

**MARCO DE TRABAJO PARA EL DISEÑO DE APLICACIONES DE SOFTWARE
ACCESIBLE ORIENTADAS AL TRATAMIENTO DEL AUTISMO**



Universidad
del Cauca

**Daniel Enrique Ardila Gutiérrez
Juan Sebastian Parra Reyes**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Ingeniería de Sistemas
Popayán, 2022**

**MARCO DE TRABAJO PARA EL DISEÑO DE APLICACIONES DE SOFTWARE
ACCESIBLE ORIENTADAS AL TRATAMIENTO DEL AUTISMO**



Universidad
del Cauca

**Proyecto de trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
ingeniero de sistemas**

**Daniel Enrique Ardila Gutiérrez
Juan Sebastian Parra Reyes**

**Director:
Phd. (C) Gustavo Eduardo Constain Moreno**

**Co-director:
Phd. Cesar Alberto Collazos Ordoñez**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Ingeniería de Sistemas
Popayán, 2022**

Nota de aceptación: _____

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Agradecimientos

A mis padres por el apoyo y motivación que me dieron durante mis años de carrera. Agradezco a mi director de tesis Gustavo Constain por el constante acompañamiento y orientación durante el desarrollo del proyecto. A mi compañero de tesis Sebastián Parra por su colaboración día a día durante el desarrollo del trabajo y por su amistad desde principios de la carrera.

A mis padres Jaime y Maria Emma por todos los sacrificios que hicieron para permitirme estudiar una carrera, por apoyar incondicionalmente cada decisión que tomé para seguir y llegar hasta este punto. A mi director de tesis Gustavo Constain y a mi codirector Cesar Collazos por el apoyo y la paciencia durante todo este tiempo. A mi compañero Daniel Ardila que si la colaboración mutua no hubiéramos podido finalizar, a mis amigos dentro de la universidad por su amistad incondicional durante todos estos años.

TABLA DE CONTENIDO

Table of Contents

<i>Agradecimientos</i>	4
<i>Lista de figuras</i>	7
<i>Lista de Tablas</i>	8
<i>Anexos</i>	9
<i>Capítulo 1 - Introducción</i>	10
<i>1.1 Planteamiento del problema</i>	10
<i>1.1.1 Descripción</i>	10
<i>1.1.2 Antecedentes</i>	11
<i>1.1.3 Formulación del problema</i>	14
<i>1.2 Objetivos</i>	17
<i>1.2.1 Objetivo General</i>	17
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	18
<i>1.3 Metodología</i>	18
1.3.1 Descripción de las fases de desarrollo	18
1.3.2 Actividades realizadas	20
<i>1.4 Estructura del documento</i>	22
<i>Capítulo 2. Marco Teórico</i>	23
<i>2.1 Conceptos relevantes</i>	23
2.1.1 Framework.....	23
2.1.2 Patrones de Diseño.....	24
2.1.3 Diseño Universal.....	24
2.1.4 Accesibilidad	25
2.1.5 Arquitectura de Software	26
2.1.6 Eficiencia y eficacia.....	26
<i>2.2 Estado del Arte</i>	26
2.2.1 Sondeo.....	29
2.2.2 Trabajos relacionados.....	34
<i>Capítulo 3. Diseño y Desarrollo de FRIDA</i>	38
<i>3.1 Definición de características de arquitectura</i>	38

3.2 Accesibilidad en FRIDA	39
3.3 Arquitectura de FRIDA	43
3.3.1 Diagrama de Contexto	44
3.3.2 Diagrama de Contenedores	45
3.3.3 Diagrama de Componentes	47
3.4.1 Componentes de FRIDA Core	47
3.5 Métricas de evaluación para el framework.....	56
3.5.1 Caracterización del usuario	56
3.5.1.1 Mapa de empatía.....	56
3.5.1.2 Requisitos de usuario	57
Capítulo 4. Prototipado	59
4.1 Iteración 0	59
4.2 Iteración 1	62
4.2.1 Caracterización de usuario	62
4.2.2 Observaciones	67
4.3 Iteración 2	70
Capítulo 5. Validaciones y Conclusiones	74
5.1 Diseño de instrumentos de evaluación cualitativa y cuantitativa	74
5.1.1 Diseño de la evaluación heurística de FRIDA.....	74
5.1.2 Diseño de la evaluación heurística Aplicaciones desarrolladas con FRIDA	75
5.1.3 Validación cualitativa - Desarrolladores de Software	76
5.1.4 Evaluación cualitativa - Miembros fundación CENIDI	78
5.2 Conclusiones.....	79
Bibliografía.....	81

Lista de figuras

Figura 1 Diferentes habilidades emocionales que posee un individuo promedio [2].....	10
Figura 2 Discapacidades intelectuales y del desarrollo.....	14
Figura 3 Principios que se desean abordar [13].....	17
Figura 4 Fases del proyecto	20
Figura 5 Vista de Encuesta web dirigida a Padres de familia	30
Figura 6 Edades de niños con TEA.....	31
Figura 7 Vista de Encuesta web dirigida a Expertos en TEA.....	31
Figura 8 Experiencia de los expertos en TEA	32
Figura 9 Vista de Encuesta web dirigida a desarrolladores software.....	33
Figura 10 Interesados en un marco de trabajo.....	33
Figura 11 Descripción general de alto nivel de la Arquitectura FRIDA	44
Figura 12 Diagrama de Contexto FRIDA.....	45
Figura 13 Diagrama de contenedores FRIDA	46
Figura 14 Diagrama de componentes FRIDA	47
Figura 15 Diagrama de Componentes - Widgets	49
Figura 16 Diagrama de Componentes - Modules.....	55
Figura 17 Mapa de empatía	56
Figura 18 Reconocimiento de emociones frecuentes en personas con TEA.....	60
Figura 19 Proceso de evaluación inicial con los niños #1	60
Figura 20 Proceso de evaluación inicial con los niños #2	61
Figura 21 Mapa de empatía de Guioban.....	63
Figura 22 Formato de requisito (Elaboración de los autores)	65
Figura 23 Sesión en línea para la evaluación Heurística	75
Figura 24 Formulario para desarrolladores	76
Figura 25 Tiempo (horas) de desarrollo sin usar FRIDA.....	77
Figura 26 Tiempo (horas) de desarrollo usando FRIDA.....	78
Figura 27 Comparativa tiempo pre y post FRIDA.....	78
Figura 28 Resultados encuesta fundación	79

Lista de Tablas

Tabla 1 Aplicaciones Móviles para el tratamiento del TEA	15
Tabla 2 Actividades realizadas en el proyecto	20
Tabla 3 Fundaciones que trabajan con TEA en Colombia	28
Tabla 4 Literatura consultada	34
Tabla 5 Características de arquitectura	38
Tabla 6 Pautas Accesibilidad Categoría Perceptible	40
Tabla 7 Pautas Accesibilidad Categoría Distinguible	40
Tabla 8 Pautas Accesibilidad Categoría Operable	41
Tabla 9 Pautas Accesibilidad Categoría Comprensible	42
Tabla 10 Widgets de FRIDA	48
Tabla 11 Módulos de preguntas de pictogramas	50
Tabla 12 Módulos de combinación de pictogramas	51
Tabla 13 Argumentos del módulo emparejamiento de pictogramas	52
Tabla 14 Módulo de seguridad de pictogramas	52
Tabla 15 Parámetros de Widget MathQuestion	53
Tabla 16 Parámetros de Widget SimpleQuestion	54
Tabla 17 Perfil simple de los niños	61
Tabla 18 Elementos a comprobar en los requisitos	64
Tabla 19 Perfil niño #2	65
Tabla 20 Actividades con Guioban y Cesar	67
Tabla 21 Análisis de emociones con aplicaciones	68
Tabla 22 Iteración 2	71
Tabla 23 Resultados del proyecto	80

Anexos

- Anexo A. Test a desarrolladores de software (respuestas)
- Anexo B. Test a padres de familia de niños TEA (respuestas)
- Anexo C. Test profesionales TEA (respuestas)
- Anexo D. Guideline Accessibility
- Anexo E. Formato Mapa de Empatía
- Anexo F. Formato Requisitos de usuario FRIDA
- Anexo G. Formato Evaluación heurística FRIDA
- Anexo H. Material Instalación y Documentación de FRIDA
- Anexo I. Formato evaluación heurística Apps
- Anexo J. Validación cualitativa - Desarrolladores de Software (respuestas)
- Anexo K. Formulario utilidad software Fundación

Capítulo 1 - Introducción

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Descripción

Las emociones son una parte fundamental del desarrollo natural de cada individuo, y la adquisición de habilidades emocionales también es un proceso que se lleva a cabo a lo largo de la vida de las personas. Un gran desarrollo de estas habilidades se produce durante la niñez, por supuesto esto varía bajo diferentes aspectos durante la crianza del niño por parte de los padres o dependiendo del entorno donde este se desarrolla [1]. La figura 1 nos muestra cuales son las habilidades emocionales que componen a cada individuo.

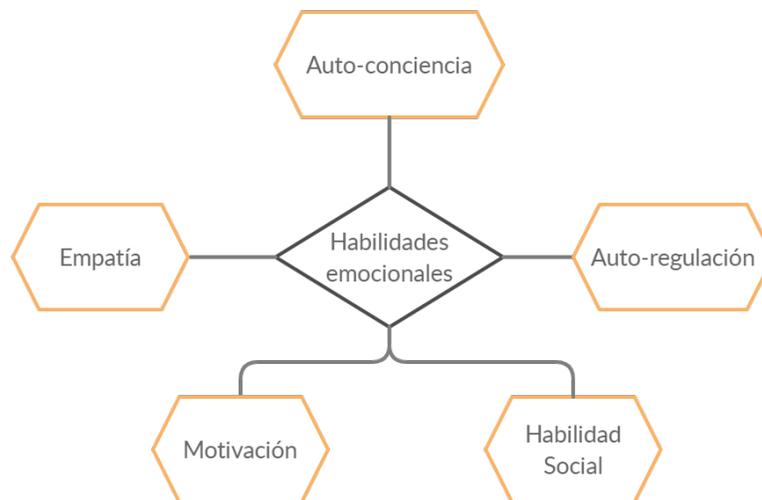


Figura 1 Diferentes habilidades emocionales que posee un individuo promedio [2].¹

Adicionalmente, se tienen casos aparte como los niños en condición de TEA (Trastorno del Espectro Autista), esto se da a conocer como fenotipo conductual [3], el cual es un

¹ Imagen realizada por los autores del documento

rasgo que a partir de varias investigaciones se determina como un desorden genético, bioquímico y del sistema nervioso central. Los niños que padecen este trastorno son clasificados como retraídos socialmente, con problemas en su comunicación y el lenguaje, con resistencia a los cambios, entre otros; por esto mismo sus habilidades emocionales son limitadas en comparación con otros niños que no padecen dicho trastorno[3].

Por otra parte para abordar esta problemática se tiene como tema de interés también la Interacción Humano-Computador (HCI, por sus siglas en inglés) la cual es una disciplina encargada de estudiar sistemas informáticos, evaluarlos, editarlos e implementarlos de una manera interactiva para el ser humano[4], puesto que a lo largo de los años las innovaciones tecnológicas y de la información van modificando la forma en que cada individuo “dialoga” con su computadora. Desde 1983 se ha ido modificando el enfoque con el que se trabaja esta disciplina, sin embargo, se mantiene la analogía de interactuar con las máquinas como si se tratara de otra persona.

Puesto que el uso de HCI envuelve diferentes doctrinas tales como valores sociales y culturales, etnometodología, ontología y principalmente la usabilidad desde un enfoque general de las personas [5][6], cierto grupo de individuos que presentan algún tipo de discapacidad no pueden interactuar de una manera natural con los sistemas informáticos que principalmente están basados en un paradigma visual y táctil; por esto mismo la planificación, diseño y desarrollo de interfaces de usuario que sean propicias para este tipo de casos es una tarea compleja, pero de gran importancia para ser estudiada y realizada.

1.1.2 Antecedentes

Las discapacidades físicas e intelectuales son problemas que afectan a un gran número de individuos en todo el planeta [7]. En cuanto al TEA según estadísticas, afecta a uno

de cada 100 niños a nivel mundial. Se habla de “espectro” por la diversidad de características y necesidades de intervención entre una persona y otra que lo padece.

Como punto de partida para poder entender más sobre el concepto de TEA y tener un panorama más específico sobre todo en los niños que la padecen se empezó a realizar una investigación exhaustiva sobre el origen de esta afección primordialmente en la parte cognitiva y que parte del desarrollo neuronal está presente esta discapacidad.

La epigenética se define como “el estudio de los cambios fenotípicos heredables que no implican mutaciones del ADN”. Se tiene presente que la mayoría de los casos de TEA son provocados por alteraciones dentro del ADN estos cambios que se presentan no alteran la cadena de ADN que constituye a las personas sino la actividad genética que es la información codificada que se transmite entre los genes [8]. Los avances más recientes y las investigaciones han permitido observar un panorama más amplio respecto a la estructura de los individuos los cuales tienen TEA, se ha determinado que una de las causas que aumenta la probabilidad de que un sujeto padezca TEA depende de un rasgo genético denominado como copy number variations (CNVs) que involucra el número de copias de un gen particular presente en el genoma de un individuo [9].

Este tipo de avances clínicos en las últimas décadas finalmente refutan la antigua creencia que el TEA solo era algo asociada a la forma de crianza en los niños. Aun así, el proceso investigativo para determinar cuando se producen las copias de los genes adicionales y que efectos ambientales más específicos lo provocan siguen hoy en día. Todo ha conllevado a varias investigaciones con los cuales se determina como afecta estos cambios de genotipo alteran los circuitos neuronales en los sujetos y como estos impiden un desarrollo normal en los aspectos del comportamiento y habilidades cognitivas [10].

Entre los tratamientos más frecuentes para personas con TEA se encuentran el uso de medicinas para el control de reacciones emocionales, algunos programas conductuales,

el diseño de programas especiales para la educación de estas personas, y otras terapias alternativas que exploran las ventajas del uso de tecnología como software especializado o robots.

Las terapias que han demostrado mayor efectividad han sido las basadas en el mejoramiento de habilidades del comportamiento y la comunicación, es decir, el dominio emocional y la interacción de las personas con TEA. La idea de la tecnología es ayudar a las personas en sus vidas, por lo tanto, los sistemas computacionales también deben servir como herramientas para ayudar en el proceso de soslayar las dificultades que afrontan estos niños y sus familiares.

Con esto en mente, a lo largo de los años se ha estudiado la parte psicológica y la parte educacional para poder mejorar la calidad de vida de los niños con autismo y las prácticas profesionales de las personas que los educan. En este ámbito se tiene como una fuerte influencia actual la Tecnología Educativa (TE), la cual es una amalgama de herramientas, conocimientos, tecnologías y/o aplicaciones las cuales se aplican para ampliar las capacidades de enseñanza y aprendizaje.

Un punto de enfoque especialmente importante para estudiar el aspecto psicológico y el uso de TE en pacientes con TEA se data de la experiencia encontrada en un estudio realizado por Gustavo Constain [11] sobre el uso de aplicaciones computacionales, las cuales estaban enfocadas al desarrollo y manejo emocional o social en niños con TEA. En este estudio se utiliza un enfoque interesado en el efecto terapéutico y las diferentes técnicas que se usan en el tratamiento del autismo, además de tener en cuenta el uso de conceptos de Diseño Centrado en el Usuario -DCU para este tipo de aplicaciones.

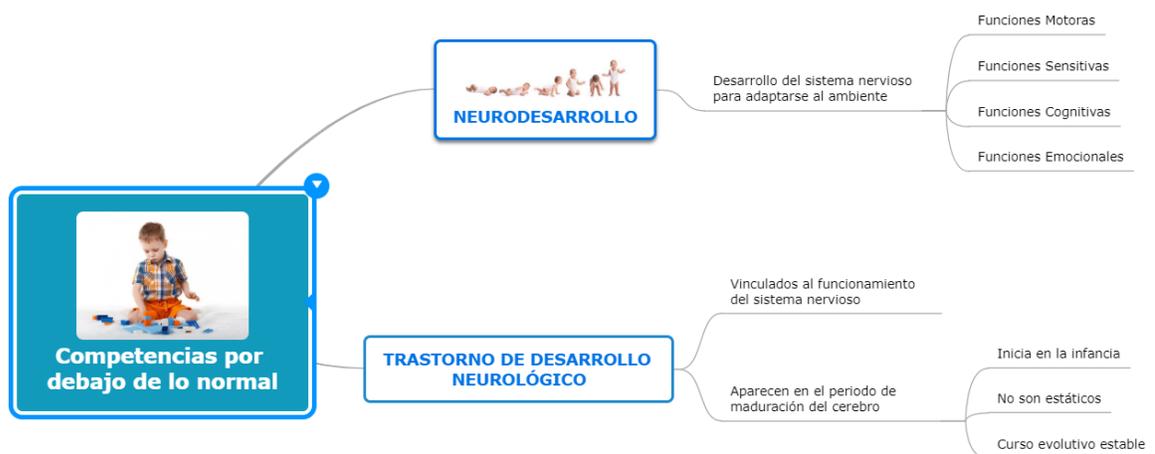


Figura 2 Discapacidades intelectuales y del desarrollo².

1.1.3 Formulación del problema

Al tener un conocimiento más grande del concepto del TEA, como se origina y de las diferentes maneras en existencia de tratarlo usando TE se decidió buscar un enfoque más específico para poder realizar el proyecto de investigación, donde se aplicara la información buscada y se usará software como medio terapéutico para ayudar a niños con TEA a desarrollar habilidades emocionales. En primera instancia se había visualizado la posibilidad de hacer un marco de referencia con el cual se pudiera tener la capacidad de rehabilitar y aumentar las capacidades sociales de los individuos, usando técnicas de gamificación y escenarios cooperativos para determinar si existen cambios conductuales a partir de uso de una aplicación con diseños más específicos. Para este proceso se averiguó sobre varias aplicaciones ya existentes en diferentes tiendas virtuales y como se evidencia en la tabla 1 se colocó descripción de cada una y algunas características que se pudieron obtener.

² Autoría Phd. (C) Gustavo Eduardo Constain Moreno

Tabla 1 Aplicaciones Móviles para el tratamiento del TEA

Nombre	Desarrollador	Descripción	Características
ABC Autismo	Dokye Mobile	Contiene juegos de drag and drop enfocados en la identificación de objetos. Aunque se basa en un artículo de investigación, donde se mencionan los tratamientos para el autismo, la aplicación no es desarrollada bajo un marco de trabajo definido.	Se basa en ABA y TEACCH para diseñar los juegos. Juego tipo drag and drop
PictoTEA	Velociteam	Contiene pictogramas con sonido y diferentes niveles de dificultad	Permite seleccionar pictogramas y para poder escuchar
MITA	ImagiRation LLC	Se basa en una colección de juegos con niveles de dificultad que se adaptan al desempeño del niño.	Basado en estudios clínicos. Masiva colección de juegos tipo drag and drop
SpiritTEA	FIME UNAL	Contiene imágenes para el reconocimiento de emociones y habilidades sociales	Permite que el usuario pueda llevar un diario de sus emociones Los padres de familia pueden ver los resultados y avances
Jose Aprende	Fundación Orange	Contiene una colección de cuentos con pictogramas	Los cuentos son en pictogramas para que los niños aprendan a identificar sus emociones
Picto One: TEA - Comunicación con pictogramas	B1A Studio	Contiene una colección de pictogramas con audio	Pictogramas con audio que se pueden seleccionar y escuchar
TEAPP - Autism and videogames	Studios IKKI	Juego en 3D que contiene pequeños niveles con pictogramas	El juego se basa en realizar misiones, cada misión es un juego de pictogramas.

Kloog 2	Doodle Creative	Videojuego en 2D de enseñanzas sobre habilidades sociales para niños con autismo	El juego enseña al usuario con circunstancias diarias, que después de las sesiones, este responde unas preguntas de lo que aprendió.
---------	-----------------	--	--

Tal como se expone en [12] existen un gran variedad de aplicaciones que se enfocan en el tratamiento de niños con autismo que están disponibles en la PlayStore de Google y la App Store de Apple; sin embargo no han sido desarrolladas bajo una metodología o arquitectura definida, sino, basadas en experiencias independientes sin un desarrollo riguroso, y en muchos casos estas no se centran en las necesidades de las personas, con lo cual se plantea que no existe una arquitectura de software definida para el diseño de aplicaciones accesibles enfocadas al TEA a pesar de ser un trastorno de desarrollo neurológico con creciente número de personas que lo padecen.

Teniendo en consideración los aspectos mencionados anteriormente, se determinó que es necesario contar con un marco de trabajo para que desarrolladores de software accedan en este ámbito, lo que permitiría un mayor número de aplicaciones que ayuden a estos niños; o en sí un medio de ayuda para terapeutas y familiares. Por lo tanto, como se muestra en la Figura 3 el paradigma de HCI es crucial para el equipo de trabajo para lograr el framework, más específicamente el aspecto de la usabilidad es fundamental en el diseño y debe ser valorado adecuadamente, por lo que diseñar instrumentos de evaluación de software es necesario para corroborar el framework propuesto; con esto también se espera poder garantizar la calidad del software más concretamente en las características de la eficiencia y la eficacia.

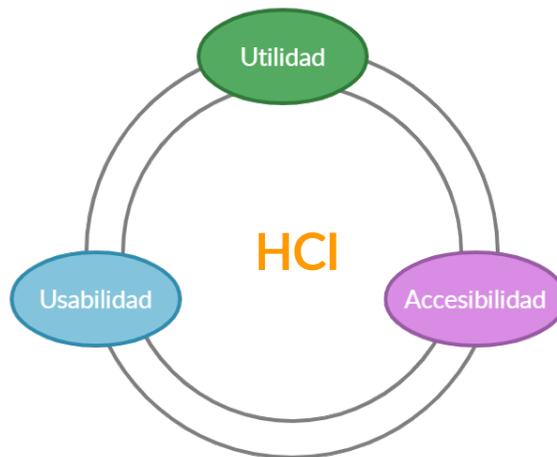


Figura 3 Principios que se desean abordar [13]³

Con este propósito se formula un framework de software accesible orientado a usuarios con TEA denominado FRIDA (Framework for development of accessible software and social intelligence skills for people with Autism Spectrum Disorder), que contiene los lineamientos, arquitectura y patrones, necesarios para poder integrar aplicaciones que cumplan estándares de accesibilidad y sirva como pionero en un proceso de ayuda a las personas con este tipo de discapacidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un framework que oriente a desarrolladores de software en los procesos de diseño de aplicaciones accesibles dirigidas a usuarios con trastorno de espectro autista.

³ Imagen realizada por los autores del documento.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar lineamientos para la definición de un marco de trabajo (framework), el cual facilite el desarrollo de aplicaciones accesibles enfocadas en el tratamiento del autismo.
2. Diseñar instrumentos de evaluación de eficacia y efectividad para la valoración del framework.
3. Validar el framework de desarrollo de aplicaciones accesibles, mediante la implementación de un prototipo funcional con características de accesibilidad.

1.3 Metodología

El proyecto se plantea como un estudio de tipo descriptivo, donde a partir de una revisión bibliográfica, la realización de un sondeo exploratorio de conocimiento del tema por parte de expertos en varias disciplinas y el análisis de diversas arquitecturas de software accesible, se plantea una solución de propuesta de un framework (marco de trabajo para el diseño de software accesible) que brinde solución a esta necesidad de tipo computacional.

La pregunta que se evaluó durante el proceso de investigación fue: ¿Qué características debe contener un framework que esté orientado al diseño de aplicaciones de software accesible viables de vincular en tratamientos del TEA?

1.3.1 Descripción de las fases de desarrollo

Fase 1: Requisitos funcionales⁴

Esta etapa del proyecto busca definir e implementar las características de arquitectura de software más relevantes que debe tener un framework que oriente a desarrolladores

⁴ En esta fase se estudia diseños de metodologías existentes que se puedan utilizar en el diseño del framework a desarrollar.

de aplicaciones en la manera adecuada de diseñar software enfocado en usuarios diagnosticados con Trastorno del Espectro Autista. Con esta fase se daría alcance al primer objetivo específico del proyecto.

Fase 2: Uso del framework para el diseño de un prototipo semi-funcional

En esta etapa se tiene como incentivo usar el framework para desarrollar un prototipo de aplicación interactiva para niños con TEA, con lo cual se espera que dicho software sea evaluado y cumpla con los aspectos que deben tener esas aplicaciones para formar parte de software accesible, y como proceso paralelo que se pueda verificar las características de calidad esperadas en dicho prototipo.

Fase 3: Validación iterativa de propuesta de framework

Durante este momento se espera diseñar el modelo de evaluación heurística que permita validar el framework propuesto desde su usabilidad por parte de grupos de desarrolladores de software y desde su nivel de usabilidad por parte de usuarios diagnosticados con Trastorno de Espectro Autista, además de los terapeutas que los atienden. En esta etapa se daría alcance al segundo objetivo planteado.

Fase 4: Documentación

Esta última etapa del proyecto busca documentar toda la experiencia realizada y generar los entregables requeridos para el proyecto.



Figura 4 Fases del proyecto

1.3.2 Actividades realizadas

Tabla 2 Actividades realizadas en el proyecto

FASE	OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDAD ID	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Requisitos funcionales	OE1	A1.OE1.	Aproximación al estado del arte de aplicaciones accesibles y definición de las características del framework necesarias para su vinculación al tratamiento del TEA.
		A2.OE1.	Definición de características de arquitectura de software para aplicaciones accesibles
		A3.OE1	Definición de modelo de arquitectura de frameworks para software accesible enfocado en el TEA
		A4.OE1	Diseño y documentación de framework

			para aplicaciones accesibles enfocadas en el TEA.
Documentación	OE2	A1.OE2.	Diseño de modelo e instrumentos de evaluación heurística para valoración del framework.
		A2.OE2.	Diseño de métricas para la valoración de efectividad y eficacia en las aplicaciones accesibles diseñadas a partir del framework
		A3.OE2.	Definición de grupo de expertos para aplicación de evaluación heurística (Terapeutas expertos en TEA, Desarrolladores de software).
		A4.OE2.	Aplicación de evaluación heurística por expertos para valoración de usabilidad e interacción de usuarios.
		A5.OE2.	Generación de documentos de validación y pruebas de usabilidad e interacción.
Documentación	OE3	A1.OE3.	Diseño de métricas para la valoración de efectividad y eficacia en el framework.
		A2.OE3.	Escritura de documento de proyecto.
		A3.OE3	Organización de entregables del proyecto.
		A4.OE3.	Presentación de resultados de investigación.

1.4 Estructura del documento

El documento está organizado en 5 capítulos de la siguiente manera:

Capítulo 1. Introducción: En esta sección del documento se hace una descripción de la problemática, el conocimiento abordado para poder justificar el área de investigación, los objetivos definidos para el proyecto, además de la metodología utilizada para lograr las metas estipuladas y finalmente la estructura de todo el documento de manera general.

Capítulo 2. Marco teórico: En esta sección se describe el marco teórico, experiencias previas y los trabajos relacionados, los cuales contienen los conceptos para entender el contexto del proyecto. Se realiza la revisión de la literatura que recopila los trabajos previos relacionados con el uso de la tecnología y la gamificación para el tratamiento del trastorno del espectro autista.

Capítulo 3. Diseño y Desarrollo de FRIDA: En este capítulo se describe el proceso de diseño y desarrollo de FRIDA, sus componentes, módulos y cómo se relacionan entre sí. Además de el proceso de caracterización del usuario por medio de formularios como es el mapa de empatía y el requisito de usuario.

Capítulo 4. Prototipado: En este capítulo se muestra el proceso del prototipo construido a partir de FRIDA y las pruebas que se realizaron con los niños de la fundación CENIDI.

Capítulo 5. Validaciones y Conclusiones: Por último, en este capítulo se presentan las validaciones y conclusiones de los resultados que se obtuvieron en el proyecto.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Conceptos relevantes

2.1.1 Framework

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. 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-esfuerzo en el desarrollo de un sistema funcional [14]. Basándonos en este principio, la idea de utilizar un framework ya existente que cumpla con patrones de diseño necesarios para el desarrollo de una aplicación accesible, se espera obtener aplicaciones de software a la medida de usuarios con necesidades especiales como lo son quienes padecen del Trastorno del Espectro Autista.

2.1.1.1 Diseño centrado en el usuario

Basándonos en el método Tratamiento y educación de niños con problemas de comunicación relacionados con el autismo (TEACCH) [15], se busca contemplar las actividades necesarias para cumplir con las recomendaciones en el diseño de aplicaciones accesibles para TEA y de esta manera, implementar los aportes desde el nuevo modelo propuesto en el cual se busca establecer las normas de juego, la creación de un sistema de recompensa, una competencia motivante y el establecimiento de niveles de dificultad acordes a las capacidades cognitivas de los usuarios.

2.1.1.2 Ludificación

En correlación con el diseño centrado en el usuario, tenemos el tema de la ludificación o gamificación, el cual propone crear actividades o dinámicas que se desempeñan en juegos para promover conductas. Se ha dado resultado que el uso de juegos serios en

personas con discapacidad intelectual puede servir como un refuerzo positivo, además de crear motivación en los pacientes [16].

2.1.1.3 Framework de desarrollo Flutter

Flutter Framework de código abierto de Google para crear aplicaciones multiplataforma recopiladas de forma nativa a partir de una única base de código [17]. Flutter utiliza Dart como su lenguaje de programación el cual es sencillo de trabajar y de tipado seguro, Los proyectos desarrollados en Flutter permiten desplegar aplicaciones a diferentes tipos de dispositivos como Android, iOS, aplicaciones de escritorio como Windows, MacOS y Linux, incluso la Web. Esto hace a Flutter un poderoso framework de desarrollo.

2.1.2 Patrones de Diseño

Un patrón de diseño es el proceso por el cual se plantea mecanismos para generar soluciones a problemas concretos, todo esto relacionado a la construcción de un software, varios puntos que se tienen para diseñar estos patrones es que estos se realizan dependiendo el contexto que se aborda y la solución deseada; estas soluciones se representan en objetos e interfaces en lugar de paredes y puertas [18].

Elementos esenciales de los patrones:

- Nombre del patrón
- La problemática
- La solución
- Consecuencias

2.1.3 Diseño Universal

Es una propuesta de diseño en la que se busca que cada individuo ya sea que tenga o no una discapacidad puedan acceder a productos y servicios de una manera fácil y cómoda.

Principios del diseño universal [19]:

- Igualdad de uso: El diseño puede ser utilizado por personas con distintos grados de habilidad.
- Flexibilidad: El diseño se puede acomodar a un amplio rango de habilidades y preferencias individuales.
- Simple e intuitivo: El diseño debe ser fácil de entender independientemente de la experiencia, los conocimientos, las habilidades o el nivel de concentración del usuario.
- Información fácil de percibir: El diseño debe ser capaz de intercambiar información con usuario, independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo.
- Tolerante a errores: el diseño debe minimizar las acciones accidentales o fortuitas que puedan tener consecuencias fatales o no deseadas.
- Mínimo esfuerzo físico/cognitivo: El diseño debe poder ser usado eficazmente y con el mínimo esfuerzo posible.
- Dimensiones apropiadas: Deben proporcionarse tamaños y espacios para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición, y movilidad.

2.1.4 Accesibilidad

La concepción de accesibilidad en la RAE es “Calidad de ser de fácil acceso”, este principio se refiere a que cada persona ya sea o no que presente alguna discapacidad, puedan acceder a un bien o servicio de una manera fácil y buscando la igualdad de condiciones [20].

2.1.4.1 Software Accesible

Partiendo de la misma raíz, un software accesible es esencial que un sistema está diseñado para que la mayor cantidad de personas puedan manejarlo sin importar

aspectos de cultura, idioma, capacidades cognitivas o ubicación [21], esto está fuertemente relacionado a la usabilidad, sin embargo todavía existen fallas en la regulaciones o en las estipulaciones para que los softwares cumplan este principio, sin embargo se ve un crecimiento en los últimos años de estudio y proceso para estudiar este ámbito [22].

2.1.5 Arquitectura de Software

La arquitectura de software es un proceso que ha ido evolucionando a lo largo de la historia del software y parte como necesidad de tener unos principios y guía de construcción de un sistema lógico, dichas arquitecturas se componen de patrones de diseño y abstracciones para la interacción y comportamiento del software, esto se realiza a partir de un ADL (Lenguajes de Descripción Arquitectónica), lo cual lleva a una mejor comprensión de lo que se espera en el sistema y por consiguiente generar una idea más clara a la hora de realizar el diseño [23].

2.1.6 Eficiencia y eficacia

Una concepción del software que se mantiene de alguna manera prístina en los últimos años es que se debe lograr crear software de calidad, por ello mismo las características como eficiencia y eficacia que se abordan en la ISO/IEC 9126 [24], en las cuales se aborda que el software debe generar desempeño apropiado y además que los procesos realizados tengan los resultados esperados. Con ello se espera que el framework siga estos lineamientos y sea reflejado en las aplicaciones diseñadas con este.

2.2 Estado del Arte

Para tener como punto de partida la idea de diseñar un framework para este tipo de trastorno y más que todo para personas que presentan este tipo de dificultad se inicia con la formulación de preguntas relacionadas que tienen que ser respondidas para tener una idea más específica del contexto con el que se tiene que trabajar; algunas de estas preguntas son:

1. ¿Qué cifras de discapacidad cognitiva se encuentran en Colombia, especialmente relacionado con TEA?
2. ¿Las empresas desarrolladoras en Colombia tienen en su línea de desarrollo el software accesible?
3. ¿Qué tipo de software es accesible y en qué medida utilizan las fundaciones en Colombia que trabajan con Trastorno de Espectro Autista?

A cada una de estas preguntas se le realiza su debida indagación, con el propósito de tener un panorama más general de la situación respecto al autismo y el software accesible en Colombia. Ejemplo de esto es que se tienen cifras de discapacidad, en diciembre de 2019 se tiene un estimado de 1 '298.738 personas con discapacidad en Colombia (2.3% de la población) [25].

De acuerdo con las cifras anteriores, podemos evidenciar que si existen cimientos en el proceso de ayudar a las personas que tienen TEA y de esta manera realizar un proceso en el mejoramiento de su estilo de vida. Sin embargo, la creación de una aplicación completa enfocada en el desarrollo de habilidades emocionales o sociales para casos de trastorno del espectro autista es un trabajo exigente que requiere mucho tiempo. Es por esta razón que se plantea diseñar un framework que de soporte a los desarrolladores de software para el diseño de este tipo de aplicaciones incluyendo los diseños, patrones y estructura que debe usarse para aplicar metodologías HCI, especialmente el diseño centrado en el usuario, soportando de esta manera el tipo de diseño de software inclusivo que se necesita para trabajar con niños que tienen TEA⁵.

La mayoría de las fundaciones que trabajan con pacientes diagnosticados con el Trastorno de Espectro del Autismo, se centran en la aplicación de metodologías de

⁵ A pesar de que el tema abarcado se relaciona con las habilidades emocionales esta parte de la investigación es tratada y trabajada en un trabajo relacionado [11].

intervención que generalmente no implican el uso de software accesible. Algunas de estas metodologías son las siguientes:

- Metodología ABA (Applied Behavior Analysis)
- Método TEACCH
- Interfaces tangibles
- Metodología GEEMPA

Se realiza una consulta de diferentes fundaciones a nivel nacional, las cuales trabajan con este tipo de niños.

Tabla 3 Fundaciones que trabajan con TEA en Colombia

Nombre	Ciudad	Contacto	Correo
Fundación CENIDI[26]	Popayán	836 1614 Calle 6# 23-50	contacto@funcenidi.edu.co https://funcenidi.edu.co/
Liga Colombia de Autismo	Bogotá	(+57) 311 241 4890 - 3 575260	info@ligautismo.org
Fundación Avante	Bogotá	(+57) 3144846385	fundavante@hotmail.com Patricia.acosta@fundacionavante.com
Fundación Vértice	Bogotá	(+57) 1 619697	enterate@fundacionverticecolombia.com
Asociación APA	Cali	(+57) 315 471 2495 - Telefax: 552456	info@apaautismocali.com
Karitas	Cali	(+57) 305 878 7224 - 3799700 - 5568116	centro@autismokaritas.com

Además de lo anterior; una revisión de antecedentes y trabajos relacionados, en los cuales se pueden apreciar temáticas importantes, y en las cuales se evidencia que el proceso de tratar TEA utilizando el software como herramienta es como tal un paradigma precursor que pueda dar como resultado un nuevo proceso en el diseño y creación de sistemas basados en HCI.

En la exploración de la documentación realizada por los estudiantes del proyecto se encontró evidencia de estudios previos[12][27] sobre la accesibilidad en el software actual además de la problemática de que no existe estándares y dejando la experiencia en el uso de modelos de software en el desarrollo de aplicaciones accesibles[28], por otro lado el proceso para evaluar aplicaciones creadas para condicionar o para el aprendizaje también compone el tema la accesibilidad, puesto el incremento exponencial del uso por la personas a lo largo de las dos últimas décadas, lo que conlleva a evaluar cómo se diseñan actualmente y cómo deberían desarrollarse dichas aplicaciones[29].

2.2.1 Sondeo

Además, se realizó un sondeo a tres grupos de personas diferentes: Desarrolladores de software, profesionales de TEA, padres de familia con niños con TEA, este sondeo se realizó a partir de 3 encuestas para cada grupo, con lo cual se pudo hacer un análisis de la información recolectada. (Ver anexo A, B, C)

2.2.1.1 Padres de familia

Esta primera encuesta tiene como propósito abordar el grupo comprendido por padres o tutores de niños con TEA puesto que son los encargados de que estos niños lleven una vida digna, además de esto hasta cierto grado afectados directos, ya que los cuidados y la forma de abordar una relación con ellos es muy compleja. Se tiene que el mayor grupo poblacional que contestó la encuesta se encuentra en Colombia con un total de 52 respuestas, además de esto se tiene 5 personas en este mismo grupo que utilizan algún tipo de tecnología en el tratamiento de su familiar. Siendo doce personas en total las que utilizan alguna tecnología en todos los países exceptuando USA.



CONOCIMIENTO Y USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL ACOMPAÑAMIENTO Y MANEJO DE NIÑOS CON TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA (TEA)

Figura 5 Vista de Encuesta web dirigida a Padres de familia

Se tuvo un total de 75 respuestas de esta encuesta, en su mayoría de la fundación CENIDI [26] en el Cauca, de las cuales se descartaron dos al contener las mismas respuestas, dando un total de 73 personas que tienen algún familiar con TEA, Además de esto usando una serie de filtros utilizando las otras respuestas de las encuestas podemos ver aspectos más detallados sobre la información recolectada, ejemplo de esto se muestra en la figura 6, mostrando que el mayor rango de edad de familiares con TEA es de aproximadamente 40%.

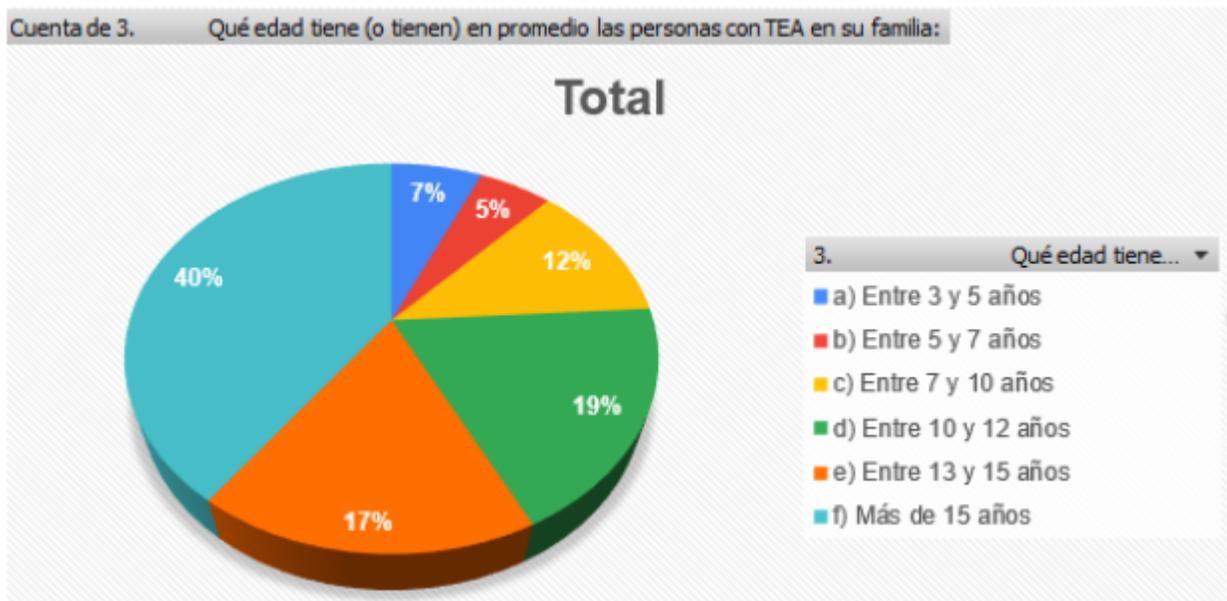


Figura 6 Edades de niños con TEA

2.2.1.2 Expertos en TEA

En esta encuesta se le hizo varias interrogantes a un grupo de expertos en el tema del tratamiento de TEA, los cuales suministraron información sobre su experiencia, nivel de autismo con el que han trabajado, tipos de terapias que han evaluado, y su opinión y experiencia sobre la terapia usando alguna herramienta de software.



Figura 7 Vista de Encuesta web dirigida a Expertos en TEA

Como muestra la figura 8, se puede ver que existe un número grande de expertos los cuales tienen más de 7 años de experiencia con TEA. Podemos ver que solo 2 de los expertos han trabajado con personas que tienen nivel 3 de autismo, además tienen más de 7 años de conocimientos en la temática, por ello mismos se revisó cual fueron las respuestas con relación al uso de aplicaciones y la opinión personal sobre si es necesario el desarrollo de nuevas aplicaciones de software inclusivo.

Ambos expertos conocen o utilizan software inclusivo como terapia, además ambos están de acuerdo en que es necesario que exista más software de esta clase para ayudar al tratamiento de TEA.

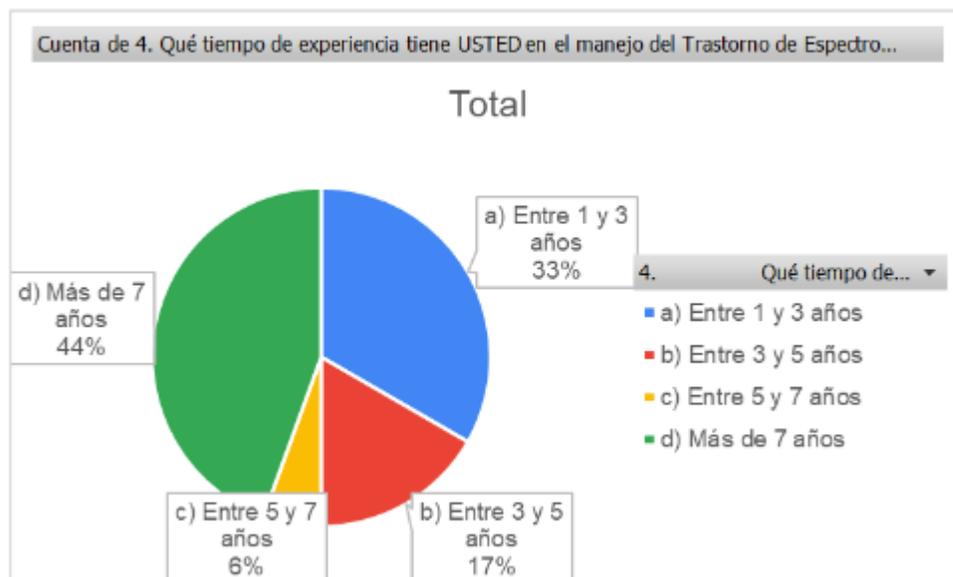


Figura 8 Experiencia de los expertos en TEA

2.2.1.3 Expertos en software

La última encuesta está relacionada a diferentes expertos de software, los cuales no necesariamente tienen conocimientos sobre aplicaciones accesibles, tuvimos respuestas de 40 diferentes desarrolladores, de los cuales 33 de ellos llevan más de 7 años en el desarrollo de este tipo de sistemas, lo cual equivale al 82,5% de los encuestados lo cual demuestra que el grupo que contestó el formulario es de gente cuya experiencia es importante en el sector de software novedoso, siendo el 60,61% dentro de este grupo

con más de 7 años de experiencia, personas que que conocen y trabajan en la empresa el concepto de software accesible. Esto además del interés del 78% de las empresas en aplicar un marco de trabajo para el diseño de aplicaciones en la forma de tratamiento, figura 10.



Figura 9 Vista de Encuesta web dirigida a desarrolladores software

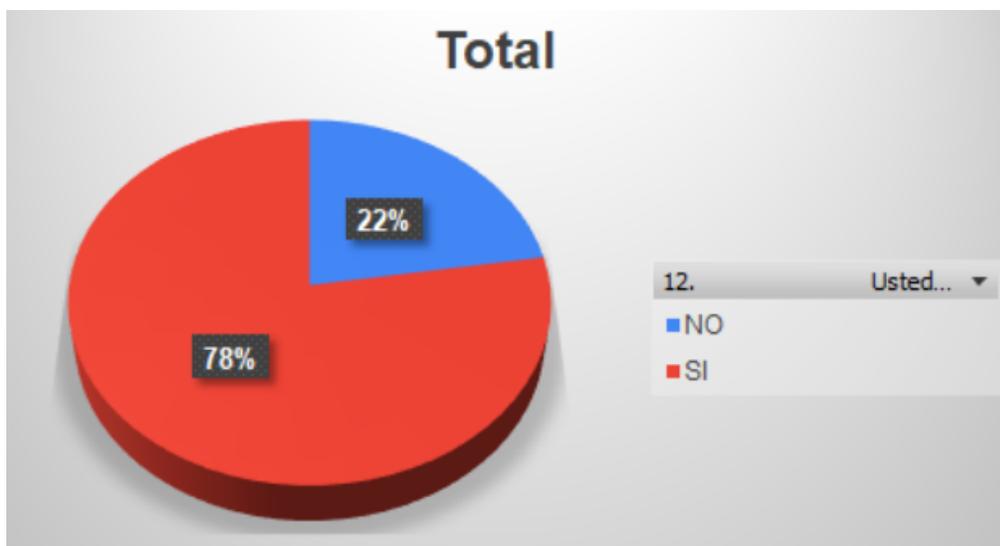


Figura 10 Interesados en un marco de trabajo

Al finalizar estas consultas, buscamos llegar a la conclusión de que SI es necesario y viable proponer un framework para el diseño de software inclusivo enfocado en el TEA y por lo tanto se plantea la pregunta de investigación que se tiene.

2.2.2 Trabajos relacionados

A lo largo de la concepción del proyecto se buscó varios artículos para poder tener una idea de si existían temas relacionados a la propuesta de investigación, con esto en mente se realizó una tabla con varios de los trabajos que se consideraron más relevantes y cuya información sirvió durante la concepción del framework FRIDA. En la tabla 4 se evidencia el título del documento, el aporte que da y también se da una descripción breve del contenido que contiene.

Tabla 4 Literatura consultada

Trabajos	Problema/Aporte	Descripción
Use of HCI for the development of emotional skills in the treatment of Autism Spectrum Disorder: A systematic review[7]	Punto inicial para la comprensión del ámbito del TEA en niños y en cómo puede ser posible realizar un tratamiento de sus habilidades emocionales utilizando metodología HCI.	Este documento presenta los avances iniciales encontrados en la revisión de la literatura que analiza la relación entre el desarrollo de habilidades inherentes a la inteligencia emocional y su utilidad en la mejora de los tratamientos para el Trastorno del Espectro Autista, mediante el uso de la interacción humano-ordenador.
The Gamification in the Design of Computational Applications to Support the Autism Treatments: An Advance in the State of the Art[30]	El uso de gamificación en aplicación para el tratamiento de TEA propone un nuevo ámbito de motivación para los niños con este trastorno, por lo que investigar antecedentes de esta propuesta e idear un panorama de su uso es un punto crítico para el desarrollo del framework.	La investigación se centra en los resultados de la utilización de algunos modelos para el diseño de software inclusivo, los pasos para elaborarlos y la posibilidad de adaptar técnicas de juego; para que su uso pueda ser modelado y adaptado en un futuro marco para el diseño de aplicaciones específicas para el manejo del autismo
Recommendations for the design of	Evidencia de datos en el trabajo con niños con	Dentro de las actividades realizadas se tiene la del análisis de modelos y

<p>inclusive apps for the treatment of autism : An approach to design focused on inclusive users[11]</p>	<p>trastorno de espectro autista, incluyendo el proceso investigativo, de diseño y ejecución de la hipótesis propuesta.</p>	<p>patrones de diseño de aplicaciones inclusivas con interacción hardware-software además de la recolección de información acerca de los niveles de inteligencia emocional del estudio de caso realizado, además de la identificación de posibles patrones de diseño de aplicaciones computacionales basadas en la inclusión con fines de aprendizaje. Todo esto es validado a través de métricas y análisis tanto cualitativo como cuantitativo con indicadores de evaluación de apropiación o fortalecimiento de habilidades de inteligencia emocional en niños con trastorno de espectro autista.</p>
<p>Adaptación del "social skills improvement system rating scales" al contexto español en la etapa de educación primaria[31]</p>	<p>Estándar para medir el nivel de habilidad social con lo cual se tendrá unos datos para medir los cambios esperados en los niños que interactúen con la aplicación.</p>	<p>Adaptación al español del contexto SSIS-RS creado por Gresham y Elliott (2008) teniendo en cuenta las características socioculturales del español y estudiar las cualidades métricas de la versión adaptada.</p>
<p>Training Joint Attention Skills and Facilitating Proactive Interactions in Children With Autism Spectrum Disorder: A Loosely Coupled Collaborative Tabletop-Based Application in a Chinese Special Education Classroom[28]</p>	<p>Aplicación de técnicas de juegos en niños con TEA, para fomentar la interacción y la colaboración entre ellos.</p>	<p>La interacción entre niños que presentan TEA es un tema que ha abordado diferentes estudios de cómo ayudar con esta dificultad, este artículo muestra cómo utilizando una aplicación y un juego específico se puede inducir a la colaboración indirecta entre estos niños siempre teniendo en cuenta que cada niño esté en su propio espacio, la forma en la que se realizó esta tarea es un tablero de juego digital donde cada niño se sentará en cada extremo o en un dispositivo como una tablet para poder realizar el puzzle, en diferentes versiones del juego se utilizaron diferentes esquemas de colores y señalizaciones para guiar durante la tarea hecha.</p>
<p>Outcomes for design and learning when teenagers with autism codesign a</p>	<p>Uso de un framework, sin embargo existían limitaciones en las pruebas, ayuda a entender la necesidad de</p>	<p>Un preámbulo de investigación que inicia a realizar un breve estudio de la forma en que se pueden diseñar aplicaciones para personas que padecen TEA además de</p>

<p>serious game: A pilot study[29]</p>	<p>contar con especialista para poder caracterizar a los niños.</p>	<p>esto teniendo también como punto de enfoque la propia experiencia y opinión de los niños y jóvenes a los cuales se hará la aplicación. Para esto diseñaron una aplicación con la cual tendrían un reto con conocimientos de geografía y de esta manera aumentar sus conocimientos sobre esta área específica simultáneamente, esto utilizando el diseño de juego serio, el enfoque con el cual se hace análisis y se tiene como premisa para esto es utilizando un framework de “Holt and Yuill's” para esto los niños debían enfocarse en la tarea y en un punto había una desconexión de dicha tarea, todo esto monitorizado y grabado para su estudio, gracias al trabajo colaborativo se miró una mejora en los conocimientos de los niños según el estudio además de dar un paso para este tipo de diseño y una investigación más profunda a futuro.</p>
<p>The use of gamification and serious games within interventions for children with autism spectrum disorder[32]</p>	<p>Hoy en día para el tratamiento del autismo es bastante habitual el uso de aplicaciones informáticas o escenarios informatizados llamados “Gamificación”. Aunque los casos de autismo pueden parecer similares, estos varían de unos a otros, lo que preocupa a los terapeutas y a la comunidad informática en general que busca dar soluciones a esta enfermedad.</p>	<p>Este artículo busca contribuir a la investigación sobre el uso de elementos digitales diseñados que sirven como soporte para el tratamiento del autismo a partir de la gamificación. Esto se hace a partir del análisis de aplicaciones y el uso de juegos y las habilidades mostradas por las personas analizadas. Además propone definir las características necesarias o elementos que deben definir los juegos serios hechos para niños con TEA.</p>
<p>Model Playground for autistic Children Teaching social skills through tangible collaboration[33]</p>	<p>La dificultad de los niños en aprender habilidades sociales y desempeñarse en ambientes es un tema que se trata de solucionar y siempre se ve un potencial de mejora desde la perspectiva clínica.</p>	<p>El artículo aborda el diseño de un modelo digital-análogo utilizando el método de diseño que deben contener las aplicaciones inclusivas y los diferentes desafíos que se enfrentan para poder aplicar esto en dicho modelo, además del desafío en una simulación del mundo real y a su vez reflejar esto en un juego para</p>

		<p>estos niños. En el estudio se tenían en cuenta como los niños interactúan con muñecos o diferentes juguetes y cómo se generan una ayuda verbal entre ellos con diferentes tareas, para poder tomar estas medidas se utilizaron sensores para determinar las emociones de estos niños y como en un prototipo específico se miró que solo dos de los niños pudieron jugar juntos, lo que muestra cómo algunas de las tareas fueron más complejas para poder resolverse.</p>
<p>CoASD: A Tabletop Game to Support the Collaborative Work of Users with Autism Spectrum Disorder[34]</p>	<p>Diseñar un juego colaborativo presenta un método que ayuda a los niños con TEA a realizar tareas más complejas y colaborar entre sí para lograr un objetivo en común sin que se observe la típica problemática de retracción que se suele observar con estos niños</p>	<p>El uso de herramientas para el diseño de este tipo de juegos parece una manera mucho más concisa y eficiente de realizar estas actividades ya que proporcionan estrategias y una estructura ya fundamentada para esto.</p> <p>La herramienta StrateCSA proporciona este tipo de estrategias enfocándose principalmente en la colaboración de diferentes maneras ya se por comunicación, o por la forma de realizar la tarea; pero con todo esto se deja en claro que se necesita la cooperación de todos los niños para poder realizar las tareas que se presentan en el juego.</p>

Capítulo 3. Diseño y Desarrollo de FRIDA

En este capítulo se describe el proceso de diseño y desarrollo de FRIDA [Framework para el diseño de aplicaciones de software accesibles orientadas al tratamiento del autismo], que se divide en 3 partes:

- Definición de características de arquitectura (atributos de calidad)
- Accesibilidad en FRIDA
- Descripción de los elementos que componen FRIDA
- Diagramas modelo C4

3.1 Definición de características de arquitectura

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 [35]. 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 5.

Tabla 5 Características de arquitectura

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

3.2 Accesibilidad en FRIDA

Teniendo en cuenta que FRIDA está enfocado en el desarrollo de aplicaciones accesibles es muy importante tener en cuenta los estándares de accesibilidad, como es el WCAG. 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 6, 7 y 8.

Tabla 6 Pautas Accesibilidad Categoría Perceptible

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

Tabla 7 Pautas Accesibilidad Categoría Distinguible

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 8 Pautas Accesibilidad Categoría Operable

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 9 Pautas Accesibilidad Categoría Comprensible

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.

Adicionalmente se realizó un guideline que consiste en información acerca de diferentes aspectos de usabilidad relacionados a las discapacidades vinculadas al TEA y cómo estas características y normativas que sirvieron para poder tener una idea general de lo que deben contener y estar diseñadas las aplicaciones desarrolladas usando FRIDA (Anexo D).

3.3 Arquitectura de FRIDA

La arquitectura de FRIDA está dividida por 3 capas principales que se relacionan y se conectan todas entre sí. A continuación se describe cada una de ellas.

- La capa Core, contiene el código fuente que se puede extender directamente en FRIDA, los módulos, widgets y las clases utilitarias.
- Posteriormente, se tiene la capa de paquetes de FRIDA, los cuales permiten cumplir las pautas de accesibilidad anteriormente mencionadas en el ítem 3.2 de este documento.
- y la última capa es Flutter, ya que FRIDA está construida sobre este framework para aprovechar todas sus funcionalidades.

La figura 11 muestra una descripción de alto nivel de la arquitectura FRIDA y como las capas se relacionan entre ellas.

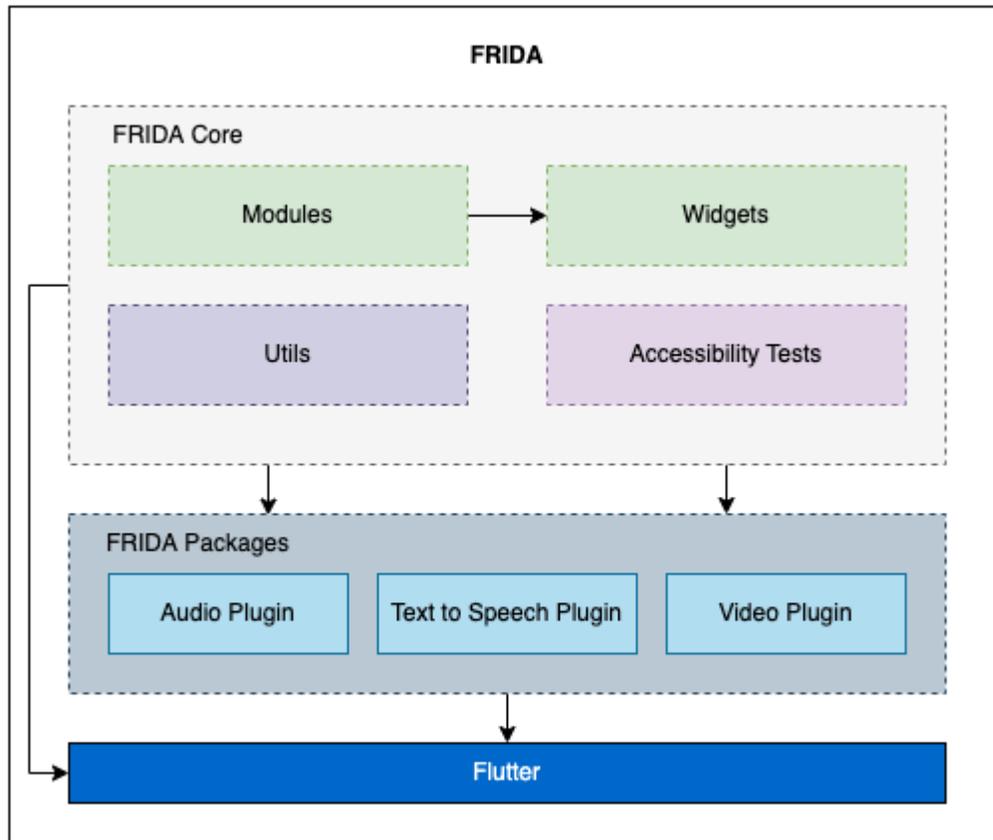


Figura 11 Descripción general de alto nivel de la Arquitectura FRIDA

A continuación usamos el modelo C4⁶ que nos permite entender la arquitectura del framework basado en la descomposición estructural en contenedores y componentes. Este modelo se compone en las siguientes partes.

3.3.1 Diagrama de Contexto

Con este diagrama queremos mostrar la relación de FRIDA con otros sistemas o usuarios externos.

⁶ <https://c4model.com/>

C4 Model

FRIDA Context Diagram

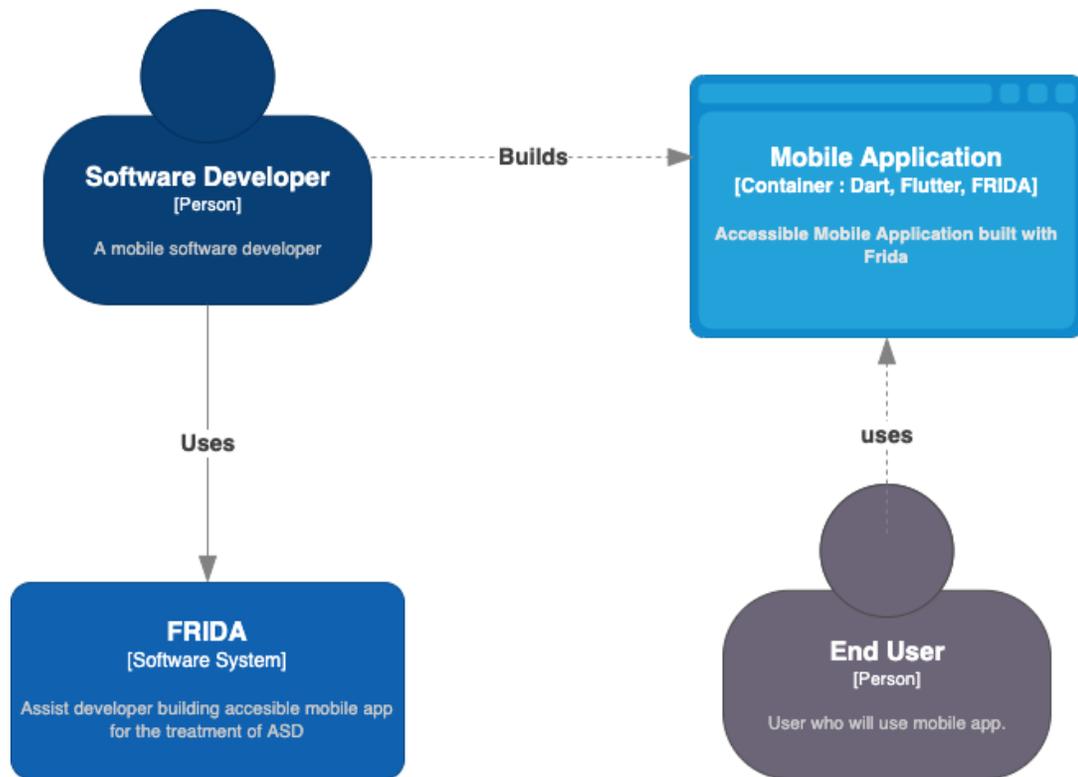


Figura 12 Diagrama de Contexto FRIDA

Donde, el desarrollador de software usa el sistema FRIDA y construye aplicaciones móviles usando este framework. Con el fin de que los usuarios finales, en este caso el niño o niña con TEA use la aplicación.

3.3.2 Diagrama de Contenedores

Con este diagrama mostramos un nivel más dentro de FRIDA, y como se relaciona con el usuario desarrollador de software.

C4 Model Container Diagram

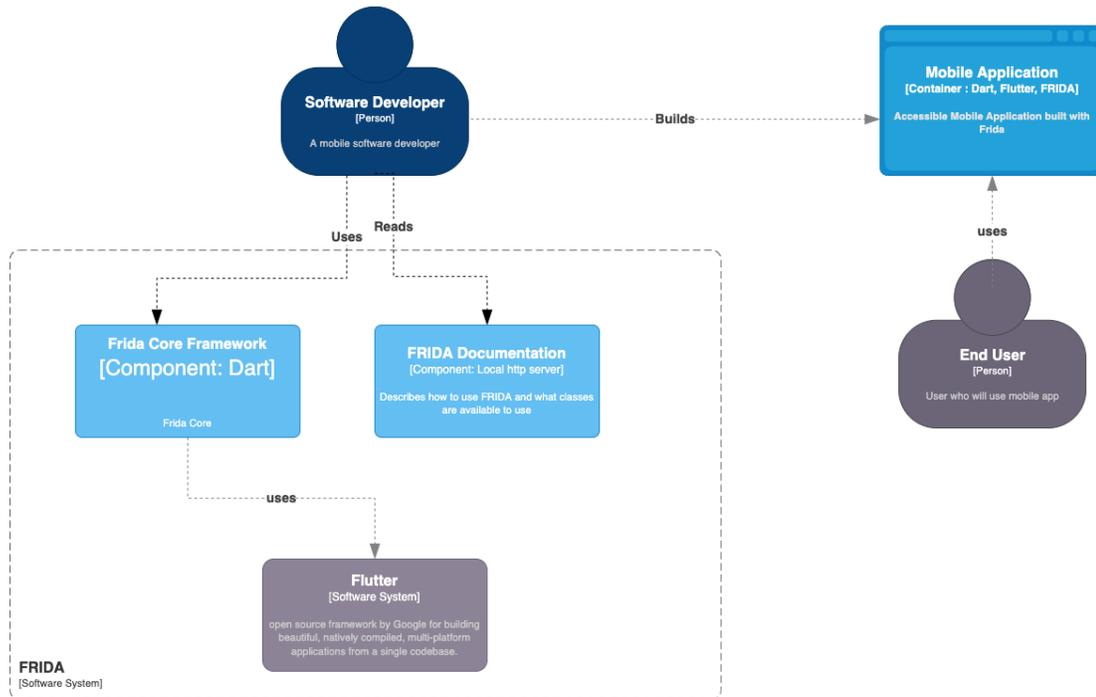


Figura 13 Diagrama de contenedores FRIDA

El desarrollador de software usa el framework, que tiene las clases y métodos disponibles en FRIDA y además tiene la posibilidad de leer la documentación de FRIDA para entender que clases existen y como usarlas. Esta documentación se puede generar por medio de un servidor http local. (Ver anexo H) para el tutorial paso a paso.

En este diagrama también se muestra que FRIDA se desarrolla sobre otro framework llamado Flutter. Flutter es un framework desarrollado por Google que permite construir aplicaciones para varios dispositivos diferentes desde una sola base de código, además de proporcionar clases y servicios básicos como son las animaciones, el pintado de textos e imágenes y el control de gestos. El uso de este Framework nos permite enfocarnos en los módulos para tratamiento del TEA sin preocuparnos de otros aspectos gráficos.

3.3.3 Diagrama de Componentes

Con este diagrama mostramos que componentes está conformado el framework y cómo se relacionan entre si.

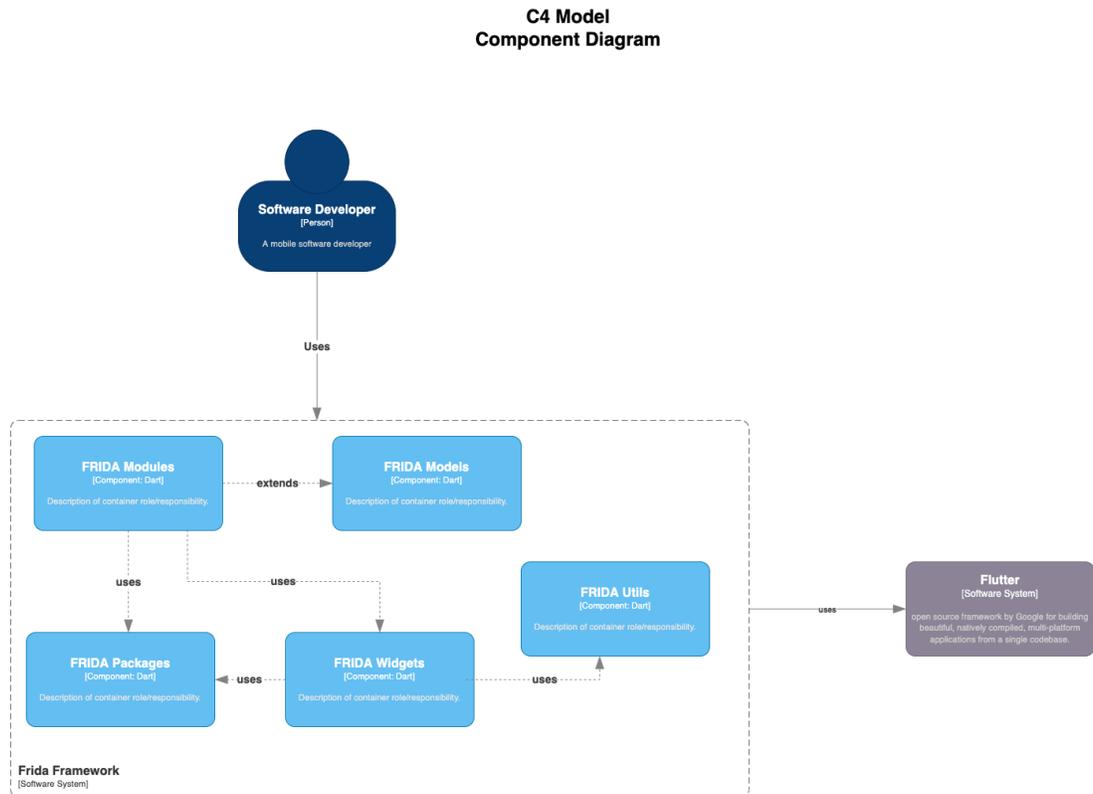


Figura 14 Diagrama de componentes FRIDA

Este diagrama muestra los 4 componentes principales, FRIDA modules, FRIDA Packages, FRIDA Widgets y FRIDA Utils los cuales poseen las clases necesarias para el desarrollo de las aplicaciones. A continuación explicamos que contiene cada uno de estos componentes.

3.4.1 Componentes de FRIDA Core

3.4.1.1 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 [36]. 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 10:

Tabla 10 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 15 muestra la relación de estos widgets con los paquetes de FRIDA, cada uno de estos widgets usa uno o mas paquetes de frida para implementar la accesibilidad.

C4 Model Component Diagram - Frida Widgets

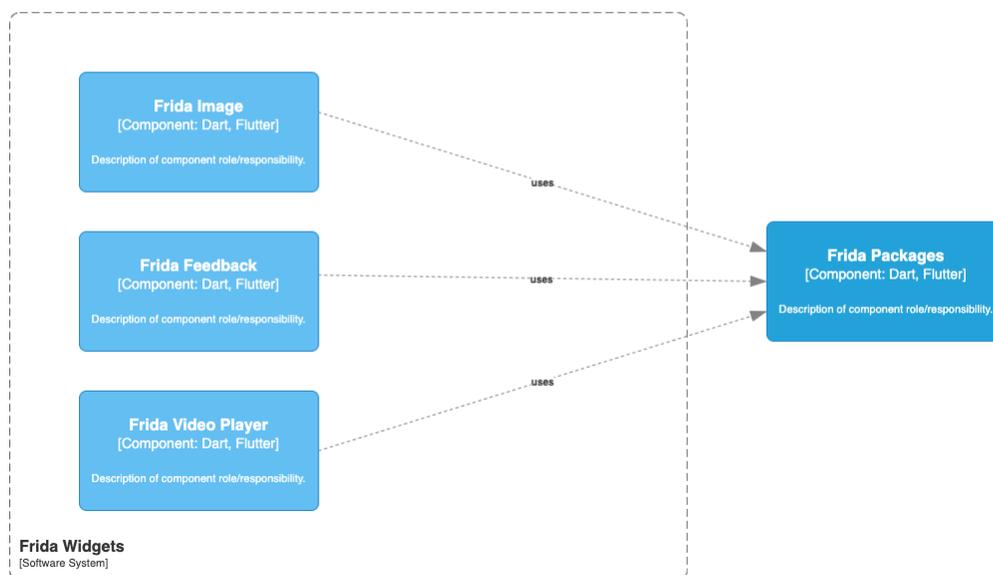


Figura 15 Diagrama de Componentes - Widgets

3.4.1.2 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:

3.4.1.2.1 Módulo de preguntas con pictogramas⁷

Este módulo permite al desarrollador crear actividades con pictogramas para ser utilizadas en el tratamiento del TEA. Se compone de argumentos requeridos y opcionales

⁷ Símbolo o imagen que representa una palabra o frase

para personalizar el módulo como se desee. Estos argumentos son listados a continuación en la tabla 11.

Tabla 11 Módulos 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	Sea 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

3.4.1.2.2 Modulo 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 12.

Tabla 12 Módulos de combinación de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
items	List	Lista de items 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

3.4.1.2.3 Modulo 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 13.

Tabla 13 Argumentos del módulo emparejamiento de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
items	List	Lista de items 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

3.4.1.2.4 Modulo 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 14.

Tabla 14 Módulo de seguridad de pictogramas

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
-----------	--------------	-------------	-----------

mathQuestion	MathQuestion	Lista de items 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

MathQuestion y SimpleQuestion son dos Widgets de FRIDA donde cada uno tiene argumentos diferentes, listados a continuación en la Tabla 15.

Argumentos para el widget MathQuestion

Tabla 15 Parámetros de Widget MathQuestion

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
numberColor	Color	Color del texto	No
numberPadBackgroundColor	Color	Color de fondo del teclado numérico	No
buttonStyle	ButtonStyle	Estilos de los botones	No
buttonDeleteColor	Color	Color del botón "Borrar"	No
buttonOkColor	Color	Color del botón "ok"	No
questionTitle	TextStyle	Estilos del texto del título	No

operationTextStyle	TextStyle	Estilos del texto de la operación	No
anwerFieldStyle	TextStyle	Estilos del campo de respuesta	No

Argumentos para el Widget de SimpleQuestion, listados a continuación. Tabla 16

Tabla 16 Parámetros de Widget SimpleQuestion

Argumento	Tipo de dato	Descripción	Requerido
title	Text	El título del diálogo	No
questionTitle	Text	La pregunta de seguridad	Si
questionAnswer	String	La respuesta a la pregunta de seguridad	Si
answerFieldDecorat ion	InputDecoration	Los estilos decorativos al campo de respuesta	No

En la figura 16 se muestra la relación de los módulos con los widgets de FRIDA y a su vez con los modelos.

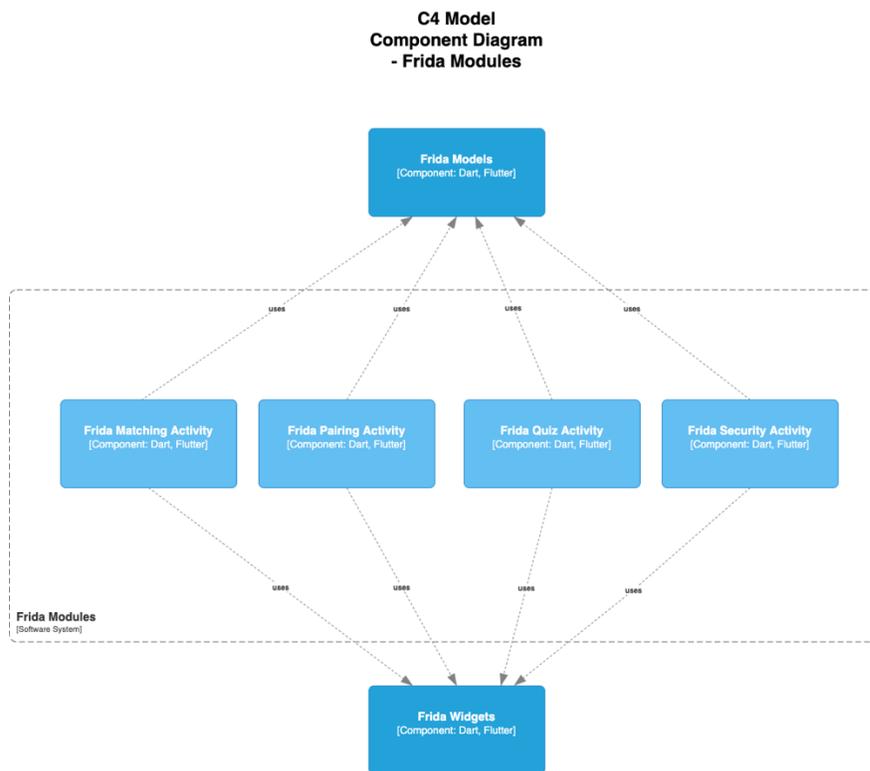


Figura 16 Diagrama de Componentes - Modules

3.4.1.3 Utils y Accessibility Tests

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.

3.4.1.4 FRIDA 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.

3.5 Métricas de evaluación para el framework

3.5.1 Caracterización del usuario

El siguiente paso en el diseño del framework es la caracterización del usuario, es un método para conocer las necesidades, gustos e intereses del usuario final, en este caso el niño con TEA. Se compone del mapa de empatía y los requisitos de usuario.

3.5.1.1 Mapa de empatía

El mapa de empatía es una herramienta gráfica que permite personalizar, caracterizar y conocer a un segmento de clientes (usuarios de aplicaciones informáticas o de un desarrollo tecnológico). (Ver anexo E)

El mapa de empatía nos permite conocer de forma detallada que dice, que escucha, que piensa, que siente y que ve el niño, tal como se muestra en la figura 12

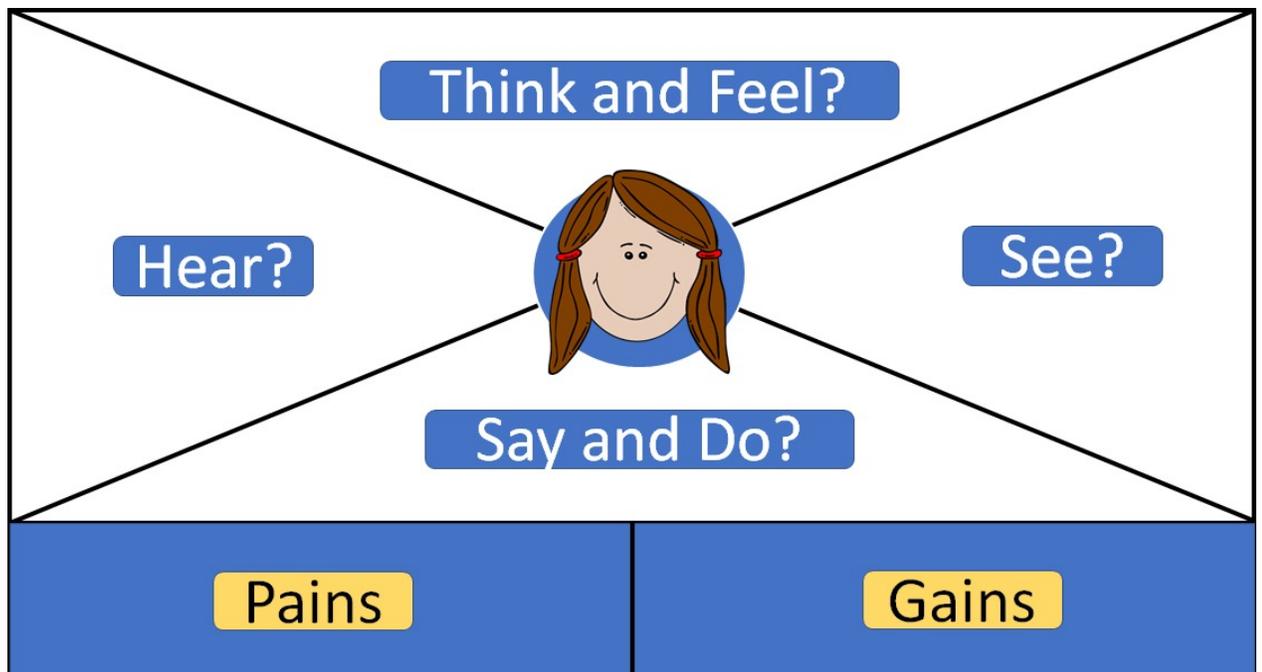


Figura 17 Mapa de empatía

La estructura del mapa de empatía se divide en 4 secciones

¿Qué ve? (*see?*)

Deberemos comprender qué es lo que el niño(a) ve en su entorno

¿Qué escucha? (*hear?*)

Aquí debemos contemplar las posibles influencias que pueda recibir el niño(a), tendencias, referencias, etc.

¿Qué piensa y siente? (*think and feel?*)

Deberemos comprender cómo piensa y siente nuestro niño(a) con Trastorno de Espectro Autista, no solo respecto al objetivo que hemos definido para el mapa de empatía, sino también relacionado con sus preocupaciones y aspiraciones

¿Qué dice y hace? (*say and do?*)

En este punto deberemos fijarnos en los comportamientos del niño(a), en su discurso, en sus prácticas habituales, en qué hace en su día a día y cómo lo hace

La parte inferior del mapa se divide en 2 partes.

¿Qué esfuerzos hace? (*pains*)

Debemos pensar qué obstáculos y dudas debe superar el niño(a) para acceder al producto o servicio tecnológico (Software de manejo pictográfico para tratamiento del Autismo)

¿Qué resultados obtiene? (*gains*)

En esta última parte del diagrama nos centraremos en los resultados que obtiene el niño(a) mediante el uso de software de manejo pictográfico para tratamiento del Autismo

3.5.1.2 Requisitos de usuario

Los requisitos de usuario son una serie de requerimientos técnicos que se deben tener en cuenta para la elaboración de una aplicación según los resultados obtenidos en el

mapa de empatía, para ello, se cuenta con el formato de requisitos de usuario (Ver anexo F). Permite seleccionar los siguientes aspectos.

1. Los aspectos gráficos
2. Sonidos y música
3. Los tipos de actividades
4. Niveles y retos
5. Feedback y seguimiento

Cada uno de estos aspectos muestran un requerimiento de la aplicación a desarrollar para el usuario en particular.

Capítulo 4. Prototipado

En esta etapa se realiza un estudio de caso en la fundación CENIDI donde se hicieron un total de 3 iteraciones para el diseño de las aplicaciones desarrolladas para los usuarios con TEA. La primera iteración es un acercamiento con los niños de la fundación para conocer sus capacidades y gustos. En la segunda iteración se realiza la caracterización de usuario de cada uno de los niños y se procede a la realización de la primera versión del prototipo. Y finalmente, en la tercera iteración se actualizan las aplicaciones según los resultados de la iteración anterior y se hace el respectivo análisis de emociones generadas en los niños con TEA.

4.1 Iteración 0

Para poder realizar el estudio de caso, la fundación CENIDI colaboró para poder realizar varias visitas periódicas para poder conocer las instalaciones sus programas de trabajo con los niños y sus diferentes discapacidades, además de esto se nos permitió con el consentimiento de los padres de familia conocer a 3 de los niños que padecen TEA y a los terapeutas que trabajan con estos niños.

En esta primera iteración con el acompañamiento de nuestro director Gustavo Constain nos presentamos ante los niños con autismo para permitir que nos fueran conociendo y de esta manera su familiarización con nosotros para futuras visitas. Además de poder tomar ciertos datos importantes de cada uno de los niños, tuvimos la oportunidad de realizar entrevistas documentadas mediante audio con los propios padres o tutores de ellos para que nos dieran información más concisa acerca de los gustos de estos, actividades que suelen realizar, hábitos y la manera como suelen lidiar con los niños ante episodios de violencia o frustración. Adicionalmente se realizó un pequeño test para medir las capacidades de cada uno de los niños para reconocer emociones y sus propias habilidades para gesticular estas emociones.

Para esto se les presentó un papel con diferentes pictogramas como se muestra en las figuras 13 y 14 y 15.

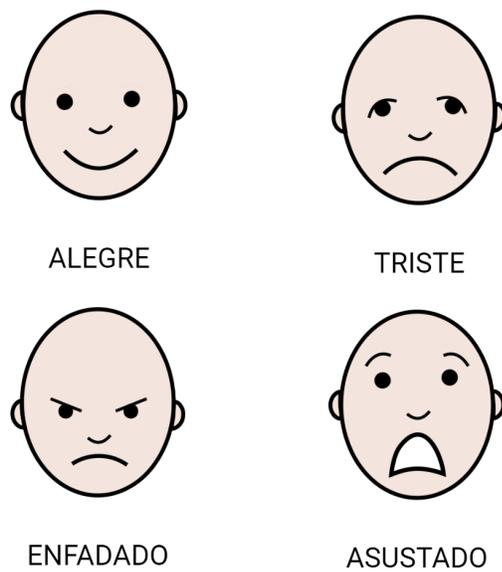


Figura 18 Reconocimiento de emociones frecuentes en personas con TEA



Figura 19 Proceso de evaluación inicial con los niños #1



Figura 20 Proceso de evaluación inicial con los niños #2

La caracterización de los niños vinculados al estudio de caso de la Fundación CENIDI se detalla a continuación en la Tabla 17.

Tabla 17 Perfil simple de los niños

Nombre	Edad	Nivel TEA	Información recolectada
Gioban Ruiz	11 años	1	<ul style="list-style-type: none"> ● Buena memoria ● Amplio Vocabulario ● Gusto por videos ● Nivel cognitivo alto ● Periodo de atención alto ● Motricidad: normal
Cesar David Velazco	15 años	Entre 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> ● Buena memoria ● Capacidad del habla limitada ● Gusto por la música, animales ● Nivel cognitivo alto ● periodo de atención corto entre 3-7 segundo ● Motricidad: Semilimitada

Sandra		2	<ul style="list-style-type: none"> ● Socialmente retraída ● violenta en ocasiones ● ● Gusto por música relajante y sonidos de animales ● Motricidad: uso limitado de los dedos por excepción de los pulgares
Shirley	18 años	3	<ul style="list-style-type: none"> ● Enorme desconcentración ● Analfabeta ● Gusto en colores fosforescentes ● Usa pocas palabras ● Motricidad: Semilimitada

4.2 Iteración 1

Para el proceso de iteración 1, de los tres niños seleccionados inicialmente solo se logró realizar el proceso para trabajar con dos de ellos y de esta manera avanzar con el proceso de caracterización de usuario y el desarrollo de un prototipo funcional de una aplicación accesible diseñada con datos específicos para cada uno de los niños.

4.2.1 Caracterización de usuario

Para el proceso de la caracterización de usuario de Guioban, se realizó primeramente un formato el cual permite recolectar información de cada uno de ellos a través de un mapa de empatía, con el cual se puede tener un acercamiento todavía mayor a la características de cada uno de estos niños, cómo se comporta en diferentes entornos, sus capacidades, sus gustos, las dificultades que presentan.

MAPA DE EMPATÍA

Nombre: Guioban David Ruiz

Edad: 11 años

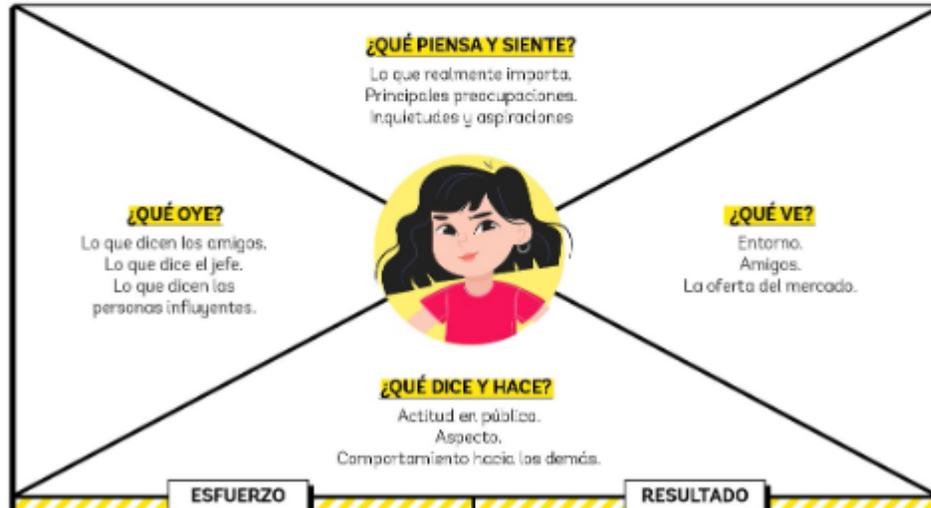


Figura 21 Mapa de empatía de Guioban

Al ya tener más información sobre cada uno de los niños se realizó el proceso para generar un formato para recolectar requisitos de usuario, de esta manera se tiene un acercamiento para el diseño de cada una de las aplicaciones que corresponde a cada niño.

Este proceso para recolectar requisitos técnicos permite saber qué aspectos gráficos, de sonido, actividades y retos son los estrictamente necesarios durante el desarrollo.

En la Tabla 18 se presentan los diferentes elementos que se comprobarán al ya tener el mapa de empatía, de esta manera se escogen los diferentes elementos que se consideran necesarios para la creación de una aplicación enfocada específicamente a ese individuo.

Tabla 18 Elementos a comprobar en los requisitos

Aspectos gráficos (Qué ve)	Sonidos y música (Qué escucha)	Tipo de actividades (Qué piensa y siente)	Niveles y retos (Qué dice y hace)	Feedback y seguimiento (Qué esfuerzos hace)
Uso de pictogramas	Sonido ambiental	Ordenamiento de pictogramas	Niveles de dificultad	Uso controlado de la APP por parte del usuario con TEA
Posibilidad de personalizar pictogramas	Audio automatizado de pictogramas	Drag'n Drop de pictogramas	Selección de actividades diferentes con pictogramas	Almacenamiento de resultados del usuario
Interfaz de la APP minimalista (pocos objetos)	Sonidos de feedback negativos	Pasos limitados para realizar una actividad	Mapa de niveles	Consulta de resultados históricos
Texto descriptivo de pictogramas	Sonidos de feedback positivos	Emparejar		Estadísticas de uso
Visibilidad del sistema durante navegación	Control del sonido	Reconocimiento de emociones		
Uso de iconografía estándar de fácil recordación	Control de subir o bajar volumen del sonido	Preguntas y pictogramas		
Contraste del Texto para nivel AA	Audio personalizado de pictograma	Juegos de lenguajes con pictogramas		
Contraste del Texto para nivel AAA		Clasificar pictogramas		
Feedback visual negativo		Combinar pictogramas		
Feedback visual positivo		Pictogramas proposiciones		



FRAMEWORK FRIDA
FORMATO DE REQUISITOS DE USUARIO

Checklist para requisitos de usuario

DISEÑADO POR: GUSTAVO EDUARDO CONSTAIN MORENO [gconsta@unicauca.edu.co]
DANIEL ENRIQUE ARDILA
JUAN SEBASTIAN PARRA

DATOS GENERALES DEL USUARIO

Nombre del usuario de la APP	
Edad	
Fecha de generación de la APP	(dd/mm/aaaa)
Versión de la APP	
Analista de requisitos	
Desarrollador de la APP	

Cómo usar este formato (Diligencie una instancia del formato por cada APP desarrollada a partir de FRIDA)

- Diligencie los datos del usuario con TEA (Nombre y Edad) de acuerdo a la información obtenida en el mapa de empatía correspondiente.
- Seleccione los requerimientos técnicos que debe tener una APP para el usuario de acuerdo al mapa de empatía correspondiente.
- Entregar este formato de requisitos de usuario al desarrollador que hace uso de FRIDA para la implementación de la APP.

Licencia

Derechos reservados

#	Elemento a comprobar (doble clic para expandir/colapsar)	Descripción del elemento requerido	Estado (doble clic para marcar cumplimiento)
1	Aspectos gráficos (Qué ve)		
1.1	Uso de pictogramas	Utilización del módulo de pictogramas	✓
1.2	Posibilidad de personalizar pictogramas	Reemplazar un pictograma por una fotografía o imagen familiar para el usuario	✓

Figura 22 Formato de requisito (Elaboración de los autores)

El día de la prueba en la fundación se conoció a otro niño que había ingresado recientemente a la Fundación y que fue vinculado al proyecto en la etapa de realización de pruebas. El perfil del nuevo niño vinculado se puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19 Perfil niño #2

Nombre	Edad	Nivel TEA	Información recolectada
Cesar David Velazco	15 años	Entre 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> Buena memoria Capacidad del habla limitada Gusto por la música, animales Nivel cognitivo alto periodo de atención corto entre 3-7 segundo Motricidad: Semilimitada

A los dos niños en primera instancia se les pidió realizar el proceso de reconocimiento de emociones como en la iteración 0. A continuación se les preguntó si deseaban jugar un juego que se les trajo en el celular especial para cada uno. Al tener una afirmación y al mostrar signos de expectación por jugar se les prestó un dispositivo con sistema operativo Android que contenían cada aplicación.

Después de esto, se realizó el proceso de explicar 3 actividades distintas visualizadas en la Tabla 20:

- La actividad uno consiste en un cuadro de prueba para la identificación de las emociones, pero en vez de preguntarle directamente nosotros se le pedía que le leyera la pregunta y con esto eligió la cara que correspondía a la respuesta. Si el niño acertaba saldría una cara sonriente y un audio diciendo “muy bien”. En caso contrario saldría una cara triste y un audio diciendo “inténtalo de nuevo”.
- Para la actividad dos se tenía el emparejamiento de figuras, donde al hacer la acción tap en una figura la resaltaba con un cuadro verde además de salir un audio con el nombre de la figura, y se busca que seleccione la figura con la cual hace pareja.
- Para la actividad tres se tenían varios niveles donde al igual que en la tarea dos al hacer la acción tap en una de las figuras sonaba un audio con el nombre de dicha figura, en esta actividad los niños debían arrastrar la figura hacia el lado derecho donde estaba una figura igual, al hacerlo con éxito la figura de la columna izquierda desaparece, y al terminar todas las figuras del lado izquierdo pasaba a un conjunto diferentes de figuras cuyo tema está relacionado: animales, colores, frutas, juguetes.

Tabla 20 Actividades con Guioban y Cesar



4.2.2 Observaciones

Durante las actividades se vio a Guioban con bastantes euforia y ganas de volver a jugar en una futura ocasión con la aplicación, además de que su tiempo de concentración fue

bastante alto realizando las tareas en muy corto tiempo, sin embargo cuando la tarea 3 cuando se le pedía hacer tap en cada figura antes de arrastrarla no lo hacía.

Por otro lado Cesar fue muy tímido en la mayor parte de la iteración, con un tiempo mucho más corto de atención, sin embargo pudo realizar todas las tareas de manera exitosa, aunque al igual que con Guioban se vio carencia en el proceso de seguir la orden de hacer tap a las figuras en la tarea 3.

Finalmente se pasó a realizar un análisis de las emociones mostradas durante el uso de la aplicación, para esto se usaron dos aplicaciones disponibles en play store: “Expression AI” y “Emotimeter”.

Dentro de la Tabla 21 se puede evidenciar que Guioban presentó unas emociones predominantemente alegres, mientras que Cesar al estar incómodo y presentaba emociones predominantemente neutrales o ansiosas.

Tabla 21 Análisis de emociones con aplicaciones

Emotimeter	Expression AI
 <p>Enfado: 0.21% Asco: 0.19% Miedo: 0.1% Felicidad: 96.88% Tristeza: 0.33% Sorpresa: 0.19% Neutral: 2.07%</p>	 <p>4:43 PM 7.9kB/s</p> <p>Choose or Capture image Analyse Image</p> <p>Neutral (62.2%) Guilty</p>

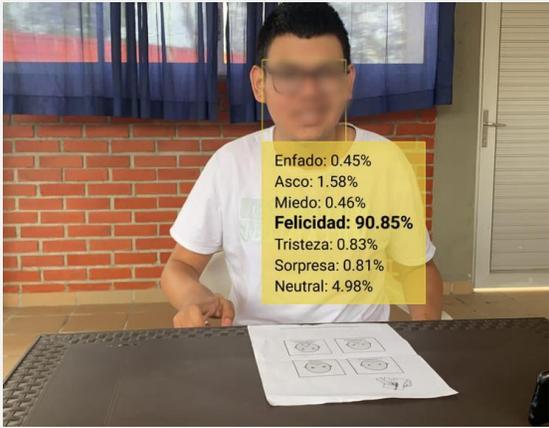


Choose or Capture Image

Analyse Image



Happy (100.0%)
Delighted



Choose or Capture Image

Analyse Image



Sad (56.2%)
Anxious

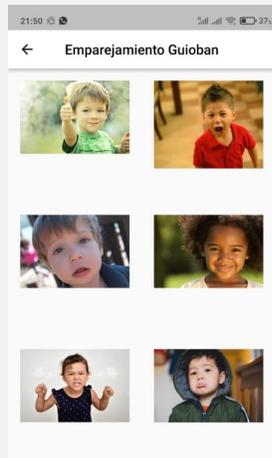
4.3 Iteración 2

Seguiente las experiencias tomadas por la iteración 1 se decidió hacer una segunda iteración con los dos niños, el tiempo que se tomó para hacer cambios dentro del framework en las partes del módulo con respecto a los resultados de la iteración 1 fue de 2 semanas. Sin embargo, al tener un conocimiento de las capacidades cognitivas de Guioban y su excelente desempeño se determinó que se realizan tareas con varios niveles de dificultad en la siguiente iteración. Más para Cesar al ya tener una idea general de los gustos se decidió hacer cambios más pequeños teniendo en cuenta sus gustos. A Guioban se le decidió colocar varios niveles de dificultad en la actividad de emparejamiento, el nivel 1 siguiendo igual al de la iteración 1, el nivel 2 corresponde a usar otros pictogramas tanto masculinos como femeninos para ver si podía realizar la actividad con estos cambios, en cuanto al nivel 3 este usaba imágenes de niños reales, se decidió hacer esto para evidenciar si Guioban podía reconocer emociones de otras personas y no solamente de pictogramas.

Para Cesar teniendo como punto de enfoque su tiempo de concentración menor, se decidió colocar una menor cantidad de ítems esto para que pudiera completar las actividades con un menor riesgo a que se distrajera, además de esto en el emparejamiento se le decidió colocar pictogramas relacionados a instrumentos musicales, puesto que dentro de la fundación tiene un gusto alto en el grupo donde practican música.

Tabla 22 Iteración 2

Guioban	Cesar
 A young boy with dark hair, wearing a white t-shirt with a blue collar, is seen from the back. He is holding a smartphone in both hands, looking at the screen. On the table in front of him is a sheet of paper with several smiley face icons.	 A young boy with glasses and a dark blue t-shirt is sitting at a dark table. He is looking down at a sheet of paper on the table. A smartphone is also on the table. The background shows a brick wall and a blue chair.
 A young boy with dark hair, wearing a white t-shirt with a blue collar, is sitting at a dark table. He is looking towards the camera with a slight smile. On the table in front of him is a sheet of paper with smiley face icons.	 A young boy with glasses and a dark blue t-shirt with a graphic design is sitting at a dark table. He is looking down at a sheet of paper on the table. A smartphone is also on the table. The t-shirt has the word "FUTURISTIC" and a globe graphic. The background shows a brick wall and some equipment.



Se puede denotar cambios positivos no solo en la realización de las actividades propuestas en las APP sino también en las reacciones (habilidades emocionales) identificadas entre la iteración 1 y la iteración 2:

- En primer lugar Guioban no tuvo ninguna dificultad al realizar las actividades agregadas en los nuevos niveles de dificultad dispuestos para su aplicación, además de esto en la tarea de combinar en esta ocasión siguió correctamente las instrucciones de realizar la acción de tocar en las figuras, e igualmente el niño decía el nombre de cada figura en el momento de arrastrarla. Cuando se le preguntó cuál juego fue el que más gusto y el que más quería repetir fue el nivel 3 en la actividad de emparejamiento.
- En cuanto a Cesar su comportamiento social mejoró y se lo observó menos tímido y mucho más animado para volver a jugar con su aplicación. Igualmente mostraba más una expresión de felicidad cuando se le preguntaba qué le parecía cada actividad.

Capítulo 5. Validaciones y Conclusiones

5.1 Diseño de instrumentos de evaluación cualitativa y cuantitativa

Para poder realizar la evaluación de eficiencia y eficacia dentro de framework y de las aplicaciones desarrolladas con FRIDA. Se diseñaron los siguientes instrumentos de valoración cualitativa y cuantitativas.

5.1.1 Diseño de la evaluación heurística de FRIDA

Partiendo de la selección de los principios de evaluación de la usabilidad propuesto por Nielsen [37] para validar FRIDA, se diseñó un instrumento (Ver anexo G) de validación con los siguientes criterios:

- Criterio facilidad de uso: Con este criterio se desea validar que FRIDA cuente con una documentación fácil de entender y que el lenguaje de programación base sea amigable.
- Criterio tiempo de diseño: Este criterio se enfoca en el tiempo que se ahorra el desarrollador implementando los aplicaciones accesibles usando FRIDA.
- Criterio acceso a FRIDA: Con este criterio se desea validar que FRIDA es accesible desde repositorios públicos y que no tenga ningún costo de descarga, al menos en su versión básica.

Para poder realizar esta evaluación se invitó a 3 desarrolladores de software con experiencia en aplicaciones móviles. Durante el proceso se les habló sobre el propósito del framework, para qué tipo de usuarios fue diseñado y se les introdujo a la caracterización de los usuarios. Seguidamente se les mostró el proceso de descarga e instalación de FRIDA, (Ver anexo H) enseñando los diferentes módulos, y la composición que tiene el uso de la clases y cómo estas permiten ahorrar tiempo en el desarrollo de

las aplicaciones. Adicionalmente se les explicó la manera de acceder a la documentación y el uso de los comandos más esenciales.

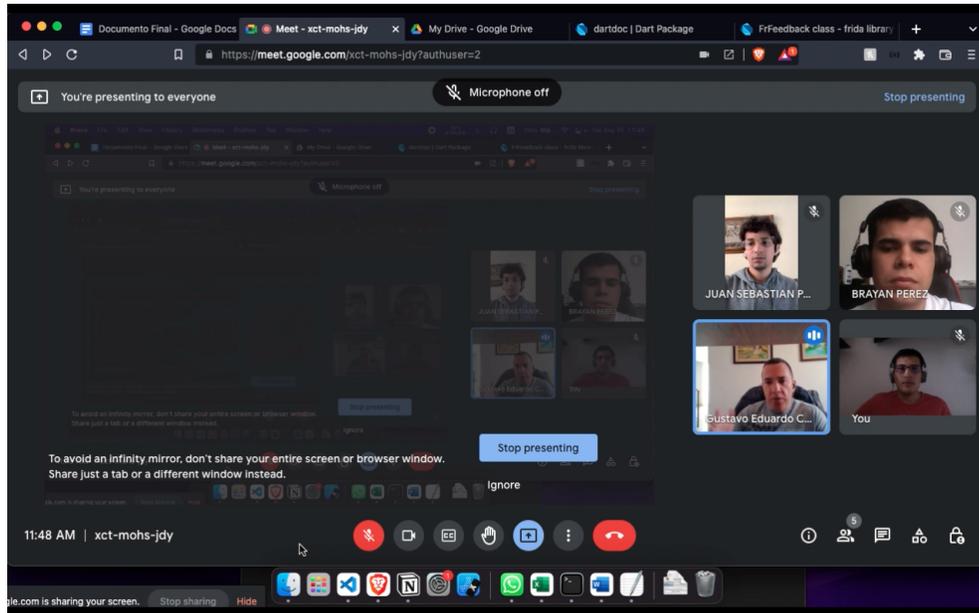


Figura 23 Sesión en línea para la evaluación Heurística

5.1.2 Diseño de la evaluación heurística Aplicaciones desarrolladas con FRIDA

Para validar las aplicaciones desarrolladas con FRIDA, se diseñó un instrumento de validación definiendo 3 criterios (Ver anexo I).

- Criterio de facilidad de uso: Con este criterio se desea validar la claridad y comprensión en el uso de la aplicación, detallando si la interfaz, las palabras y las frases son apropiados para el niño con autismo, la información que aparece es coherente e intuitiva en todas las fases de la aplicación.
- Criterio de estética y diseño minimalista: Este criterio se enfoca en el uso de colores y calidad de imágenes presentadas en la aplicación y estos son agradables a la vista para cualquier usuario.
- Criterio de operatividad: Este criterio se enfoca en el control de la aplicación, los mensajes de error son mostrados con un lenguaje claro y conciso. Además de la

seguridad en la aplicación para impedir que los niños modifiquen o editen datos donde no deben acceder.

5.1.3 Validación cualitativa - Desarrolladores de Software

Para esta validación, se creó un formulario dirigido expresamente a desarrolladores de software, en este formulario primero se quería conocer si los desarrolladores que lo contestaron tiene algún conocimiento previo sobre el autismo, 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.

Después de que contestaran 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.



Validación cualitativa - Desarrolladores de Software

El siguiente instrumento hace parte del proyecto de investigación doctoral "FRAMEWORK PARA EL DISEÑO DE SOFTWARE INCLUSIVO QUE APOYE EL LOGRO DE HABILIDADES SOCIALES EN NIÑOS CON AUTISMO" del **Doctorado en Ciencias de la Electrónica de la Universidad del Cauca** [Colombia], con el apoyo de la **Universidad Francisco de Vitoria** [España] y la **Universidad Portucalense** [Portugal].

Figura 24 Formulario para desarrolladores

Se hicieron una serie de preguntas con el objetivo de que se diera una estimación del tiempo que se tomaría desarrollar una aplicación con las siguientes características en una instancia sin usar FRIDA y en una segunda instancia usando FRIDA. Se realizaron las siguientes preguntas:

- 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

Finalmente con la respuesta de 6 desarrolladores se inició el proceso de análisis de los datos (Anexo J).

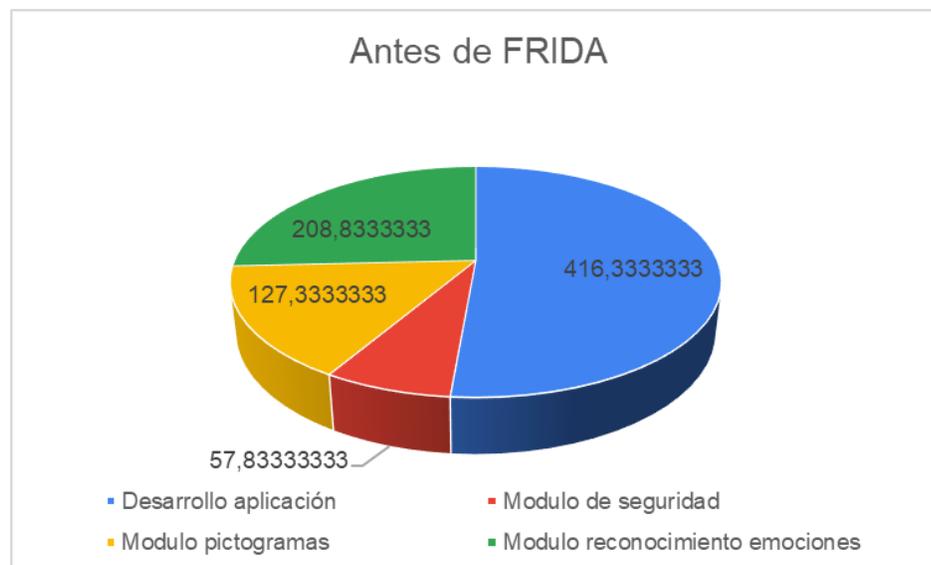


Figura 25 Tiempo (horas) de desarrollo sin usar FRIDA

Como se puede evidenciar en los resultados de las horas para desarrollar cada módulo y el desarrollo de una aplicación podemos observar que el tiempo que se promedió a partir de las estimaciones en horas para cada una de las preguntas, con lo cual se puede reflejar en la figura 21 una reducción de tiempo bastante amplia en el proceso de desarrollo de los módulos al tener la información y los beneficios de FRIDA.

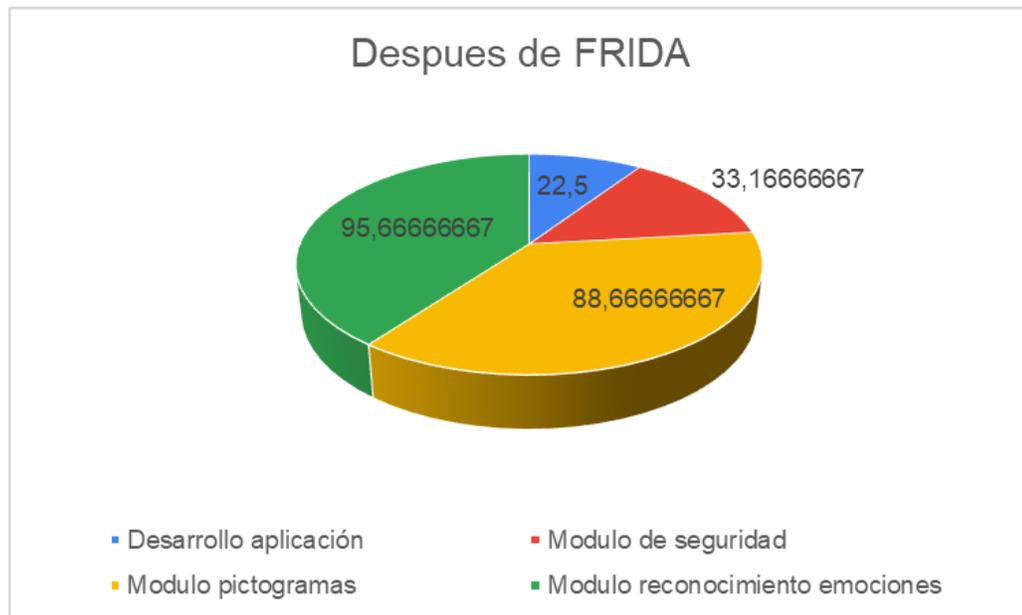


Figura 26 Tiempo (horas) de desarrollo usando FRIDA

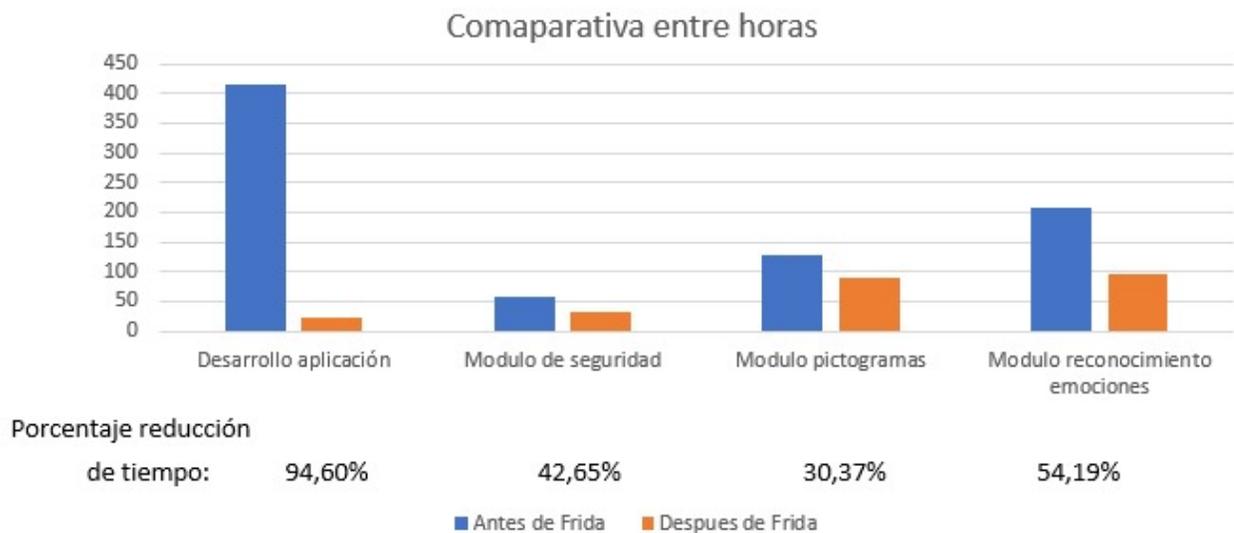


Figura 27 Comparativa tiempo pre y post FRIDA

5.1.4 Evaluación cualitativa - Miembros fundación CENIDI

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 de software en el contexto terapéutico (Anexo K).

Como se evidencia en la figura 22 los diferentes miembros del personal de la fundación respondieron positivamente sobre el uso del Software en el ámbito de la vinculación y uso para ayudar a los pacientes con TEA.

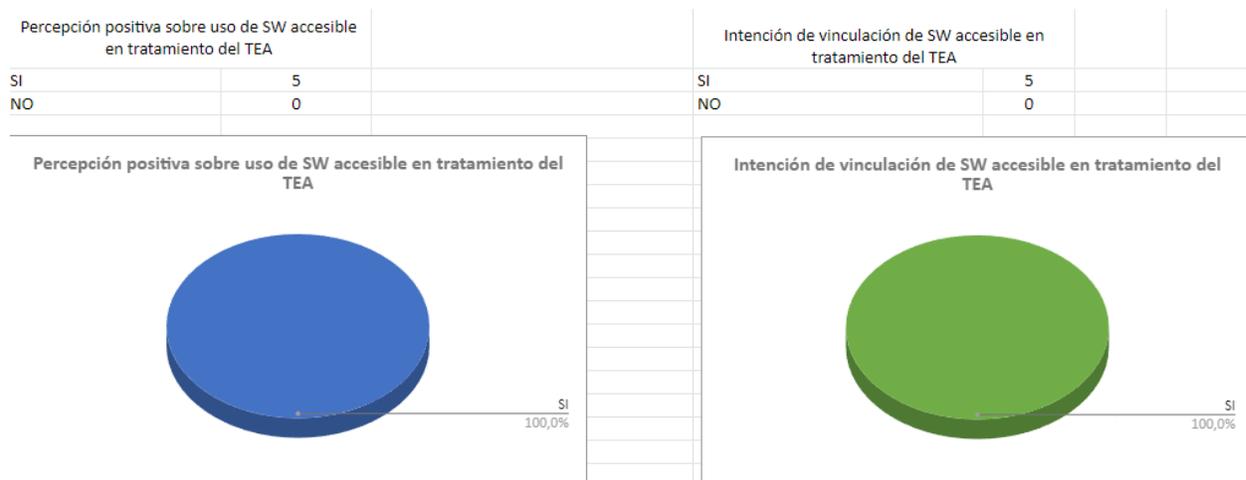


Figura 28 Resultados encuesta fundación

5.2 Conclusiones

Finalmente se pueden dejar varias conclusiones durante la realización del proyecto, en primera instancia queda claro que las aplicaciones diseñadas a partir del uso de FRIDA y centradas en los usuarios con TEA demostraron ser herramientas válidas para el desarrollo de habilidades emocionales y aplicables en procesos de tratamiento del autismo, la eficiencia y la eficacia pudieron ser demostradas por los diferentes procesos de validación establecidos tanto con desarrolladores como con personas conectoras en el tema .

Se demuestra que FRIDA es una herramienta válida en el proceso de intervención para ayudar a desarrolladores, padres de familia y principalmente a las personas que padecen TEA. Todo esto de acuerdo a los lineamientos, características y pautas establecidas en su diseño.

También se entiende que el proceso de construcción de FRIDA está lejos de terminar puesto que a pesar de la finalización de este proyecto de una manera satisfactoria con los prototipos funcionales usados en la fundación, aún así queda mucha investigación e implementación de accesibilidad que se puede integrar al framework; y todo esto radica en la necesidad de comprender a cada individuo con TEA de manera individual, cuáles son sus características únicas dentro de él, de manera que pueden ayudar en la evolución de FRIDA.

Se denota la importancia de que más personas se interesen por este tipo de proyecto con lo cual, se pueda hacer más pruebas con niños de otras fundaciones o clínicas no solo en Colombia sino también en otros países. Así mismo, se demuestra que existen diferentes fundaciones en Colombia y empresas de desarrollo de software dispuestas a realizar alianzas para poder tener más aplicaciones con las cualidades necesarias para ayudar en el proceso terapéutico del TEA.

Tabla 23 Resultados del proyecto

Entregables	Descripción
Código fuente de FRIDA	Archivo .zip que contiene el código fuente de FRIDA
Artículo	Artículo publicado en Rehab donde se evidencia el proceso de desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos
Registro del Software	Prueba online del registro de software FRIDA

Bibliografía

- [1] A. Ramirez-Lucas, M. Ferrando, y M. Sainz Gómez, “¿Influyen los Estilos Parentales y la Inteligencia Emocional de los Padres en el Desarrollo Emocional de sus Hijos Escolarizados en 2º Ciclo de Educación Infantil? [Do parental styles and parents’ EI influence their children’s emotional development...]”, *Acción Psicológica*, vol. 12, p. 65, sep. 2015, doi: 10.5944/ap.12.1.14314.
- [2] A. Chiappe y J. C. Cuesta, “Fortalecimiento de las habilidades emocionales de los educadores: interacción en los ambientes virtuales”, *Educación y Educadores*, vol. 16, núm. 3, pp. 503–524, dic. 2013.
- [3] O. Hernández, D. Otero, y N. Rodríguez, “Autismo: un acercamiento hacia el diagnóstico y la genética”, *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 19, pp. 157–178, feb. 2015.
- [4] J. Carroll, “HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science”, en *HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science*, 2003, p. 576.
- [5] R. Heimgärtner, “Reflections on a Model of Culturally Influenced Human–Computer Interaction to Cover Cultural Contexts in HCI Design”, *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 29, mar. 2013, doi: 10.1080/10447318.2013.765761.
- [6] N. Ikeya, D. Martin, y P. Rouchy, “Some Ethnomethodological Observations on ‘Interaction’ in HCI”, ene. 2001.
- [7] G. Constain Moreno, C. Collazos, y F. Moreira, “Use of HCI for the development of emotional skills in the treatment of Autism Spectrum Disorder: A systematic review”, jun. 2018, pp. 1–6. doi: 10.23919/CISTI.2018.8399209.
- [8] M. M. Y. Waye y H. Y. Cheng, “Genetics and epigenetics of autism: A Review”, *Psychiatry Clin Neurosci*, vol. 72, núm. 4, pp. 228–244, abr. 2018, doi: 10.1111/pcn.12606.
- [9] L. Choi y J.-Y. An, “Genetic architecture of autism spectrum disorder: Lessons from large-scale genomic studies”, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 128, pp. 244–257, sep. 2021, doi: 10.1016/j.neubiorev.2021.06.028.
- [10] M. Palau Baduell, B. Salvadó Salvadó, M. Clofent Torrentó, y A. Valls Santasusana, “Autismo y conectividad neural”, *RevNeurol*, vol. 54, núm. S01, p. 31, 2012, doi: 10.33588/rn.54S01.2011711.
- [11] G. Moreno, F. Moreira, C. A. Collazos, y H. M. Fardoun, “Recommendations for the design of inclusive apps for the treatment of autism : An approach to design focused on inclusive users”, en *2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, jun. 2020, pp. 1–6. doi: 10.23919/CISTI49556.2020.9140816.
- [12] C. del P. Gallardo Montes, A. Rodríguez Fuentes, y M. J. Caurcel Cara, “Apps for people with autism: Assessment, classification and ranking of the best”, *Technology in Society*, vol. 64, p. 101474, feb. 2021, doi: 10.1016/j.techsoc.2020.101474.
- [13] J. García, J. Gonzalez Calleros, y C. B. Gonzalez Calleros, “FlowagileXML: An HCI-Agile Methodology to Develop Interactive Systems for Children with Disabilities”, 2017, pp. 1–28. doi: 10.1007/978-3-319-55666-6_1.
- [14] E. Mnkandla, “About software engineering frameworks and methodologies”, oct. 2009, pp. 1–5. doi: 10.1109/AFRCON.2009.5308117.
- [15] M. E. Van Bourgondien y E. Coonrod, “TEACCH: An Intervention Approach for Children and Adults with Autism Spectrum Disorders and their Families”, en *Interventions for Autism Spectrum Disorders: Translating Science into Practice*, S. Goldstein y J. A. Naglieri, Eds. New York, NY: Springer, 2013, pp. 75–105. doi: 10.1007/978-1-4614-5301-7_5.
- [16] D. G. Vilches Antão, “Juegos serios, evaluación de tecnologías y ámbitos de aplicación”, Tesis, Universidad Nacional de La Plata, 2014. Consultado: el 10 de septiembre de 2022. [En

- línea]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/40330>
- [17]N. Villanueva, “What is Flutter, and why it seems like the future in app development?”, *DNAMIC*, el 4 de agosto de 2021. <https://dnamic.ai/blog/what-is-flutter/> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [18]G. Zoric, K. Smid, y I. S. P, “Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented”, *Software*, Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson and John Vlissides, Addison-Wesley, 1995.
- [19]R. S. Estrada, “Pensar y diseñar en plural. Los siete principios del diseño universal”, *Revista Digital Universitaria*, vol. 18, núm. 4, Art. núm. 4, abr. 2017, Consultado: el 9 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/ojs/index.php/rdu/article/view/1005>
- [20]United Nations, *Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad Guía de Formación*. UN, 2014. doi: 10.18356/e0900aca-es.
- [21]“La accesibilidad a los sistemas computacionales para personas con necesidades especiales | Pensamiento Actual”. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/8242> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [22]“Accessibility and Software Engineering Processes: A Systematic Literature Review - ScienceDirect”. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0164121220302168> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [23]R. Zeng, Y. Niu, Y. Zhao, y H. Peng, “Software Architecture Evolution and Technology Research”, en *Advanced Hybrid Information Processing*, Cham, 2022, pp. 708–720. doi: 10.1007/978-3-030-94551-0_54.
- [24]H. Al-Kilidar, K. Cox, y B. Kitchenham, “The use and usefulness of the ISO/IEC 9126 quality standard”, en *2005 International Symposium on Empirical Software Engineering, 2005.*, nov. 2005, p. 7 pp.-. doi: 10.1109/ISESE.2005.1541821.
- [25]“boletines-poblacionales-personas-discapacidad.pdf”. Consultado: el 10 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/boletines-poblacionales-personas-discapacidad.pdf>
- [26]“Fundación Cenidi – Centro especializado para personas en situación de discapacidad cognitiva”. <https://funcenidi.edu.co/> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [27]K. Valencia, C. Rusu, D. Quiñones, y E. Jamet, “The Impact of Technology on People with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Literature Review”, *Sensors*, vol. 19, núm. 20, Art. núm. 20, ene. 2019, doi: 10.3390/s19204485.
- [28]P. Winoto y T. Tang, “Training Joint Attention Skills and Facilitating Proactive Interactions in Children With Autism Spectrum Disorder: A Loosely Coupled Collaborative Tabletop-Based Application in a Chinese Special Education Classroom”, *Journal of Educational Computing Research*, vol. 57, p. 073563311774516, dic. 2017, doi: 10.1177/0735633117745160.
- [29]B. Bossavit y S. Parsons, “Outcomes for design and learning when teenagers with autism codesign a serious game: A pilot study”, *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 34, núm. 3, pp. 293–305, 2018, doi: 10.1111/jcal.12242.
- [30]G. Constain Moreno, C. Collazos, y F. Moreira, “The Gamification in the Design of Computational Applications to Support the Autism Treatments: An Advance in the State of the Art”, 2019, pp. 195–205. doi: 10.1007/978-3-030-16187-3_19.
- [31]L. Losada Vicente, “Adaptación del ‘social skills improvement system-rating scales’ al contexto español en las etapas de educación infantil y educación primaria”, 2015, Consultado: el 10 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/160083>
- [32]A. M. Ern, “The use of gamification and serious games within interventions for children with

- autism spectrum disorder”, el 24 de enero de 2014. <http://essay.utwente.nl/64780/> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [33]“(PDF) Model Playground for Autistic Children: Teaching Social Skills through Tangible Collaboration”.
https://www.researchgate.net/publication/318974787_Model_Playground_for_Autistic_Children_Teaching_Social_Skills_through_Tangible_Collaboration (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [34]G. Silva-Calpa, A. Raposo, y M. Suplino, “CoASD: A tabletop game to support the collaborative work of users with autism spectrum disorder”, may 2018, pp. 1–8. doi: 10.1109/SeGAH.2018.8401358.
- [35]“Software Architecture in Practice, Third Edition [Book]”.
<https://www.oreilly.com/library/view/software-architecture-in/9780132942799/> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [36]“Introduction to widgets | Flutter”. <https://docs.flutter.dev/development/ui/widgets-intro> (consultado el 10 de septiembre de 2022).
- [37]“10 Usability Heuristics for User Interface Design”. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (consultado el 10 de septiembre de 2022).