas del Modelo Design Thinking propuesto por Cross y Nigel en [14]: Empatizar, Definir, Idear, Prototipar y Testear.

En sus orígenes el Design Thinking, o pensamiento de diseño en español, era utilizado para el desarrollo de productos, pero con el tiempo fue evolucionando hasta convertirse en una metodología para resolver problemas complejos, generar innovación y mejorar procesos o la experiencia de usuarios de productos tecnológicos.

De manera general, las etapas de este modelo se pueden observar en la Figura 46 y se detallan en la Tabla 13.

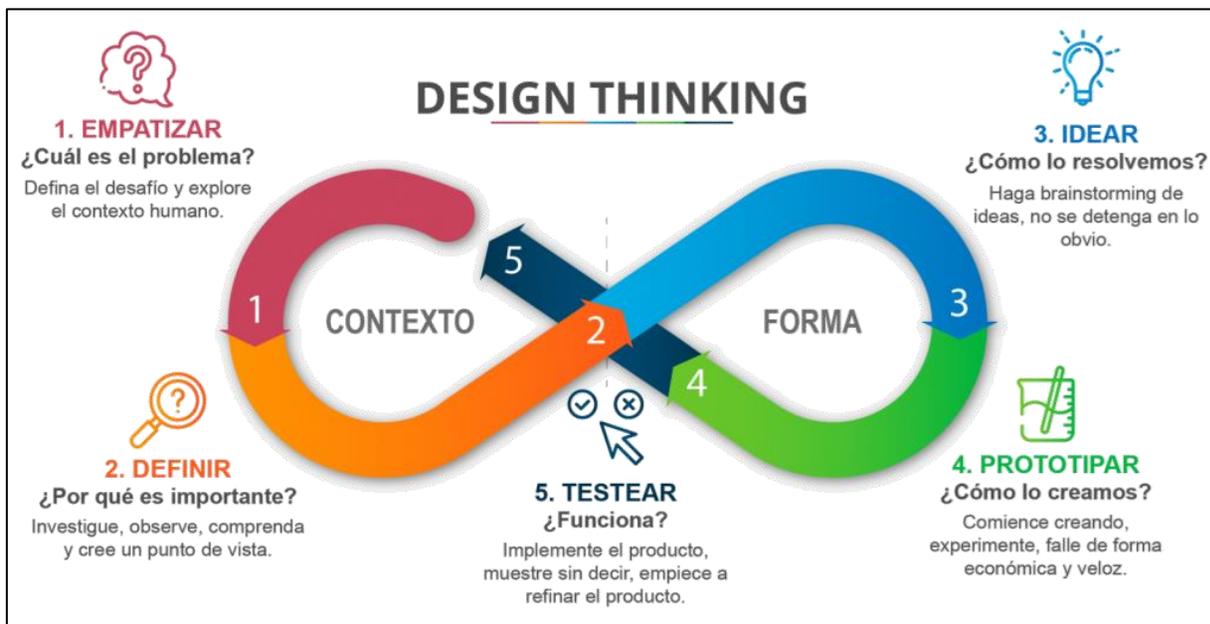


Figura 46. Etapas de Design Thinking

Tabla 13. Etapas de Design Thinking (Tomado de <https://intive.com/>)

Etapa	Descripción	Técnicas por utilizar
Empatizar	Esta etapa apunta a conocer al público al que van a estar dirigidos nuestros esfuerzos. Conocerlos implica no solo indagar sobre cuestiones relacionadas con el servicio, sino también sobre su vida diaria. ¿Cómo conectan con nuestro servicio? ¿En qué circunstancias y contextos? ¿De qué manera se ven afectados por el ambiente?	A la hora de empatizar las herramientas son variadas, su uso va a depender de las necesidades y posibilidades del caso. Algunos ejemplos son: encuestas, entrevistas, estadísticas y grupos focales, entre otras.

Definir	Toda la información que recabemos nos va a permitir arribar a una (o varias) oportunidades de mejora. Va a ser decisión del equipo priorizarlas para ver cuales se atacarán primero y cuáles en etapas subsiguientes.	Podemos utilizar los resultados de la etapa anterior para crear mapas de empatía, mapas de viaje del cliente (o customer journey maps), definición de personas (perfil de usuarios) o planos de servicio (service blueprints).
Idear	Una vez que el equipo analiza la información y consigue definir las problemáticas en función de los usuarios, llega el momento de empezar a generar ideas. Con diferentes actividades grupales, un equipo puede abrir su mente e incubar una gran cantidad de ideas que luego serán filtradas para priorizar las más plausibles.	Todas las técnicas que nos permitan ir más allá de lo obvio y cuestionen lo establecido son bienvenidas. Brainstorming, Worst possible idea, Collaborative Sketching y Product Box.
Prototipar	El propósito de esta etapa es crear versiones reducidas y poco costosas del producto o servicio (o solo un fragmento), donde se apliquen las ideas surgidas de la fase anterior.	La clave a la hora del prototipado es que sea rápido y poco costoso. Maquetas en papel o cartón, diseños en baja calidad (wireframes).
Testear	Los prototipos se usan para ser probados con usuarios. Las conclusiones obtenidas a partir de ellos nos permiten iterar, es decir: empatizar aún más, perfeccionar nuestras ideas, prototipar nuevamente y volver a probar para obtener soluciones que realmente respondan de manera acertada a la problemática de nuestros usuarios.	El propósito en este momento es probar las ideas con usuarios reales. La metodología más común consiste en generar un guion y pedirles a los usuarios que realicen alguna acción interactuando con el prototipo.

Es importante resaltar que al aplicar las etapas del Modelo de Design Thinking en el contexto de niños con TEA, quienes serían los usuarios de las aplicaciones de software que resulte diseñado a partir del framework de desarrollo de FRIDA, obliga a adaptar algunas de las actividades y de las técnicas que son recomendadas para dicho modelo.

En este sentido, se diseña un estudio de casos con niños diagnosticados con TEA en diferentes instituciones de tratamiento de este trastorno en las ciudades de Popayán (Colombia), Madrid (España) y Porto (Portugal). La selección de cada institución se realizó como parte del rastreo inicial de entidades que trabajan con niños diagnosticados con el trastorno autista y que respondieron favorablemente a la posibilidad de realización de actividades diagnósticas y de prueba de uso de software en los procesos terapéuticos que se realizan en la actualidad.

De igual manera, se aprovecha la realización de las estancias de investigación doctorales para trabajar con entidades Europeas bajo la coordinación en cada caso de profesionales de la Universidad del Cauca en Colombia, la Universidad Francisco de Vitoria en España y la Universidad Portucalense en Portugal. Es así como se seleccionan las siguientes entidades que son presentadas en la Tabla 14.

Tabla 14. Entidades para realización de estudio de casos

Entidad	Ciudad	Información De contacto	Cant. de niños	Coordinador de actividades
Fundación CENICI	Popayán (Colombia)	Dirección: Cl. 6 #23-50, Popayán, Cauca Web: https://funcenidi.edu.co/ Teléfono: +56 836 1614 Correo: contacto@funcenidi.edu.co	3	PhD. César A. Collazos O. (Universidad del Cauca)
Colegio Príncipe de Asturias Fundación Autismo Madrid TrasTEA	Madrid (España)	Dirección: C. Kant, 2, 28049 Madrid, España Provincia: Madrid Teléfono: +34 917 35 51 15 Web: https://www.ceipsoprincipesdeasturias.es/aulas-tea Correo: cp.principesdeasturias.pozuelodealarcón@educa.madrid.org Dirección: C. de la Costa Verde, 1, 28029 Madrid, España Provincia: Madrid Teléfono: +34 910 13 30 95 web: https://autismomadrid.es/trastea/programa-trastea/ Correo: info@autismomadrid.es	4	PhD. Susana Bautista Blasco (Universidad Francisco de Vitoria)
Centro de Desarrollo e Terapias PRISMA	Porto (Portugal)	Dirección: Rua Nova do Seixo 1025, 4460-782 Matosinhos Teléfono: 220 170 595 / 933 956 477 / 933 956 478 Web: https://prismacdt.pt/ Correo: geral@prismacdt.pt	1	PhD. Fernando Moreira (Universidade Portucalense)

Las tareas realizadas en cada entidad fueron similares de acuerdo con la cantidad de niños con TEA y la disponibilidad de tiempo de trabajo concedido por cada lugar para la realización de actividades de uso de software accesible en algunos de los procesos formativos o terapéuticos.

A continuación se describirá cada una de estas etapas y actividades realizadas en el proyecto.

4.3.1. Empatizar

Esta etapa pretendía lograr la caracterización, lo más completa posible, de las condiciones intelectuales del niño con TEA, así como el conocimiento de sus habilidades en el posible uso de dispositivos tecnológicos, tales como tabletas digitales, teléfonos inteligentes o computadores. Para ello, era importante lograr ‘ponernos en el lugar’ de los niños con TEA, lo que implicaba el involucrarnos en

su quehacer diario para que existiera una familiarización entre las partes, es decir, una cercanía del niño con nosotros (personas extrañas) y de nosotros hacia ellos.

El punto de partida para lograrlo siempre fue una entrevista previa con el equipo directivo y terapeutas de cada entidad listada en la Tabla 4, buscando socializar el propósito del proyecto y de las actividades a realizar con los niños, de manera que se tuviera a disposición no solo a los niños con TEA sino también de los espacios y recursos que fueran necesarios para el normal desarrollo de cada actividad planeada y concertada.

En la figura 47 se pudo observar una de las primeras sesiones de entrevista realizadas con este fin.



Figura 47. Reunión de socialización de proyecto Fundación CENIDI

Una segunda actividad similar debió ser realizada con los padres de familia, o responsables de la tutoría de los niños, para la socialización de las actividades del proyecto y la consecución de los respectivos consentimientos informados que son necesarios para el cumplimiento del código de ética de investigaciones en las cuales estén involucrados menores de edad, de manera además que fueran autorizadas las tomas de fotografías y la filmación de cada una de las sesiones que se realizaran con los niños para su posterior uso dentro del estudio. Estos documentos pueden observarse en el Anexo 5.

4.3.2. Definir

Esta segunda etapa significó realmente el trabajo de campo más amplio y participativo, al requerir la asistencia a diversas actividades formativas y terapéuticas de los niños con TEA para conocer un poco más a fondo sus

características, cualidades, capacidades y alternativas de trabajo con dispositivos tecnológicos.

Para el estudio de campo contamos con once niños con TEA, con edades entre los 11 y los 17 años, con quienes se logró realizar algunas actividades de acercamiento, participación y uso de dispositivos móviles. Los detalles de la identidad de los niños vinculados al estudio se mantienen en reserva por parte del investigador principal del proyecto, de acuerdo con las políticas del código de ética definidas para el proyecto y que se puede observar en el Anexo 6.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE USUARIOS (NIÑOS CON TEA)

La información recopilada de las entrevistas realizadas durante la etapa anterior a terapeutas y padres de familia de los niños con TEA se complementa a través del diseño de un instrumento conocido como “Mapa de Empatía”.

Un mapa de empatía es un tipo de guía que generalmente es utilizado por las empresas para definir las características de sus clientes, la información recopilada mediante este instrumento comprende desde el nombre y edad hasta los gustos, frustraciones y debilidades que deberían ser resueltas [47].

Para este caso, era necesario realizar una adaptación de las preguntas orientadoras que guiaran el desarrollo del trabajo de campo y que estuvieran acordes al tipo de usuario con el que se contaba en el proyecto, esto es una persona con TEA y que además presenta dificultades intelectuales y motoras del habla. De esta manera, se esperaba contar con un instrumento de análisis ideal para la caracterización de los niños con TEA y que a su vez pudiera ser diligenciado por parte de los terapeutas en un lenguaje sencillo de interpretar.

El formato de diligenciamiento del mapa de empatía adaptado para el proyecto se puede encontrar en el Anexo 7. En la carpeta compartida que acompaña este mismo anexo se puede observar los mapas de empatía que fue posible de diseñar para algunos de los niños con TEA vinculados al estudio.

El mapa de empatía resultante para la caracterización de niños con TEA, quienes serían los futuros usuarios de las aplicaciones de software que sean desarrolladas a través de FRIDA, se puede observar en la Figura 48.

Es de resaltar que las respuestas brindadas a cada pregunta orientadora que están contenidas en el mapa de empatía fueron diligenciadas principalmente por los terapeutas que mayor conocimiento y contacto tienen con los niños, contrastada con la información suministrada por los padres de familia durante las entrevistas de la etapa anterior y además complementada con la observación realizada por nosotros mismos durante las actividades y prácticas de campo en los institutos de atención de cada niño.

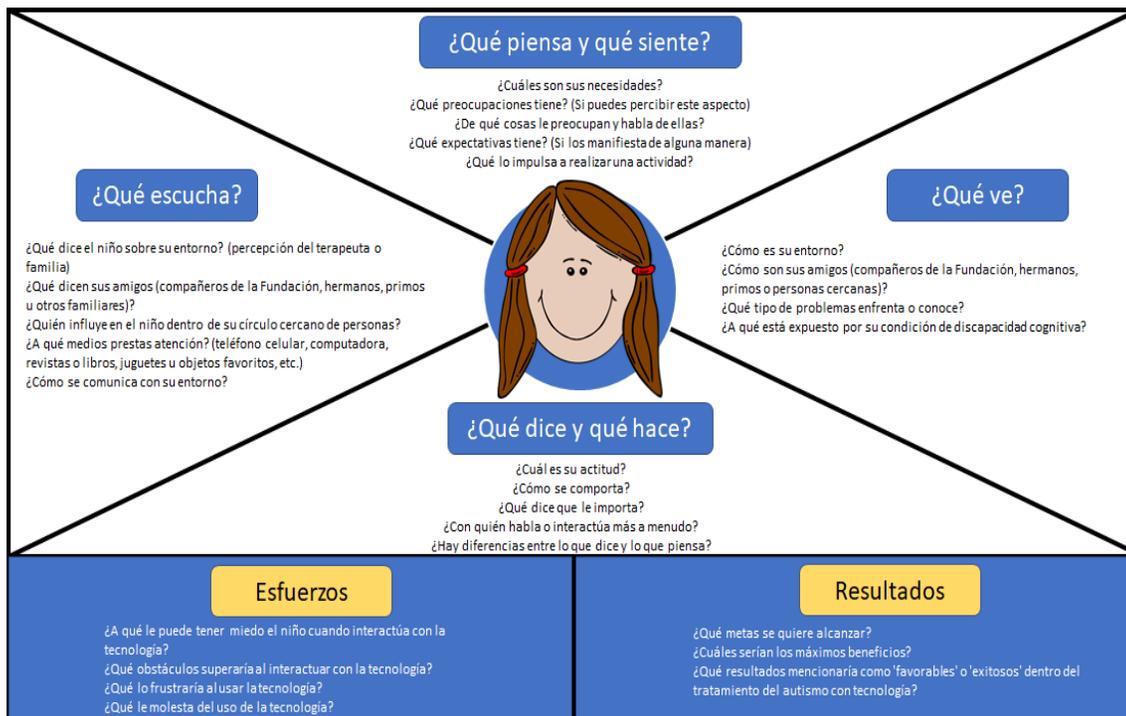


Figura 48. Mapa de Empatía para la caracterización de niños con TEA (Elaboración propia)

REACCIONES EMOCIONALES AL USO DE TECNOLOGÍA

Uno de los elementos que mayor relevancia tenía para el proyecto en esta etapa de definición de los aspectos de cada usuario es justamente cuáles son las reacciones emocionales de los niños con TEA frente al uso de tecnología. En este sentido, cuando las participaciones de los investigadores en las sesiones de terapia alcanzaron los niveles de familiaridad y confianza con los niños, se pudo introducir un elemento nuevo que correspondía al uso de dispositivo móviles, como tabletas digitales o teléfonos inteligentes, para probar el uso de software accesible en el desarrollo de algunas habilidades específicas.

Con este propósito, inicialmente se utilizaron las aplicaciones que mejores resultados arrojaron durante las actividades diagnósticas presentadas en el capítulo 1, para validar su impacto en este nuevo grupo de niños con TEA y verificar las reacciones emocionales generadas.

La técnica utilizada para documentar las reacciones emocionales de los niños con TEA frente al uso de software accesible fue la misma utilizada durante los estudio de caso diagnósticos, es decir la aplicación de técnicas y herramientas de reconocimiento facial de emociones, pero en esta oportunidad con el uso de las

Aplicaciones de software Expression AI²¹ y Emotimeter²² encontradas en la base de datos de aplicaciones de Google.

Las actividades de trabajo con los niños con TEA y el uso de software accesible fueron filmados teniendo especial cuidado de capturar las expresiones de sus rostros, para posteriormente realizar un análisis de las emociones predominantes con respecto a los elementos digitales que se estaban manipulando. Así por ejemplo, fue posible identificar qué tipo de gráficos, colores, actividades, sonidos o figuras eran las preferidas para cada niño, datos que más adelante determinan los requerimientos del software a la medida que debería ser utilizado en una aplicación personalizada.

En este punto es relevante resaltar dos elementos que resultan de suma importancia para la normal continuidad del proyecto:

1. Se debe realizar una contrastación de las emociones expresadas por el niño con TEA, y que son identificadas por el software aplicado para el reconocimiento facial, con el conocimiento que tienen los terapeutas de cada niño. Esto es importante en casos donde el nivel de TEA ha afectado la expresión facial de los niños y como consecuencia es más difícil identificar un real estado emocional.
2. Se debe realizar el levantamiento de información por cada niño de forma separada para obtener datos más precisos y que no exista influencia de otros niños en la generación de los estados emocionales que sean expresados durante el uso de las aplicaciones de software.

De esta manera además se asegura que los requerimientos funcionales que ha de tener el software para el uso personalizado por parte de cada niño sea lo más cercano posible a sus necesidades.

Algunas de las imágenes de identificación de emociones predominantes encontradas en los niños con TEA con respecto al uso de tecnología durante varias de las sesiones de trabajo de campo realizadas, puede observarse en la Figura 49.

²¹ https://play.google.com/store/apps/details?id=org.amlohapps.expression&hl=es_VE&gl=US&pli=1

²²

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.reaimagine.josem.emotimeter_facialemotionrecognizer&hl=es_CO&gl=US



Figura 49. Identificación de emociones al uso de software accesible para TEA

Finalmente, esta etapa nos permitió recopilar una serie de requisitos de usuario generados por los terapeutas, padres de familia y de los mismos investigadores que correspondían con cada uno de los niños con TEA participantes de las sesiones terapéuticas con uso de software.

Entre los hallazgos más importantes arrojados en esta etapa se tienen los siguientes aspectos:

1. Cada niño con TEA posee unas habilidades diferentes con respecto al uso de tecnología y especialmente sobre el uso de software accesible. Esto se corresponde con las características del autismo al ser considerado un espectro de síntomas que varían de una persona a otra.
2. De acuerdo con lo anterior, los requerimientos técnicos y las soluciones de software para cada caso deben ser diferenciados y diseñados a la medida de la persona.
3. Se logró identificar las características en común que deberían tener las aplicaciones de software accesible para ser utilizadas por usuario con TEA. Estas características se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Requisitos funcionales para los usuarios con TEA caracterizados

Elemento de diseño de software accesible	Nivel de existencia
Pictogramas personalizables	Alto
Sonidos ambientales y de refuerzo al habla	Alta
Ordenamiento de pictogramas	Medio
Combinación de pictogramas	Medio
Emparejamiento de pictogramas	Medio

4.3.3. Idear

Una vez se obtuvo los requerimientos funcionales de uso de software accesible para cada uno de los niños con TEA caracterizados, se continúa con la generación de ideas sobre actividades y refuerzos terapéuticos que podrían realizarse en cada caso específico.

Con este propósito, se realizan dos actividades en conjunto con los terapeutas:

A. Braindumping (Ideación individual)



Figura 50. Actividad de Braindumping con terapeutas Fundación CENIDI (Popayán)

Esta actividad consiste en generar ideas de manera individual desde el rol correspondiente a cada persona participante. En nuestro caso, la actividad se realizó con los terapeutas que más contacto tienen con cada uno de los niños con TEA relacionados al estudio: Fonoaudiólogo, Fisioterapeuta, Docente TEA y Docente de música.

Para facilitar la generación de ideas, se formularon unos retos a los terapeutas a través de preguntas que forzaran la ideación de nuevos elementos terapéuticos haciendo uso de las herramientas de software que se había probado en los niños.

Las preguntas propuestas fueron las siguientes:

- 1) Qué tipo de comportamientos o habilidades quisiera desarrollar en los niños con TEA (Por ejemplo, incrementar vocabulario, aumentar el tiempo de atención en la realización de una actividad, mejorar su

autodependencia en la realización de tareas (ponerse una camisa, ir al baño, etc.).

- 2) Qué tipo y características de imágenes o pictogramas considera debería tener un software enfocado en niños con TEA (Formas, colores, imágenes estáticas o animadas, expresión de emociones, etc.).
- 3) Qué tipo y características de sonidos considera debería tener un software enfocado en niños con TEA (Sonidos de naturaleza, instrumental suave, distintos ritmos, etc.).

Un ejemplo de la actividad de Braindumping realizada se puede observar en la Figura 50.

B. Brainstorming (Ideación grupal)



Figura 51. Actividad de Brainstorming con terapeutas Fundación CENIDI (Popayán)

Una vez se cuenta con las ideas individuales de cada terapeuta participante escritas en pequeños papeles, o póstit, ellos procedieron en orden secuencial a mencionar en voz alta cada una de sus ideas para que los demás participantes las conocieran. Durante este procedimiento, se iban agrupando las ideas que estuvieran relacionadas o que tuvieran algún grado de complemento terapéutico.

Finalmente, las ideas originales podrían ser complementadas de acuerdo con el análisis grupal realizado pensando en obtener un mejor resultado terapéutico en los niños con TEA a través del uso de software accesible a la medida de las necesidades individuales.

Un ejemplo de la actividad de Brainstorming realizada se puede observar en la Figura 51.

4.3.4. Prototipar

Durante esta etapa se espera diseñar dos aspectos tecnológicos relevantes: El framework FRIDA que incluya todos los elementos necesarios para ser reutilizados como requisitos funcionales para el diseño de software accesible para usuarios con TEA, y las aplicaciones de software con las características de accesibilidad requerida por cada usuario en particular.

Los aspectos técnicos del diseño del Framework FRIDA se detallarán más adelante, por lo cual solamente nos referiremos en este momento del proceso de diseño del software accesible para cada usuario (niños con TEA) por parte de los desarrolladores de software.

Esta etapa del Modelo Design Thinking es competencia específica de los desarrolladores de software, quienes desde la forma de trabajo de su disciplina parten de la identificación de requerimientos funcionales que debe poseer el software por diseñar. En consecuencia, los requerimientos funcionales para cada usuario caracterizado los tenemos en los resultados de los siguientes instrumentos trabajados en las etapas anteriores:

- a. Entrevistas
- b. Mapas de empatía
- c. Informes de ideación (Braindumping y Brainstorming) con terapeutas

No obstante el poder contar con esta información recopilada, se encuentra un nuevo requerimiento para el normal desarrollo del estudio. La información recopilada se encuentra en formatos graficados y redactados en lenguaje natural que es el utilizado por parte de los terapeutas y familiares de los niños con TEA, sin embargo, los desarrolladores de software esperan un listado más técnico de los requerimientos de software que debería cumplir el software a diseñar.

Para solucionar esto último, se debió recurrir a la elaboración de un formato de requerimientos de usuario en un lenguaje más técnico y sencillo que fuera fácilmente interpretado por el desarrollador para proceder con la implementación de las aplicaciones de software con las características de accesibilidad necesarias.

Es así como se diseña un instrumento que traduzca los requerimientos de usuario ya sistematizados en un lenguaje natural a una lista de chequeo específico de requerimientos tecnológicos que pueda ser fácilmente interpretado por parte de un desarrollador de software.

Este formato puede observarse en el Anexo 8 y resume los requerimientos de aspectos de diseño de las aplicaciones de software en cinco aspectos:

1. Aspectos gráficos (Interpretado del “Qué ve” del mapa de empatía)
 - Uso de pictogramas
 - Posibilidad de personalizar pictogramas
 - Interfaz de la APP minimalista (pocos objetos)
 - Texto descriptivo de pictogramas
 - Visibilidad del sistema durante navegación
 - Uso de iconografía estándar de fácil recordación
2. Sonidos o música (Interpretado del “Qué escucha” del mapa de empatía)
 - Sonido ambiental
 - Pronunciación de pictogramas
 - Sonidos de feedback preventivos
 - Sonidos de feedback positivos
3. Tipo de actividades (Interpretado del “Qué piensa y siente” del mapa de empatía)
 - Ordenamiento de pictogramas
 - Arrastrar y soltar pictogramas (Drag'n Drop)
 - Pasos limitados para realizar una actividad
4. Niveles y retos (Interpretado del “Qué dice y hace” del mapa de empatía)
 - Niveles de dificultad
 - Selección de actividades diferentes con pictogramas
5. Feedback y seguimiento (Interpretado del “Qué esfuerzos hace” del mapa de empatía)
 - Uso controlado de la APP por parte del usuario con TEA
 - Almacenamiento de resultados del usuario
 - Consulta de resultados históricos

Si bien estos elementos se pueden considerar como base para el diseño de cualquier aplicación de software dirigida a usuarios con TEA, es posible aumentar los requerimientos en cada criterio si la caracterización de una persona así lo determina.

Es importante mencionar que como paso previo se realizó una jornada de trabajo, workshop en línea a través de una sesión de Google Meet, para la capacitación de los desarrolladores en el manejo de FRIDA y la contextualización acerca del tipo de usuario para quien estaban diseñando software, es decir los niños con TEA.

Este instrumento de requisitos tecnológicos para el diseño de aplicaciones por cada usuario caracterizado fue entregado a igual número de desarrolladores con el fin

de que realizaran la práctica de utilización del framework FRIDA y lo aplicaran para el diseño del software accesible.

La experiencia requirió de dos iteraciones de diseño, es decir, la validación con usuarios de una primera versión de cada software desarrollado, el refinamiento de detalles de funcionamiento o actividades de los mismos y una subsecuente actualización del software.

La secuencia de uso de FRIDA para diseñar software accesible se puede observar en la Figura 52.

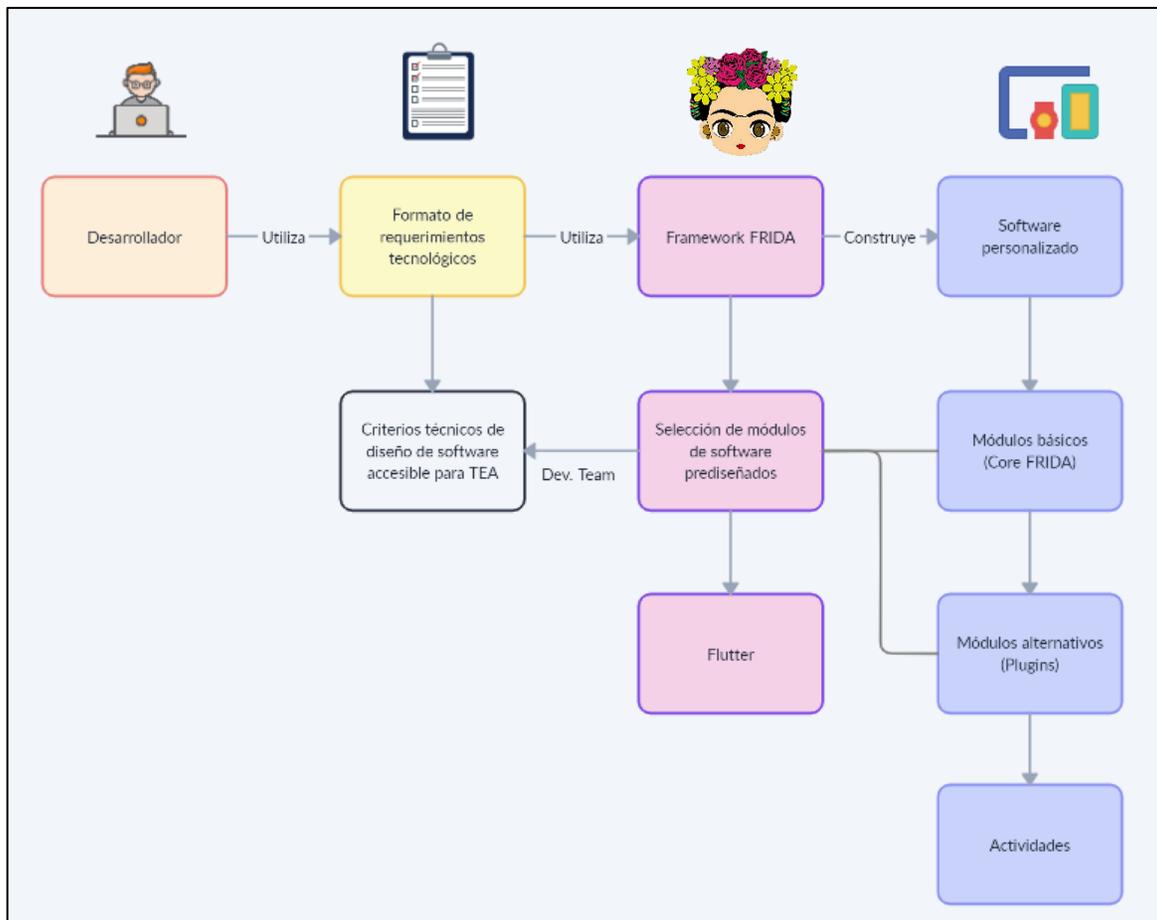


Figura 52. Secuencia de utilización de FRIDA para el diseño de software accesible (Elaboración propia)

Con la formación en el manejo de FRIDA y habiendo entregado el listado de requerimientos técnicos de cada aplicación requerida, se dio un tiempo a cada desarrollador para que pudiera diseñar su software.

Es así como se obtuvo los prototipos iniciales de aplicaciones accesibles para los primeros dos usuarios que son presentados en las figuras 53 y 54.

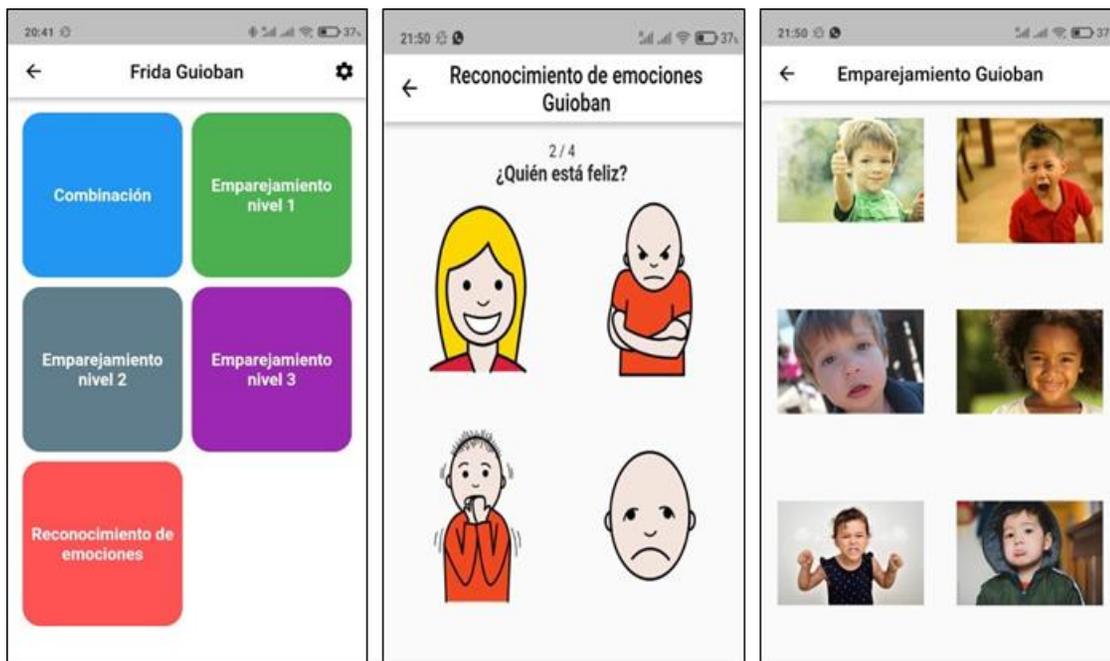


Figura 53. Ejemplo de prototipo de software accesible diseñado usando FRIDA - Usuario Guioban

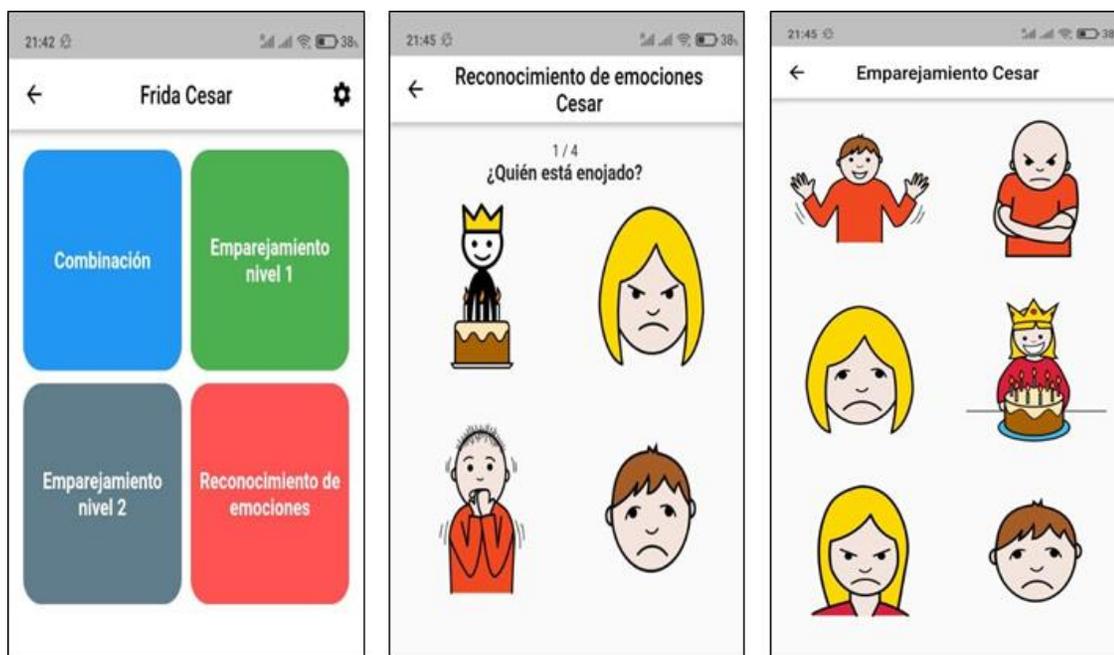


Figura 54. Ejemplo de prototipo de software accesible diseñado usando FRIDA - Usuario César

4.3.5. Testear

Las pruebas por realizar para el marco de intervención FRIDA se efectúa desde dos aspectos concretos:

1. Validación del software: Valoración del framework FRIDA como herramienta que agilice el diseño de software con características de accesibilidad dirigidas a usuarios con TEA.
2. Impacto terapéutico esperado: Desarrollo de habilidades emocionales en niños con TEA (usuarios del software diseñado).

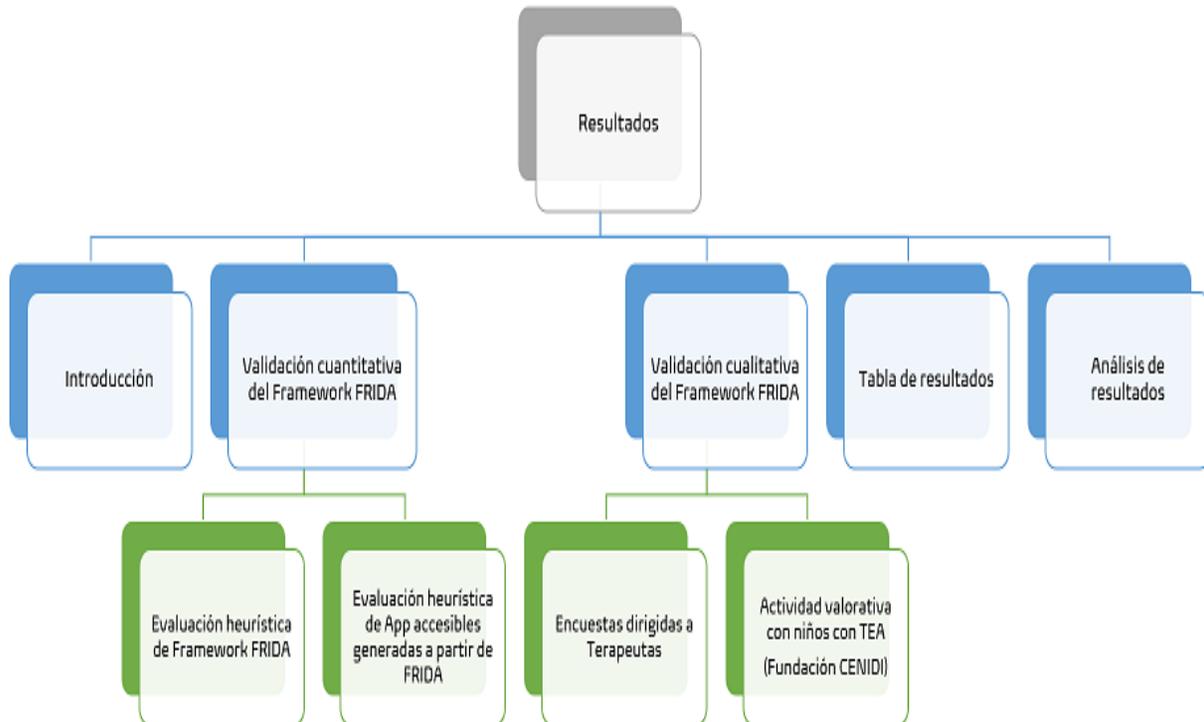
En la Tabla 16 se presenta los elementos y las técnicas consideradas para probar (testear) los resultados de la aplicación de FRIDA en el diseño de software accesible como instrumento terapéutico para los niños con TEA.

Tabla 16. Elementos de prueba (Testeo) considerados (Elaboración propia)

Aspecto por evaluar	Técnica	Descripción	Actor vinculado
Para el software: <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de Framework FRIDA • Eficacia del software diseñado a partir de FRIDA 	<ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia de FRIDA para el diseño de software accesible se mide a través de un modelo de evaluación heurística por desarrolladores expertos. • La eficacia se valida a través de los conceptos cualitativos brindados mediante encuestas por los terapeutas de los niños con TEA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración de eficiencia medida a través del tiempo de diseño requerido utilizando FRIDA respecto al tiempo de diseño sin esta herramienta. • La eficacia se evidencia mediante información cualitativa brindada por los terapeutas y las reacciones emocionales expresadas por los niños con TEA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrolladores de software expertos en diseño de aplicaciones móviles. • Terapeutas participantes en el proyecto.
Para el impacto terapéutico:	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de campo con los niños con TEA a quienes se les diseñó software a la medida de sus necesidades terapéuticas. 	Se programan sesiones de trabajo individuales con los niños con TEA para que hagan uso de las aplicaciones diseñadas especialmente para ellos y se monitorean las reacciones emocionales y sociales resultantes de cada experiencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Niños con TEA participantes. • Terapeutas participantes en el proyecto.

Los resultados de la aplicación de estos elementos de testeo serán detallados más adelante en el Capítulo 5 de este mismo documento y además pueden detallarse en los Anexos 9 y 10.

5. RESULTADOS



5.1. Introducción al capítulo

Los resultados de validación del proyecto se presentarán desde dos enfoques: uno desde la parte tecnológica, que mide la eficiencia del framework de desarrollo FRIDA para el diseño ágil de software accesible, y otro desde la validación de la efectividad del marco de intervención de personas con TEA mediante el uso de tecnología.

Para el primer aspecto de validación se propone un enfoque cuantitativo consistente en la estrategia de evaluación heurística por expertos en donde un grupo de desarrolladores de aplicaciones de software se familiarizan con el diseño de Apps utilizando el Framework FRIDA y construyen software a partir de los requisitos funcionales de usuario que fueron suministrados.

Para el caso de la validación de la efectividad de las Apps accesibles diseñadas en el paso anterior, se realizan actividades de campo con algunos niños con TEA para quienes se logre diseñar Apps accesibles a la medida de las necesidades que la caracterización haya arrojado, con el fin de identificar las reacciones emocionales

provocadas y la consecuente valoración cualitativa realizada por parte de los terapeutas. Como técnica de evaluación en este caso se propone una encuesta. Estos enfoques de evaluación se presentan en la Figura 55.

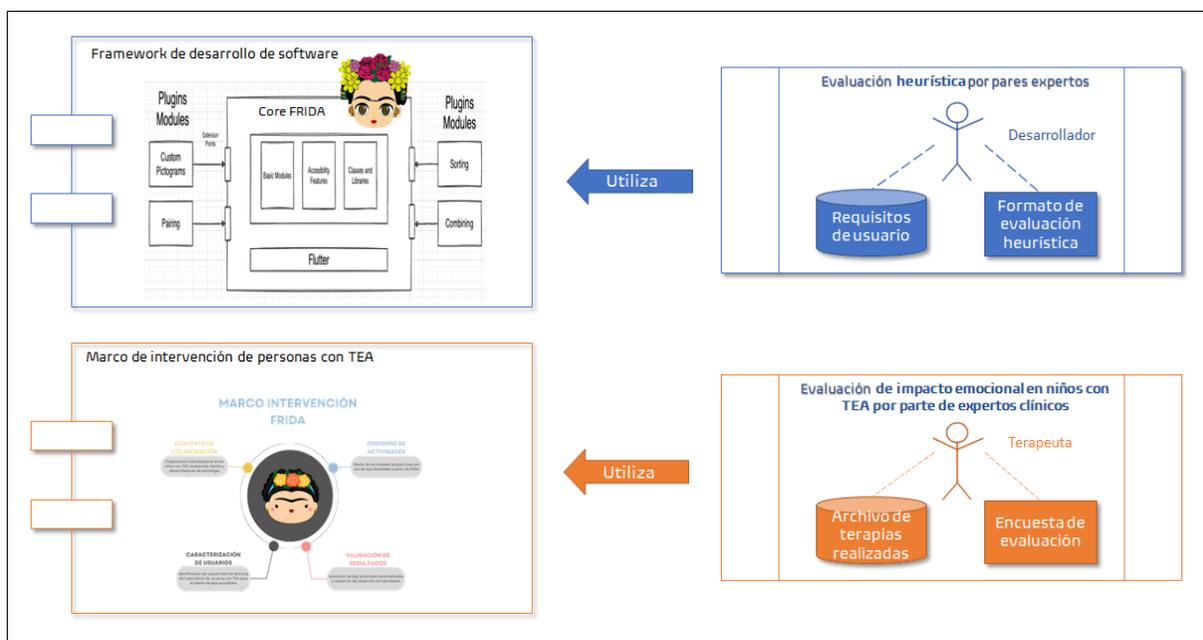


Figura 55. Esquema de validación de resultados del proyecto

A continuación detallaremos cada uno de estos esquemas de validación realizados resaltando la técnica, instrumentos y resultados encontrados.

5.2. Validación cuantitativa del Framework FRIDA

Como principio de evaluación del Framework FRIDA se tomó un criterio general, el cual es la eficiencia en el diseño de software con características de accesibilidad con respecto al mismo proceso de diseño si no se contara con esta herramienta.

La norma ISO 25000 de calidad del software, define la efectividad como “la capacidad del producto software para permitir a los usuarios alcanzar objetivos especificados con exactitud y complejión, en un contexto de uso especificado” [48], es decir, la efectividad en nuestro caso se constituye en el indicador para evidenciar si el diseño de una aplicación de software con características y herramientas para la accesibilidad de usuarios con TEA es posible de implementar en un menor tiempo con respecto al mismo proceso realizado totalmente desde el inicio, mejorando así la calidad de los productos accesibles que pudieran ser implementados por la comunidad de desarrolladores.

Con este propósito, se diseñaron dos instrumentos de evaluación que pueden observarse en el Anexo 9:

1. Formato de evaluación heurística para valoración de la efectividad del Framework FRIDA.
2. Formato de evaluación heurística para valoración de la usabilidad de las App diseñadas a partir del uso del framework FRIDA.

Los criterios de evaluación para cada caso se tomaron teniendo en cuenta las heurísticas de usabilidad de Nielsen [49]. Estos criterios son presentados en la Tabla 17 para el caso de validación de FRIDA y en la Tabla 18 para la validación de las App accesibles diseñadas a partir del uso de FRIDA.

Tabla 17. Heurísticas de validación del Framework FRIDA

Heurística	Criterio de evaluación
"Facilidad de uso": Claridad y comprensión en el uso de FRIDA para generar Apps accesibles	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguaje de programación de base amigable, familiar y cercano. • Documentación de framework base (Flutter) accesible en BD o sitios web reconocidas. • Facilidad para instanciar Apps accesibles a partir del uso de FRIDA.
"Tiempo de diseño": Ganancia de tiempo de diseño e implementación de Apps accesibles	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro en tiempo de diseño de software para módulos reutilizables.
"Acceso a FRIDA": Facilidad de acceder y utilizar la APP	<ul style="list-style-type: none"> • FRIDA es accesible fácilmente a través de repositorios de aplicación para dispositivos móviles. • FRIDA no tiene costo para descarga, al menos en su versión básica para el uso por desarrolladores de software.

Tabla 18. Heurísticas de validación de Apps diseñadas a partir de FRIDA

Heurística	Criterio de evaluación
"Facilidad de uso": Claridad y comprensión en el uso de la aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Las representaciones en la interfaz son análogas a los aspectos del mundo real. • Las palabras, frases y conceptos son familiares y apropiados para el niño con TEA. • La información aparece en un orden lógico y natural. • Se evidencia un manejo coherente e intuitivo en todas las fases de la aplicación.
"Estética y diseño minimalista": Uso de la información claro en la aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Los colores de la aplicación presentan buen contraste y son agradables a la vista de los diferentes usuarios. • La calidad de las figuras y representaciones gráficas presentadas son fieles a los objetos homólogos del mundo real.
"Operatividad": Reconocimiento, y recuperación de errores	<ul style="list-style-type: none"> • Los mensajes de error (fallo en una tarea) son entregados en un lenguaje claro y simple

- Control de la aplicación, método de seguridad para impedir a los niños realizar un cambio o acceder a contenido no adecuado para ellos

Para el diligenciamiento de cada uno de estos formatos, se invitó a un número impar de expertos en desarrollo de software para dispositivos móviles, que recibieron una capacitación previa en línea sobre el uso adecuado del Framework FRIDA desarrollado dentro del proyecto, y además les fue entregado un documento con el listado de requerimientos de software correspondiente a la caracterización de los niños con TEA participantes.

Durante la sesión inicial, se presentó un formulario dirigido expresamente a los desarrolladores de software para indagar sobre su conocimiento sobre el TEA, de igual forma se realizó un video explicativo con lo esencial del tema, después se pidió que contestaran preguntas relacionadas al diseño de software accesible para usuarios con TEA.

Una vez contestadas estas preguntas se les presentó el framework FRIDA, con una conceptualización del propio framework, además de los módulos que los componen y cómo estos ayudaban a generar de una manera más rápida aplicaciones accesibles para los usuarios con TEA.

A partir de este momento, los tres desarrolladores seleccionados contaban con libertad de tiempo, pero contabilizado dentro del proyecto, para realizar el diseño de una App que cumpliera con los requerimientos funcionales que les había sido presentados. Al finalizar con esta implementación, cada desarrollador invitado nuevamente se reunía con el equipo del proyecto para validar el cumplimiento de requerimientos básicos solicitado y socializar la experiencia de uso del framework FRIDA. Una de las sesiones realizadas con desarrolladores de software puede observarse en la Figura 56.

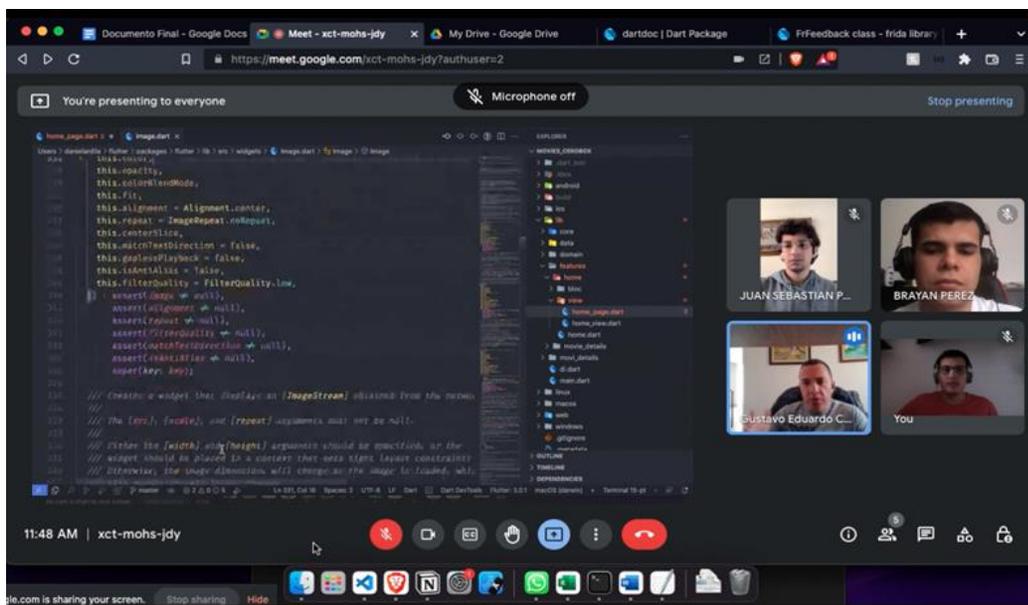


Figura 56. Sesión de validación en línea de Framework FRIDA por desarrollador

De forma paralela a esta actividad, se invitó a otros tres desarrolladores para que estimaran el tiempo que tardarían en diseñar una App accesible con las mismas características.

La información del tiempo destinado para el diseño de las App accesibles con los dos grupos de desarrolladores de software se recolectó mediante una encuesta en línea donde se hizo una serie de preguntas con el objetivo de recolectar la información.

En las preguntas realizadas se recopilaron los siguientes datos:

- Tiempo estimado para desarrollar una aplicación teniendo en cuenta el documento de requisitos compartido.
- Tiempo para desarrollar un módulo de seguridad para poder ingresar a la configuración de la aplicación.
- Tiempo que tomaría desarrollar un módulo que permita emparejar pictogramas.
- Tiempo que tomaría desarrollar un módulo que permita reconocer las expresiones emocionales faciales al interactuar con un conjunto de pictogramas que aparecen en la pantalla.

De acuerdo con las respuestas recibidas, se evidencia una reducción significativa en el tiempo de desarrollo de cada módulo solicitado para las aplicaciones de software accesible solicitadas, tal como se presenta en la Figura 57.

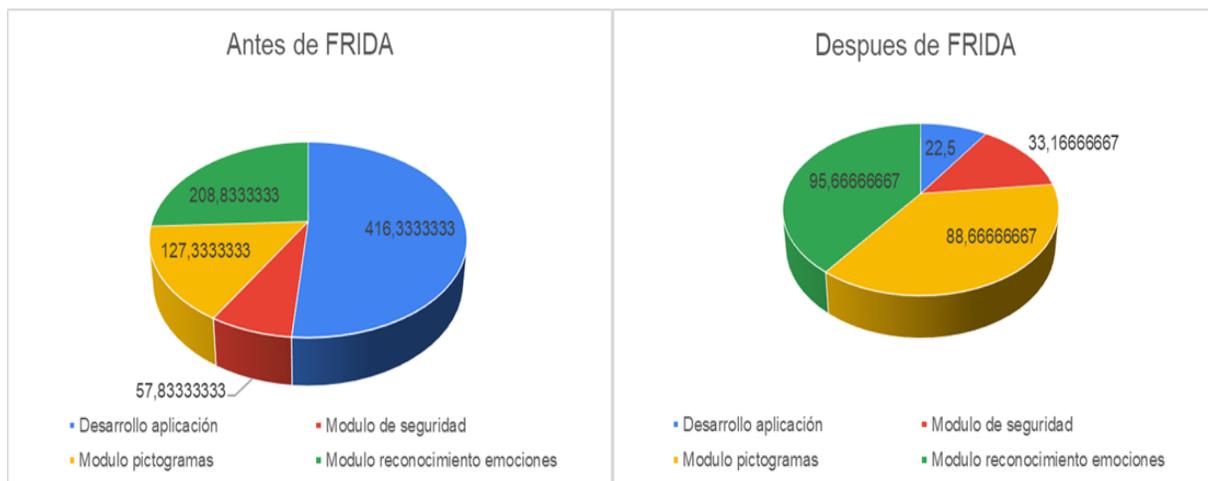


Figura 57. Tiempos de diseño de software accesible Sin y Con uso de FRIDA

La revisión comparativa de los tiempos en horas estimados por los desarrolladores para la implementación de aplicaciones de software con características de

accesibilidad dirigidas a los usuarios con TEA que fueron caracterizados y para quienes se entregó un formato de requisitos funcionales se presenta en la Figura 58.

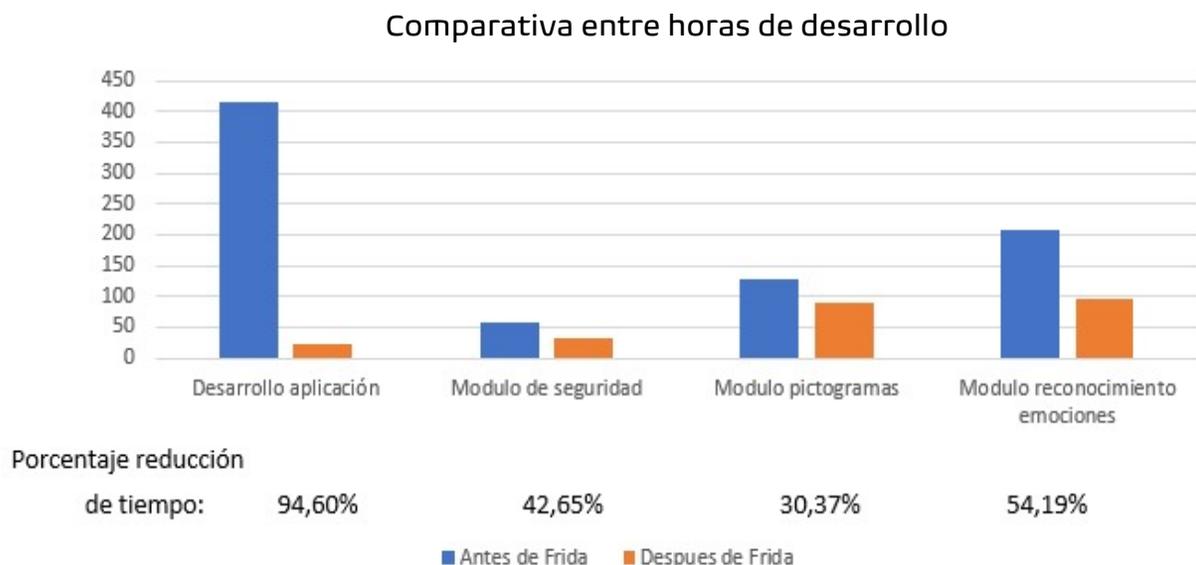


Figura 58. Comparativa de tiempos de desarrollo de App accesibles Sin/Con FRIDA

En esta gráfica podemos evidenciar que los tiempos de desarrollo de software accesible para usuarios con TEA se reduce significativamente, demostrando que FRIDA aporta gran eficiencia al proceso de desarrollo de aplicaciones con características de accesibilidad.

Los porcentajes de reducción de los tiempos de diseño de cada aspecto considerado para este caso se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. Porcentaje de reducción de tiempos de desarrollo usando FRIDA

Aspectos evaluados	Porcentaje de reducción de tiempo
Tiempo de desarrollo de las aplicaciones	94,6%
Implementación de un módulo de seguridad para la aplicación	42,6%
Implementación de un módulo de trabajo con pictogramas	30,3%
Implementación de un módulo de reconocimiento de emociones	54,1%

Esta información presentada, coincide significativamente con los resultados del proceso de evaluación heurística por expertos realizada al Framework FRIDA, donde se encontraron resultados positivos para cada criterio de validación solicitado. A continuación se presentan las gráficas de valoración para las tres heurísticas mencionadas en la Tabla 17.

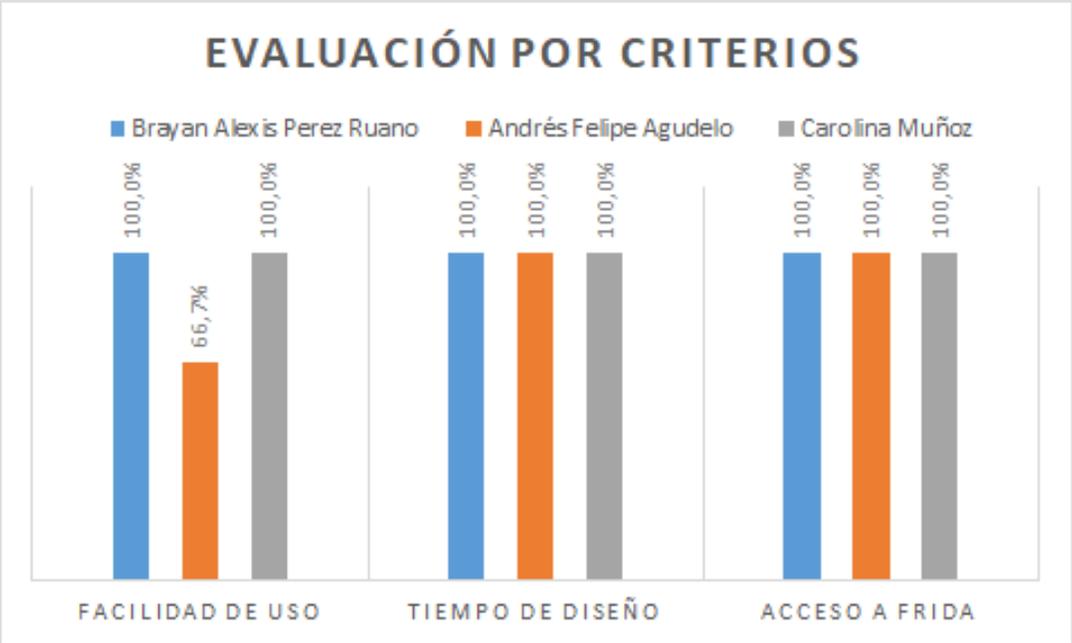


Figura 59. Valoración por criterios para framework FRIDA

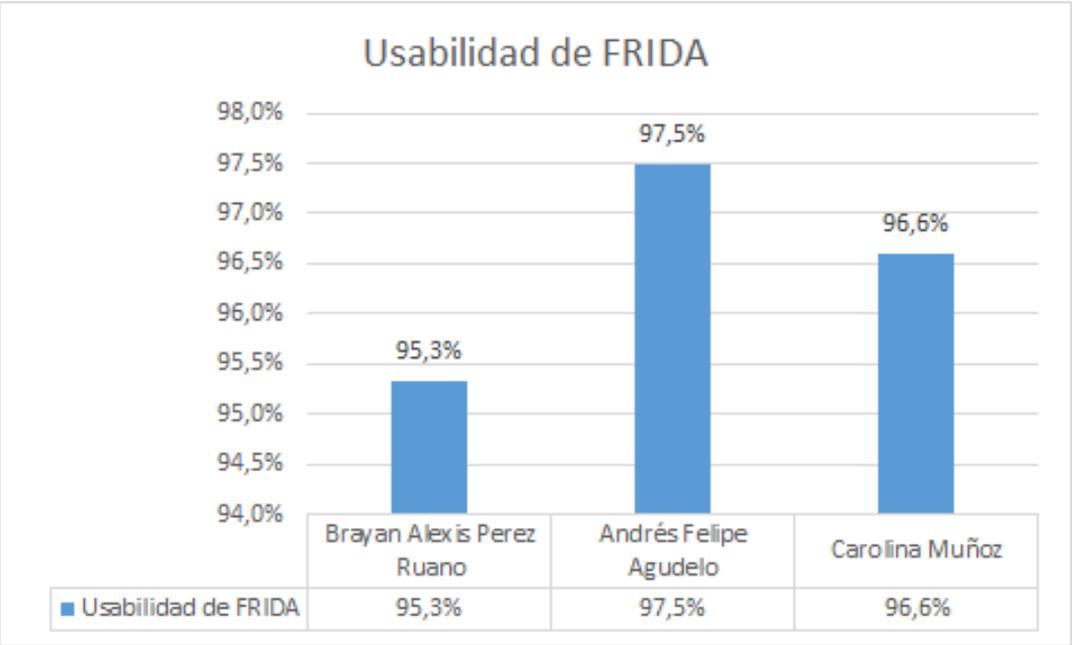


Figura 60. Porcentaje de usabilidad de Framework FRIDA

La evaluación por cada uno de los criterios, presentados en la Figura 59, evidencia las ventajas encontradas por los expertos desarrolladores en cuanto al diseño de software accesible mediante el uso de FRIDA, generando además un porcentaje de usabilidad alto desde su criterio de valoración, tal como se presenta en la Figura 60.

Con estos datos obtenidos se está dando alcance al logro de los dos primeros objetivos propuestos para el proyecto.

5.3. Validación cualitativa del Marco de intervención

Por viabilidad de realización y además por la disposición de los niños con TEA que se habían caracterizado en las etapas anteriores, la validación cualitativa del Marco de Intervención de personas con TEA haciendo uso de software accesible diseñado a partir del uso de FRIDA se realizó en la Fundación CENIDI de la Ciudad de Popayán.

Con este propósito, se programaron varias sesiones de prueba con los niños con TEA que había sido caracterizados en esta Fundación y para quienes los desarrolladores participantes de las pruebas de FRIDA habían diseñado software accesible. Específicamente, las sesiones consistían en incluir dentro de las jornadas terapéuticas de los niños un espacio para la interacción con las App diseñadas para cada uno de ellos. Esto se hizo por separado con cada niño y en espacios controlados, buscando no sesgar los comportamientos y las reacciones emocionales generadas a partir del uso del software.

Al finalizar el proceso de iteraciones y el trabajo con los niños dentro del tiempo del proyecto se decidió pedirles a diferentes miembros de la fundación y que trabajan directamente con los niños con TEA y con otras discapacidades llenar un formulario con información personal y su opinión acerca del uso software en el contexto terapéutico.

Las preguntas, con aspectos cualitativos del proceso terapéutico innovado a partir de la vinculación del software accesible personalizado para cada niño con TEA, fueron las siguientes:

Pregunta 1:

¿Considera usted que la vinculación de software diseñado especialmente para usuarios (niños) con Trastorno de Espectro del Autismo facilita el desarrollo o fortalecimiento de habilidades emocionales y sociales?

Pregunta 2:

¿Vincularía software accesible en los siguientes procesos de tratamiento de niños con Trastorno de Espectro del Autismo?

Las respuestas brindadas por los terapeutas a estas preguntas pueden observarse en el Anexo 10 y se resumen en las Figuras 61 y 62.



Figura 61. Percepción del uso de software accesible en el tratamiento del TEA



Figura 62. Intención de vinculación de software accesible al tratamiento del TEA

Las respuestas brindadas por los Terapeutas de la Fundación CENIDI, quienes evidenciaron y participaron de manera colaborativa en la mayoría de las actividades del proyecto de investigación, encuentran grandes ventajas en la vinculación de

software accesible en los procesos de tratamiento del TEA, además de observar el desarrollo de habilidades emocionales y sociales en los niños que participaron de las prácticas de uso de las App diseñadas a partir del uso de FRIDA.

Finalmente, el proceso de validación cualitativa de las aplicaciones de software diseñadas a partir del uso de FRIDA se sometió a una valoración más que evidente y consistía en buscar la valoración del estado emocional de los mismos niños con TEA posterior al uso del software construido para cada uno de ellos.

Para esto, se realizó una sesión adicional con dos de los niños de la Fundación CENIDI bajo los mismos criterios de las pruebas anteriores, es decir, por separado con cada niño y en espacios controlados. La diferencia estaba en que en esta oportunidad al finalizar las actividades de uso de las App accesibles personalizadas se le pedía a cada niño que indicaran cómo se sentían y que lo expresaran a través de una expresión facial o señalando su emoción inmediata a través de los pictogramas de la misma aplicación o de una hoja de papel con las emociones dibujadas. Como era evidente a simple vista, los resultados fueron favorables corroborando las respuestas brindadas por el equipo de terapeutas.

Con estos datos obtenidos se está dando alcance al logro del tercer objetivo propuesto para el proyecto.

Algunas de las imágenes de esta sesión de verificación de los estados emocionales en los niños con TEA, al hacer uso del software personalizado para ellos se puede observar en la Figura 63.



Figura 63. Expresiones emocionales en niños con TEA post uso de software accesible personalizado

5.4. Tabla de resultados

Con el fin de visualizar más concretamente el cumplimiento de los objetivos alcanzados durante el desarrollo del proyecto, en la Tabla 20 se listan tanto las acciones realizadas como los productos obtenidos.

Tabla 20. Tabla de cumplimiento de objetivos propuestos

Objetivo	Acciones realizadas	Productos obtenidos
<p>OE1. Clasificar las características de diseño de aplicaciones accesibles más relevantes para el desarrollo de habilidades sociales en niños con autismo.</p>	<p>Fase uno del doctorado:</p> <p>Estudio de características funcionales de software accesible para uso en procesos terapéuticos de personas con TEA.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Publicación del artículo "Use of HCI for the development of emotional skills in the treatment of Autism Spectrum Disorder: A systematic review" en las conferencias de la IEEE en el marco del 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Coautores: Dr. Cesar Collazos (Unicauca -Colombia) y el Dr. Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal). ISSN: 978-1-5386-4885-8, ISSN (Electrónico): 978-989-98434-8-6. DOI: 10.23919/CISTI.2018.8399209 Enlace: https://ieeexplore.ieee.org/document/8399209/ 2. Artículo publicado y ponencia en Simposio Doctoral: "Uso de la gamificación para el desarrollo de habilidades de inteligencia emocional: Una aproximación teórica y experiencial" en las IV Jornadas de Interacción Humano-Computador. Editorial Universidad Autónoma de Occidente. Red Iberoamericana de HCI –HCI COLLAB. 3. Artículo publicado en World Conference on Information Systems and Technologies: "The gamification in the design of computational applications to support the autism treatments: an advance in the state of the art". Editorial Springer. 4. Tesis de Maestría en Computación Universidad del Cauca. Proyecto "Estudio de características funcionales de software accesible para uso en procesos terapéuticos de personas con TEA". 2020. 5. Publicación de artículo y presentación oral "Study of functional characteristics of inclusive software to support the treatment of autism spectrum disorder". Centro Latinoamericano de Estudios en Informática -CLEI 2020.

		<p>6. Reconocimiento de Concurso de Tesis de Maestría “Study of functional characteristics of inclusive software to support the treatment of autism spectrum disorder”. Centro Latinoamericano de Estudios en Informática - CLEI 2020. (Anexo 15).</p>
<p>OE2. Diseñar un framework para el desarrollo de aplicaciones accesibles que fortalezcan las habilidades sociales en niños con autismo.</p>	<p>Fase dos del doctorado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño tecnológico del Framework FRIDA para el desarrollo de software accesible para el TEA. 2. Diseño de marco de intervención FRIDA para atención de personas con TEA haciendo uso de software accesible. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Publicación de artículo "Recommendations for the design of inclusive apps for the treatment of autism" Coautores: PhD. Fernando Moreira (Universidad Potucalense – Portugal), PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí). Publicado y presentado en la XV Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información -CISTI 219. Enlace web: http://cisti.eu/index.php?lang=es 2. Publicación de artículo "Heuristic evaluation for the assessment of inclusive tools in the Autism treatment". Coautores: PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí), PhD. Daniyal M. Alghazzawi (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí). Publicación y presentado en XXII Conferencia Internacional Sobre Interacción Humano-Computador. Enlace: http://2020.hci.international/ 3. Publicación de artículo “Architecture Models for Inclusive Computational Applications, in the Treatment of Autistic Spectrum Disorder-ASD”. Coautores: PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí), PhD. Daniyal M. Alghazzawi (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí). Publicación y presentado en International Conference on Learning and Collaboration Technologies 2018. 4. Publicación de artículo “Framework for the design of accessible software applications oriented to the treatment of autism”. Codirectores: Ing. Daniel Enrique Ardila Gutierrez (Unicauca - Colombia), Ing. Juan Sebastian Parra Reyes (Unicauca - Colombia), PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia). 6o. Workshop on ICTs for improving patients rehabilitation research techniques - REHAB2022. 5. Formulación y dirección de proyecto de grado (Nivel Pregrado) en Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Cauca (Horas de práctica docente dentro del Doctorado en Ciencias de la Electrónica). (Anexo 17)

		<p>6. Framework de desarrollo FRIDA (Anexos 8, 9, 11, 12, 13)</p> <p>7. Marco de intervención transdisciplinar de FRIDA para la atención de niños con TEA haciendo uso de software accesible (Anexos 7, 10, 13)</p>
<p>OE3. Evaluar el desarrollo de habilidades sociales en niños con autismo de la Fundación CENIDI, mediante métricas e indicadores de accesibilidad aplicados al software inclusivo realizado.</p>	<p>Fase dos del doctorado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de la estrategia e instrumentos de evaluación de la eficiencia del Framework de desarrollo FRIDA. 2. Definición de la estrategia e instrumentos de evaluación de la eficacia del Marco de intervención de personas con TEA de FRIDA. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Publicación de artículo “Recommendations for the design of inclusive apps for the treatment of autism: An approach to design focused on inclusive users”. Publicado y presentado en la XV Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información -CISTI 2020. Coautores: PhD. Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal), PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí). 8. Publicación de artículo “Heuristic Evaluation for the Assessment of Inclusive Tools in the Autism Treatment”. Publicado en Universal Access and Inclusive Design, Conferencia Internacional Sobre Interacción Humano-Computador. Coautores: PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí), PhD. Daniyal M. Alghazzawi (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí). Enlace: http://2020.hci.international/ 2. Instrumentos de evaluación heurística del Framework FRIDA y de las App accesibles diseñadas a partir de su uso. (Anexos 9, 10) 3. Instrumento de evaluación del impacto del uso de software accesible en el tratamiento de niños con TEA. (Anexo 10)
<p>OE4. Elaboración de informe final del proyecto y socialización de resultados.</p>	<p>Fases uno y dos del doctorado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Creación de productos de generación de nuevo conocimiento: <ol style="list-style-type: none"> a. Artículos de evento b. Artículo de revista indexada c. Ponencias d. Conferencias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Publicación y presentación de artículo “Framework for the design of accessible software to support users with autism A proposal oriented from the HCI” en Simposio Doctoral de la Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información -CISTI 2022. Coautores: PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Susana Bautista (U. Francisco de Vitoria – España), PhD. Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal). 2. Publicación de artículo “FRIDA, a Framework for Software Design, Applied in the Treatment of Children with Autistic Disorder” en Revista Q1 Sustainability. Coautores: PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Susana

	<p>2. Creación de productos de desarrollo tecnológico:</p> <p>a. Registros de software</p>	<p>Bautista (U. Francisco de Vitoria – España), PhD. Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal).</p> <p>3. Registro de software del Framework FRIDA ante Dirección Nacional de Derechos de Autor de Colombia. Registro No. 1-2022-85092 de la oficina de Registro Nacional de Derechos de Autor de Colombia. (Anexo 16)</p>
--	--	---

Relación de publicaciones realizadas

A continuación en la Tabla 21 se relacionan únicamente las publicaciones generadas durante el desarrollo de la tesis doctoral.

Tabla 21. Relación de publicaciones realizadas

Título	Autor(es)	Evento	Revista	Nombre
Use of HCI for the development of emotional skills in the treatment of Autism Spectrum Disorder: A systematic review	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar Collazos (Unicauca – Colombia); PhD. Fernando Moreira (Universidad Potucalense – Portugal)	X		13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI).
Uso de la gamificación para el desarrollo de habilidades de inteligencia emocional: Una aproximación teórica y experiencial	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.	X		IV Jornadas de Interacción Humano-Computador. Editorial Universidad Autónoma de Occidente.
The gamification in the design of computational applications to support the autism treatments: an advance in the state of the art	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar Collazos (Unicauca – Colombia); PhD. Fernando Moreira (Universidad Potucalense – Portugal)	X		World Conference on Information Systems and Technologies.
Study of functional characteristics of inclusive software to support the treatment of autism spectrum disorder	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.	X		Centro Latinoamericano de Estudios en Informática - CLEI 2020

Recommendations for the design of inclusive apps for the treatment of autism	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Fernando Moreira (Universidad Potucalense – Portugal), PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí)	X		XV Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información -CISTI 219.
Heuristic evaluation for the assessment of inclusive tools in the Autism treatment	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí), PhD. Daniyal M. Alghazzawi (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí)	X		XXII International Conference on Human-Computer Interaction.
Architecture Models for Inclusive Computational Applications, in the Treatment of Autistic Spectrum Disorder-ASD	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí), PhD. Daniyal M. Alghazzawi (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí)	X		International Conference on Learning and Collaboration Technologies 2018.
Framework for the design of accessible software applications oriented to the treatment of autism	Ing. Daniel Enrique Ardila Gutierrez (Unicauca - Colombia); Ing. Juan Sebastian Parra Reyes (Unicauca - Colombia); PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia)	X		60. Workshop on ICTs for improving patients rehabilitation research techniques -REHAB2022.
Recommendations for the design of inclusive apps for the treatment of autism: An approach to design focused on inclusive users	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal), PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Habib M. Fardoun (University Jeddah Saudi – Arabia Saudí).	X		XV Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información -CISTI 2020.
Framework for the design of accessible software to support users with autism A proposal	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Susana Bautista (U. Francisco de Vitoria – España), PhD.	X		Simposio Doctoral de la Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información -CISTI 2022.

oriented from the HCI	Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal).			
FRIDA, a Framework for Software Design, Applied in the Treatment of Children with Autistic Disorder	PhD. (C) Gustavo E. Constain M.; PhD. Cesar A. Collazos (Unicauca – Colombia), PhD. Susana Bautista (U. Francisco de Vitoria – España), PhD. Fernando Moreira (U. Portucalense -Portugal).		X	Revista Q1 Sustainability.

5.5. Análisis de resultados

A lo largo del estudio se pudo verificar las afirmaciones encontradas por distintos autores consultados durante el estado del arte con relación a la necesidad de personalizar la identificación de las características físicas y cognitivas de una persona con padecimiento del Trastorno de Espectro Autista para formular actividades de tratamiento acordes a su condición personal. En el mismo sentido se requiere contar con instrumentos adecuados para facilitar un proceso de tratamiento enfocado en el desarrollo o fortalecimiento de habilidades emocionales y sociales igualmente acordes a las condiciones de la persona. Esto mismo se aplica al uso de software dentro de los procesos de tratamiento, además de las ventajas lúdicas que por sí mismo genera la tecnología.

La primera fase del proyecto permitió obtener las características funcionales que debe tener el software accesible que sea utilizado en tratamientos del Trastorno de Espectro del Autismo, de manera que genere resultados favorables para el desarrollo de habilidades emocionales, especialmente en niños con el mismo rango de edad en que se realizó el experimento; sin embargo, de acuerdo con las experiencias presentadas por [50], [51] y [52] el diseño de las soluciones obtenidas (en nuestro caso software con características de accesibilidad) debe ser construido a la medida de las condiciones cognitivas y físicas de quien lo vaya a utilizar, determinado por una valoración individual de cada niño con TEA por parte de un equipo interdisciplinar donde se encuentren los terapeutas y desarrolladores de software, y por lo tanto la personalización de las funciones del software debe ser posible de realizar.

Acorde con [41] dos de las habilidades que mayormente deben fortalecerse en niños con TEA y que son favorables de trabajar a través del uso de software son el Autoconocimiento (de su condición emocional) y las habilidades sociales. Por tanto, las aplicaciones de software que sean construidas a partir del Framework FRIDA (o inclusive en desarrollos de software independientes) deben considerar el manejo de estas habilidades. En el mismo sentido anterior, los desarrollos tecnológicos que sean vinculados a los procesos de tratamiento del TEA deberían articularse con los programas de tratamiento y educación que han demostrado buenos niveles de

efectividad [53] y no ser solamente desarrollos aislados generados por iniciativa exclusiva del desarrollador de software.

La siguiente etapa del proyecto, permitió la adaptación de los modelos de pensamiento de diseño (Proceso de investigación de usuario de Design Thinking) para el diseño colaborativo del framework FRIDA (trabajado con equipos de desarrolladores de software) y de las actividades terapéuticas que hagan uso del software accesible desarrollado (trabajado con terapeutas expertos en el manejo de personas con TEA).

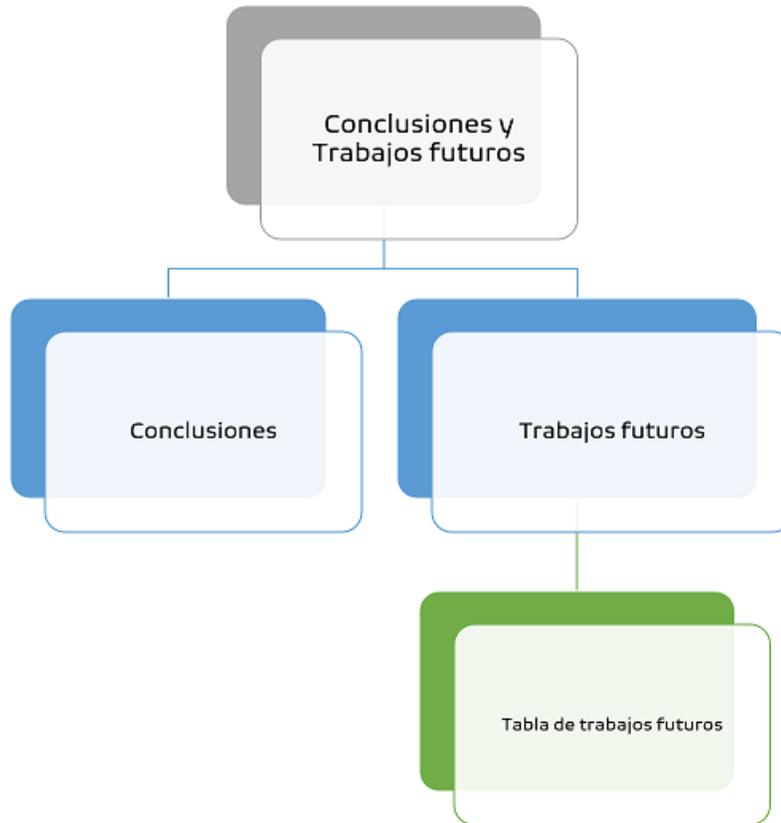
Por lo anterior se resalta los procesos de ingeniería de la colaboración aplicados durante el proyecto para articular los conocimientos del grupo investigador a los de los terapeutas expertos en el manejo del Trastorno Autista y de los expertos en desarrollo de software e inclusive los familiares de niños TEA. Lo anterior garantiza que los desarrollos de software se logren mediante enfoques de diseño centrado en el humano y nociones de accesibilidad.

Esta parte del proyecto, que fue la de mayor duración por la necesaria articulación de equipos de trabajo, permitió obtener el modelo y desarrollo del Framework FRIDA que permita que los desarrolladores de software diseñen aplicaciones enfocadas en usuarios con Trastorno Autista de manera más ágil y enfocadas hacia las necesidades de fortalecimiento de habilidades emocionales que mayor relevancia tienen para sus procesos terapéuticos y alcanzar así mayores posibilidades de adaptación a las actividades sociales y por supuesto aportando al mejoramiento de su calidad de vida.

Finalmente, la última parte del proyecto formula los métodos e instrumentos que podrían ser utilizados para evaluar el impacto que puede tener el Framework FRIDA desde lo disciplinar tecnológico (instrumentos para la evaluación heurística del framework de desarrollo y de las múltiples aplicaciones que puedan ser construidas a partir de él) como de los cambios en las habilidades emocionales en los niños con autismo (adaptación de los instrumentos de valoración utilizados en las terapias convencionales realizadas por los terapeutas).

Con todo lo anterior, se puede comprobar afirmativamente el logro de la hipótesis de trabajo de la investigación al evidenciar que la definición de un framework para el diseño de aplicaciones de software accesible si facilita el desarrollo de software enfocado al fortalecimiento de habilidades sociales en niños con autismo.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS



6.1. Conclusiones

El diseño de software con características de accesibilidad dirigido a usuarios con TEA se ve facilitado por la existencia de un marco de recomendaciones para la identificación de los requerimientos de los usuarios (caracterización sugerida a través del método de investigación de usuarios Design Thinking), mientras que el uso del FRIDA Framework genera la arquitectura de software para cada aplicación heredada y agiliza la configuración de dicho software según los detalles de cada usuario en particular. Por lo tanto, siempre se recomendará la interacción interdisciplinaria entre terapeutas y desarrolladores de software para lograr mejores resultados.

La sensibilización social de la iniciativa FRIDA en diferentes países de América Latina, y otros países con profesionales de habla hispana, demuestra el interés en su uso por parte de las comunidades terapéuticas que trabajan con TEA debido a la innovación

demostrada en los procesos de uso de la tecnología. Además, se logró generar interés por los logros en cuanto al desarrollo de herramientas terapéuticas que contribuyen al fortalecimiento de las habilidades emocionales y sociales en los niños con este trastorno. De igual manera, las comunidades de desarrollo de software han mostrado interés en vincular el software accesible como una de sus líneas de trabajo actuales y con el mercado potencial de este tipo de productos. Incluso los padres de niños con TEA han manifestado la necesidad de contar con estos desarrollos para mejorar la calidad de vida de estas personas a través de la mejora emocional y los niveles de interacción social.

Lo anterior ha sido recopilado a través de encuestas abiertas compartidas entre comunidades de terapeutas expertos en el manejo de TEA, familiares de estas personas y desarrolladores de software, con quienes aún se continúa validando los impactos del uso de FRIDA en personas con autismo.

El desarrollo de habilidades emocionales y sociales en personas con TEA se favorece al vincular el uso de software con características de accesibilidad a su proceso terapéutico, configurado para las condiciones cognitivas y posibilidades de usabilidad de dicho usuario. Lo anterior debe garantizarse a través de procedimientos de caracterización de cada usuario, de manera que se identifiquen las capacidades cognitivas de la persona con TEA y los elementos de accesibilidad que mejor pueden transmitir el desarrollo emocional a partir de la planificación terapéutica realizada por expertos clínicos.

La investigación se llevó a cabo bajo modelos de estudio de caso con diferentes unidades de análisis (niños entre 7 y 17 años en el momento del estudio) con quienes se trabajaron diversas actividades adaptadas del modelo Design Thinking, las actividades recreativas de tratamiento del proyecto ARASAAC, y procesos de co-diseño de la arquitectura de software para el Framework FRIDA que se propone y valida dentro de las actividades descritas en este documento. Para obtener un mayor complemento de los resultados obtenidos, se recomienda replicar la experiencia con varios casos de niños con Trastorno de Autismo siguiendo los pasos de caracterización previa de sus condiciones de discapacidad cognitiva, las posibilidades de usabilidad de los dispositivos tecnológicos (Tabletas digitales o teléfonos inteligentes) y el acompañamiento de expertos en el manejo de TEA que validan los cambios emocionales y sociales logrados al final de cada experiencia de usuario.

Se debe evaluar el entorno del niño (usuario con TEA), el nivel de conocimiento de los padres sobre el TEA y su compromiso con el niño, y las formas que utilizan para manejar la situación. Lo anterior sirve para caracterizar las funciones que debe contener un software diseñado como instrumento terapéutico para cada usuario (niño con TEA). En este sentido, es importante monitorear el marco de recomendaciones propuesto, junto con el uso del framework de diseño FRIDA, para obtener software con características de accesibilidad que logren mejores resultados en las iniciativas terapéuticas existentes.

Finalmente, se espera continuar validando el marco FRIDA con otras personas diagnosticadas con TEA de diferentes países para aumentar sus posibilidades de diseño de software accesible y su aplicación en los procesos de tratamiento de este síndrome, así como continuar profundizando en la estrategia para el desarrollo de habilidades emocionales o sociales en otros tipos de discapacidad cognitiva.

6.2. Trabajos Futuros

Si bien el presente proyecto logra dar respuesta a la pregunta de investigación planteada y confirma la hipótesis inicial establecida para el estudio, es importante resaltar que aún es posible profundizar en muchos aspectos del uso de tecnología, y especialmente software con características de accesibilidad, en los procesos de tratamiento de personas con Trastorno de Espectro del Autismo.

Los aspectos en los cuales se pretende profundizar pueden diferenciarse de acuerdo con los momentos ejecutados durante el desarrollo del proyecto de la siguiente manera:

5.2.1. Diagnóstico de uso de tecnología en personas con TEA

Con este propósito es pertinente probar con diferentes técnicas y herramientas que desde la Interacción Humano-Computador se pueda brindar para realizar diagnósticos más precisos a las personas con TEA, de manera que la identificación de requerimientos de usuario para el diseño de software accesible sea lo más completa y certera posible.

En este sentido se puede probar alternativas como:

- Uso de técnicas de mapa de calor para identificar las áreas de mayor fijación en pantalla por parte de usuarios con TEA durante los cortos tiempos de concentración en las actividades propuestas.
- Pruebas de usuario para la identificación de diseños más accesibles y con interfaces personalizables de manera que una aplicación de software se adapte fácilmente a los requerimientos de distintos usuarios con TEA.
- Uso de realidad virtual (VR) Inmersiva y No-Inmersiva en los procesos de desarrollo de habilidades emocionales y sociales en personas con TEA.

5.2.2. Diseño de componentes de FRIDA

Los componentes agregados a FRIDA en el presente proyecto obedecen a los requerimientos de los usuarios caracterizados en la etapa inicial del marco de intervención, sin embargo, es probable que al incrementar la cantidad de personas con

TEA que sean intervenidas con el modelo generado en este proyecto también se vaya aumentando la cantidad de componentes que deban ser agregados a las características del software para su vinculación a los procesos terapéuticos.

Con este propósito se podría profundizar en los siguientes temas:

- Actualizar o agregar componente de música incidental que aporte a los niveles de nivelación emocional en los usuarios de las aplicaciones con TEA.
- Agregar la posibilidad de adicionar fácilmente imágenes personalizadas al banco de pictogramas vinculado a FRIDA, inclusive con fotografías de imágenes familiares para el usuario con TEA.
- Posibilidad de enlazar material didáctico o terapéutico de fuentes externas a FRIDA para enriquecer el banco de componentes utilizados en las App generadas a partir de FRIDA.

5.2.3. Evaluación integrada de la usabilidad y la accesibilidad

Durante el desarrollo del proyecto se debió realizar pruebas de usabilidad y de accesibilidad en dos momentos distintos durante su ejecución. En cada momento se debió crear instrumentos diferentes para ajustarlos a las heurísticas y criterios que se deseaba validar, requiriendo bastante tiempo de diseño, validación y ajustes de estas herramientas antes de su utilización.

Teniendo en cuenta que esta situación es recurrente no solo en este tipo de proyectos sino en cualquier otro donde sea necesario validar usabilidad y accesibilidad, se considera pertinente poder contar con una herramienta fácilmente personalizable en cuanto a los criterios de evaluación por aplicar, bien sea para la validación de la usabilidad o la accesibilidad.

Con esto en mente, se pretende avanzar en el diseño de instrumentos de evaluación de los desarrollos realizados en aspectos de la Usabilidad y la Accesibilidad, de manera que su aplicación sea lo más práctica posible para centrar el foco en los aspectos propios de la investigación y no tanto en el diseño de instrumentos por aplicar.

5.2.4. Otros trabajos adicionales

En consecuencia de lo anterior, se espera continuar trabajando en la misma línea de tecnología y salud, donde se puede profundizar en el perfeccionamiento de las características de trabajo con el Framework FRIDA diseñado, de manera que su uso sea más práctico e intuitivo y cada vez requiera de menos dependencia de la codificación en el lenguaje de programación nativo.

En sentido estricto de los temas viables de profundización surgidos del presente proyecto, existen algunos que ya han venido gestando y en los cuales se ha tenido

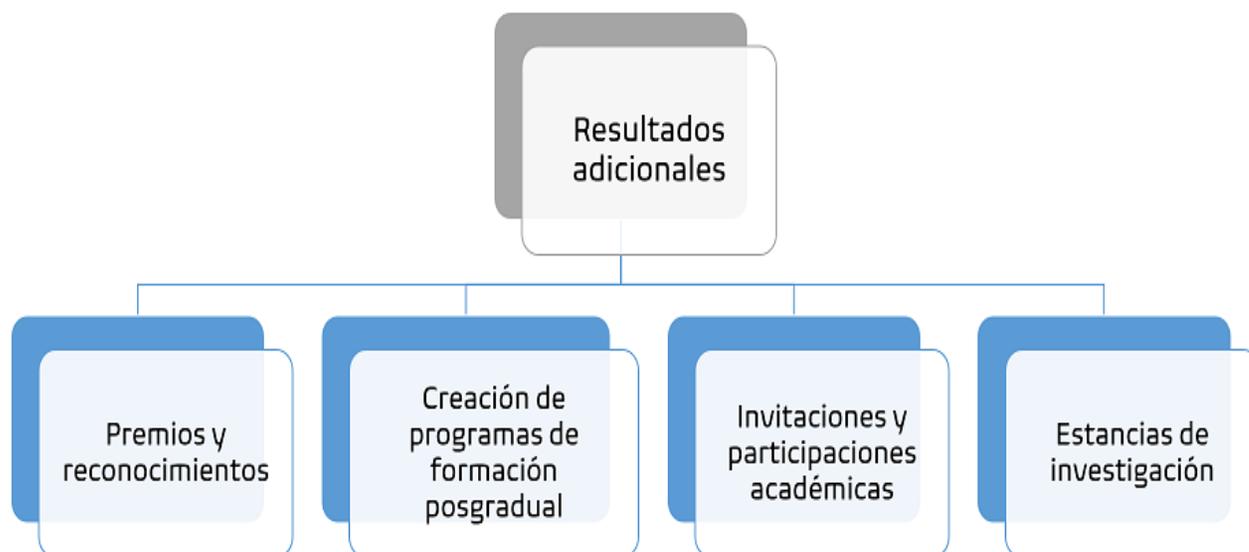
diferentes niveles de participación. Estas iniciativas se listan a continuación en la Tabla 22.

Tabla 22. Trabajos futuros planteados

Iniciativa	Título	Contexto de participación	Estado de desarrollo	Responsables
Proyecto de grado	Análisis de la atención sostenida en menores de edad con Trastorno del Espectro Autista por medio de la actividad eléctrica cerebral.	Idea de proyecto de pregrado en Ingeniería Física de la Universidad del Cauca surgida a partir del desarrollo de la actual tesis doctoral.	Anteproyecto presentado a Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.	Nayibe Tatiana Hurtado Mora (Estudiante Unicauca)
Proyecto de Maestría	Diseño de un modelo de evaluación articulado de usabilidad y accesibilidad para sistemas informáticos.	Dirección del Trabajo de Fin de Maestría (TFM) de la Maestría en Diseño de Experiencia de Usuario de las universidades UNAD (Colombia) y U. de Lleida (España).	En desarrollo actual.	Marta Albets (Estudiante U. de Lleida) Gustavo E. Constain M. (UNAD – Director de TFM)
Proyecto de investigación	Predicción de tratamientos pertinentes de aplicación a personas con TEA basadas en el análisis de datos diagnósticos.	Articulación entre la Universidad del Cauca, UNAD, y Universidade Portucalense para la formulación de proyecto.	Formulación de idea	PhD. Fernando Moreira (U. Portucalense) Gustavo E. Constain M. (UNAD) PhD. César A. Collazos (Unicauca)
Extensión de proyecto de investigación	Escalar utilización de FRIDA al diseño de software accesible para otros tipos de discapacidades intelectuales.	Generador de idea de Proyecto de Maestría de la Universidad del Cauca o de la UNAD	Formulación de idea	Gustavo E. Constain M. (UNAD) PhD. César A. Collazos (Unicauca)
Extensión de proyecto de investigación	Diseño de módulos multimedia como complemento de las alternativas de accesibilidad de FRIDA	Generador de idea de Proyecto de pregrado de la Universidad del Cauca o de la UNAD	Formulación de idea	Gustavo E. Constain M. (UNAD) PhD. César A. Collazos (Unicauca)

<p>Proyecto de inclusión digital</p>	<p>Diseño de sistema de información para el apoyo a procesos terapéuticos de niños con discapacidades intelectuales a través del uso de tecnología.</p>	<p>Generador de idea de Proyecto colaborativo con financiamiento externo (Programas FRIDA o similares)</p>	<p>Propuesta formulada</p>	<p>Universidad del Cauca (Colombia) Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Colombia) Universidad Francisco de Vitoria (España) Universidad Portucalense (Portugal) Fundación para la discapacidad intelectual CENIDI (Colombia) Federación Autismo Madrid TrasTEA (España) Centro de desenvolvimiento y terapias PRISMA (Portugal)</p>
--------------------------------------	---	--	----------------------------	---

7. RESULTADOS ADICIONALES



7.1. Premios y reconocimientos

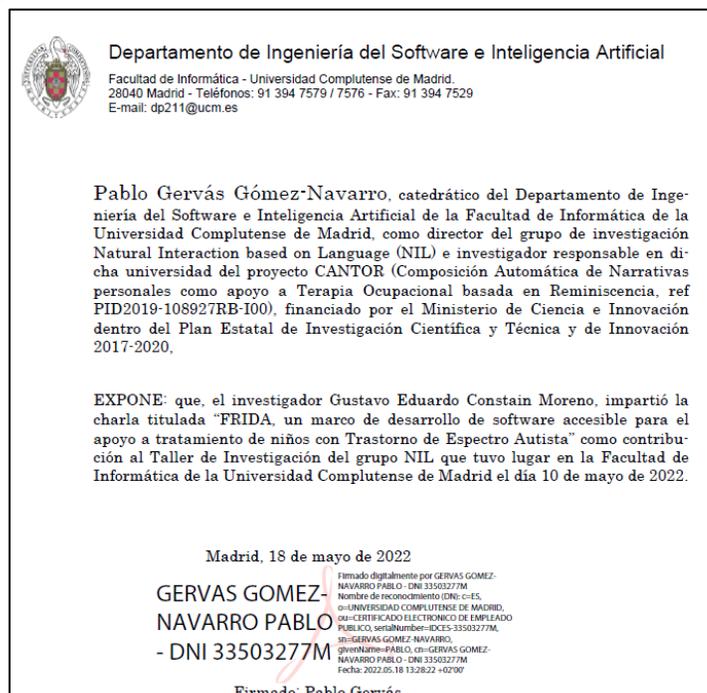
1. Primer lugar en el XXVII CLTM - Concurso Latinoamericano de Tesis de Maestría del Centro Latinoamericano de Estudios en Informática. CLEI-LACLO 2020.



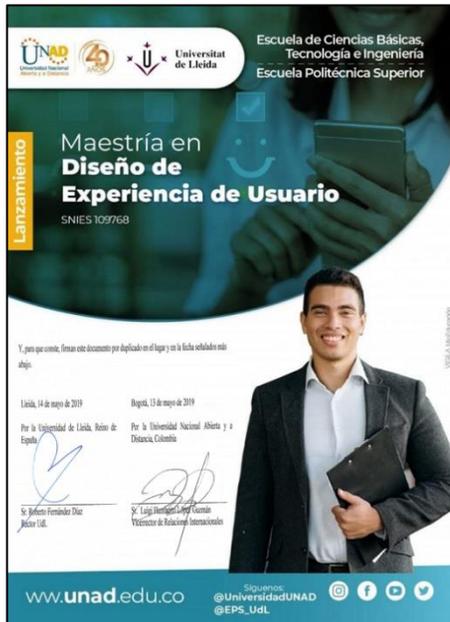
2. Reconocimiento de Proyecto Destacado en el área de Interacción Humano-Computador al trabajo en el Simposio Nacional de Maestrías y Doctorados de la Sociedad Colombiana de Computación. Octubre 30 de 2020.



3. Certificación del Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial y del Director del Grupo de Investigación Natural Interaction based on Language (NIL) de la Facultad de Informática - Universidad Complutense de Madrid por la participación en el Taller de Investigación del grupo NIL que tuvo lugar en la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid el día 10 de mayo de 2022.



7.2. Creación de Programa de formación posgradual



Articulación de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD de Colombia con la Universidad de Lleida de España para la creación y oferta de la Maestría (Máster) en Diseño de Experiencia de Usuario UX con titulación conjunta entre las dos universidades.

En el marco de esta Maestría he tenido los siguientes roles:

- Director nacional del curso de Diseño de la Accesibilidad. Diseñador del aula virtual, creador de material didáctico para este curso donde se incluye objetos virtuales de aprendizaje, guías de actividades formativas y tres seminarios ofrecidos durante los periodos académicos en temas relacionados con diseños accesibles.
- Codiseñador del curso Paradigmas de Interacción. Diseñador del aula virtual y creador de un objeto de aprendizaje.

7.3. Invitaciones y participaciones académicas

Durante la etapa de cierre del proceso de formación doctoral, se ha recibido invitación a participar como miembro de los comités de programa de distintos eventos internacionales, así como para actuar como evaluador de producción académica y de investigación en espacios y entidades como las mencionadas a continuación:

1. VI Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano-Computador. Arequipa, Perú. 2020.
2. VII Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano-Computador. Sao Paulo, Brasil. 2021.
3. 19º LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. Buenos Aires, Argentina. 2021.
4. 9º International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications. Seúl, Korea. 2021.
5. Decisioning 2022: Collaboration in knowledge discovery and decision making: Applications to sustainable agriculture. La Plata, Argentina. 2022.
6. Revista Entramado de la Universidad Libre de Cali-Colombia. 2022.
7. Revista Frontiers in Artificial Intelligence. Suiza. 2022.

8. VIII Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano-Computador. La Habana, Cuba. 2022.
9. Evaluador de productividad investigativa docente de la Universidad del Quindío. Armenia, Quindío-Colombia. 2022.
10. Evaluador de software diseñado por docentes de la Universidad Politécnica de Pereira -UPT. Pereira, Risaralda-Colombia. 2022.

7.4. Estancias de investigación

Durante el desarrollo de la investigación doctoral, se realizaron estancias de investigación en las siguientes entidades:

1. Universidade Portucalense (UPT)

Contacto: PhD. Fernando Moreira

Tiempo de estancia: Marzo a Mayo de 2022

Actividades realizadas:

- Escritura de artículo para revista categorizada Q1 y avalada por el sistema Publindex de Colciencias (Colombia).
- Diseño conceptual y de arquitectura tecnológica del Framework que permita el diseño de software con características de accesibilidad dirigidas a usuarios con Trastorno de Espectro Autista.

2. Universidad Francisco de Vitoria

Contacto: PhD. Susana Bautista Blasco

Tiempo de estancia: Abril a Junio de 2022

Actividades realizadas:

- Mejoramiento del diseño conceptual del framework para implementación de aplicaciones inclusivas.
- Desarrollo de modelo de intervención socioeducativa para el Trastorno de Espectro Autista, enfocado en el desarrollo de habilidades emocionales o sociales.
- Visita a Universidad Computlense para socialización de línea de investigación y proyecto doctoral al interior del Grupo de investigación Natural Interaction based on Language -NIL.

8. EQUIPO DE TRABAJO

COMPONENTE DE INGENIERÍA:

Candidato a Phd en Ciencias de la Electrónica: Gustavo Eduardo Constain Moreno

Ingeniero de sistemas, Especialista en pedagogía para el desarrollo del aprendizaje autónomo, Magíster internacional en educación virtual (E-learning) de la Universidad Oberta de Cataluña, Diplomado en educación virtual, Certificado en Comercialización y Transferencia de Tecnología de la Universidad Politécnica de Madrid, Magister en Computación de la Universidad del Cauca, Investigador en ambientes digitales aplicados a procesos educativos y empresariales, Docente universitario.

Director: Phd. Cesar A. Collazos – Universidad del Cauca (Colombia)

PhD. en Ciencias Mención Computación, Universidad de Chile. Estancias postdoctorales en el Grupo CARL (Collaborative Applications Research Laboratory) de la Universidad de Chile (2004) y en el Grupo C.H.I.C.O (Computer Human Interaction and Collaboration) de la Universidad Castilla-

La Mancha, España. Ingeniero en Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Coordinador Grupo IDIS (Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software), Universidad del Cauca.

Codirector: Phd. Fernando Moreira – Universidade Portucalense (Portugal)

Profesor asociado Universidad Portucalense (Portugal). Magister en Ingeniería Electrónica y de computadoras. Doctor en Ingeniería Electrónica y de computadoras. Docente de régimen de tiempo completo Departamento de Ciencia y Tecnología.

Codirectora: Phd. Susana Bautista Blasco – Universidad Francisco de Vitoria (España)

Doctor en Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial de la Universidad Complutense de Madrid. Miembro del Instituto de Tecnología del Conocimiento (Knowledge Techonology Institute). Docente e investigadora de la Universidad Francisco de Vitoria de Madrid.

Estudiantes de Pregrado: Programa Ingeniería de Sistemas Universidad del Cauca

- Daniel Enrique Ardila Gutiérrez
- Juan Sebastián Parra Reyes

Empresas desarrolladoras de Software:

Ingeniero Jaime Adalberto López Vivas, Senior VP de ingeniería y arquitecto de software en empresa de desarrollo de software SIIGO (<https://www.siigo.com/>)

linkedin.com/in/jaimelopezv

jlopez35@hotmail.com

COMPONENTE CLÍNICO:

1. Fundación Centro especializado para personas en situación de discapacidad cognitiva -CENIDI

- **Dr. Enrique Valencia.** Representante legal Fundación CENIDI.
- **Dra. Alba Elida Collazos.** Directora Fundación CENIDI.
- **Equipo interdisciplinario Fundación CENIDI:**
 - Cinco (5) Docentes
 - Dos (2) Psicólogas
 - Dos (2) Trabajadoras sociales

2. Centro de Desenvolvimento e Terapias PRISMA de la Ciudad de Porto (Portugal)

Contactos:

- Web: <https://prismacdt.pt/>
- Correo: geral@prismacdt.pt

3. Colegio Príncipe de Asturias de la Ciudad de Madrid (España)

Contactos:

- Web: <https://www.ceipsoprincipesdeasturias.es/aulas-tea>
- Correo: cp.principesdeasturias.pozuelodealcarcon@educa.madrid.org

4. Fundación Autismo Madrid TrasTEA

Contactos:

- web: <https://autismomadrid.es/trastea/programa-trastea/>
- Correo: info@autismomadrid.es

9. RECOMENDACIONES

La investigación se trabajó bajo modelos de estudio de caso con diferentes unidades de análisis (niños entre los 7 y 17 años al momento del estudio) con quienes se trabajaron diversas actividades adaptadas del modelo de pensamiento de diseño (Design Thinking), las actividades lúdicas de tratamiento del proyecto ARASAAC, y procesos de co-diseño de la arquitectura de software para el Framework FRIDA que es propuesto y probado dentro de las actividades descritas en este documento.

Para obtener un mayor complemento de los resultados alcanzados, se recomienda replicar la experiencia con un número mayor de casos de niños con Trastorno del Espectro Autista, o inclusive con adultos, siguiendo los pasos de caracterización previa de sus condiciones de discapacidad cognitiva, las posibilidades de usabilidad de dispositivos tecnológicos (Tablet o teléfonos inteligentes) y el acompañamiento de expertos en el manejo del TEA que validen los cambios emocionales y sociales alcanzados al final de cada experiencia realizada.

Igualmente, para obtener resultados positivos es relevante evaluar el entorno del niño o adulto (usuario de las aplicaciones de software con TEA), el nivel de conocimiento de los padres y personas cercanas sobre el TEA y su compromiso con la persona con autismo y los modos que estos emplean para manejar la situación y poder caracterizar las funciones que debería contener el software que sea diseñado como instrumento terapéutico para cada persona.

En tal sentido, es importante el seguimiento del marco de recomendaciones propuesto junto al uso del framework FRIDA para la obtención de software con características de accesibilidad que alcance mejores resultados en las iniciativas terapéuticas existentes.

Dificultades encontradas y temas sin resolver:

El desarrollo de investigaciones para personas con necesidades especiales, sobre todo si estas son menores de edad, siempre tendrán un valor adicional por exigir el alcance de resultados que aporten al mejoramiento de su calidad de vida. En este sentido, los logros alcanzados, por pequeños que estos puedan parecer, siempre serán un aporte que acerque a los profesionales involucrados al avance científico y al impacto social.

Sin embargo, durante el desarrollo de estudios como el presentado en este documento, se encuentran una diversidad de dificultades que son igualmente importantes para generar lecciones aprendidas y que además sirva de experiencia

para futuras iniciativas en la misma línea de investigación. Por lo tanto, a continuación se presentan las dificultades más relevantes encontradas y cuál fue el procedimiento realizado para mitigar sus efectos negativos en la realización del proyecto.

- **Ubicación de casos de estudio de personas con TEA puro**

La formulación del proyecto de formación doctoral se realiza en un contexto como el de la Ciudad de Popayán (Colombia), donde las entidades gubernamentales tienen datos de la población con necesidades especiales que datan del último censo realizado en el año 2018. En esta información, las cifras de las personas en condición de discapacidad encontradas en los hogares difieren de la información encontrada en las entidades de atención (Fundaciones, Colegios o Institutos) que deberían tenerlos entre sus usuarios regulares.

Al indagar en las mismas entidades por esta situación, se encuentran realidades como la decisión de aislamiento social por parte de los familiares de estas personas, y especialmente de aquellas con discapacidades intelectuales y del desarrollo como el Trastorno Autista.

Si bien esta variable no hacía parte del actual proyecto de investigación si significó una dificultad inicial al encontrar pocas instituciones donde se pudiera contar con niños con TEA con los cuales mantener un estudio sostenido en el tiempo y que permitiera proponer actividades de experimentación y pruebas de los desarrollos pretendidos.

Finalmente se logró contar con la Fundación CENIDI en la Ciudad de Popayán, con quienes se pudo realizar el proyecto y además se genera el interés de poder ampliar la colaboración para futuros proyectos que busquen el bienestar de los niños atendidos en esta entidad.

- **Realización de actividades de trabajo de campo durante la pandemia COVID19**

El desarrollo de las actividades de campo que consistían en la vinculación del equipo investigador en el entorno terapéutico de los niños con TEA se tuvo que ver interrumpido a raíz de los protocolos de bioseguridad generados a raíz de la pandemia producida por el COVID19. Las consecuencias de esta interrupción por un tiempo mayor a los 9 meses produjeron, por un lado, el retroceso en el desarrollo de las terapias programadas por parte de la Fundación CENIDI, y por otro la pérdida de confianza que se había ganado entre los niños con TEA de la Fundación y el equipo de investigadores.

El regreso a la normalidad, una vez las políticas de bioseguridad lo permitían, obligó a retomar nuestra presencia en las actividades rutinarias con los niños

por tiempos más prolongados y seguidos que llegaron hasta la asistencia por dos o tres días por semana y por lapsos mínimos de dos horas cada uno. Otro factor que ayudó en este propósito fue el desarrollo de actividades lúdicas con los niños y la utilización de música instrumental de fondo, de manera que el uso de algún dispositivo tecnológico (así fuera tangencial) hiciera parte del ambiente de terapia que se realizaba y que resultada familiar para los niños.

- **Cualificación hacia el trabajo en contextos clínico-sociales de personas con TEA**

La formación profesional en las áreas de las ingenierías generalmente conlleva un amplio componente tecnológico y muy escasa experiencia en la aplicación de dicho conocimiento en entornos sociales. En este caso, la necesidad de aplicación de conocimientos tecnológicos en contextos de formación y terapia orientados hacia personas en condición de discapacidad intelectual requirió de un tiempo de búsqueda, lectura y experimentación de lo que es el Trastorno de Espectro del Autismo, cuáles son sus tipos de tratamiento y qué actividades son las más convenientes para facilitar la interacción con ellos.

En este caso, se aprendió a interpretar las conductas y comportamientos recurrentes en personas con TEA, cómo se debe responder a estas señales y cuáles pueden ser los protocolos de interacción con estas personas para lograr desarrollar las actividades propuestas. Para lograrlo, se hizo necesario la presencia seguida y por tiempos prolongados de los investigadores, para que los niños con TEA se adaptaran a las nuevas personas. Igualmente, la interacción con los terapeutas fue relevante para facilitar la adaptación al entorno, a los procesos de tratamiento del TEA y para evitar las acciones erróneas en dichos contextos.

- **Verificación del mejoramiento de habilidades emocionales a mediano plazo**

La medición y permanencia de los resultados obtenidos en cuanto al fortalecimiento de las habilidades emocionales en las personas con TEA luego del uso de software accesible a la medida de sus requerimientos y en un plazo más amplio que el experimentado en el proyecto, es un problema sin resolver debido a que el desarrollo del actual proyecto estaba limitado a los tiempos de desarrollo académico dentro del proceso de formación doctoral.

Para alcanzar un mayor conocimiento sobre los procesos de tratamiento del TEA con uso de software accesible, y especialmente sobre los efectos en el fortalecimiento de habilidades emocionales y sociales, se esperaría poder continuar con la experimentación en un número más amplio de personas con

TEA por tiempos más prolongados, y al mismo tiempo hacer un seguimiento a los niños con quienes se pudo experimentar en el actual estudio.

- **Creación de un banco de datos que relacione las características de una persona con TEA con los requerimientos de software accesible efectivos para su tratamiento**

Al igual que en el aspecto anteriormente mencionado, el poder contar con un banco amplio de datos sobre la caracterización de un mayor número de personas con TEA y los detalles del diseño de las aplicaciones de software que fueran implementados para ellos es una tarea por realizar en un plazo más amplio de tiempo. El poder contar con estos datos permitiría realizar un estudio relacional entre síntomas del TEA y requisitos de diseño de software accesible para garantizar algún nivel de efectividad en los procesos de tratamiento que hagan uso de tecnología.

Para lograrlo, se hace necesario ampliar el estudio a diversos contextos terapéuticos que podrían escalarse a otras ciudades de Colombia o inclusive de otros Países, aprovechando los contactos establecidos durante las estancias de investigación realizadas en el doctorado.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Villanueva-Bonilla, J. Bonilla-Santos y e. a. Ríos- Gallardo, «Desarrollando habilidades emocionales, neurocognitivas y sociales en niños con autismo. Evaluación e intervención en juego de roles sociales,» *Mex Neuroci*, vol. 3, nº 19, pp. 43-59, 2018.
- [2] M. G. Calle Marquez, «Incidencia de la inteligencia emocional en el proceso de aprendizaje - NOVA,» *Ciencias Biomédicas*, p. 112, 2011.
- [3] M. C. Doval y C. Fustiñana, «La Importancia de la Inteligencia Emocional en el aula,» *Revista de Educación*, pp. 97-116, 2003.
- [4] k. S. Muñoz R., «Proyect@Emociones: Software para Estimular el Desarrollo de la Empatía en Niños y Niñas con Trastornos del Espectro Autista,» de *Proyect@Emociones: Software para Estimular el Desarrollo de la Empatía en Niños y Niñas con Trastornos del Espectro Autista*, 2012.
- [5] G. E. Constain Moreno, C. A. Collazos y F. Moreira, «Recomendaciones para el diseño de aplicaciones informáticas inclusivas como apoyo al tratamiento del trastorno de espectro autista,» Universidad del Cauca, Popayán, 2020.
- [6] F. J. Albes, E. Assis De Carvalho y J. Aguilar, «Applied Behavior Analysis for the Treatment of Autism: A Systematic Review of Assistive Technologies,» *IEEE Access*, vol. 8, pp. 118664-118672, 2020.
- [7] G. E. Constain M., F. Moreira y C. A. Collazos, «Use of HCI for the development of emotional skills in the treatment of Autism Spectrum Disorder: A systematic review,» *Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, 2018.
- [8] G. E. Constain M., C. A. Collazos, H. Fardoun y D. Alghazzawi, «Architecture Models for Inclusive Computational Applications, in the Treatment of Autistic Spectrum Disorder-ASD,» *International Conference on Learning and Collaboration Technologies*, pp. 40-57, 2018.
- [9] M. d. C. Martín Rodríguez, «La respuesta TEACCH en el aula para alumnos dentro del espectro autista,» de *Intervención educativa en autismo. Jornadas de autismo*, Tenerife, 2001.
- [10] G. E. Constain M., C. A. Collazos, H. M. Fardoun y D. M. Alghazzawi, «Heuristic Evaluation for the Assessment of Inclusive Tools in the Autism Treatment,» *Universal Access and Inclusive Design - HCI International 2020*, vol. 12426, 2020.
- [11] G. E. Constain M., Recomendaciones para el diseño de aplicaciones informáticas inclusivas como apoyo al tratamiento del trastorno de espectro autista, Popayán: Universidad del Cauca, 2020.

- [12] G. E. Constain M., F. Moreira, C. A. Collazos y H. Fardoun, «Recommendations for the design of inclusive apps for the treatment of autism: An approach to design focused on inclusive users,» *15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pp. 1-6, 2020.
- [13] R. hernández Sampieri, C. Fernpandez Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, México D.F.: Mc Graw Hill, 2014.
- [14] N. Cross, *Design thinking: Understanding how designers think and work*, New York: Oxford, 2011.
- [15] S. L. Beckman y M. Barry, «Innovation as a learning process: Embedding design thinking,» *California Management Review*, pp. 25-56, 2007.
- [16] R. F. a. S. M. F. M. M. Petersen, «Systematic Mapping Studies in Software Engineering,» 2008.
- [17] S. Repeto Gutierrez, «Naturaleza de los trastornos del espectro autista. Los trastornos generales del desarrollo: una aproximación desde la práctica,» *Consejería de la educación. Junta de Andalucía*, vol. 1, 2010.
- [18] L. Choi y J. An, «Genetic architecture of autism spectrum disorder: Lessons from largescale,» *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 128, p. 244–257, 2021.
- [19] R. a. Q. Agency for healthcare, «Tratamientos para los niños con trastorno del espectro autista,» *Effective Health Care Program*, 4 12 2014. [En línea]. Available: <https://effectivehealthcare.ahrq.gov/products/autism-update/espanol>. [Último acceso: 01 11 2022].
- [20] M. Rodriguez, «The TEACCH response in the classroom for students on the autism spectrum,» *Jorn. Autism 2001*, vol. 1, pp. 1-153, 2001.
- [21] J. Echenguía Cudolá, «Augmentative and alternative communication systems for the treatment of children with autism spectrum disorder,» *Universidad Católica de Córdoba -Argentina*, vol. 14, nº 28, 2016.
- [22] J. Roberts y M. Prior, «A review of the research to identify the most effective models of practice in early intervention of children with autism spectrum disorders,» *Australian Government Department of Health and Ageing*, Australia, 2006.
- [23] F. Mulas, G. Ros-Cervera, M. G. Millá, M. C. Etchepareborda, L. Abad y M. Téllez de Meneses, «Modelos de intervención en niños con autismo,» *Rev Neurol*, vol. 3, p. 50, 2010.
- [24] L. S. Reyes Pinzón y D. C. Santofimio Triana, «Técnicas de intervención para el trastorno del espectro autista (TEA) en niños, reportadas en la base de datos de scopus entre 2015 y 2020,» *Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio*, 2020.

- [25] S. Eikeseth, «Outcome of comprehensive psycho-educational interventions for young children with autism,» *Res Dev Disabilities*, nº 30, pp. 158-78, 2009.
- [26] M. Van Bourgondien, N. Reichle y E. Schopler, «Effects of a model treatment approach on adults with autism,» *J Autism Dev Disord*, vol. 131, nº 40, p. 33, 2003.
- [27] S. Ozonoff y K. Cathcart, «Effectiveness of a home program intervention for young children with autism,» *J Autism Dev Disord*, vol. 25, nº 32, p. 28, 1998.
- [28] F. Grandjean, «¿Qué es un framework?,» Wild Code School, 13 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.wildcodeschool.com/es-ES/blog/que-es-un-framework>. [Último acceso: 2022 10 10].
- [29] E. Mnkandla, «About software engineering frameworks and methodologies,» *IEEE. About software engineering frameworks and methodologies*, nº 10958025, 2009.
- [30] Editora Cronapp, «Conheça 10 frameworks que tornam mais rápido o desenvolvimento de softwares,» Blog Cronapp.io, 30 09 2019. [En línea]. Available: <https://blog.cronapp.io/frameworks-para-desenvolvimento-de-softwares/>. [Último acceso: 12 09 2022].
- [31] P. Hernández, A. Molina, C. Lacave, C. Rusu y A. Toledano-González, «PlanTEA: Supporting Planning and Anticipation for Children with ASD Attending Medical Appointments,» *Application Science*, vol. 5237, nº 12, 2022.
- [32] L. Billeci, E. Caterino, A. Tonacci y M. Gava, «Behavioral and Autonomic Responses in Treating Children with High-Functioning Autism Spectrum Disorder: Clinical and Phenomenological Insights from Two Case Reports,» *Brain Science*, vol. 10, nº 832, 2020.
- [33] M. Osorio, «El método Geempa como estrategia para el aprendizaje de la lectoescritura en la población sorda del sistema educativo del municipio de Cartago, Valle del Cauca,» *Trascenderé-Rev. Académica Multidiscip*, vol. 19, 2018.
- [34] I. Gómez-Calcerrada, A. Lavín-Pérez, S. Villafaina, J. Rueda-Rubio, B. Rivera-Martín, I. González-García, E. Mere-Ilano-Navarro, M. Mateo-Garitagotia, C. González-Plaza y D. Collado-Mateo, «Effects of Dog-Assisted Therapy on the Physical Function and Communication Skills of Adults with Autism: A Study Protocol for a Controlled Study,» *Application Science*, vol. 11, nº 10650, 2021.
- [35] I. Afif, A. Manik, K. Munthe, M. Maula, M. Ammarullah, J. Jamari y T. Winarni, «Physiological effect of deep pressure on reducing anxiety in children with ASD during travel: A public transportation setting,» *Bioengineering*, vol. 157, nº 9, 2022.

- [36] ARASAAC, C. Basil y Unitat de Tècniques Augmentatives de Comunicació, «¿Qué son los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC)?», ARASAAC, 2022. [En línea]. Available: <https://arasaac.org/aac/es>. [Último acceso: 01 11 2022].
- [37] P. E. Consultants, «El sistema de comunicación por intercambio de imágenes PECS», Pyramid Educational Consultants, 2022. [En línea]. Available: <https://pecs-spain.com/el-sistema-de-comunicacion-por-el-intercambio-de-imagenes-pecs/>. [Último acceso: 30 10 2022].
- [38] T. Peña-Correal y B. H. Robayo-Castro, «Conducta verbal De B. F. Skinner: 1957-2007», *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 3, nº 39, pp. 653-661, 2007.
- [39] C. Ortiz, C. Challiol y W. Panessi, «Creación de Software para personas con Discapacidad usando Design Thinking», *XXIV Edición del Workshop de investigadores en Ciencias de la Computación*, p. 327, 2022.
- [40] L. Marco Pascual, Contribución al desarrollo de modelos de arquitectura software para el diseño de interfaces web de usuario inclusivas, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, 2021.
- [41] T. Molero-Aranda, J. L. Lázaro Cantabrana, M. Vallverdú-González y M. Gisbert Cervera, «Digital Technologies to tend people with Intellectual Disability», *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 1, nº 24, p. 19, 2021.
- [42] AWS, «¿Qué es Flutter?», AWS, 2021. [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/what-is/flutter/>. [Último acceso: 2022 10 18].
- [43] J. Hernandez, «Arquitectura Flutter y configuración del proyecto», <https://devjaime.medium.com/>, 23 03 2021. [En línea]. Available: <https://devjaime.medium.com/d%C3%ADa-3-arquitectura-flutter-y-configuraci%C3%B3n-del-proyecto-9307aa98b4fe>. [Último acceso: 12 11 2022].
- [44] E. Novoseltseva, «Los 5 Principales Patrones De Arquitectura De Software», <https://apiumhub.com/>, 02 06 2020. [En línea]. Available: <https://apiumhub.com/es/tech-blog-barcelona/principales-patrones-arquitectura-software/>. [Último acceso: 12 11 2022].
- [45] Flutter-dev@, «Introduction to widgets | Flutter», <https://docs.flutter.dev/>, 2021. [En línea]. Available: <https://docs.flutter.dev/development/ui/widgets-intro>. [Último acceso: 10 09 2022].
- [46] L. Bass, P. Clements y R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, vol. 3, London: Addison-Wesley Professional, 2012, p. 624.
- [47] J. D. Henao Santa, *El design thinking y el mapa de empatía con énfasis social en proyectos de ingeniería : proyectos de diseño en soluciones bajo metodologías ágiles de la Institución Universitaria Pascual Bravo*, Medellín: Universidad EAFIT, 2021.

- [48] S. C. Riascos Erazo, «Modelo para la evaluación de la efectividad de la tecnología,» *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, vol. 28, nº 2, pp. 158-166, 2008.
- [49] J. Nielsen, «Usability engineering,» *Morgan Kaufmann Publishers*, 1993.
- [50] C. Q. Ramos, Propuesta de un programa para la mejora de la inclusión de los niños con trastorno del espectro autista y sus iguales, Salamanca: Universidad de Salamanca, 2017.
- [51] C. Reynoso, M. J. Rangel y V. Melgar, «Autism spectrum disorder: Etiological, diagnostic and therapeutic aspects,» *Med Inst Mex Seguro Soc*, pp. 214-222, 2017.
- [52] M. Aragonés López, Rechazo y teoría de la mente. Estudio longitudinal de tres casos con trastorno del espectro autista., Jaume: Universidad de Jaume I, 2017.
- [53] Observatorio de la Discapacidad Física, «Informe de Observatorio de Discapacidad Física,» *Observatorio de Salud Pública*, 2020.
- [54] R. M. González y N. A. Ibarra, «Inteligencia emocional en educación,» *Revista Complutense de Educación*, vol. 27, nº 2, pp. 887-888, 2016.
- [55] E. S. Heredero y M. D. Garrido Ceballos, «Desarrollo de la inteligencia interpersonal e intrapersonal en educación primaria a partir del uso de tecnologías de información y comunicación: estudio de casos,» *Notandum*, p. 14, 2017.
- [56] C. Torres y M. Torres, «El juego como estrategia de aprendizaje en el aula (Centro de Investigaciones para el Desarrollo Integral Sustentable (CIDIS)),» 2002. [En línea]. Available: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16668/1/juego_aprendizaje.pdf Mérida/Venezuela.. [Último acceso: 01 2019].

ANEXOS

El documento presentado como monografía del proyecto de grado viene acompañada de una carpeta compartida en línea con los elementos correspondientes a los anexos mencionados durante distintas partes del texto, por tanto solo se listará los nombres de los anexos respectivos de manera que sirva como referencia para su consulta a través del enlace presentado a continuación:

Enlace a carpeta compartida:

<https://drive.google.com/drive/folders/1gBdlP3fA2KCABZgMnqY1rUSPUrb48JYs?usp=sharing>

- Anexo 1. Entidades terapéuticas para el Trastorno de Espectro Autista en Colombia
- Anexo 2. Encuesta dirigida a terapeutas del TEA
- Anexo 3. Encuesta dirigida a padres de familia de niños con TEA
- Anexo 4. Encuesta dirigida a desarrolladores de software
- Anexo 5 – Consentimientos informados de padres de familia y representantes de niños con TEA
- Anexo 6 – Código de ética
- Anexo 7 – Formato de Mapa de Empatía
- Anexo 8 – Formato de requerimientos tecnológicos
- Anexo 9 – Formatos de evaluación heurística
- Anexo 10 – Encuestas de evaluación cualitativa de resultados de uso de software accesible
- Anexo 11 – Instalación y Documentación de FRIDA
- Anexo 12 – Guideline de pautas de accesibilidad en FRIDA
- Anexo 13 – Publicaciones
- Anexo 14 – Informes de estancias de investigación
- Anexo 15 – Premios y reconocimientos
- Anexo 16 – Registro de software
- Anexo 17 – Proyecto de pregrado Universidad del Cauca (Práctica docente)