

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE LA INTERACCIÓN EN APLICACIONES EDUCATIVAS PARA
PERSONAS CON TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (I2-TIC)

Autora: de Pedro López, Alba

Tutor: Haya Coll, Pablo Alfonso

Departamento: Ingeniería Informática

Septiembre, 2020

Agradecimientos

Hace dos años vine a Madrid, dejando mi ciudad natal y la casa donde había vivido toda mi vida para embarcarme en una nueva aventura. Sabía que trabajar y estudiar un doble máster no iba a ser tarea fácil (y no lo ha sido), pero era lo que quería en ese momento. Lo que me gusta a mí un buen reto.

Gracias Pablo por aceptar ser mi tutor aún sin conocerme, por todo el tiempo que me has dedicado a mí y a este proyecto, por cada comida, cada llamada y cada correo. Gracias por ser guía, por todas las facilidades que me has dado y por lo preocupado que has estado siempre por mí desde que llegué al IIC. Se necesitan más profesores así en la universidad.

Gracias a las personas que me ha dado la UAM tanto dentro del IIC como en el aula. En especial gracias a Ali, mi compañera de trabajos, agobios, cervezas y mucha música en directo.

La representación estudiantil me ha dado muchas cosas, pero sobre todo me ha dado muchas personas. Nunca le estaré lo suficientemente agradecida a RITSI por darme una gran familia. Parte de esta familia es mi día a día, las personas con las que vivo y convivo en dos pisos que parecen uno. Sois el abrazo en el que dejarme ser al llegar a casa y mi sustento cuando me he tambaleado. Gracias por confiar tanto en mí. Gracias por ser y estar conmigo.

A a mis amigos del colegio y a mi grupo de MarCha, no importan los km ni el tiempo sin vernos. Gracias por ser mi motor durante tantos años y mi casa esté donde esté. Sois fuente de VIDA.

A mis hermanos, por ser espejo en el que mirarme, mis cómplices y por el apoyo que me habéis dado siempre de forma incondicional. Gracias también a mis padres, por cuidarme siempre y hacerme saber que el nido no está vacío, y que es un refugio al que siempre puedo volver.

Ahora me encuentro en la terraza de la casa que ha sido mi hogar durante los dos últimos años, y donde he escrito gran parte de esta memoria, dispuesta a cerrar mi etapa universitaria.

Resumen

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación se han convertido en un aliado para atender las distintas necesidades de los estudiantes en el ámbito educativo. En el caso de las personas dentro del espectro del autismo, son herramientas que pueden facilitar su desarrollo cognitivo y social y su autonomía.

Pese a la existencia de multitud de aplicaciones orientadas a personas con trastorno del espectro autista, a la hora de diseñar una interfaz de usuario, no siempre se tienen en cuenta las características de los usuarios finales. Una aplicación orientada a estas personas debe tener en cuenta las necesidades de las mismas y los problemas que estas personas se pueden encontrar cuando interactúan con ellas. La falta de inclusión del usuario final en la fase de diseño de la interfaz, hace que la aplicación no sea accesible, usable ni intuitiva. Esto puede hacer que la aplicación no sea atractiva para estas personas y derivar en que dejen de utilizarla.

Este proyecto tiene como objetivo realizar una propuesta para la mejora del diseño de la interacción en aplicaciones educativas para personas con trastorno del espectro del autismo. Para ello, se parte de las características de las personas dentro del espectro, su relación con la tecnología y sus necesidades. Se hace un estudio del mercado analizando las aplicaciones comerciales existentes. También se recurre a personas expertas en este ámbito a las que se les entrevista con el objetivo de recabar

información sobre estos problemas y necesidades dentro de los distintos niveles del espectro. Finalmente, tras conocer en profundidad las necesidades de estas personas, se diseña una guía de usabilidad, que se compara con los estándares existentes, y, a partir de esta guía, se elabora una evaluación heurística para aplicaciones orientadas a estas personas.

Palabras clave: Necesidades Educativas Especiales; Trastorno del Espectro del Autismo; autismo; TEA; pensamiento computacional; programación; diseño de aplicaciones; usabilidad; evaluación heurística; personalización; realimentación.

Abstract

Information and Communication Technologies have become an ally to meet the different needs of students in the educational field. In the case of people on the autism spectrum, there are tools that can facilitate their cognitive and social development and autonomy.

Despite the existence of many applications aimed at people with autism spectrum disorder, when a user interface is designed, the characteristics of the end users are not always taken into account. An app aimed at these people must consider their needs and the problems these people may encounter when interacting with them. The lack of inclusion of the end user in the interface design phase, makes the application not accessible, usable or intuitive. This can make the application unattractive to these people and lead them to stop using it.

This project aims to make a proposal for the improvement of the interaction design in educational applications for people with autism spectrum disorder. In order to do this, we start from the characteristics of the people within the spectrum, their relationship with technology and their needs. A market study is made by analyzing existing commercial applications. Experts in this field are also consulted and interviewed with the purpose of gathering information on these problems and needs within the different levels of the spectrum. Finally, after knowing in depth

the needs of these people, a usability guide is designed, which is compared to the existing standards and, based on this guide, a heuristic evaluation for applications aimed at these people is developed.

Key words: Special Educational Needs; Autism Spectrum Disorder; Autism; ASD; computational thinking; programming; app design; usability; heuristic evaluation; personalization; feedback.

Índice general

1. Introducción	13
1.1. Motivación	13
1.2. Objetivo	16
1.3. Ámbito	17
2. TEA y TIC	19
3. Marco teórico	29
3.1. Principios de diseño	29
3.2. Impacto y déficits de las personas con TEA en los principios de diseño	31
3.2.1. Funciones ejecutivas	32
3.2.2. Percepción	34
3.2.3. Comunicación	36
3.3. Preguntas a expertos	38

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	8
3.4. Principios de diseño generales para personas con TEA	43
4. Apps educativas para personas con TEA	49
4.1. Aplicaciones para enseñar a programar a niños y niñas	53
4.2. Aplicaciones orientadas al aprendizaje	67
4.3. Aplicaciones orientadas a la comunicación	71
4.4. Aplicaciones orientadas a la asistencia en labores cotidianas	72
5. Diseño centrado en usuario	75
5.1. Guía de usabilidad	75
5.1.1. Problemas de interacción con aplicaciones <i>software</i>	76
5.1.2. Guía	79
5.1.3. Comparación de la guía con WCAG	84
5.2. Heurística	89
5.3. Evaluación de <i>Blue Thinking</i>	92
6. Conclusiones y trabajo futuro	101
Anexos	113
A. Preguntas a expertos	114
A.1. Descripción	114
A.2. Instrucciones	115

A.3. Preguntas 115

Índice de figuras

4.1. Captura de un intérprete de <i>LOGO</i> online	55
4.2. Captura del editor de <i>Scratch</i> [55]	58
4.3. Captura del editor de <i>ScratchJr</i>	60
4.4. Captura de la pantalla de <i>Blue Thinking</i>	62
4.5. Robot <i>Zowi</i> [53]	64
4.6. Captura de la pantalla de Juega de la aplicación <i>Zowi App</i> [2]	65
4.7. Captura de la pantalla de Descubre de la aplicación <i>Zowi App</i> [2]	66
4.8. Captura de la aplicación <i>Picacá 2</i> [5]	68
4.9. Captura de la aplicación <i>AbaPlanet</i> [31]	69
4.10. Captura de la aplicación <i>Números Especiales</i> [11]	70
4.11. Captura de la aplicación <i>Tembo, el pequeño elefante</i> [12]	70
4.12. Captura de la aplicación <i>Proloquo2Go</i> [7]	72
4.13. Captura de la aplicación <i>First Then Visual Schedule HD</i> [26]	73

ÍNDICE DE FIGURAS	11
4.14. Captura de la aplicación <i>Soy Cappaz</i> [38]	74
5.1. Gráfico de los resultados de la evaluación heurística de <i>Blue Thinking</i>	93
5.2. Gráfico de los resultados ponderados de la evaluación heurística de <i>Blue Thinking</i>	94
5.3. Gráfico de los resultados de la evaluación heurística de <i>Blue Thinking</i> acumulados	95
5.4. Gráfico de los resultados ponderados de la evaluación heurística de <i>Blue Thinking</i> acumulados	96
5.5. Gráfico de las medias de los resultados de la evaluación heurística de <i>Blue Thinking</i>	97
5.6. Gráfico de las medias de los resultados ponderados de la evaluación heurística de <i>Blue Thinking</i>	98

Índice de cuadros

5.1. Guía de usabilidad para aplicaciones orientadas a personas de TEA .	83
5.2. Ponderación de las preguntas del método heurístico	92
5.3. Puntuación de la aplicación <i>Blue Thinking</i> usando el método heurístico	99

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se tratará la motivación de este proyecto, los objetivos que persigue y el ámbito en el que se desarrolla.

1.1. Motivación

En la mayoría de países, se reconoce la importancia de la inclusión en el ámbito educativo como medio para conseguir una mayor equidad. Cuando se habla de inclusión escolar se refiere a la asunción de que cada persona tiene su proceso de aprendizaje y se deben tener en cuenta las características de cada niña y niño, sus intereses, capacidades y necesidades individuales. Se basa en la defensa de la dignidad y de la igualdad de todos los estudiantes. Es por ello, que las escuelas deben velar por la desaparición de cualquier forma de exclusión. Para que se dé una educación inclusiva se debe diseñar un sistema que tenga en cuenta la diversidad de sus aulas. Es necesario conocer y respetar esta diversidad y atender a las necesidades especiales de cada estudiante. Son muchos los niños diagnosticados con distintas

necesidades educativas especiales, de aquí en adelante NEE, cada año. Por ello, las escuelas deben contar con un buen plan que satisfaga sus necesidades.

El aprendizaje de las personas con NEE [4] es más factible en aquellas aulas donde:

- Haya un aprendizaje activo, es decir, donde se fomente la participación de los estudiantes en las distintas actividades del aprendizaje. Un aula donde se fomente un método de trabajo cooperativo, donde todos los estudiantes puedan desarrollar sus aptitudes aportando sus conocimientos y ayudándose para resolver problemas comunes.
- Se negocien los objetivos de cada estudiante de forma personalizada, teniendo en cuenta las preocupaciones y los intereses del estudiante.
- Haya reuniones entre el educador y el estudiante para una evaluación continua, adaptando los medios de aprendizaje al estudiante.
- Haya demostraciones, prácticas y retroalimentación constante.
- Donde el estudiante esté y se sienta apoyado por sus educadores.

También es muy importante que las instrucciones que se les den a estas personas sean claras, para que puedan procesar la información de forma correcta. Los sobresaltos y las situaciones inesperadas pueden tener consecuencias negativas o inesperadas en estas personas. Es por esto que una buena organización puede ser crucial. Por ejemplo, el horario debe ser claro, ordenado y visual, para que sepan en qué asignatura y con qué profesor tienen clase en cada momento, y qué es lo que vendrá a continuación. Son personas con facilidad para distraerse, por lo que los apoyos visuales pueden ser de gran ayuda a la hora de dar instrucciones orales y ayudarles a mantener su atención.

En los últimos años, han proliferado multitud de políticas de inclusión educativa. Los estudiantes con NEE requieren de un plan individualizado que cubra todas sus necesidades educativas. Son personas que, en su mayoría, no siguen el mismo ritmo de aprendizaje que el resto de los estudiantes del aula, lo que supone un gran reto de integración para los docentes [35]. Se debe impulsar la motivación en estas personas para que logren prestar atención en las clases, por lo que la creatividad y la participación juegan un papel indispensable. Las demostraciones en vivo, el material audiovisual, las canciones, poemas, historias o debates, son herramientas que pueden ayudar a los profesores a conseguir esta motivación en los estudiantes con NEE [14].

La teoría es bien conocida, sin embargo, llevar estas prácticas a la vida real resulta complicado. En la mayoría de los casos solo se dispone de un profesor para un aula con, aproximadamente, una treintena de estudiantes. Esta situación dificulta la atención personalizada a cada estudiante, y más aún en el caso de personas con NEE. La ausencia de una atención individual puede causar falta de motivación, sentimiento de desorientación y frustración en estos estudiantes.

La introducción de las nuevas tecnologías en las aulas a través de ordenadores, pizarras inteligentes o dispositivos táctiles como *tablets*, pueden ayudar a los docentes a mantener esta motivación. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación, de aquí en adelante TICs, son un buen recurso educativo complementario a la educación en el aula y en casa. El gran abanico de posibilidades que aportan las TICs a los profesores para crear contenidos audiovisuales, pizarras digitales, enviar ejercicios, promover juegos didácticos tanto individuales como grupales, etc. hacen que estas se hayan convertido en una grandes aliadas dentro y fuera del aula.

Además de motivar a los estudiantes, estas tecnologías les dotan de una mayor autonomía. El profesor puede adaptar los ejercicios o utilizar distintas aplicaciones o juegos para cada estudiante, dependiendo de sus necesidades. También existen

aplicaciones que están desarrolladas para que se puedan adaptar dependiendo de la accesibilidad, el nivel, el *feedback* apropiado, etc. de forma personalizada para cada usuario. El uso de este tipo de recursos de forma adecuada en las aulas, puede ayudar a eliminar o paliar muchas de las barreras que se encuentran día a día las personas con NEE. Además, tienen efectos muy positivos en su autoestima, aumentando la confianza en sí mismos al ver que logran sus objetivos, mejorando su actitud [43].

Este proyecto está centrado en personas con Trastorno del Espectro del Autismo, TEA de aquí en adelante. Son algunas de las muchas personas con NEE que no se pueden satisfacer con las metodologías tradicionales.

1.2. Objetivo

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una guía de diseño para aplicaciones orientadas a personas con TEA y la creación de una evaluación para estas aplicaciones. Dicha evaluación será probada y ejemplificada con una aplicación.

Blue Thinking es una aplicación accesible cognitivamente y está diseñada para que personas con TEA puedan aprender programación a través de bloques mientras ejercitan y fortalecen sus funciones ejecutivas. La aplicación es accesible y está orientada a personas con TEA, sin embargo, podrían mejorarse algunos aspectos de la misma, sobre todo aquellos relacionados con el *feedback* que esta aplicación le da al usuario.

Para la consecución del objetivo de este proyecto se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Realización de un estudio de las necesidades y características de las personas con TEA.

- Estudio de cómo las TICs pueden ayudar a las personas con TEA y la relación de estas personas con las mismas.
- Estudio y elaboración de un marco teórico, teniendo en cuenta las aplicaciones existentes para estas personas y con el mismo propósito que *Blue Thinking*.
- Elaboración de entrevistas a expertos.
- Elaboración de una guía de diseño.
- Elaboración de una evaluación heurística.
- Elaboración de pruebas y evaluaciones con expertos.
- Evaluación de la aplicación *Blue Thinking*.
- Elaboración de unas conclusiones finales y evaluación de aquellos aspectos a mejorar en la aplicación.

1.3. Ámbito

Como se presentará en el capítulo 2, la tecnología juega un papel fundamental en nuestras vidas y puede ser muy útil cuando se trata con personas con TEA. Por ello, actualmente existen multitud de aplicaciones que están orientadas a estos usuarios. Estas aplicaciones tratan de ser un apoyo para estas personas y sus familiares y tutores.

Dado que el espectro es muy amplio, el uso de dispositivos y aplicaciones dentro y fuera del aula permite una mayor personalización. Este grado de personalización puede darse porque la aplicación en sí pueda configurarse, o por la elección de una

tecnología y otra dependiendo de la persona con TEA. Existen varios tipos de aplicaciones, los cuáles se expondrán en el capítulo 4, pero esta memoria se centrará sobre todo en aplicaciones que ayudan a las personas con TEA a desarrollar sus funciones ejecutivas.

En esta memoria se expone la relación que tienen las personas con TEA con la tecnología y los problemas que se encuentran al interactuar con ella. Estos problemas están centrados el uso que las personas con TEA hacen de las aplicaciones y en la accesibilidad y la usabilidad de las mismas.

Finalmente, se propone una guía de diseño para cualquier aplicación que se desarrolle para ser utilizada por personas con TEA y una evaluación heurística basada en esta guía.

Capítulo 2

TEA y TIC

En este capítulo, se tratará de una forma teórica qué es el TEA y cómo las TICs pueden ser beneficiosas para estas personas.

El autismo se trata de un trastorno del desarrollo neurobiológico que se empieza a manifestar a partir de los tres primeros años de edad. Puede venir dado por un factor genético, problemas en el desarrollo del cerebro o de sus funciones, o a una exposición prolongada de esa persona a materiales nocivos o químicos [9]. Según Wing y Gould [18], puede definirse basándose en tres déficits característicos:

- Déficit en la interacción social recíproca: tienen dificultades para relacionarse con otras personas. Les cuesta mantener el contacto visual, seguir las instrucciones de otra persona, señalar y detectar y mostrar sus emociones.
- Déficit en la comunicación: la mayoría no desarrollan por completo el habla. Pueden entrar en discursos cíclicos repitiendo sus mismas palabras o las palabras que ha dicho otro interlocutor, incluso repetir palabras o diálogos que ha escuchado en algún medio de comunicación como puede ser la televisión o la

radio. También es común el uso de palabras y frases fuera de contexto [9].

- **Déficit de imaginación:** estas personas son muy metódicas, y presentan dificultades a la hora de ser creativos y de desarrollar el pensamiento abstracto.

Además de estos déficits, las personas con TEA, también se caracterizan por mostrar comportamientos inusuales y rutinas basadas en la repetición, en las que se sienten cómodas, sin embargo, tienen problemas cuando se les altera su rutina o tienen que pasar de una actividad a la siguiente. Repiten comportamientos, movimientos y gestos. Pueden enfadarse, romper a llorar o a reír por razones desconocidas para las personas de su alrededor, pueden alterarse por algunas palabras o frases, sonidos, olores e incluso texturas. Es posible que una persona con TEA se centre en algunas personas, objetos o temas concretos, que pueden incluso llegar a obsesionarla [9].

El espectro es muy amplio, sin embargo, el diagnóstico que se les da a estas personas es el mismo: TEA. Existen personas que presentan algunas dificultades intelectuales o sociales, pero que son brillantes en otros aspectos. Debido a la amplitud del espectro y a la multitud de casos diferentes se ha desarrollado un manual de diagnóstico, el DSM-5. En dicho manual se muestra una clasificación donde se diferencian tres niveles de TEA [33]. A continuación, se presentan las principales características de cada uno de estos niveles según su comunicación social y sus intereses y comportamientos:

- **Nivel 1: leve**

- **Comunicación social:** tienen dificultades para inicializar interacciones sociales y muestran respuestas sociales atípicas que pueden resultar extrañas para otras personas. Puede parecer que carecen de interés en las relaciones sociales.

- Intereses y comportamientos: tienen problemas de planificación y para organizarse. Tienen intereses fijos y presentan resistencia a los cambios de contexto.

■ **Nivel 2: moderado**

- Comunicación social: su interacción social se limita a ciertos intereses especiales. Tienen algunos problemas en la comunicación, tanto verbal como no verbal. Prestan poca atención a los intereses ajenos.
- Intereses y comportamientos: suelen tener comportamientos restrictivos y repetitivos. Tienen muchas preocupaciones e intereses fijos que resultan evidentes para un observador. Se angustian o frustran cuando se les interrumpe.

■ **Nivel 3: severo**

- Comunicación social: poseen graves problemas debido a su carencia de habilidades de comunicación verbal y no verbal. Tienen un interés mínimo en lo que les dice otra persona sobre sí en una conversación.
- Intereses y comportamientos: se angustian con facilidad y tienen dificultades a la hora de cambiar de acción o de concentrarse en una tarea. Sienten una fuerte angustia cuando sus rutinas o rituales se ven interrumpidos y es complicado redirigir su interés.

Además de los problemas ya descritos, las personas que padecen este trastorno pueden presentar dificultades a la hora de desarrollar sus capacidades motoras, sus funciones ejecutivas y para realizar actividades de memorización.

Existen diversas teorías explicativas del TEA que tratan de describir el trastorno psicológico global detrás de los comportamientos inusuales que se observan en las

personas con TEA. [22] A continuación, se describirán las teorías más reconocidas:

- Teoría de la mente: data de finales del siglo XX, formulada por los psicólogos Simon Baron-Cohen, Alan Leslie y Uta Frith. Tratan de explicar las distintas deficiencias persistentes en las personas con TEA en el ámbito de la comunicación e interacción social. Esta teoría estudia la capacidad de interpretar y representar los estados mentales de otras personas. Esta capacidad es desarrollada por las personas neurotípicas, aquellas que no padecen ningún tipo de trastorno mental aparente, entre los cuatro y cinco años de edad. Nos permite entender y prever la conducta de una persona, así como entender otros conceptos más complejos como los sueños, el engaño, las ideas, las creencias o la ironía.

Esta capacidad tiene relación con otras capacidades que se desarrollan con anterioridad, como son: la capacidad de atención a un mismo estímulo de forma sostenida y la empatía. Estas dos capacidades normalmente se desarrollan a los 9 meses y a los dos años en el caso de las personas neurotípicas.

Las personas con TEA no desarrollan esta capacidad mental de la misma forma que una personas neurotípica, por lo que se debe trabajar para potenciarla. En ocasiones se trabaja descomponiendo en trozos las conductas sociales para explicárselas a una persona con TEA, haciendo que las entienda y que así pueda aprenderlas de forma escalonada.

- Teoría de la disfunción ejecutiva: al igual que la anterior, también surge a finales del siglo pasado. Formulada por Pennington y Ozonoff y Russell, entre otros, trata de explicar los estereotipos en el comportamiento, intereses y en las actividades que una persona con TEA puede o no realizar.

Las funciones ejecutivas son aquellas habilidades cognitivas que son usadas para realizar una actividad de forma autónoma. Es decir, aquellos procesos

cognitivos que nos permiten actuar de forma correcta y sin ningún tipo de planificación ante nuevas situaciones o estímulos. Esta capacidad está en continuo desarrollo desde los doce meses hasta los dieciocho años.

Las funciones ejecutivas tienen diferentes funciones neuropsicológicas, que permiten: inhibir respuestas voluntariamente, es decir no reaccionar de forma inmediata ante un estímulo; evitar distracciones; tener memoria de trabajo, es decir, almacenar información verbal y no verbal para resolver situaciones futuras; la autoregulación emocional; la resolución de problemas y conflictos.

- Teoría de la coherencia central débil: fue desarrollada por el psicólogo Uta Frith en 1.989 y por Joliffe y Baron Cohen en 1.999. Esta teoría trata sobre la dificultad que tienen las personas con TEA para integrar fragmentos de información que están relacionados entre sí de forma coherente. Las personas con TEA prefieren procesar la información de forma local antes que global. Además, les cuesta analizar el contexto de una situación, fijándose más en los detalles. Por ejemplo, a la hora de ver una fotografía se fijan primero en los objetos o personas que aparecen en ella en lugar de ver la imagen de forma global. También les resulta complicado utilizar conocimientos que ya han adquirido previamente o entender situaciones o contextos ya vividos.
- Teoría de la empatía-sistematización: formulada en 2009 por el psicólogo británico Simon Baron Cohen. En ella se explican las dificultades que tienen las personas con TEA para comunicarse y generar relaciones sociales. Las personas con TEA son muy sistemáticas y tienen pocas capacidades empáticas. La empatía se puede aprender, sin embargo, la empatía adquirida no es tan potente como aquella que tienen las personas neurotípicas de forma intuitiva y primitiva.

Las personas que son más sistemáticas disfrutan explorando sistemas que se

rigen por reglas, es decir, que sea previsible y entendible, que se puedan modificar o manipular conociendo el resultado final. Es por ello que estas personas se interesan por sistemas de colección, como pueden ser las especies de animales; mecánicos, como las televisiones; numéricos, como los aviones y sus horarios; abstractos, como la música; naturales, como los accidentes meteorológicos; sociales, como los pasos de baile; y motores, como las carreras de atletismo. Incluso llegan a buscar o inventar reglas y patrones dentro de situaciones o cosas no sistemáticas para sentirse más seguros.

Los estudios se apartan de la idea inicial de autismo como una serie de síntomas necesarios y suficientes para su diagnóstico, llegando a la idea de TEA, un espectro continuo de diferentes dimensiones que da lugar a diagnósticos de un mayor o menor grado del trastorno dentro del espectro. Normalmente, los síntomas aparecen antes de cumplir los tres años [17]. De esta forma, las personas que se encuentran dentro del espectro se caracterizan por los tres déficits ya citados, pero pueden tenerlos en mayor o menor medida. Según el grado de severidad de los mismos, se diagnostican tres grados: leve, moderado y grave.

Se conoce que hay factores genéticos que dan lugar a una mayor incidencia en algunas familias. También existen factores de riesgo de tipo ambiental, que favorecen la aparición del TEA, como son: padres de avanzada edad, la ingesta de medicamentos o determinados tóxicos durante los meses de embarazo o el bajo peso del bebé al nacer. Estos factores nada tienen que ver con antiguas teorías que afirmaban que el autismo venía dado por una relación fría y con falta de contacto del bebé con sus padres. Proporcionalmente, los hombres son más propensos a tener este trastorno, en una proporción de 4 a 1. En las últimas décadas, existe un incremento de personas con TEA, sin embargo, este aumento tan sólo se debe a la mejora en los diagnósticos y los cambios en los criterios de los mismos [23].

Como se ha descrito en el apartado 1.1 Motivación, estas personas presentan retrasos cognitivos y les cuesta centrarse en el estudio como lo entendemos de forma tradicional [25]. Para ellas resulta complicado concentrarse en una sola tarea y seguir instrucciones, y esto hace que sea complicado adquirir nuevas habilidades y aprender, aún más cuando esta persona se encuentra en un aula tradicional. Para poder aprender y desarrollarse cognitivamente, necesitan motivación y estímulos externos continuos, de esta forma, logran mantener su foco en lo que están haciendo. Además de los estímulos, también es importante ofrecerles un ambiente confortable para que puedan estudiar y explorar [15].

Los primeros usos de la tecnología para el apoyo a personas con TEA data de los años 70. Existen pocos artículos y publicaciones sobre este tema en aquella época, pero ya se empezaban a reportar resultados positivos. Los estudios fueron creciendo y en 2010 llegó a ver alrededor de las cuarenta publicaciones [42]. Con la expansión de internet, no sólo se podían encontrar artículos científicos, sino que también crecieron los blogs de expertos y familiares donde muchas veces se reportaban los beneficios de utilizar la tecnología como apoyo para personas con TEA [19].

La Comunidad IAN fue uno de los proyectos de investigación sobre el TEA más importantes. Se denomina así por sus siglas en inglés, Red de Autismo Interactivo. Fue fundada en 2006 como un proyecto de investigación que recopilaba gran cantidad de datos sobre personas con TEA a través de una serie de cuestionarios a estas personas y a sus familias y tutores. Esta información anónima fue compartida con multitud de investigadores de todo el mundo, donde se hicieron diversos estudios sobre su interacción, factores genéticos, necesidades, etc. Desde 2019 este proyecto permanece cerrado. También fue una red que ponía en contacto a estos investigadores con aquellas personas con TEA que daban su consentimiento para obtener más información o realizar alguna prueba más concreta o exhaustiva. En su página web

se pueden encontrar multitud de artículos que nacieron de este proyecto, algunos de los cuáles han servido de apoyo para la realización de esta investigación [1].

Existen proyectos que tratan de acercar las Tecnologías de la Información y la Comunicación, de ahora en adelante TICs, a las personas dentro del espectro como puede ser ITA, denominado así por sus siglas en inglés Tecnología Innovadora para el Autismo. Se trata de una iniciativa de la asociación *Autism Speaks'* donde familias, médicos, profesores, expertos, desarrolladores e investigadores aúnan sus esfuerzos con un objetivo común: mejorar la vida de las personas con TEA. En su página web se pueden encontrar algunos resultados de investigaciones que han sido de utilidad en esta investigación, así como materiales para acercar la tecnología a estas personas [57].

Con la rápida evolución de las TICs, se han convertido en un aliado para lograr atender estas necesidades. Permiten el desarrollo de diferentes capacidades del usuario, acercando la accesibilidad tanto a la educación como al mundo laboral y al ocio. Es frecuente la aparición de pizarras inteligentes, proyectores, ordenadores e incluso *tablets* en las escuelas, que permiten el uso de las TIC dentro del aula. Cada vez se desarrolla un mayor número de recursos diseñados para personas con TEA, que tratan de mejorar su proceso educativo, su desarrollo de las competencias básicas, incluso, su vida cotidiana. Las TIC pueden ser una potente herramienta para compensar las posibles desigualdades, aportando nuevas oportunidades en el ámbito educativo y mejorando la comunicación de personas con TEA, propiciando así su integración en la sociedad y mejorando su calidad de vida.

El pensamiento computacional es una habilidad cognitiva que le permite a la persona encontrar soluciones a problemas a través de la abstracción, el análisis y la descomposición lógica. De esta forma, la persona es capaz de elaborar una serie de pasos ordenados hasta llegar a la solución. Estos pasos pueden ser automatizados a

través de la generación de un algoritmo. Debido a la influencia de la informática en el día a día de todas las personas, es importante que cualquier persona sea capaz de desarrollar esta destreza [51].

A pesar de que a los niños y niñas se les denomina “nativos digitales” dada la fluidez con la que se manejan usando estas tecnologías, la mayoría de ellos no saben desarrollar sus propias herramientas, programas, juegos o animaciones. Tan sólo interactúan con la tecnología, no han desarrollado un pensamiento computacional que les permita diseñar crear o desarrollar nuevos medios [46].

El pensamiento computacional, no es únicamente el saber programar, no tiene por qué estar limitado a las personas que se dedican al sector de la informática [49]. También puede aplicarse en la vida diaria dentro de la sociedad tecnológica en la que nos encontramos. El pensamiento computacional es un proceso de identificación y resolución de problemas, usando distintos niveles de abstracción, permite descomponer los mismos en problemas más pequeños. Existen múltiples aplicaciones y cursos para aprender a programar, pero es difícil ahondar en la forma de pensar. El pensamiento computacional va más allá de la mera codificación, se trata de un conjunto de prácticas que se entrelazan para observar, comprender y resolver los problemas. Sin embargo, no existe ningún plan de estudios que profundice en ello, como sí se profundiza en el pensamiento científico y matemático.

Es importante estimular las funciones ejecutivas de las personas con TEA para así ayudarles a desarrollar su autonomía e independencia, favoreciendo su propia regulación y autodeterminación. El desarrollo de las funciones ejecutivas de una persona está relacionado con el desarrollo de su pensamiento computacional.

Se ha comprobado que el uso de las TIC en el ámbito educativo resulta motivador para las personas con TEA. La importancia que tiene lo visual en su proceso

de aprendizaje, hace que el uso de la tecnología resulte más atractivo para estas personas que cualquier método tradicional de enseñanza. Les ayuda a desarrollar sus habilidades lógicas, pero también su creatividad. Además, las oportunidades audiovisuales que brindan estos medios, favorecen la estimulación multisensorial, adaptándose a sus NEE [48].

Capítulo 3

Marco teórico

En este capítulo, se extraerán conclusiones de alto nivel y de carácter general sobre el diseño de cualquier aplicación informática que busque mitigar los déficits presentados en personas con TEA. Para ello, se presenta una revisión de la literatura, resumiendo los principios del diseño de aplicaciones y viendo los déficits e impacto que tiene el diseño de las aplicaciones en las personas con TEA. A continuación, se presentan las respuestas dadas por expertos en este ámbito tras ser entrevistados. Finalmente se cierra el capítulo haciendo una síntesis de los anteriores puntos y describiendo los principios generales que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar una aplicación para personas con TEA.

3.1. Principios de diseño

Para poder entender mejor la usabilidad de cualquier aplicación, en esta sección se presentan los principios de usabilidad que toda aplicación debe seguir [16]. Se dividen en tres grandes bloques: capacidad de aprendizaje, flexibilidad y robustez.

La capacidad de aprendizaje tiene en cuenta lo sencillo o complicado que le puede resultar a un usuario aprender a utilizar una aplicación de la forma más completa y correcta. La flexibilidad se refiere a las múltiples formas que pueden tener el usuario y la aplicación de interactuar entre sí. Finalmente, la robustez se refiere al apoyo que se le debe dar al usuario para que consiga sus objetivos dentro de la aplicación. Cada uno de estos principios se subdivide en diversas pautas:

- Capacidad de aprendizaje:
 - Predicción: los efectos de la interacción con la aplicación deben ser predecibles para el usuario.
 - Síntesis: se tienen en cuenta las acciones llevadas a cabo con anterioridad.
 - Familiaridad: los elementos de la aplicación deben ser lo más reconocibles y entendibles para el usuario teniendo en cuenta su conocimiento previo.
 - Generalización: una interacción concreta se debe extender a otras interacciones similares.
 - Consistencia: debe haber una semejanza de comportamiento de la aplicación en las entradas y salidas ante situaciones similares.
- Flexibilidad:
 - Diálogo inicial: se refiere a la flexibilidad de la aplicación ante el diálogo de entrada con el usuario.
 - Multihilo: la capacidad que tiene la aplicación para soportar la interacción simultánea del usuario con una o más tareas.
 - Migrabilidad de las tareas: capacidad de pasar la responsabilidad de la ejecución del usuario al sistema o viceversa.

- Substituibilidad: la aplicación debe permitir distintos valores equivalentes de entrada y salida que puedan ser sustituidos unos por otros sin distinción entre los mismos.
- Personalización: la aplicación puede permitir al usuario que cambie la interfaz de la misma o puede ser el propio sistema el que se adapte al usuario.
- Robustez:
 - Observación: la capacidad que puede tener el usuario para conocer el estado interno en el que se encuentra la aplicación
 - Recuperación: la capacidad que se le brinda al usuario para corregir una acción errónea dentro de la aplicación.
 - Sensibilidad: cómo puede percibir el usuario la tasa de comunicación con el sistema.
 - Conformidad de las tareas: es el grado en el que el sistema apoya al usuario o se adecua al mismo a la hora de llevar a cabo una tarea.

3.2. Impacto y déficits de las personas con TEA en los principios de diseño

En esta sección se describe el impacto y las carencias que tienen los principios de diseño ya estandarizados cuando se trata de diseñar una aplicación orientada a personas con TEA. Para ello, se atienden a tres puntos clave dentro de la interacción de las personas con TEA con una aplicación: las funciones ejecutivas de la propia persona, la percepción de los estímulos que le da la aplicación y la comunicación de esta persona con su entorno y con la propia aplicación.

3.2.1. Funciones ejecutivas

Como se ha visto en el capítulo 2, las personas con TEA tienen comportamientos repetitivos, intereses concretos y dificultades comunicativas. Las funciones ejecutivas están directamente ligadas a los procesos autorreguladores, y son necesarias para la resolución de problemas y la toma de decisiones. Para que una persona tenga la capacidad de regular sus conductas complejas, necesita desarrollar sus funciones ejecutivas. Es por esto que es tan importante fomentar el desarrollo de estos procesos cognitivos en personas con TEA.

Resulta difícil definir el término funciones ejecutivas dada su naturaleza compleja. Se tratan de las actividades mentales y capacidades cognitivas necesarias para que una persona pueda autorregular su propio comportamiento. Son necesarias para llevar a cabo tareas como planificar, guiarse, programar, regularse, ordenar o la capacidad de controlar la conducta intencional [47]. Es una de las bases de los procesos cognitivos.

Dados los procesos en los que están involucradas las funciones ejecutivas, resulta complicado medir tan sólo un aspecto de las mismas. Generalmente, un retraso en las funciones ejecutivas afecta a: la inhibición, la flexibilidad cognitiva, la memoria, la capacidad de generalizar, el autocontrol y la planificación. Estas características las encontramos en personas con TEA, es relativamente fácil detectarlas cuando, pese a haberle dado un *feedback* negativo a esta persona diciéndole que un argumento no es correcto, ésta continúa con su mismo argumento. Resulta difícil hacerles cambiar de opinión. Tienden a perderse en sus pensamientos y acciones, a veces, como si de un bucle infinito se tratara. Son personas de ideas fijas e intereses muy concretos. El uso de programas o aplicaciones y el ejercicio físico son actividades que promueven la consecución de un objetivo y requieren un gasto de energía que puede ayudar a

una persona con TEA a salir de un pensamiento o acción repetitiva [19].

Atendiendo a los principios de diseño ya descritos, en ocasiones, las aplicaciones deben que sacrificar ciertos aspectos de flexibilidad para facilitar la toma de decisiones del usuario. La aplicación puede limitar las alternativas, y guiar al usuario evitando una interacción que disponga de múltiples vías. Esto no debería afectar a la sustitividad. Es importante permitir distintas entradas y salidas siempre que sean sinónimas, para una misma acción o secuencia únicas. De esta manera el usuario puede seguir avanzando en la interacción, y no se queda atascado. Desde el punto de vista de la robustez, impacta en la recuperación y conformidad de las tareas. Para evitar que el usuario se bloquee, se pueden blindar los errores dentro de la herramienta. También se pueden adaptar las respuestas de forma dinámica para buscar caminos alternativos que permitan que el usuario siga interaccionando con la aplicación.

En muchas ocasiones, este déficit en sus funciones ejecutivas también hace que las personas con TEA sean descoordinadas y torpes. Es usual observar que estas personas se caen fácilmente, muestran falta de estabilidad y de coordinación. Además, les puede resultar complicado manejar elementos con las manos como pueden ser instrumentos de escritura o incluso pelotas [29]. Por ello, la elección del dispositivo a usar es esencial. El uso de *tablets* o dispositivos que requieran el manejo de una pantalla táctil puede ser beneficioso para personas con TEA que muestren dificultades motoras [19]. A la hora de escribir, por ejemplo, pueden mostrar menos frustración ya que se elimina la barrera del bolígrafo o el lápiz y pueden escribir en una pantalla táctil directamente con sus dedos.

Es frecuente que estas personas tengan condiciones comórbidas, es decir, que padezcan dos o más enfermedades al mismo tiempo. Generalmente, estas enfermedades están relacionadas. Una persona con TEA puede padecer a su vez otras enfermedades

como son: depresión, ansiedad [28], desórdenes de conducta, síndrome de Tourette, déficit de atención, hiperactividad, epilepsia, insomnio, conductas autolesivas, tics u otras [50]. Esto puede tenerse en cuenta a la hora de flexibilizar la aplicación permitiendo ciertas personalizaciones.

3.2.2. Percepción

Cuando a una persona con TEA se le presentan varios estímulos a la vez, le cuesta atender a más de uno. Si recibe estímulos de diferentes sentidos como el oído, vista y tacto, esta persona tan sólo entenderá uno de ellos. Se cree que muchas de los comportamientos atípicos de las personas con TEA son fruto de su incapacidad para procesar de forma adecuada estímulos simultáneos provenientes de estos sentidos [40]. En ocasiones, es mejor evitar el exceso de información y centrarse tan sólo en lo importante y transmitirlo por un único canal.

Podría pensarse que una persona con TEA tiene algún tipo de problema de visión, cuando en realidad se trata de un problema de percepción. Esto puede afectar a la capacidad de aprendizaje de la persona. Se han realizado multitud de experimentos que muestran que estas personas son más hábiles en aquellas tareas que requieren un procesamiento visual local, como puede ser buscar algún elemento dentro de una imagen, que en procesamientos imágenes globales. Además, se ha demostrado que las personas con TEA tienen un bajo rendimiento a la hora de percibir movimiento y reconocer rostros [36]. Estos comportamientos, y otros descritos más adelante, tienen relación con la teoría de la coherencia central débil descrita en el capítulo 2.

En cuanto al mundo auditivo, muchas personas con TEA sufren hiperacusia, una reacción desmesurada y/o negativa ante estímulos auditivos. Estas personas muestran dificultad para atender a dos estímulos a la vez, por lo que les puede resultar

muy complicado o imposible atender y escuchar cuando se están produciendo dos conversaciones de forma simultánea. También puede resultarles costoso entender a personas que hablan demasiado rápido. Los sonidos intensos suelen ser molestos para alguien con TEA. Sus reacciones ante ruidos fuertes pueden ir desde la incomodidad hasta hacerles sentirse mal, incluso doloridos [29]. El *feedback* que el usuario pueda recibir de una aplicación, ha de ser coherente con estas dificultades de percepción. De lo contrario, podría afectar de forma negativa en la experiencia con la aplicación y en la capacidad de aprendizaje del usuario.

El uso de dispositivos de grabación y de reproducción y cascos puede ayudar a estas personas. Mediante el uso de éstos, la persona con TEA puede escuchar lo que precise, con un volumen adecuado que, además, puede ser controlado y modificado a su gusto. Adicionalmente, también pueden repetir la pista que están reproduciendo las veces que lo necesiten para que puedan entenderla mejor. Sería posible presentarle a una persona con TEA sonidos que le hacen sentirse incómoda pero lejos de la situación que produce ese sonido, en un ambiente seguro. Estas personas se sienten seguras cuando tienen el control de la situación, por ello, se le puede permitir tener el control del volumen, intensidad o duración del sonido [19]. De esta forma se puede conseguir que esta persona se familiarice con el sonido y que no le resulte tan molesto cuando se produzca en un ambiente más hostil.

Además de la hiperacusia, algunas personas dentro del espectro sufren retrasos auditivos, es decir, tardan en procesar lo que escuchan antes de dar una respuesta. Por ello es importante darles tiempo para que procesen la información que han recibido para que sean capaces de formular una respuesta adecuada.

3.2.3. Comunicación

Como ya se ha visto anteriormente en el capítulo 2, las personas con este trastorno tienen dificultades para comunicar y expresar sus sentimientos, lo que quieren o lo que necesitan. Esto complica su experiencia comunicativa dentro de la sociedad y entender aspectos prácticos del lenguaje como la retórica y el sarcasmo. Esta falta de comunicación se puede traducir en una falta de habilidades sociales, que pueden derivar en algunas de las condiciones comórbidas ya mencionadas.

En el ámbito de la comunicación, no sólo pueden tener dificultades en la comunicación verbal dentro de una conversación, estas personas pueden tener dificultades de comprensión a la hora de leer y dificultades a la hora de escribir. En un ámbito académico, esto se puede traducir en un problema a la hora de adquirir nuevos conocimientos. Es por esto que, antes de presentarle un nuevo tema a una persona con TEA, se le deben presentar los conceptos y el vocabulario que se le va a enseñar. Para que puedan entender mejor estas nuevas ideas y palabras, el educador puede ayudarse de la tecnología para explicarlas a través de imágenes o contenidos audiovisuales [19]. Además, siempre que sea posible, los conceptos que se expliquen deben ser divididos en conceptos más pequeños. Se deben explicar primero los conceptos simples para que la persona con TEA pueda entender mejor un concepto algo más complejo. Una vez más se ve la necesidad de restringir la flexibilidad de la aplicación para dar lugar a una secuenciación de la misma.

Cuando se encuentran ante varios estímulos, las personas con TEA seleccionan qué información atender y qué información ignorar según sus preferencias. El no atender a varios estímulos a la vez provenientes de diferentes canales, podría explicar también la dificultad que tienen las personas con TEA para escuchar a una persona y leer las expresiones faciales de la misma [40]. Por ello, los estímulos de-

ben estar secuenciados y ordenados, y se deben simplificar, atendiendo a aquello que es más importante. A la hora de darle instrucciones a una persona dentro del espectro, se deben utilizar términos simples y directos. Se debe evitar cualquier broma, coloquialismo o retórica ya que complicaría la comprensión de lo que se quiere transmitir. Dado que les cuesta focalizarse en varios estímulos a la vez, es importante resaltarles los estímulos más importantes, los que requieren más atención. De esta forma se pueden disminuir las distracciones [19]. También es útil formular preguntas al finalizar la explicación para asegurarse de que ha entendido lo que debe hacer. Además, como ya se ha visto en esta memoria, una persona con TEA entenderá mejor las instrucciones si traen consigo un apoyo visual. Por ello, siempre que sea posible a la hora de diseñar una aplicación para estas personas, para una mayor robustez y consistencia, las instrucciones deben ir acompañadas por algún tipo de *feedback* visual e, incluso, auditivo [30]. La realimentación mejora la capacidad de aprendizaje del usuario.

El tipo de refuerzo que se le da a una persona con TEA es clave en su aprendizaje. Las personas dentro del espectro precisan de un *feedback* cuando están realizando una tarea. Necesitan ver sus esfuerzos recompensados, pero esta recompensa debe ser la adecuada para cada persona. Se debe tener cuidado, ya que un sobrerrefuerzo puede ser negativo y puede hacer que el objetivo de la persona no sea completar la tarea de forma correcta, sino obtener el *feedback* por la estimulación que éste le provoca. Para que siga siendo efectiva, se debe cambiar el tipo de realimentación que se le da a una persona según esta persona cambia, avanza y aprende [19]. En este caso la capacidad de personalizar la aplicación resulta esencial.

A una persona con TEA hay que darle tiempo desde que se le manda ejecutar alguna tarea hasta que empieza a hacerla. Algunos padres de niños y niñas con TEA piensan que tienen problemas de audición. Muchas veces estas personas ignoran lo

que se les dice, tardan más tiempo en responder o directamente no responden. En estas ocasiones, este tiempo que emplean no se debe a una falta de comprensión de las órdenes, sino al tiempo que necesitan para procesar la información que se le ha dado [30]. Este punto se relaciona con la robustez y con la conformidad de las tareas.

3.3. Preguntas a expertos

Con el objetivo de recopilar información clave para guiar este proyecto, se llevó a cabo la elaboración de un cuestionario a través de la herramienta *Google Forms*, para recoger la opinión de expertos en el ámbito del TEA. Dicho cuestionario consta de tres partes:

- Perfilado de la persona encuestada: consta de una serie de preguntas sobre la profesión y experiencia de la persona.
- Preguntas generales: una batería de preguntas generales sobre aspectos relacionados con la usabilidad de aplicaciones para personas con TEA.
- Preguntas específicas: una serie de cuestiones más específicas sobre aspectos concretos del diseño de *Blue Thinking*

A los encuestados y encuestadas se les insta a contestar a las preguntas de una forma detallada, por lo que la mayoría de las respuestas son extensas y precisas. Además, también se les solicitó que se indicara en la respuesta si ésta podía variar dependiendo de la persona y de su nivel de TEA. En este apartado, se hablará sobre el perfil de las personas encuestadas, y se evaluarán las respuestas a cada una de las preguntas.

El formulario fue distribuido a través de contactos y de redes sociales a personas expertas y con experiencia con personas con TEA, con un perfil técnico o psicopedagógico. En total se recogieron dieciséis respuestas, en su mayoría, un 87,5%, de personas con un perfil psicopedagógico. El 62,7% tenía diez o más años de experiencia en su profesión. Todas tenían al menos un año de experiencia trabajando en el área de TEA y el 69% cinco o más años de experiencia en este campo.

Este apartado recoge las respuestas a las preguntas generales. En el capítulo 3. Resultados de la memoria elaborada como Trabajo Fin de Máster del Máster en Ingeniería Informática [41] se pueden encontrar los resultados de la tercera parte de esta encuesta.

A continuación, se presentan las preguntas generales y un resumen de las respuestas que dieron las personas expertas a cada una de estas preguntas:

- *¿Qué tres características consideras que son indispensables en una aplicación orientada a usuarios con TEA?*

Los expertos destacan que una aplicación orientada a personas con TEA debe de ser simple, tener gran claridad visual y mantener un orden. Estas aplicaciones deben ser intuitivas y tener instrucciones concretas para las tareas, que deben ir acompañadas por apoyos visuales.

La aplicación debe ser atractiva, motivadora, para que los usuarios quieran seguir usándola. Para ello es esencial el *feedback* personalizado. No solo se deben destacar los fallos que el usuario pueda tener, sobre todo se le debe reforzar positivamente, tanto de forma visual como auditiva, si fuera necesario.

Estas aplicaciones deben estar libres de distracciones y estímulos irrelevantes. Para ello, se debe minimizar la saturación de colores, sonidos o imágenes y pantallas saturadas de información.

- *¿Considera que una aplicación orientada a personas con TEA debe poder adaptarse a cada usuario? ¿Por qué?*

Todas las personas encuestadas coinciden en que es fundamental que las aplicaciones orientadas a personas con TEA puedan adaptarse a los diferentes usuarios. La razón principal es que se trata de un espectro, y debe adaptarse al nivel del usuario que esté haciendo uso de la aplicación.

El espectro es muy amplio y cada persona tiene características diferentes, no hay dos personas con TEA iguales. Dado que es imposible diseñar una aplicación de forma específica para cada persona, como mínimo la aplicación debería poder tener diferentes rangos de dificultad dado que las capacidades cognitivas y de adquisición del lenguaje pueden diferir mucho entre los distintos usuarios.

Si el usuario no es capaz de entender la aplicación, pierde el interés por ella, no le verá ninguna utilidad, no le gustará y querrá dejar de usarla. Es por esto que todos los expertos encuestados coinciden en que la adaptación de la aplicación es esencial, partiendo siempre de unos mínimos comunes a todos.

- *¿Qué dificultades pueden tener las personas con los diferentes niveles dentro del espectro autista a la hora de interactuar con un dispositivo electrónico táctil?*

Las dificultades señaladas por los expertos se podrían dividir en dificultades de interacción, de comprensión y de atención y falta de motivación.

En cuanto a la interacción, para algunas personas pueden resultar complicadas las acciones de pulsar o arrastrar dentro de una pantalla táctil. Esta tarea resulta más difícil cuánto menor sea el tamaño del elemento y, en el caso de arrastrar, cuanto mayor se la distancia que se tenga que recorrer. También depende de la precisión de la aplicación a la hora de recoger la interacción del usuario, por ejemplo a la hora de arrastrar un elemento a una parte de la pantalla, si la zona donde el usuario debe soltar el elemento es muy pequeña,

puede resultar más complicada la acción.

Las dificultades de comprensión que pueden tener pueden tener que ver con la lectura y escritura dentro de la aplicación o con la comprensión de las tareas que deben realizar. Esta falta de comprensión puede deberse a una falta de personalización de la aplicación. Si los usuarios no entienden la finalidad de la aplicación y qué deben hacer con ella, se corre el riesgo de utilizar la aplicación de una forma estereotipada, es decir, a modo de estimulación pero sin ninguna funcionalidad concreta. Esto último puede ser un problema ya que el usuario puede querer hacer un uso restringido del dispositivo o la aplicación, como puede ser ver algo en bucle o usar tan solo una opción de la aplicación en lugar de la aplicación de forma completa. Una de las personas entrevistadas afirma: *“Cuando una aplicación no es metodológicamente adecuada, puede no cumplir con los objetivos previstos. De cualquier forma, la tecnología debe considerarse como una herramienta por lo que hay que tener muy claro previamente qué puede conseguir la persona con TEA al utilizarla y de qué forma hacerlo, contando no solo con los recursos tecnológicos sino también con todos los apoyos contextuales necesarios.”*

La falta de atención y motivación, puede deberse a la falta de comprensión, o por estímulos que le causen distracción al usuario. Esta dispersión también puede venir dada por la rigidez de la aplicación. Una de las personas expertas comenta desde su experiencia que las aplicaciones deben *“entrarle por el ojo”* al usuario.

Las aplicaciones deben que estar diseñadas en combinación con expertos diseñadores y profesionales expertos en TEA para asesorar sobre los diferentes elementos de la interfaz gráfica, sobre cómo se deben presentar de forma estructurada las tareas a los niños, y sobre el *feedback* que debe darle la aplicación al usuario.

- *¿Considera importantes los refuerzos ante el acierto y el error? ¿Por qué?*

Las personas encuestadas coinciden en que es necesario un *feedback* por parte de la aplicación como parte del proceso de enseñanza, siempre que se focalice más en el acierto.

El refuerzo positivo ayuda al usuario a conocer sus progresos, alegrándose y motivándose al recibir un *feedback* positivo por la labor que está realizando. Esta motivación hace que el usuario se enfrente a la aplicación con más ganas y que quiera seguir usándola. Las personas con TEA entienden los mensajes de forma muy literal, por lo que los refuerzos positivos les ayudan a clarificar que van por el buen camino. Sin estos refuerzos el usuario podría no entender si ha concluido su tarea o si la ha realizado de forma correcta.

La mayoría de las personas expertas no son partidarias del *feedback* ante el error tratándose de personas con TEA. Si la experiencia de los usuarios con la aplicación no es positiva, tienden a rechazar el uso de la misma. Es por esto que en lugar de focalizarse en los fallos, se recomienda ayudar al usuario a llegar a la solución, ofreciéndole alternativas correctas. En algunas ocasiones, los usuarios pueden fallar voluntariamente en busca del estímulo provocado por el refuerzo negativo de la aplicación.

Como ya se ha dicho reiteradamente a lo largo de la elaboración de esta memoria, cada persona con TEA es diferente, por lo que, en el caso del *feedback*, también se recomienda que la aplicación pueda adaptarse a la realidad de su usuario pudiendo ser configurable. Lo que para una persona puede resultar estimulante, puede ser desmotivador para otra. En su defecto, estos refuerzos deberían ser poco estridentes, con carácter más informativo que estimulatorio.

- *¿Ayuda el *feedback* (realimentación) auditivo a entender mejor una acción?*

Una vez más, depende del usuario. Esta realimentación debería ser configu-

rable. Casi siempre este refuerzo auditivo complementa un refuerzo visual o textual para que se entienda mejor. Hay personas a las que tener más vías sensoriales por las que percibir la información les ayuda a comprender qué deben hacer. Sin embargo, hay personas a las que esto podría no resultarles útil o, incluso, distraerles de su tarea.

- *¿Qué reacción (o reacciones) puede causar un comportamiento inesperado de la aplicación en un usuario con TEA?*

Un comportamiento inesperado generará un sentimiento de confusión y rechazo en el usuario. La persona podría mostrar conductas disruptivas, frustrarse, sentir rabia, desinteresarse por el uso de la aplicación, incluso un brote de nervios o de violencia contra el dispositivo.

Las reacciones ante lo inesperado pueden manifestarse de diversas formas en cada persona, pero no suele ser de forma positiva. La tecnología debe ofrecer un entorno predecible para las personas con TEA, de esta forma les transmite seguridad.

3.4. Principios de diseño generales para personas con TEA

Toda aplicación debe seguir los principios de usabilidad descritos en el apartado 3.1. Sin embargo, como se ha visto a lo largo de este proyecto, las personas con TEA tienen algunos impedimentos que se tratan de una forma muy general en estos principios, o que pueden no estar reflejados.

Si el fin de una aplicación es ser utilizada por usuarios con TEA, el diseño de la misma debe ser guiado por expertos en el sector. Deben seguir los principios y

guías de usabilidad estándar, pero no pueden basarse solamente en ellos. Trabajar con personas con TEA sin ser expertos en el campo puede ser contraproducente. Por ello, una aplicación que no esté diseñada para estas personas desde su inicio puede no ser entendida por ellas, hacer que haga un mal uso de la misma e, incluso, desencadenar situaciones no deseadas.

Tras los principios expuestos al comienzo de este capítulo, la revisión de la literatura y las preguntas a personas expertas en este campo, se pueden destacar tres principios que engloban las necesidades que se han ido mostrando:

- **Habilitadora:**

Las aplicaciones diseñadas para personas con TEA deben ser tan sencillas de usar como sea posible para estas personas.

Este punto se relaciona con las pautas de conformidad y sensibilidad del principio de robustez. A lo largo de las anteriores secciones, se han incluido aspectos que tienen que ver con la percepción del usuario; como pueden ser el audio o las distintas imágenes o vídeos. Además, también se ha hecho mención de la interacción del propio usuario con la aplicación utilizando distintos medios; como ratones o pantallas táctiles. La elección de los dispositivos es importante: estas aplicaciones deben estar diseñadas para dispositivos fáciles de usar para estas personas.

Más allá de la elección del dispositivo, también se deben tener en cuenta las distintas acciones que debe realizar el usuario dentro de la aplicación; por ejemplo, puede ser complicado para un usuario con TEA la acción de arrastrar si se trata de un recorrido demasiado largo.

Se puede enmarcar también dentro de este principio, y relacionado con la pauta de sensibilidad, el hecho de evitar el exceso de información y centrarse

en lo esencial para evitar que el usuario pierda el foco. Esta información y los distintos estímulos deben venir por el mismo canal; lo que también tiene relación con la familiaridad y la consistencia del principio de capacidad de aprendizaje. De igual manera, los problemas auditivos, de visión y motrices pueden afectar también a la capacidad de aprendizaje.

Dada la dificultad que tienen estas personas para leer, también debería existir un apoyo visual personalizable que sirva de apoyo para ciertos diálogos y/o instrucciones dentro de la aplicación.

■ **Ordenada:**

Si el usuario no entiende lo que la aplicación demanda de él o ella, no sabe qué es lo que tiene que hacer o para qué sirve una aplicación, surgen los bloqueos. En el caso de existir multihilos o diversos caminos, el usuario puede sentirse perdido dentro de la aplicación.

Cuando se trata de una aplicación para personas con TEA, a veces es mejor restringir la flexibilidad de la aplicación en pro de una mayor secuenciación. La secuenciación ayuda al usuario a no perderse dentro de la aplicación y a tener una interacción más ordenada y más focalizada con la misma.

Esto no debe entrar en conflicto con la sustituibilidad de la que se hablaba en el principio de flexibilidad. La diversificación en los canales de entrada y de salida de información de la aplicación pueden ayudar en la mejora del “diálogo” del usuario con la aplicación.

Debe haber de igual forma un orden en los estímulos que la aplicación le de al usuario, dado que, como se ha visto anteriormente, una persona con TEA no es capaz de atender adecuadamente a varios estímulos de forma simultánea.

Se destaca también el orden dentro de los distintos elementos de la interfaz. Que la aplicación sea ordenada también hace que a un usuario con TEA le

resulte más atractiva y que la comprenda mejor. Un orden adecuado también le ayuda al usuario a focalizarse en lo importante y a no dispersarse con otros estímulos dentro la aplicación.

■ **Personalizable:**

A lo largo de la investigación y de las entrevistas, el concepto de personalización ha sido uno de los que más se han repetido. En el diseño de una aplicación orientada a personas con TEA, se deben tener en cuenta las posibles barreras motrices, auditivas, visuales, cognitivas, etc. que pueda tener el usuario final para poder hacerla más adaptable.

En un principio, la aplicación puede partir de unos mínimos comunes, sin embargo, estos son difíciles de encontrar. Dada la amplitud del espectro, y la posibilidad de que existan condiciones comórbidas, se debe tener en cuenta las capacidades concretas de cada usuario. Esto solo es posible si existe la posibilidad de adaptar la aplicación de forma personalizable.

Se relaciona también con el principio de aprendizaje por la familiaridad, por lo que se recomienda poder adaptar la interfaz de la aplicación tanto antes de ser usada como durante su utilización. Un gran apoyo al aprendizaje es el *feedback* que la aplicación le da al usuario.

La realimentación de la aplicación debe ser también personalizable para que sea coherente con las habilidades del usuario y con sus preferencias. La cantidad de realimentación y el tipo de *feedback* adecuado puede cambiar de un usuario a otro. Como se ha visto en las entrevistas, en ocasiones el *feedback* negativo puede causar un efecto indeseado en el usuario; por lo que es mejor implementar realimentaciones positivas que guíen al usuario hacia sus objetivos.

A la hora de elegir los materiales que se van a utilizar en el apoyo a una persona

con TEA, es importante que los padres, tutores y educadores entiendan las NEE de cada persona, los retos a los que se enfrenta y también sus gustos. Las aplicaciones y materiales que se usen deben ser adaptables y configurables, y se deben personalizar adecuándolos al usuario que los va a usar y a su aprendizaje y desarrollo. El espectro es muy amplio, y cada persona necesita una atención individualizada.

Los medios audiovisuales pueden ser útiles a la hora de explicar algún tema o de dar instrucciones, ya que se puede modificar su velocidad y también pararlos. Cuando una persona con TEA está viendo un vídeo, puede ser útil pararlo y formularle alguna pregunta sobre lo que está viendo. De esta forma, le da tiempo a procesar mejor aquello que ve y oye y también le obliga a mantener la atención si está disperso o dispersa. Además, si esta persona no ha comprendido lo que ha visto y/u oído, siempre se puede rebobinar y volver a poner el mismo fragmento, tantas veces como sea necesario.

La tecnología puede ayudar a los padres y/o educadores a generar espacios seguros para una persona con TEA. La tecnología es predecible y se puede controlar, lo que reduce la ansiedad y el estrés de estas personas. Existen desencadenantes que hacen que una persona con TEA tenga una crisis o comportamientos y reacciones inesperadas. Gracias a la tecnología, se pueden recrear situaciones que normalmente desencadenarían un comportamiento no deseado en un ambiente seguro. De esta forma, la persona con TEA se puede familiarizar con esta situación para sobrellevarla mejor cuando se vuelva a dar fuera de este espacio de confianza.

Esta generación de espacios seguros puede ayudar también a que estas personas se acostumbren a hacer algunas tareas que no les gusta realizar. Es complicado que una persona con TEA quiera realizar una actividad que no le gusta hacer, y es casi imposible que la lleve a cabo si se encuentra en un espacio que no siente seguro. Con estos espacios, paciencia y fomentando estas tareas con una realimentación positiva

y motivándoles, se puede conseguir que se enfrenten a ellas [19].

En el ámbito educativo, la tecnología puede ser un apoyo para el docente ya que permite la repetición de instrucciones o de contenido audiovisual, la práctica de tareas, la recepción de un *feedback* inmediato, la personalización adecuándose a cada individuo, el uso de herramientas colaborativas, etc. Las aplicaciones que traducen de voz a texto también pueden ser útiles dentro del aula, ya que para estas personas es muy complicado tomar apuntes mientras otra persona habla [19]. La tecnología no puede solucionar el problema estructural que dificulta una educación personalizada dentro del aula, pero puede servir como apoyo al profesorado. Son los profesores y profesoras los que deben conocer al estudiante y elegir su itinerario educativo y los recursos adecuados.

La tecnología puede ayudar a mitigar las diferencias y barreras que se pueden encontrar las personas con TEA. Además de apoyar a las propias personas dentro del espectro, también son un apoyo en las diferentes investigaciones sobre este trastorno. Los investigadores la usan para diversos fines como la recogida de datos o el apoyo en la vida cotidiana de estas personas. Algún ejemplo de recogida de datos podría ser el uso de dispositivos *wearable* como relojes inteligentes o, incluso, monitorización de la persona a través de una cámara. Los cascos también son una herramienta muy útil; algunas personas con TEA tienen sus cascos a mano para ponérselos si sufren hiperacusia y los estímulos auditivos externos le están molestando o le impiden focalizarse en su tarea. Para el apoyo en la vida cotidiana se usan dispositivos móviles, tablets, PDAs u otros dispositivos personales con aplicaciones de localización, calendario u otras aplicaciones que les pueden ayudar en su comunicación y a desarrollar sus funciones ejecutivas.

Capítulo 4

Apps educativas para personas con TEA

En este capítulo, se hace una revisión del diseño de la interacción que siguen las aplicaciones orientadas a personas con TEA que han alcanzado un estadio comercial; es decir, que están disponibles en las distintas plataformas o directamente en internet.

Tal y como se describe en el capítulo 2, el desarrollo del pensamiento computacional ayuda a las personas con TEA a mejorar sus funciones ejecutivas. Es por esto que, con el fin de acotar esta investigación, en una primera instancia la búsqueda se ha centrado en aquellas aplicaciones que fomentan el desarrollo del pensamiento computacional.

Se ha realizado una búsqueda sistemática durante los meses de octubre y noviembre del 2019. Ha comenzado siendo muy específica, tratando de encontrar aplicaciones para enseñar a programar a personas con unas características muy concretas, y ha finalizado con la búsqueda de aplicaciones. Ha sido realizada en inglés en el navegador de *Google*, en la *Play Store* y en la *Apple Store*. Las frases utilizadas para

la misma han sido las siguientes:

1. Applications to teach programming autism spectrum disorder
2. Apps to teach programming autism spectrum disorder
3. Apps to teach programming asd
4. Apps to teach programming
5. Apps to teach programming kids
6. Apps to teach programming children

El impacto de las nuevas tecnologías en la vida de las personas es cada vez mayor. Desde la aparición de los teléfonos inteligentes, se han desarrollado multitud de aplicaciones para tratar de mejorar la vida de las personas con NEE, y que colaboran en su integración dentro de la sociedad. Al tratarse de dispositivos normalizados y poco intrusivos, se convierten en una muy buena herramienta para ayudar a estas personas. Es por ello, que la mayoría de aplicaciones encontradas en esta búsqueda, han sido desarrolladas para dispositivos táctiles. Como ya se vio en el capítulo 3, las personas con TEA se manejan mejor con pantallas táctiles que con otros dispositivos; como puede ser un ratón o un teclado. Estos dispositivos son usados para monitorizar comportamientos, conocer la ubicación de los usuarios, guiarles, o ayudarles en su comunicación.

Primeramente, se ha comenzado a buscar de lo más concreto a lo más general. Una vez visto que a penas se encontraban aplicaciones ni estudios que trataran exactamente de aplicaciones para enseñar a programar a personas con TEA, se investigó sobre aplicaciones para enseñar a programar. Sin embargo, éstas se alejaban del propósito de este proyecto dada su dificultad. Por ello, se pasó a buscar aplicaciones

para enseñar a programar a los más pequeños, aplicaciones mucho más sencillas y visuales, que tienen más relación con una aplicación para enseñar a programar a personas con TEA. A continuación, se detallan más los resultados obtenidos con cada una de estas búsquedas.

En las tres primeras búsquedas, tan sólo se encontró una aplicación específica para enseñar a programar a personas con TEA. El resto de aplicaciones que se encontraron fueron aplicaciones orientadas a personas con TEA, pero que nada tenían que ver con la programación, ni con el desarrollo del pensamiento computacional. Es por eso que se llevó a cabo una búsqueda menos restrictiva.

La siguiente búsqueda se ha centrado en aplicaciones existentes para enseñar a programar, de forma general. En ella, se han encontrado multitud de aplicaciones tanto para *smartphone* como para ordenador. Sin embargo, la mayoría de ellas se basan en ejercicios y en cursos para aprender tecnologías de alto nivel, distintos lenguajes de programación y también tratan de enseñar diferentes formas de depurar y mejorar el código. Estos resultados distan del objetivo de este proyecto, por esta razón, esta búsqueda ha sido descartada.

De esta forma, se procedió a realizar las últimas búsquedas, orientadas a encontrar aplicaciones para mejorar las habilidades de codificación de niños y niñas.

Si bien es verdad que a los jóvenes de hoy en día se les denomina “nativos digitales” porque han nacido rodeados de tecnología y, por lo general, se manejan con ella con fluidez, también es cierto que la mayoría no son capaces de desarrollar sus propios programas, juegos o animaciones. Son capaces de interactuar con la tecnología, se desenvuelven con soltura en *chats*, navegando en la red o jugando a videojuegos *online*. Sin embargo, para tener una fluidez real con la tecnología, no basta sólo con el perfeccionamiento de estas habilidades, también es necesario ampliar las capacidades

de diseñar, crear y desarrollar nuevos medios [46].

Es por esta razón que, en los últimos años, la mejora de las habilidades de diseño, creación y desarrollo de código de programación ha sido un tema muy estudiado, y existe un sinfín de artículos e investigaciones que tratan de descubrir la mejor forma de acercar esta cara de la tecnología a los más pequeños. Fruto de estos estudios e investigaciones, surgen multitud de programas para enseñarles, desde los primeros cursos, los principales paradigmas de programación de una forma divertida y controlada.

Los resultados de las tres primeras búsquedas fueron similares. En ellas, se muestran múltiples ejemplos de aplicaciones destinadas a personas con TEA, sin embargo, tan sólo una de ellas tiene como fin enseñar a programar a estas personas. El resto de las aplicaciones encontradas son una muestra de cómo las nuevas tecnologías están siendo puestas al servicio de los demás; en este caso para mejorar su calidad de vida y su integración en la sociedad. Estas aplicaciones encontradas, están diseñadas para asistir a personas atendiendo a sus diferentes NEE.

En las siguientes secciones se presentan, en una primera instancia, las aplicaciones que se han encontrado para enseñar a programar a niños y a niñas que se encuentran dentro y fuera del espectro. A continuación, se mostrarán otras aplicaciones educativas que se han encontrado. Pese a no estar orientadas al desarrollo del pensamiento computacional, merecen ser destacadas en este capítulo puesto que son algunas de las muchas aplicaciones que existen para favorecer el desarrollo cognitivo de las personas con TEA. Estas aplicaciones se pueden dividir en aquellas que están orientadas al aprendizaje de la lectura, escritura y matemáticas, las orientadas a la comunicación y aquellas que tratan de ofrecer un apoyo a sus usuarios en su día a día.

4.1. Aplicaciones para enseñar a programar a niños y niñas

Pese a que tan sólo se ha encontrado una aplicación para desarrollar habilidades de codificación para personas con TEA, sí existen otros sistemas, que, a pesar de estar diseñados específicamente para niños, su objetivo es enseñar a programar utilizando un alto nivel de abstracción y de una forma muy visual. En esta memoria, se muestran algunos ejemplos de estas tecnologías y aplicaciones. A continuación, se hablará de: *LOGO*, *Scratch*, *ScratchJR*, *Blue Thinking* y *BQ Zowi*, haciendo una descripción de las características de estas aplicaciones y tecnologías, y viendo para qué público podría estar orientado.

LOGO es un lenguaje de programación diseñado en 1967 por Wally Feurzeig , Seymour Papert y Cynthia Solomon y que está orientado a la enseñanza. Su nombre proviene del griego y quiere decir palabra o pensamiento. Se conoce por usar grafos de tortuga. Reciben este nombre porque utilizan como cursor relativo una tortuga, y son gráficos vectoriales dibujados en un plano cartesiano . La tortuga tiene tres atributos: la ubicación, la orientación y el bolígrafo. Además, el bolígrafo tiene un color, un ancho y un estado de activo o inactivo [3]. El usuario puede darle órdenes a la tortuga para que avance, cambie su orientación, levante o baje el bolígrafo del plano o que cambie el color del bolígrafo. Cuando escribe las instrucciones, debe pensar en el dibujo que quiere realizar, los movimientos que debe realizar la tortuga para plasmarlo sobre el plano y los comandos que debe escribir para que la tortuga realice dichos movimientos. A continuación, se presentan los comandos básicos que se pueden ejecutar en *LOGO*, y sus abreviaturas [24]:

- “forward” o “fd” y “back” o “bk”: sirve para avanzar hacia delante o hacia atrás.

Va seguido de un número entero, que se corresponde con la distancia que recorrerá la tortuga. E.g. “fd 100” hará que la tortuga avance 100 unidades; “bk 100” hará que la tortuga retroceda 100 unidades.

- “right” o “rt” y “left” o “lt”: sirve para cambiar la orientación de la tortuga. Va seguido de un número entre 0 y 360, que se corresponden con los grados que girará la tortuga desde su posición relativa hacia la derecha o hacia la izquierda. E.g. “rt 125” hará que la tortuga gire 125° hacia la derecha; E.g. “lt 125” hará que la tortuga gire 125° hacia la izquierda.
- “repeat”: hace que los comandos que se escriban a continuación se repitan un número de veces. E.g. repeat 4 [fd 100 rt 90] hará que la tortuga avance 100 unidades y a continuación gire 90° cuatro veces, lo cuál generará un cuadrado de 100 unidades de lado.
- “penup” o “pu” y “pendown” o “pd”: hacen que el bolígrafo suba o baje. Si el bolígrafo está abajo, se escribirá en el plano todo el trayecto que recorra la tortuga, por el contrario, si el bolígrafo está levantado, el trayecto de la tortuga no se verá reflejado.
- “to [nombre del programa] [comandos] end”: sirve para crear pequeños programas o funciones. E.g. “to CUADRADO100 repeat 4 [fd 100 rt 90] end” tras haber declarado esta función, escribir CUADRADO100, internamente se ejecutarán los comandos que se encuentran entre el “to” y el “end”, en este caso, se dibujará el cuadrado de 100 unidades de lado.

Existen diferentes aplicaciones de escritorio que interpretan este lenguaje, como pueden ser: FMSLogo, LogoWriter, WinLogo, Logo Gráfico, XLogo o MSWLogo. Incluso, existen intérpretes online como el que se muestra en la figura 4.1.

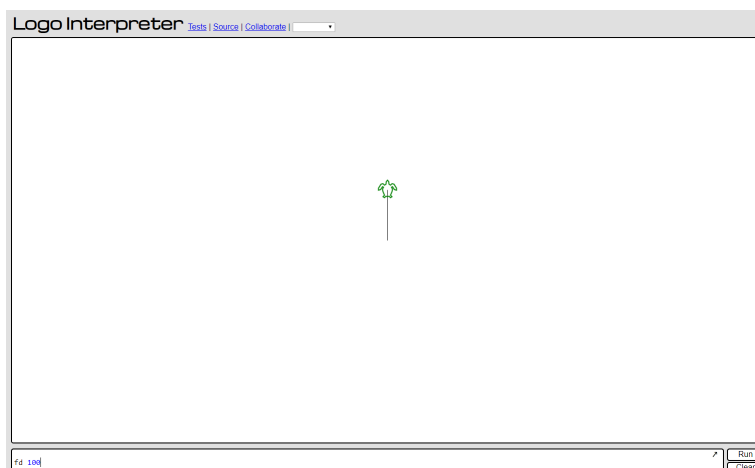


Figura 4.1: Captura de un intérprete de *LOGO* online

LOGO es más limitado, más antiguo y menos visual que los otros ejemplos que se expondrán en este apartado. Sin embargo, también es un programa extendido en centros educativos de todo el mundo. Se debe tener en cuenta el contexto en el que fue creado, pensado a finales de los sesenta para crear nuevos retos intelectuales en los centros educativos usando las TIC. Pese a sus limitaciones, ayuda a sus usuarios a entender lo que supone escribir una secuencia de comandos que se ejecuten en orden, así como a entender el concepto de métodos o funciones. Además, dado que no existe un proceso de depuración del código, hace que el usuario deba fijarse más en lo que escribe; lo que le ayuda a desarrollar habilidades de autocorrección.

El conocido lenguaje de programación *Scratch*, tiene un origen muy ligado a la universidad. Fue desarrollado en un laboratorio de la Escuela de Arquitectura y Planificación del Instituto de Tecnología de Massachusetts, denominado MIT Media Lab, por el Grupo Lifelong Kindergarten. Se trata de un lenguaje de programación visual de muy alto nivel, basado en bloques, que permite desarrollar programas sin conocer en profundidad el código que existe detrás de ellos. Los lenguajes de programación visual, brindan un entorno de desarrollo amigable y fácil de entender y

de usar. Ayuda al usuario a desarrollar el denominado "pensamiento computacional", sustentado por la resolución de problemas a través del diseño de programas utilizando modulación e iteración [46]. El uso de *Scratch* se ha extendido internacionalmente en el ámbito educativo gracias a su facilidad de aprendizaje. Actualmente, en su versión 3.0, la aplicación está disponible en más de 60 idiomas [54]. Sus estadísticas son un reflejo de su éxito, ya que muestran la existencia de más de 46 millones de proyectos compartidos y más de 48 millones de usuarios registrados [56]. Se usa en escuelas, institutos y universidades de todo el mundo, ya que ayuda a desarrollar la lógica y el pensamiento necesario para desarrollar las habilidades de programación de los estudiantes.

Los proyectos en *Scratch* pueden ser creados *online* o desde la aplicación de escritorio. La pantalla de edición principal se divide en tres secciones diferenciadas:

- La paleta de bloques: es la sección que se encuentra en la parte izquierda de la figura 4.2. En ella se encuentran los distintos bloques que se pueden usar en la aplicación. Los bloques son las diferentes acciones que se pueden realizar y están clasificadas en:
 - Movimiento: estos bloques hacen que los objetos del escenario se muevan, pueden hacerlo de forma rectilínea, girarse, rebotar, cambiar su dirección, colocarse en unas coordenadas concretas, etc.
 - Apariencia: los objetos y personajes de la escena, pueden tener varias apariencias, lo que les permite darles sensación de movilidad. Con estas acciones el usuario puede cambiar la apariencia, el color, esconder o mostrar los objetos y personajes de la escena.
 - Sonido: existen sonidos predeterminados y también se pueden cargar audios en la aplicación. Con estas acciones se puede iniciar o detener un

sonido, aplicar efectos o modificar el volumen.

- Eventos: estas acciones se encargan de gestionar los distintos eventos que pueden darse en el escenario. Algún ejemplo de esto, puede ser el hacer *click* en un objeto o personaje, presionar alguna tecla, recibir un mensaje, alcanzar un volumen de sonido determinado, un tiempo de espera finalizado, etc.
- Control: aquí se encuentran los bloques de condicionales, bucles, controles de espera y crear clones de algún objeto.
- Sensores: estos bloques detectan eventos que ocurren en el escenario y pueden ser utilizados dentro de los condicionales. Además, dentro de este tipo de bloques también se encuentran los que permiten realizar preguntas y respuestas o los que detectan la fecha actual.
- Operadores: en este tipo se encuentran los operadores matemáticos y lógicos, además de las acciones de unir palabras, seleccionar un carácter de una frase, calcular la longitud de una frase y detectar si un carácter está presente en una cadena.
- Variables: son bloques que permiten tener variables dentro de la aplicación. A estas variables se les puede asignar un valor determinado, se puede operar con ellas y también se pueden mostrar o esconder.
- Mis bloques: éstos últimos son bloques secundarios que el usuario puede crear a su gusto basándose en el resto de bloques ya existentes.

Para utilizar un bloque, basta con arrastrarlo al área de codificación. Los bloques tienen diferentes formas que le dan una pista al usuario de cuáles pueden encajar entre sí. Hay bloques que pueden ser utilizados dentro de otros, como pueden ser algunos bloques de sensores dentro de los bloques de control, para

ello, basta con arrastrar uno encima del otro, además, la forma del bloque sensor encaja en el hueco del bloque de control donde puede ser usado.

- El área de codificación: es la sección vacía que se encuentra en el medio de la figura 4.2. Aquí se encuentran los bloques que han sido arrastrados por el usuario para que los objetos del escenario realicen diferentes acciones.
- El escenario: es la sección que aparece a la derecha en la figura 4.2. Aquí se presentan de forma audiovisual los resultados de todas las acciones que se realizan. En la parte inferior, se muestran los objetos y personajes de la escena y seleccionándolos se les puede dar una posición y orientación inicial concreta, además también se pueden mostrar u ocultar. Los personajes y objetos también pueden ser movidos por la escena arrastrándolos con el ratón.

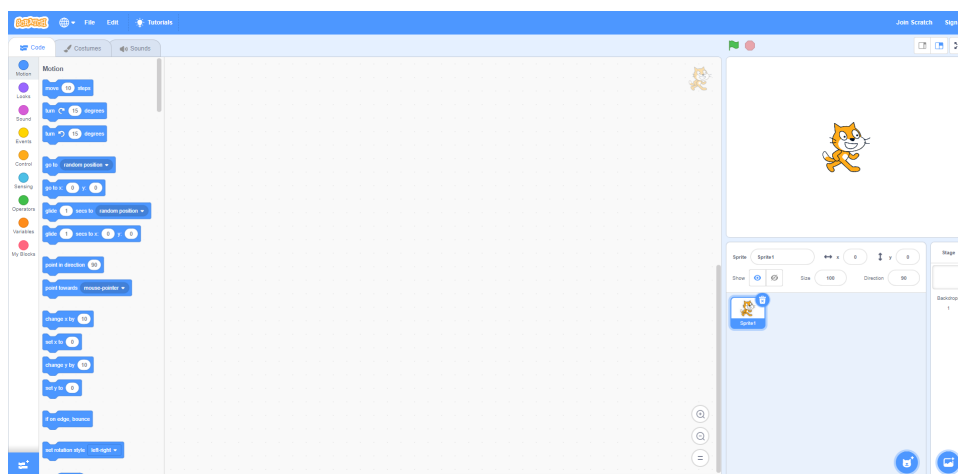


Figura 4.2: Captura del editor de *Scratch* [55]

En la parte superior izquierda de la figura 4.2, se ve que el usuario se encuentra en la pantalla de código, donde se tienen los bloques y el área de codificación, sin embargo, también existen dos pantallas más, la de disfraces y la de sonidos. En la primera se puede modificar la apariencia del objeto o del personaje que se desee, así

como crear nuevas apariencias que pueden aparecer en la escena a través del uso de los bloques de apariencia. La ventana de sonido permite subir nuevos audios para ser usados en la aplicación, así como editar los sonidos que ya están cargados. Se pueden poner más rápido, ralentizar, aumentar o disminuir su volumen, silenciarlos, e incluso darles algunos efectos.

Como se puede observar, *Scratch* es una aplicación muy visual e intuitiva, fácil de aprender y de manejar, que permite a los usuarios comprender los principales elementos que se usan en todos los lenguajes de programación, como pueden ser los bucles, las sentencias condicionales o los objetos.

Existe una adaptación de *Scratch* para niños y niñas de entre 5 y 7 años de edad llamada *ScratchJr*. Al igual que su versión para más mayores, permite a los usuarios crear sus escenarios, historias interactivas y juegos a partir de la programación por bloques. Mantiene su esencia, la programación por bloques y su gato original. Esta versión es más simplificada contiene menos texto, de esta forma, el usuario puede aprender codificación sin necesidad de tener buenas habilidades lectoras. Además, se ha reducido el número de bloques dentro de los menús, manteniendo tan sólo los bloques que contienen acciones básicas.

Como se ve en la figura 4.3, *ScratchJr* tiene una interfaz táctil mucho más intuitiva y se adapta mejor a dispositivos de pantalla táctil que su antecesor. Esto tiene mucho sentido teniendo en cuenta que la acción principal que realiza el usuario dentro de la aplicación es la de coger, arrastrar y soltar los bloques. Esta acción es mucho más fácil de llevar a cabo usando dispositivos con pantallas táctiles que utilizando un teclado y un ratón.

Figura 4.3: Captura del editor de *ScratchJr*

Como se puede observar en este apartado, la mayoría de herramientas y aplicaciones relacionadas con el desarrollo del pensamiento computacional, no están diseñados atendiendo a las posibles NEE que tienen las personas con TEA. Como ya se ha mencionado, aprender a programar permite resolver problemas mediante la observación, análisis, abstracción y descomposición de los mismos. La programación y la robótica pueden ser beneficiosas para este colectivo, promoviendo su desarrollo cognitivo y sus habilidades lógicas y creativas, ejercitando las funciones ejecutivas, así como mejorando su concentración y autocrítica.

Los estados de alteración, las crisis y las dificultades para centrarse en una sola tarea, son grandes focos sobre los que se trabaja para mejorar la vida de las personas con TEA. Las funciones ejecutivas están ligadas con el pensamiento computacional y

representan una habilidad muy importante para la autorregulación y determinación de las personas con TEA. Estos factores son fundamentales para la independencia y autonomía de estas personas en su día a día.

Blue Thinking es “una aplicación accesible cognitivamente que permitirá a personas con Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) aprender programación a la vez que se ejercitan y fortalecen las funciones ejecutivas” [51]. Se trata de una aplicación muy visual, requisito indispensable para sus usuarios objetivo. La aplicación permite la realización de diferentes tareas cuya dificultad se puede adaptar a las capacidades cognitivas del usuario. “En definitiva, se pretende disponer de una herramienta efectiva, actual, motivadora y en expansión para abordar una de las necesidades más importantes en las personas con TEA y contribuir a la mejora de su calidad de vida desde el uso de tecnologías.” [51]. Actualmente, *Blue Thinking* es la única herramienta tecnológica diseñada y desarrollada específicamente para desarrollar el pensamiento computacional de las personas con TEA. Permite trabajar las funciones ejecutivas de los usuarios a través de la programación por bloques, de forma similar a *ScratchJr*.

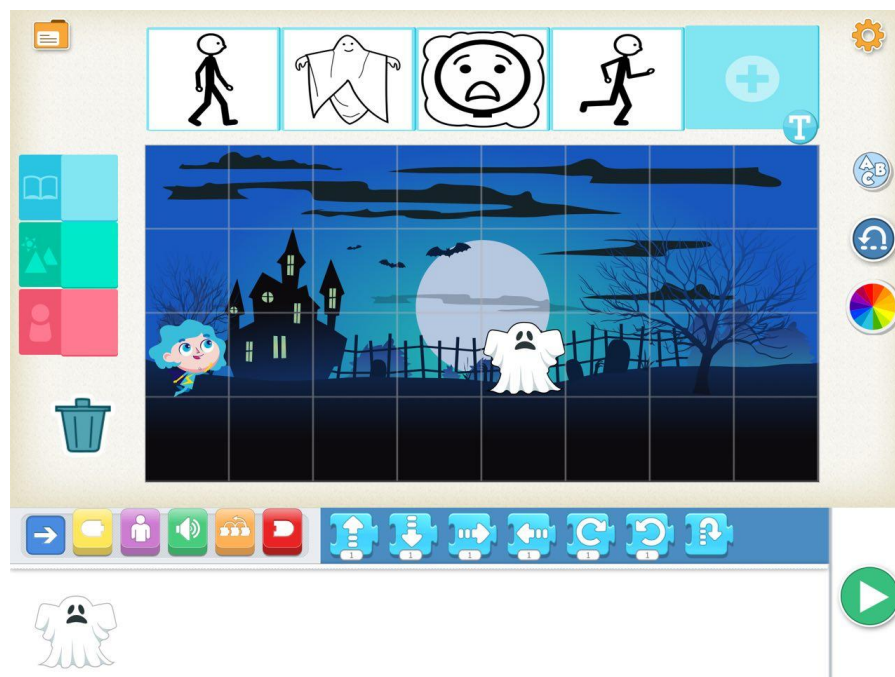


Figura 4.4: Captura de la pantalla de *Blue Thinking*

Si se compara la interfaz de *Blue Thinking* con la de ScratchJr se puede ver que se trata de una aplicación más simplificada, con menos texto aún y con iconos más grandes. Además, también se ha reducido el número de bloques y el orden de los menús. Se le ha añadido una rejilla al escenario que marca las diferentes casillas por las que se pueden mover los personajes, haciendo más intuitivos para el usuario sus movimientos. Se han añadido algunas funcionalidades y botones dentro del editor como es el poder cambiar el color de la rejilla, el botón de *play* o la basura a la que los usuarios pueden arrastrar los bloques para eliminarlos. El menú de los personajes y de las pantallas no está tan a la vista, se han introducido en los menús de la izquierda que se ven en la figura 4.4. El ocultar estos elementos hace que el usuario tenga menos distracciones dentro de la pantalla, fundamental cuando se trata de usuarios con TEA. También se ha adaptado la forma de indicarle las tareas que debe hacer al usuario añadiendo la línea de imágenes que aparece en la parte

superior. El profesor le puede indicar al usuario sus tareas utilizando, además de texto, pictogramas reconocibles por su uso extendido en aplicaciones y herramientas para personas con TEA.

También se han introducido funcionalidades que le dan *feedbacks* visuales y auditivos al usuario a la hora de realizar sus tareas. La realimentación que da la aplicación es personalizable para cada usuario. De esta forma, un profesor puede, además de asignarle a un estudiante las tareas que debe llevar a cabo, personalizar la realimentación y las ayudas que la aplicación le brinda dependiendo de su nivel. Dentro de la aplicación existen diferentes niveles con opciones de *feedback* ya predefinidas, pero también le permite al profesor escoger manualmente las realimentaciones que desee para un usuario en concreto.

En esta búsqueda, no solo se encuentran aplicaciones para ordenador o dispositivos táctiles. Existe también todo un abanico de oportunidades dentro de la robótica. Aprender a programar puede ser un juego para niños y en el mercado ya existen juguetes destinados a este fin.

Zowi es un ejemplo de esto. En la búsqueda descrita en este capítulo, se llegó a su aplicación para *tablet* o *smartphone* pero, en este caso, el producto no se queda tan sólo detrás de la pantalla. Se trata de un juguete diseñado por *BQ* que pretende acercar la tecnología a los más pequeños. Esta tecnología es algo diferente al resto de las expuestas en este apartado. Se trata de un robot que se puede desmontar y programar. De fábrica, el robot es capaz de caminar, girar 90°, saltar, bailar, temblar, agitar un pie, inclinarse y responder a toques en la cabeza y a sonidos cercanos. Además, tiene una serie de LEDs que hacen las veces de boca, con la que muestra diferentes expresiones. También es capaz de emitir algunos sonidos y tiene un micrófono con el que escucha lo que pasa a su alrededor. Es un robot de *software* libre, puede ser modificado físicamente y programado y su aplicación están

a disposición de cualquiera [53].



Figura 4.5: Robot *Zowi* [53]

Se comunica con su aplicación, *ZowiApp*, por *bluetooth*. Desde la aplicación, se puede acceder a diversos juegos y actividades. En la aplicación hay dos apartados principales: Juega y Descubre. En el apartado Juega, se puede manejar al robot de forma remota, mandarle diferentes acciones, jugar a minijuegos o crear nuevas expresiones faciales a partir del panel de LEDs que posee como boca [53]. Al principio, hay minijuegos que no están disponibles. A medida que el usuario interactúa con la aplicación y con el robot, se van desbloqueando nuevas actividades y juegos.

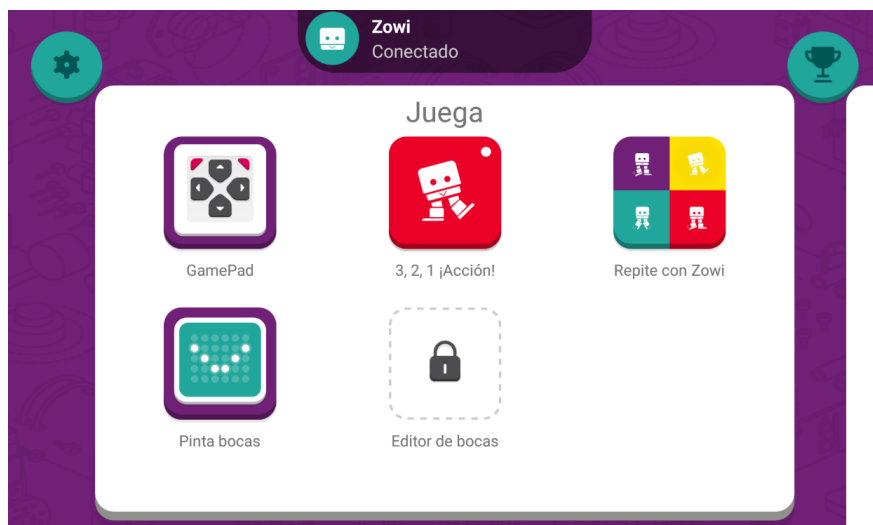


Figura 4.6: Captura de la pantalla de Juegos de la aplicación *Zowi App* [2]

En el apartado Descubre, hay diversas actividades que tienen como objetivo profundizar en el funcionamiento del robot, así como en su montaje, desmontaje y modificación, tanto *software* como *hardware*. En este apartado se encuentran los programas desarrollados con *BitBlox*. Gracias a la placa reprogramable de *Zowi*, se le pueden enseñar diversos movimientos o rutinas nuevas[53]. *Bitbloq* es una herramienta de programación basada en bloques, muy similar a *Scratch*. Desde esta herramienta, el usuario puede acceder a la información de los sensores y de los actuadores del robot, incluso si el usuario le ha añadido nuevos elementos *hardware* [52].

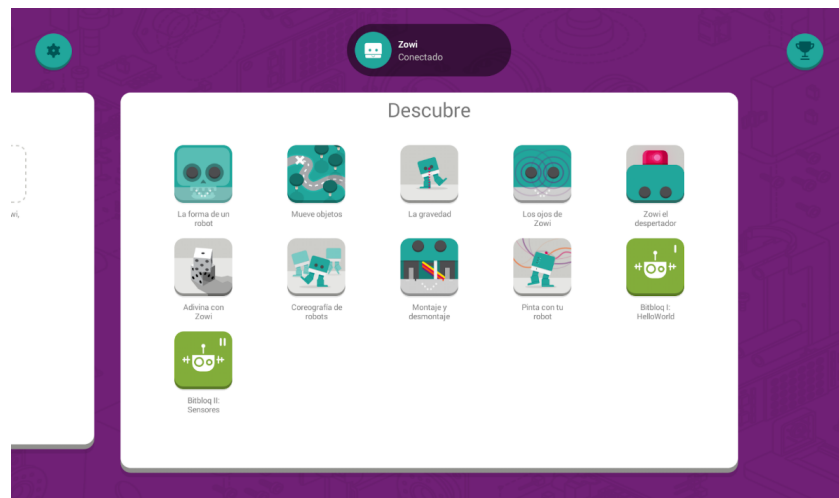


Figura 4.7: Captura de la pantalla de Descubre de la aplicación *Zowi App* [2]

Zowi tiene la gran ventaja de ser muy interactivo ofreciéndole un gran *feedback* al usuario, dado que éste ve reflejadas sus acciones en los movimientos del robot. Resulta muy atractivo para los niños dada la gran carga audiovisual y de interacción que tiene. Además, tiene una apariencia muy amigable y su novedad repercute en una gran motivación para el usuario. Sin embargo, esta tecnología puede no ser usable ni accesible para la mayoría de personas con TEA. Si bien la aplicación es bastante visual y sencilla de usar, el manejo de un robot es muy atractivo, pero muchas personas no tienen las capacidades motrices suficientes como para interactuar y trabajar con las distintas piezas que lo conforman.

Con *Zowi*, finaliza la exposición de los resultados de las diferentes búsquedas de este apartado. Como se ha podido comprobar, en esta búsqueda no se encuentra ninguna aplicación cuyo objetivo sea enseñar a programar a personas con TEA de forma específica salvo *Blue Thinking*. Si bien las aplicaciones encontradas para enseñar a programar a niños y niñas pueden ser utilizadas para enseñar a programar a personas con TEA, dado que no están diseñadas para estas personas, algunas funcionalidades

de las mismas pueden resultar demasiado complejas o poco intuitivas.

4.2. Aplicaciones orientadas al aprendizaje

Dentro de las aplicaciones encontradas orientadas al aprendizaje, más concretamente al desarrollo de la memoria y del lenguaje, es *Picaa 2*. Fue creada por la *Fundación Garrigou* como parte del proyecto *Picaa*. Su primera versión data de mayo del 2010 y se popularizó en distintos centros educativos para ser usada por personas con NEE [6]. Nace de un proyecto de investigación multidisciplinar de la Universidad de Granada, y se demostró que el uso de esta aplicación mejoró las el desarrollo de competencias básicas y el aprendizaje de sus usuarios [20].

Esta aplicación contiene cinco tipos de actividades orientadas a: la exploración, la asociación, la resolución puzzles, la ordenación y a la memorización de imágenes y textos. Está diseñada como una plataforma móvil, y en ella se pueden crear tantas actividades como se quieran seleccionando diversos contenidos multimedia y ajustando los parámetros de la *app*. Contiene ejercicios para un solo usuario o también para colaborar en grupo. De esta forma, además de las capacidades antes mencionadas, también se trabaja la socialización y la colaboración [5].

Tras el éxito de *Picaa*, se rediseñó y se adaptó la aplicación desde cero para que fuera más sencilla de usar y directa. Así fue como surgió *Picaa 2*. Algunas mejoras con respecto a la versión anterior son: las opciones de síntesis de audio, mejoras en el contraste de los distintos elementos o la posibilidad de importar y exportar actividades en la nube [6].

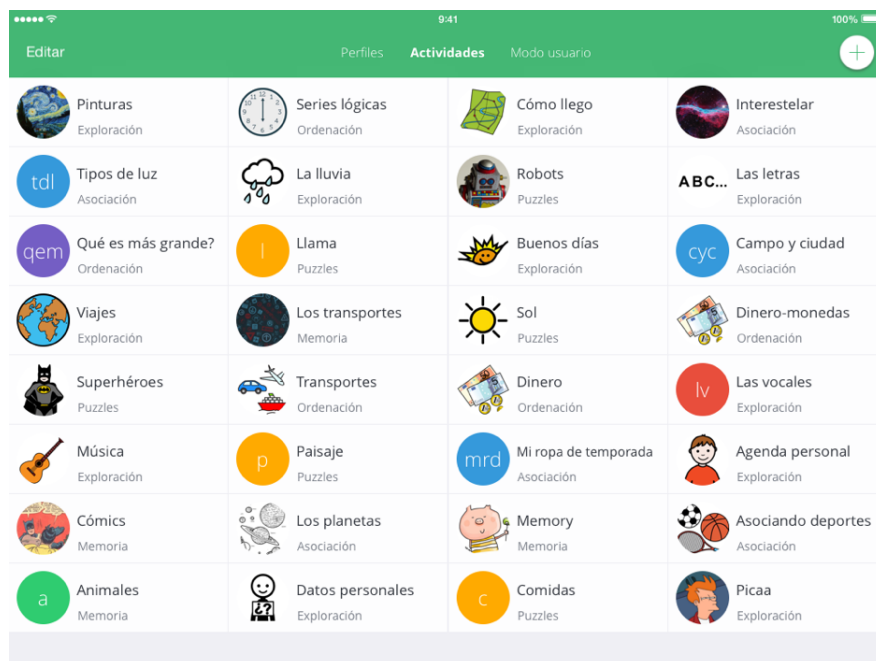


Figura 4.8: Captura de la aplicación *Picaa 2* [5]

Otra aplicación orientada al aprendizaje, es *AbaPlanet*, un sistema desarrollado por la *Fundación Lovaas*. Está diseñado para asistir a personas con NEE a partir de ejercicios con los que el usuario podrá aprender vocabulario de forma progresiva. Es adaptativo, variando el nivel de dificultad a partir del análisis automático de las respuestas que da el usuario [37]. Además, le da un *feedback* al usuario, tratando de motivarlo a partir de premios tras los ejercicios superados. Por otro lado, también registra la actividad y resultados del usuario para luego poder mostrar una serie de estadísticas. Aunque tiene algunos aspectos que podrían trabajarse más, como son el número de palabras, ya que solo ofrece 350 o el tipo de ejercicios y premios, es una aplicación valorada con cuatro estrellas en su versión gratuita en la Apple Store por sus usuarios [32]. Sin embargo, se critica su versión de pago por no mantener un equilibrio calidad-precio. Otro punto débil de esta aplicación es que es poco habilitadora ya que, aunque es adaptativa, no permite la personalización de la interfaz

de forma manual. Además, para este tipo de personas sería bueno que se pudiera reproducir un audio con la palabra en cuestión [31].



Figura 4.9: Captura de la aplicación *AbaPlanet* [31]

Además de aplicaciones para el aprendizaje de vocabulario y desarrollo de la memoria, también existen aplicaciones orientadas a desarrollar habilidades matemáticas como es *Números Especiales*. Fue desarrollada por *Special iApps* y contiene ejercicios de comparación, ordenación, emparejamiento, conteo o selección de números [11]. Un ámbito de mejora de esta aplicación pudiera ser el almacenamiento de respuestas del usuario o que se pudiera adaptar el nivel de dificultad de los ejercicios.

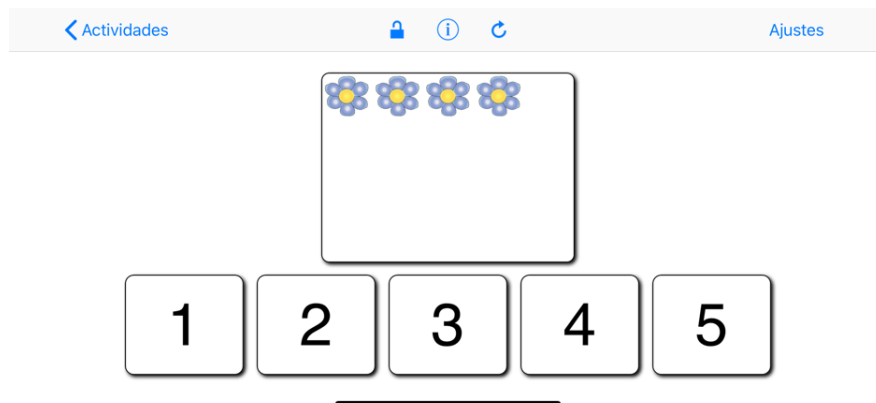


Figura 4.10: Captura de la aplicación *Números Especiales* [11]

BubbleBooks desarrolló la aplicación *Tembo, el pequeño elefante*, para tratar de facilitar la comprensión lectora de niños con algún tipo de discapacidad cognitiva. Contiene lecturas y juegos para reforzar el aprendizaje, la memoria y la comprensión del usuario [10]. Es una aplicación valorada con cinco estrellas en la AppStore, y además cuenta con versiones en siete idiomas diferentes [12].



Figura 4.11: Captura de la aplicación *Tembo, el pequeño elefante* [12]

4.3. Aplicaciones orientadas a la comunicación

En el ámbito de la mejora de la comunicación, existen aplicaciones de comunicación aumentativa. Son sistemas que brindan la oportunidad de comunicarse a personas que tienen dificultades para hacerlo, ya sea una incapacidad para hablar o por incapacidad para expresar lo que quieren decir con soltura. Como se ha visto en la Introducción de esta memoria, las personas con TEA suelen tener problemas a la hora de comprender y usar la comunicación no verbal, como los gestos o señalar. Les puede costar entender y usar ciertas palabras y les resulta difícil seguir instrucciones. Es posible que logren aprender a leer a una edad temprana, sin embargo, rara vez desarrollan una capacidad de comprensión lectora. Encuentran dificultades a la hora de mantener conversaciones, sobre todo si otros interlocutores hacen uso del doble sentido o la ironía [9]. Las aplicaciones de comunicación aumentativa, contienen pictogramas, iconos, fotografías, dibujos y otros materiales gráficos que ayudan al usuario a mejorar su comunicación. Se trata de aplicaciones muy sencillas de usar y entender, incluso cuando la persona que recibe el mensaje no está familiarizada con este tipo de sistemas. Suelen estar basadas en las palabras esenciales, aquellas que conforman la mayoría de las frases que se utilizan en la comunicación diaria.

Uno de los sistemas de comunicación aumentativa mejor valorada es *Proloquo2Go*. Desarrollado por *AssistiveWare*, ofrece una alta gama de imágenes, con o sin texto y un teclado con el que poder formular mensajes. La aplicación contiene un asistente de voz a elegir entre hombre, niño o mujer. Es una herramienta de comunicación diaria, que además de ayudar a los usuarios a comunicarse con los demás, les ayuda a aprender a comunicarse por sí mismos. Es personalizable y adaptativa, se puede cambiar la apariencia de la aplicación y contiene diferentes niveles de dificultad, desde principiantes hasta avanzados [8]. Esta aplicación está disponible

tanto para teléfonos móviles como para ordenadores, donde se puede incluso editar el vocabulario y organizarlo en carpetas dentro de la propia aplicación. Además, también posee una opción denominada “Lenguaje por pasos”, que permite al usuario aprender vocabulario de manera gradual al ir descubriendo palabras de diferentes ámbitos [7].

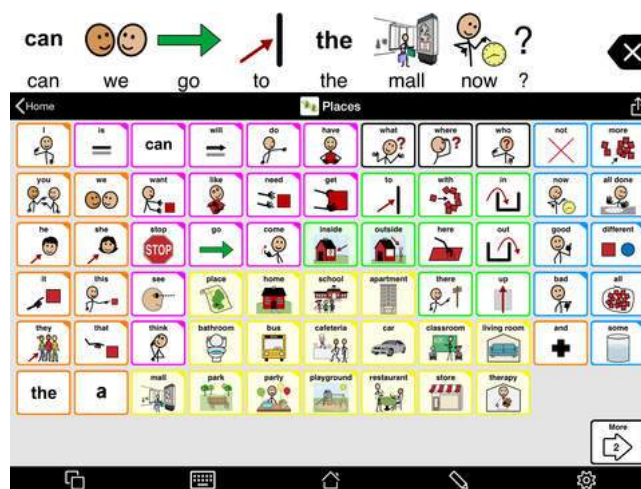


Figura 4.12: Captura de la aplicación *Proloquo2Go* [7]

4.4. Aplicaciones orientadas a la asistencia en labores cotidianas

Good Karma Applications desarrolló *First Then Visual Schedule HD*, una aplicación orientada a la asistencia en labores cotidianas, tratando de mejorar la organización temporal de personas con NEE. Con ella, los usuarios pueden crear horarios muy visuales, usando imágenes, textos, sonidos e incluso vídeos, fáciles de interpretar para estas personas. Otra aplicación similar es *Birdhouse - for Autism*, gratuita y desarrollada por *Birdhouse LLC*, es una aplicación que permite organizar la agen-

da del usuario para así tener bajo control los hábitos de la persona con TEA, lo cual puede dar pistas de las causas de sus posibles crisis. Además, se pueden activar recordatorios, marcar dietas de comida, compartir el calendario con otros usuarios, marcar las horas de sueño, organizar las medicinas [27].



Figura 4.13: Captura de la aplicación *First Then Visual Schedule HD* [26]

Dentro de las aplicaciones para la asistencia en labores cotidianas también se encuentra la *Soy Cappaz*. Una aplicación que fue desarrollada por la *Fundación MAPFRE* que contiene un calendario, una geolocalización, las tareas que el usuario debe realizar y un botón para solicitar ayuda. Esta aplicación está orientada a personas con NEE que tienen cierto grado de libertad. Además, aporta un grado de tranquilidad para los padres, tutores o personal de apoyo de esta persona ya que pueden saber dónde está en cada momento [39].

Figura 4.14: Captura de la aplicación *Soy Cappaz* [38]

Existen otras aplicaciones destinadas a conocer la posición del usuario en todo momento desde otros dispositivos controlados por sus padres, tutores o educadores. Un ejemplo de esto es *Life360*. Se trata de una aplicación con la que controlar la localización de los círculos cercanos del usuario. Permite compartir la ubicación cuando el usuario lo desee, así como enviar alertas cuando éste llegue a algún lugar. También tiene una opción con la que rastrear el teléfono si se ha perdido o ha sido robado [34].

Capítulo 5

Diseño centrado en usuario

En este capítulo, se refleja y condensa todo lo explicado y documentado en los capítulos anteriores y se hace una serie de aportaciones. Se analizan las dificultades que supone diseñar una aplicación para que sea usable para personas con TEA. Para ello, se muestran los principales problemas y barreras que se encuentran las personas con TEA a la hora de interactuar con una aplicación *software*. Tras esto, se presenta una guía de usabilidad para aplicaciones diseñadas y desarrolladas para usuarios con TEA. A partir de esta guía, se elabora una heurística para la evaluación de la usabilidad de este tipo de aplicaciones. Finalmente, se realizará una evaluación de la aplicación *Blue Thinking* utilizando esta heurística.

5.1. Guía de usabilidad

En esta sección, se presentan los problemas de interacción más usuales que pueden tener las personas con TEA a la hora de interactuar con una aplicación. Una vez descritas estas barreras, se elaborará una guía de usabilidad basándose en los

resultados de la revisión de la literatura, y el apoyo de personas expertas. Esta guía contiene algunos mínimos que deben seguir aquellas aplicaciones que estén orientadas a personas con TEA. Finalmente, se hace una comparativa entre los requisitos que se presentan en la guía y los principios de WCAG.

5.1.1. Problemas de interacción con aplicaciones *software*

Tras haber visto las características de las personas con TEA y las dificultades que encuentran a la hora de interactuar con su entorno, este apartado se centra en la interacción con la tecnología. A continuación, se presentan las barreras que se pueden encontrar personas con TEA a la hora de interactuar con aplicaciones *software*:

- **Iconos pequeños:** [45] algunas personas con TEA pueden presentar dificultades a la hora de pulsar iconos si no son lo suficientemente grandes. Además, si son muy pequeños, pueden pasar desapercibidos por estas personas y no darse cuenta de que pueden interactuar con ellos.
- **Imágenes pequeñas:** [44] es muy común utilizar imágenes o pictogramas como apoyo dentro de las aplicaciones. El apoyo visual ayuda al usuario a entender mejor la aplicación y qué tarea debe llevar a cabo. Si el tamaño de estas imágenes es reducido, puede provocar confusión en los usuarios con TEA al no entender dichas imágenes.
- **Imágenes en botones:** [45] los botones con imágenes pueden no ser entendidos como botones y pueden distraer a los usuarios.
- **Recorridos de arrastrar y soltar demasiado largos:** hay personas con TEA que tienen sus habilidades motrices limitadas. Por ello, el ejercicio de

arrastrar y soltar puede ser costoso [44]. La dificultad aumenta cuanto mayor sea el recorrido de esta acción.

- **Contraste entre iconos e imágenes en el entorno:** las personas con TEA muestran dificultad a la hora de diferenciar un icono dentro de la de la aplicación [45]. Puede que el icono en concreto se pierda en el resto de la pantalla y se camufle con el resto de información y estímulos que tiene el usuario. Puede resultar complicado encontrar el icono si el contraste es insuficiente.
- **Gran número de imágenes, iconos, botones y menús:** [13] si el entorno muestra un gran número de elementos, puede que el usuario sea sobrestimulado. Las personas con TEA pueden distraerse si la interfaz que se le muestra no es simple. Cuando hay demasiados elementos tienden a perderse mientras inspeccionan en la aplicación y pierden el foco de su tarea.
- **Demasiados sonidos o sonidos demasiado fuertes:** dado que la hiperacusia es muy común en personas con TEA, la existencia de demasiados sonidos o que estos sean fuertes o simultáneos, puede hacer que el usuario no entienda qué está pasando o que tenga reacciones inesperadas y/o desmesuradas ante estos estímulos.
- **Gran número de ventanas:** al igual que en la barrera anterior, cuando una persona con TEA tiene un gran número de ventanas abiertas, puede perderse en ellas y perder así el foco de la tarea en la que estaba inmersa.
- **Árbol de navegación profundo:** las personas con TEA tienen una memoria limitada y es fácil que se distraigan y se desconcentren de su tarea. Un árbol de navegación demasiado profundo puede provocar desorientación en el usuario dentro de la aplicación, dificultando su desplazamiento por los distintos menús y haciendo que sea complicado que el usuario encuentre aquello que busca.

- **Falta de *feedback***: si una aplicación no le da ningún tipo de realimentación, ya sea positiva o negativa, a una persona con TEA, ésta puede que no entienda si está utilizando la aplicación de forma correcta.
- ***Feedback* no adecuado**: la respuesta y realimentación de la aplicación ante la interacción del usuario es importante, como bien se ha podido apreciar en esta investigación. Sin embargo, como indicaron los expertos, es importante que el *feedback* se adecúe a cada persona y al momento del aprendizaje de la misma.
- **Falta de personalización**: dado que el espectro es muy amplio y las personas con TEA tienen diferentes NEE, es posible que si una aplicación no se puede adaptar ni configurar, tan sólo sirva para unas determinadas personas dentro del espectro. La personalización puede ser manual o se puede tratar de una aplicación adaptativa.
- **Contenido audiovisual no adecuado**: las personas con TEA pueden tener dificultad para entender algunos contenidos audiovisuales si éstos no son simples. Además, puede que no sea el usuario el que inicie la reproducción del contenido y que exista algún detonante dentro de la aplicación que haga que este contenido se reproduzca, causando confusión. También pueden querer volver a reproducirlos para entenderlos y no ser capaces de hacerlo.
- **Comportamientos inesperados**: a las personas con TEA les gustan las rutinas y tener el control de la situación. Si una aplicación no es coherente y consistente, y sus elementos se comportan de forma diferente dependiendo de la pantalla en la que se encuentre el usuario, a una persona con TEA le puede causar confusión y desmotivación.

Es importante señalar que, pese a que las limitaciones son similares en todo el

espectro, éstas pueden ser más leves o más agudas dependiendo del nivel de TEA del usuario. En el caso de las personas con un nivel 1 de TEA, estos problemas pueden dificultar la consecución de sus objetivos dentro de la aplicación. En cambio, si el usuario tiene un nivel 3 de TEA, le puede resultar imposible la correcta interacción con la aplicación.

5.1.2. Guía

A partir de la investigación realizada y presentada en esta memoria y basándose en los problemas que las personas con TEA pueden tener a la hora de interactuar con alguna aplicación en un dispositivo, en la presente sección se desarrolla una guía de usabilidad. Esta guía de diseño trata de mejorar la usabilidad y accesibilidad de las aplicaciones desarrolladas para personas con TEA.

A continuación, en el cuadro 5.1, se presentan los requisitos de la guía de usabilidad y los criterios de validación que se seguirán para determinar si una aplicación cumple los requerimientos descritos.

Requisito	Criterio de validación
Número adecuado de elementos	El número de iconos, imágenes, botones y otros elementos usados en una interfaz debe ser limitado.
Tamaño adecuado de los iconos	El tamaño de los iconos debe ser suficientemente grande, dependiendo del dispositivo, para facilitar que los usuarios puedan interactuar con ellos.

Requisito	Criterio de validación
Tamaño adecuado de las imágenes	El tamaño de las imágenes de la aplicación debe ser suficiente para que el usuario pueda diferenciar los elementos que se encuentran dentro de la misma.
Contraste de color entre las imágenes y el entorno	El contraste entre las imágenes y elementos y su entorno debe ser suficiente como para que no se confundan con el fondo u otros elementos de la interfaz.
Imágenes legibles en los botones	Las imágenes de los botones deben ser suficientemente grandes. Además, se deben usar iconos, pictogramas o imágenes que le sean familiares al usuario o que se sean metáforas que el comprenda.
Recorridos de la acción de soltar y arrastrar suficientes	El elemento que requiere ser arrastrado y el lugar donde se debe soltar deben estar separados por una distancia adecuada. Esta distancia dependerá de la limitación de la motricidad del usuario.

Requisito	Criterio de validación
Sonidos adecuados	Dentro de la aplicación no se deben reproducir varios sonidos simultáneamente. No debe haber sonidos demasiado estridentes. La fuente o el motivo por el cuál se reproduce cierto sonido debe ser claro. Se debe poder controlar el volumen del sonido.
Número adecuado de menús y ventanas	No debe haber más de dos submenús.
Árbol de navegación poco profundo	El árbol de navegación no debe tener más de tres niveles de profundidad.
<i>Feedback</i>	La aplicación debe mostrarle al usuario de forma visual y/o auditiva las consecuencias de la acción que está ejecutando. También debe indicarle si sus acciones son correctas o incorrectas y, en el segundo caso, indicar dónde está el error y qué se debería hacer.

Requisito	Criterio de validación
Posibilidad de personalización	<p>El sistema debe permitir cambiar ciertos colores y distribuciones de las pantallas para poder adecuarlas al usuario. También debe poderse activar o desactivar la reproducción de audio o contenido audiovisual. Además, la aplicación se debe poder personalizar para adecuarse al nivel de aprendizaje del usuario que está interaccionando con ella. El <i>feedback</i> de la aplicación también debe poder ser configurable. La configuración de la personalización de la aplicación puede ser manual o se puede tratar de un sistema adaptativo que aprenda del propio usuario.</p>
Instrucciones con apoyo visual	<p>Las instrucciones escritas o auditivas deben ser acompañadas por imágenes o pictogramas que sean adecuados, reconocidos y entendibles por personas con TEA.</p>

Requisito	Criterio de validación
Contenido audiovisual adecuado	Los materiales audiovisuales utilizados en la aplicación deben ser simples y sin demasiados estímulos. Al inicio de la reproducción, el usuario debe entender por qué se ha comenzado a reproducir este contenido. Además, debe poder pararlo, modificar su velocidad, ir a la parte que desee del material y poder reproducirlo tantas veces como desee.
Consistencia y coherencia	Debe existir consistencia y coherencia entre las distintas pantallas o ventanas de la aplicación. Todos los elementos de la aplicación deben tener el mismo comportamiento, independientemente de la pantalla en la que se encuentre el usuario.

Cuadro 5.1: Guía de usabilidad para aplicaciones orientadas a personas de TEA

Es importante aclarar que debido a la gran amplitud que tiene el espectro, es posible que, pese a que una aplicación siga las pautas presentadas en esta guía de diseño, no sea usable para una persona diagnosticada con un nivel severo de TEA.

5.1.3. Comparación de la guía con WCAG

En esta sección, se lleva a cabo una comparación de los diferentes requisitos de la guía presentada con las Directrices de Accesibilidad para el Contenido Web, de aquí en adelante WCAG por sus siglas en inglés. Se trata de un estándar de internet publicado por WAI (Iniciativa de Accesibilidad Web) como parte del W3C (World Wide Web Consortium). Las WCAG tratan de especificar cómo se debe desarrollar contenido web, tanto para ordenadores como para otros dispositivos, para que puedan ser usados por cualquier persona, tengan o no algún tipo de limitación. La última versión de las WCAG, y la usada en esta comparación es la 2.1 [58].

Para la comparación de la guía con los requisitos de WCAG, se clasifica cada uno de los requisitos de la guía dentro de alguno de los principios de WCAG, buscando similitudes entre ambos:

- **Número adecuado de elementos:** este requisito se clasifica dentro del primer principio de WCAG, *Perceivable*, ya que el uso de demasiados elementos puede hacer que éstos no se perciban de forma adecuada. No existe ninguna pauta concreta que se refiera al número de elementos que se debe usar, se trataría de una nueva pauta que lo limitaría.
- **Tamaño adecuado de los iconos:** este requisito se relaciona con el primer principio de WCAG: *Perceivable*. Este principio se basa en que la información y los elementos que conforman una interfaz de usuario deben ser presentados de forma adecuada para que puedan ser percibidos correctamente por la persona que la está usando. Dentro de este principio, se relaciona más con la pauta 1.4 *Distinguishable* ya que se refiere al tamaño adecuado de las imágenes y del texto. Sin embargo, en este apartado no se hace referencia concreta a los iconos, y, en el caso de las personas con TEA, resulta crucial. El icono debe ser

suficientemente grande como para que sea legible para el usuario, y si éste es menor de 64 píxeles es posible que una persona con TEA no pueda interactuar con él.

- **Tamaño adecuado de las imágenes:** este requisito se compara con el mismo principio y la misma pauta que el anterior. Estaría dentro del principio *Perceivable* y de la pauta 1.4 *Distinguishable*.
- **Contraste de color entre las imágenes y el entorno:** este requisito también está relacionado con el primer principio y la pauta 1.4. En esta pauta se habla de que se le debe facilitar al usuario la correcta visualización de los elementos de la aplicación a fin de poder distinguirlos del resto de elementos del entorno. Más específicamente se relaciona con el punto 1.4.3 y el 1.4.11, donde se hace referencia concreta al contraste y en la G183 se indica que se debe usar una relación de colores de 3:1 con el texto circundante proporcionar indicaciones visuales adicionales para el enfoque de los enlaces o controles donde tan sólo se usa el color para identificarlos [21].
- **Imágenes legibles en los botones:** este requisito también se compara con la cuarta pauta del primer principio.
- **Recorridos de la acción de soltar y arrastrar suficientes:** este requisito tiene que ver con la capacidad del usuario para operar y navegar por la aplicación sin dificultad, por lo que podría relacionarse con el segundo principio: *Operable*. No se relaciona con ninguna de las pautas existentes, ya que en WCAG no se especifica nada sobre esta acción. Sin embargo, pese a que no exista ninguna pauta concreta, es una acción importante y recurrente dentro de la operatividad de las aplicaciones que están diseñadas y desarrolladas para ser usadas por personas con TEA.

- **Sonidos adecuados:** este requisito se encontraría dentro del primer principio. Se relaciona con varias pautas, dentro de la 1.2.1, se hace referencia a audios pregrabados, y en la 1.2.9 a audios en vivo. En ambas se indica que se debe dar una alternativa, como pueden ser subtítulos, o instrucciones que den la misma información que el audio. De esta forma, el usuario puede obtener la misma información que le da el audio de otra forma alternativa. También se hace referencia al sonido en la cuarta pauta de *Distinguishable*. Concretamente, en la 1.4.7 habla de la legibilidad del audio, de la posibilidad de apagar o desactivar los sonidos o músicas de fondo y de que los sonidos de fondo. En caso de existir, deben ser 20 dB más bajos que el sonido que se quiere en primer plano, salvo los efectos de sonido que duren uno o dos segundos.
- **Número adecuado de menús y ventanas:** este requisito se encuentra dentro del segundo principio *Operable*, más concretamente dentro de la pauta 2.4 *Navigable*. Indica que al usuario se le deben dar distintas indicaciones para que pueda entender dónde está situado dentro de la aplicación, dónde puede encontrar el contenido que desea y cómo puede navegar por los distintos menús y opciones que le ofrece la aplicación. Un número adecuado de menús y submenús puede evitar que el usuario se desoriente y no sepa dónde se encuentra dentro de la aplicación, lo que produciría un sentimiento de confusión. WCAG habla de limitar el número de enlaces que pueden coexistir en una página, proporcionando así mecanismos de navegación que permitan acceder a las distintas secciones de contenido sin provocar confusión en el usuario.
- **Árbol de navegación poco profundo:** encontramos este requisito, al igual que el anterior, dentro de la pauta que se refiere a la navegación, la 2.4. Aquí no se hace mención directa a la profundidad del árbol de navegación, tan sólo habla de limitar el número de enlaces por página y de ofrecer distintos meca-

nismos para navegar por la aplicación. Sin embargo, en el caso de personas con TEA, se debe añadir una limitación en la profundidad del árbol de navegación para que al usuario le sea más sencillo situarse dentro de la aplicación.

- **Feedback:** este punto se sitúa dentro del tercer principio *Undertandable*. Se relaciona con las pautas 3.2 y 3.3, que se refieren a lo previsible que puede ser la aplicación y a la asistencia de la entrada. En estas pautas se recomienda utilizar etiquetas y distintos focos destacando lo importante. Además, la aplicación debe mostrar y prevenir los errores, ofreciéndole una ayuda al usuario. También se puede relacionar con el cuarto principio y la pauta 4.1.3. Esta pauta indica el usuario debe recibir realimentación de la aplicación a partir de la impresión de mensajes de estado de la misma.
- **Posibilidad de personalización:** este requisito se relaciona con la pauta 1.3 del primer principio. En ella, se indica que las aplicaciones deben ser adaptables en función del usuario. El contenido debe poder ser presentado de diversas maneras, sin perder información ni la estructura de la propia aplicación. La información debe estar estructurada y relacionada dentro de la aplicación para que se pueda seguir una secuencia significativa. Además, las instrucciones proporcionadas al usuario deben ser adecuadas dependiendo de las características sensoriales de cada persona, pudiendo adaptar los elementos de la aplicación a las capacidades motrices, visuales y auditivas del usuario.
- **Instrucciones con apoyo visual:** este requisito se puede relacionar con la última parte descrita en el punto anterior de personalización. Además, también se relaciona con el tercer principio, *Undertandable*. Para que este principio se cumpla, la información y el funcionamiento de una interfaz debe ser claro, inteligible y accesible para el usuario final. Se relaciona de esta forma con la primera pauta de este principio. En ella se propone que el texto sea legible y

comprensible, sin embargo, no entra en otras formas de comprensión no escritas. En el caso de las personas con TEA, se busca que el usuario comprenda las instrucciones apoyándose en materiales visuales como imágenes, ilustraciones, vídeos, audios o pictogramas.

- **Contenido audiovisual adecuado:** este requisito se relaciona con el primer principio, y con sus pautas 1.2 y 1.4. La pauta 1.2 tiene que ver con los medios basados en el tiempo, vídeos y audios, ya sean pregrabados o en vivo. En el caso de usar estos medios en una aplicación, siempre se deben dar vías alternativas para que el usuario pueda adquirir la información que estos medios proveen para asegurar que todos los usuarios puedan entender esta información sea por una vía o por otra. La cuarta pauta del primer principio tiene más que ver con que el contenido audiovisual sea inteligible por el usuario dentro de una interfaz con más elementos. Se debe tener en cuenta el uso del color, su contraste, el control del audio, el tamaño del texto y de las imágenes, etc. También se relaciona este requisito con el segundo principio, *Operable*. Dentro del mismo se relaciona con la segunda pauta, que habla del tiempo suficiente. En el caso de los materiales audiovisuales el tiempo de reproducción debe ser el adecuado para que el usuario entienda el contenido del material. Además, tal y como afirma la pauta 2.2.2, cuando este tipo de contenidos dure más de cinco segundos, se deben poder pausar, actualizar y rebobinar.
- **Consistencia y coherencia:** este punto se compara con el tercer principio: *Predictable*. Se indica que las páginas web deben aparecer y funcionar de forma predecible. Además, en la pauta 3.2.3 se indica que la navegación debe ser consistente, repitiendo el mismo orden y patrón de navegación a lo largo de toda la interfaz. En la pauta 3.2.4, también se refiere a una identificación consistente, es decir, que un mismo componente tenga la misma funcionalidad

en todas las pantallas.

5.2. Heurística

En esta sección, se propone una evaluación heurística basada en la guía presentada anteriormente. Éste método heurístico podría ser usado por expertos para valorar si el diseño y el desarrollo de una interfaz de una aplicación para personas con TEA es adecuada y usable para sus usuarios finales.

Dada la amplitud del espectro, como ya se ha mencionado, es posible que algunas aplicaciones, pese a estar adaptadas para estas personas, no sea usables para personas con TEA con limitaciones severas. Por ello, esta heurística está enfocada a evaluar aplicaciones diseñadas para personas en niveles 1 y 2 de TEA.

Para llevar a cabo una evaluación utilizando el método heurístico, se plantean una serie de preguntas a las que un evaluador debe contestar. La respuesta a cada pregunta es un valor del 1 al 10, donde el 1 es el valor más bajo, e indica que ese punto no se cumple, y el 10 es la mejor puntuación, indicando que ese punto se cumple a la perfección. A continuación, se presentan las preguntas para esta evaluación:

1. En qué grado es adecuada la cantidad de elementos en una pantalla.
2. En qué grado el tamaño de los iconos de la interfaz es adecuado.
3. En qué grado el tamaño de las imágenes de la interfaz es adecuado.
4. En qué grado los elementos de la pantalla contrastan con el resto de elementos.
5. En qué grado los elementos de la pantalla contrastan con el fondo de la interfaz.
6. En qué grado son legibles y entendibles las imágenes de los botones.

7. Valore la adecuación de la distancia del recorrido de la acción de arrastrar y soltar un elemento.
8. En qué grado los sonidos de la aplicación son perceptibles, entendibles y adecuados.
9. En qué grado la cantidad de menús en la aplicación es la adecuada.
10. Si el sistema permite navegar entre ventanas, valore en qué medida resulta sencillo recordar y/o aprender una ruta para el usuario.
11. En qué medida el sistema muestra ayudas y realimentación al usuario en la ejecución de tareas.
12. En qué grado es configurable y personalizable la aplicación.
13. Valore la existencia de apoyo visual para las instrucciones de las distintas tareas dentro de la aplicación.
14. Valore en qué medida el contenido audiovisual de la aplicación es adecuado, entendible y se puede parar, reanudar, rebobinar, repetir o modificar su velocidad.
15. Valore la coherencia y consistencia de los distintos elementos en la aplicación.
16. En qué grado cree que esta aplicación es accesible para personas con Trastorno del Espectro Autista.

Para el cálculo de la puntuación final, se calcula el sumatorio de todas las respuestas. Sin embargo, algunas preguntas tienen más importancia que otras, por ello, se realiza una suma ponderada de las distintas respuestas. En este caso se ha elaborado una tabla con la ponderación de cada una de las anteriores preguntas en función

de lo significativo que es que ese punto se cumpla o no dentro de una aplicación orientada a personas con TEA:

Pregunta	Ponderación
1. Cantidad elementos	0,625
2. Tamaño iconos	0,875
3. Tamaño imágenes	0,875
4. Contraste entre elementos	0,75
5. Contraste con el fondo	0,75
6. Imágenes de los botones	0,625
7. Distancia del recorrido arrastrar-soltar	0,125
8. Sonidos	0,5
9. Cantidad de menús	0,375
10. Navegación	0,375
11. Realimentación	0,5
12. Personalización	1
13. Apoyo visual	0,25

Pregunta	Ponderación
14. Contenido audiovisual	0,25
15. Coherencia y consistencia	1
16. Accesible para TEA	1,125

Cuadro 5.2: Ponderación de las preguntas del método heurístico

Para el cálculo final de la evaluación heurística, la persona evaluadora debe realizar el sumatorio ponderado, atendiendo a la anterior tabla, de los valores que le ha dado a cada una de las preguntas. El resultado será la puntuación final de la aplicación, donde, en el mejor de los casos, tras haber valorado todas las preguntas con un 10, la aplicación tendrá un valor de 100 puntos.

5.3. Evaluación de *Blue Thinking*

En esta sección, se muestran los resultados de una evaluación de la aplicación *Blue Thinking* utilizando la evaluación heurística descrita en el apartado anterior. Esta evaluación ha sido realizada de forma individual por seis personas expertas, con estudios en Ingeniería Informática y familiarizadas con el uso y evaluación de interfaces de usuario.

Estas personas no están familiarizadas con el mundo del TEA, ni tampoco conocen la aplicación *Blue Thinking*. Por ello, antes de realizar la evaluación se les han presentado las barreras que puede tener una persona con TEA a la hora de interac-

cionar con una aplicación que se describen en la sección 5.1.1. A continuación, se les ha explicado la aplicación y su funcionamiento, y han podido interactuar con ella antes y durante la evaluación. Además, en todo este proceso los expertos han podido realizar cualquier pregunta que les surgiera en la interacción con la aplicación.

Los resultados de la evaluación heurística se recogieron en un formulario de *Google Form* y se procesaron posteriormente para tener en cuenta la ponderación de cada uno de los aspectos a evaluar.

En las siguientes figuras, se muestran los resultados de esta evaluación. En la figura 5.1 se muestran los resultados de la evaluación y en la 5.2 los resultados tras aplicar la ponderación.

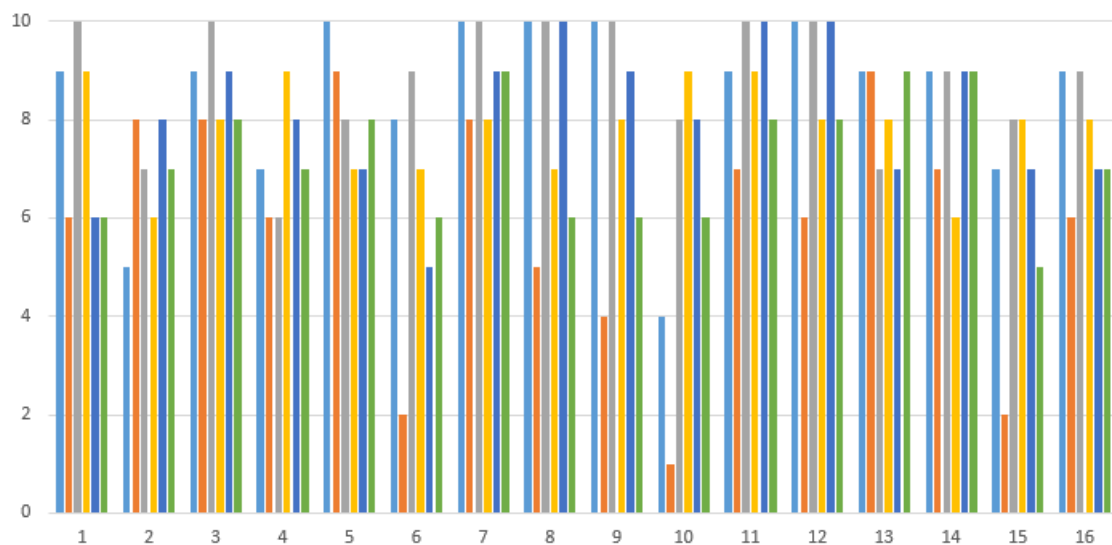


Figura 5.1: Gráfico de los resultados de la evaluación heurística de *Blue Thinking*

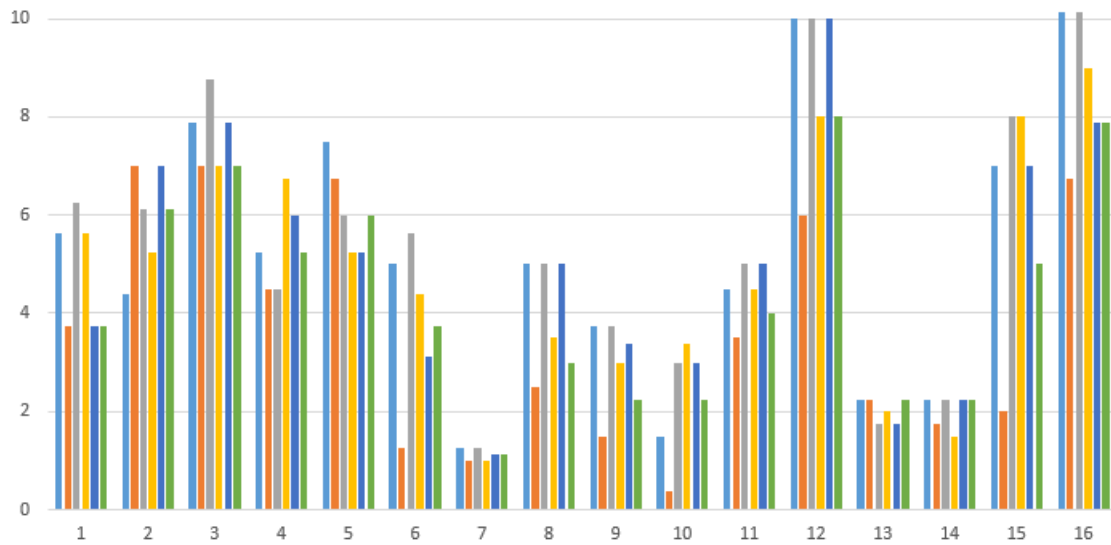


Figura 5.2: Gráfico de los resultados ponderados de la evaluación heurística de *Blue Thinking*

En la figura 5.3, se muestran las respuestas a cada uno de los aspectos de forma acumulativa para una mejor interpretación de los puntos débiles de la aplicación.

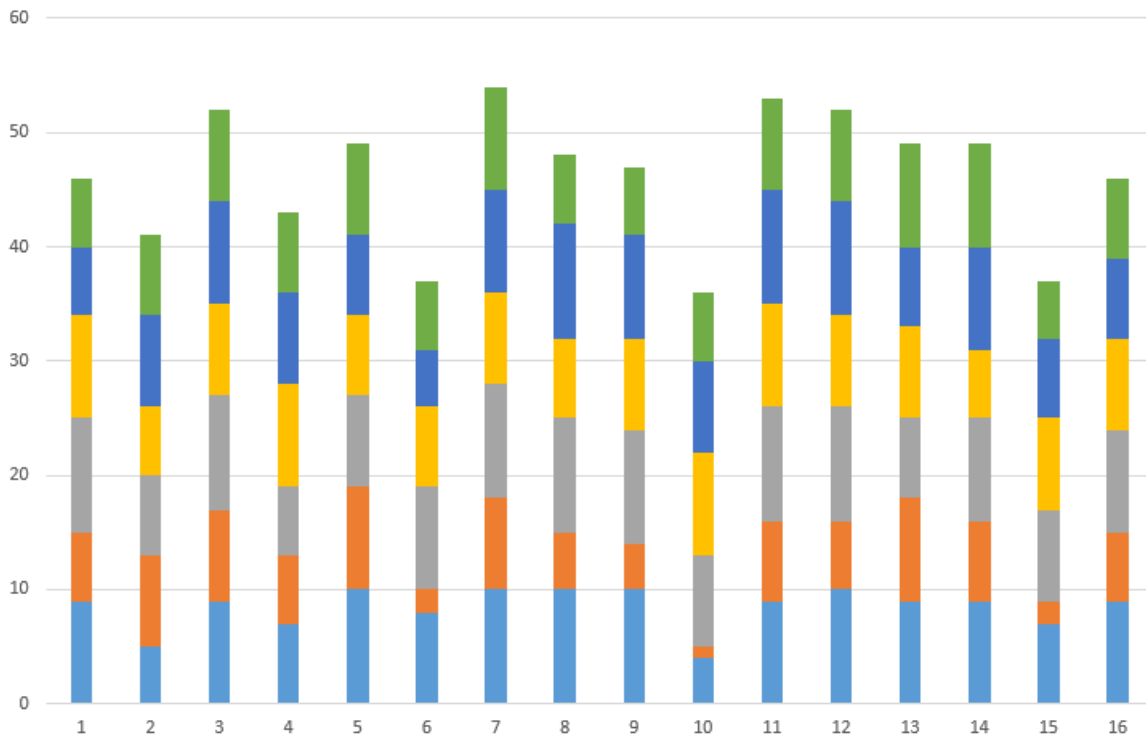


Figura 5.3: Gráfico de los resultados de la evaluación heurística de *Blue Thinking* acumulados

En la figura 5.4, se muestran los resultados ponderados de forma acumulativa, de esta forma, se puede apreciar qué aspectos tendrán más peso en el resultado final de la evaluación.

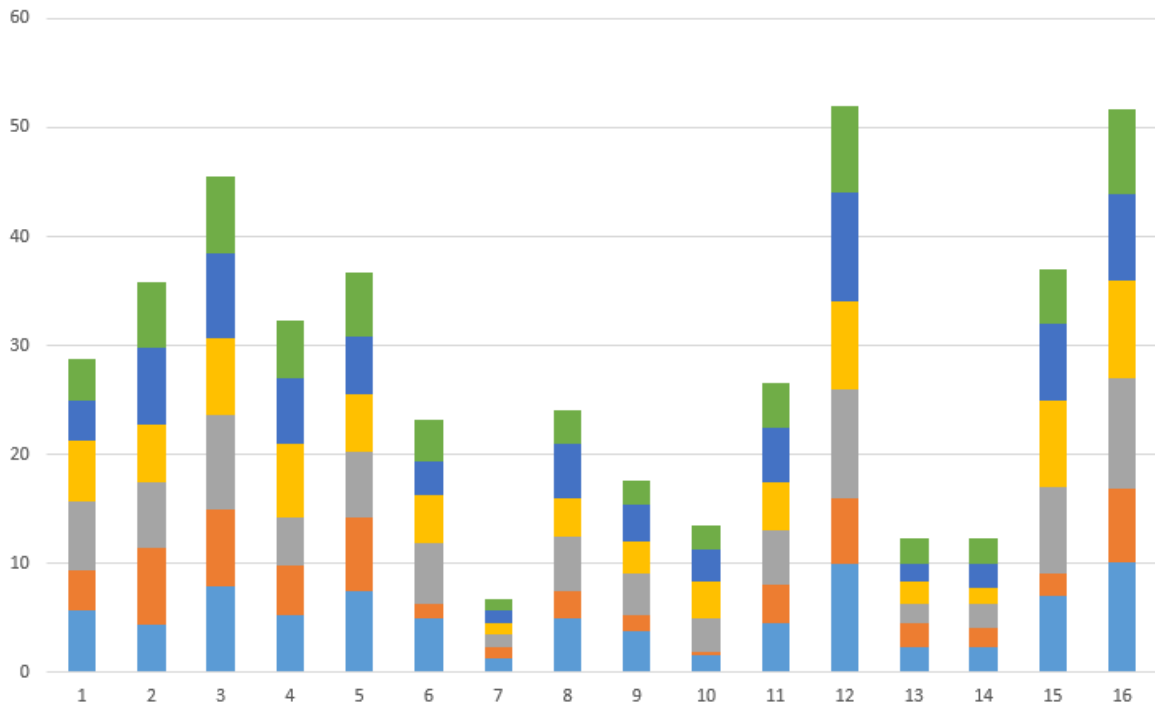


Figura 5.4: Gráfico de los resultados ponderados de la evaluación heurística de *Blue Thinking* acumulados

A continuación, se muestran los valores medios, que sería la nota obtenida por los expertos para cada uno de los aspectos de la aplicación.

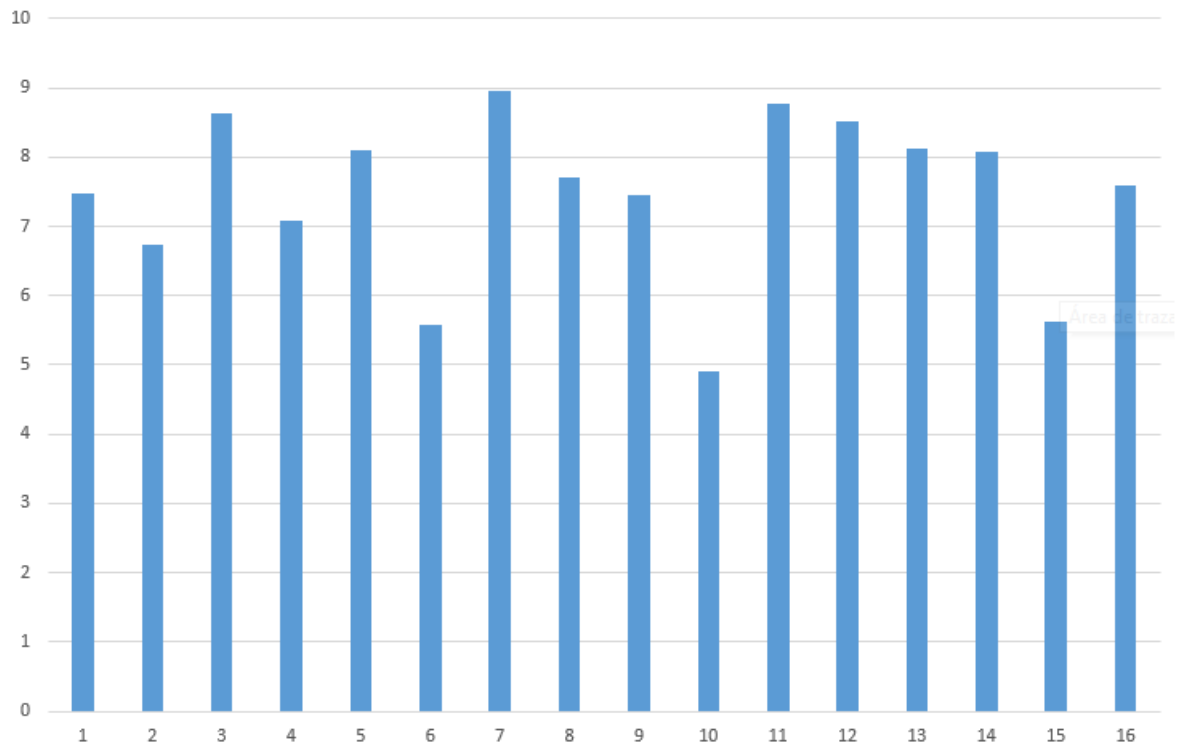


Figura 5.5: Gráfico de las medias de los resultados de la evaluación heurística de *Blue Thinking*

Finalmente, tras aplicar la ponderación en el gráfico de la figura 5.6 se puede apreciar los valores finales de cada uno de los aspectos de la heurística.

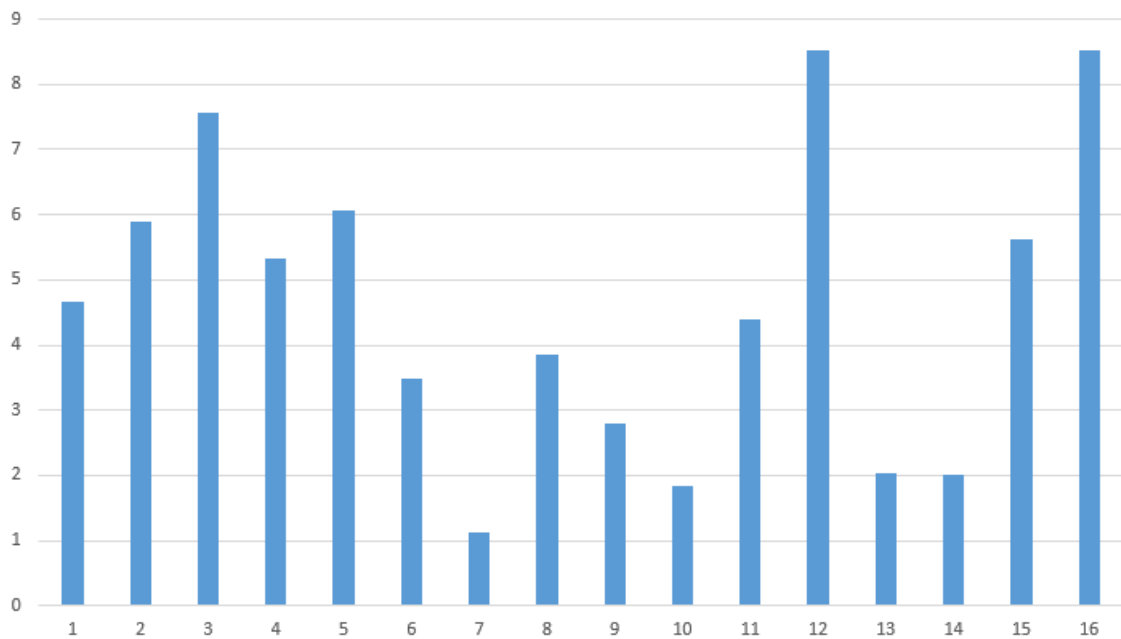


Figura 5.6: Gráfico de las medias de los resultados ponderados de la evaluación heurística de *Blue Thinking*

En el siguiente cuadro, se presentan la puntuación final que cada uno de los expertos le dio a la aplicación, así como la puntuación media final. Estos valores se han obtenido a partir de la suma de cada uno de los aspectos de la evaluación heurística ya ponderados.

Participante	Puntuación
Experto 1	83,25
Experto 2	57,875

Participante	Puntuación
Experto 3	87,375
Experto 4	78,125
Experto 5	79,375
Experto 6	69,875
Puntuación media	73,726

Cuadro 5.3: Puntuación de la aplicación *Blue Thinking* usando el método heurístico

Como se puede apreciar, la puntuación que recibe la aplicación es de notable, pero tiene diversos aspectos que no tienen una buena valoración. La evaluación heurística nos permite descubrir cuáles son los puntos de mejora de una aplicación. En este caso, los aspectos peor valorados son el 6 y el 10, que se corresponden con las imágenes en los botones y con la navegación. En estos casos los evaluadores destacaban lo poco intuitivas que eran las metáforas usadas en los distintos botones de la aplicación, así como la falta de un indicador en la parte superior de cada ventana que indique en qué menú o pantalla se encuentra el usuario. El aspecto 15 también tiene una baja puntuación debido a que algunos elementos de la aplicación no se comportan de forma consistente; por ejemplo, la papelera sirve para borrar los bloques, pero no para borrar los personajes. Cuando un usuario quiere borrar un personaje tiende a tirarlo a la papelera, cuando, en realidad para borrarlo, se debe mantener pulsado y aparece una “X” que permite su eliminación.

Una vez evaluados y analizados aquellos aspectos con peor puntuación, resulta más sencillo realizar un rediseño de la aplicación tratando implantar mejoras en los mismos. A veces no es posible realizar todas las mejoras o solventar todos los problemas encontrados a partir de la evaluación. La ponderación de la heurística ayuda a priorizar estos aspectos, de esta forma, se tratarían de implantar primero aquellas mejoras que vayan a aumentar la puntuación de la aplicación de forma más sustancial. Es decir, primero se trataría de mejorar aquellos aspectos que tienen una ponderación mayor en la evaluación heurística, lo que significa que van a mejorar más la usabilidad de la aplicación para sus usuarios finales.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

La tecnología puede ayudar a mermar las barreras y las diferencias que las personas con NEE pueden tener dentro del aula y en su vida cotidiana. Las TICs aportan una amplia gama de posibilidades y de recursos que pueden facilitar el aprendizaje y la vida de estas personas.

Es importante que los padres, tutores y educadores conozcan las características concretas de cada persona para asegurar una atención individualizada. Conocer las barreras que tiene una persona con NEE, los retos a los que se enfrenta y sus propias preferencias, es fundamental a la hora de elegir el material y las tecnologías que se van a usar para apoyar su proceso de aprendizaje.

Cuando se diseña y se desarrolla un producto de cualquier tipo, se debe tener en cuenta la finalidad del mismo. En el caso de las aplicaciones, se debe tener en cuenta el usuario final, que es para quien se está implementando la aplicación.

Existen guías y principios estandarizados para asegurarse de que una aplicación es usable para el usuario final. Sin embargo, estas guías y principios han sido pensadas

para la mayoría del público y, en ocasiones, no tienen en cuenta las necesidades que pueden tener algunas minorías.

Una aplicación orientada a estas personas debe tener en cuenta la capacidad de aprendizaje de estas personas, su capacidad de percepción y su interacción con los distintos dispositivos. Además, la aplicación debe ser consistente e intuitiva para el usuario. Se debe tener en cuenta que lo que espera una persona con TEA del comportamiento de la aplicación puede ser distinto a lo que esperan personas fuera del espectro.

Estas aplicaciones deben ser ordenadas, se debe guiar al usuario y tratar de secuenciar las tareas evitando el multihilo. Además, deben ser compatibles con el principio de sustitividad, dándole al usuario diferentes alternativas para la entrada y la salida de la información.

Las personas con TEA tienen problemas a la hora de interactuar con algunas aplicaciones. Estas barreras están relacionadas con:

- Los tamaños y el contraste de las imágenes, iconos y botones.
- Los estímulos de la aplicación, con la realimentación que le da la aplicación al usuario.
- La complejidad del esquema de la aplicación.
- La consistencia de la aplicación.
- La realimentación que le da la aplicación al usuario a la hora de interactuar con la misma.
- La falta de personalización y adaptación

Para facilitar el diseño de aplicaciones orientadas a personas con TEA, en este proyecto se ha elaborado una guía de diseño y una evaluación heurística basada en la primera. Debido a la amplitud del espectro del autismo, resulta difícil crear una guía con unas pautas que puedan servir para toda persona con TEA. Dependerá de las capacidades motrices y cognitivas de la persona; por ejemplo, las personas que están severamente afectadas por el trastorno, es posible que no sean capaces de interaccionar con un dispositivo tecnológico, por lo que tampoco serían capaces de interaccionar con la aplicación.

Como se ha visto a lo largo de este proyecto, un punto clave en las aplicaciones es la posibilidad de personalización y adaptación. Cada persona es diferente, y dentro del espectro estas personas pueden tener características y necesidades diversas y más o menos barreras a la hora de interaccionar con una aplicación. Por ello, el grado de adaptación de la aplicación a la persona es fundamental en estos casos para asegurar una usabilidad y accesibilidad adecuadas.

Además, en el caso de las personas con TEA se debe tener especial cuidado con los estímulos visuales, auditivos y audiovisuales de la aplicación. Se debe tener en cuenta el número de estímulos simultáneos, su forma o su tamaño, así como la intensidad de los mismos.

En el diseño de estas aplicaciones siempre se debe contar con expertos en el ámbito. Estas personas pueden guiar a los diseñadores y desarrolladores para evitar zonas de la aplicación que puedan suscitar algún tipo de problema de entendimiento o de comportamiento en el usuario final.

Como trabajo futuro, se podrían evaluar más aplicaciones con la heurística. Además, estas valoraciones podrían ser llevadas a cabo no sólo por expertos en el ámbito de la Ingeniería Informática, sino también por personas expertas en TEA. Por

otro lado, se podrían rediseñar y reimplementar aquellos puntos débiles que se han encontrado en la evaluación heurística, y volver a realizarla para comprobar si la puntuación de la aplicación mejora de la forma esperada.

Finalmente, cabe señalar que este trabajo puede servir para concienciar del papel que juega la Interacción Persona-Ordenador en las primeras fases del diseño. Las personas con NEE tienen más facilidades en la actualidad, sin embargo, la gran mayoría de la tecnología aún está lejos de ser accesibles para algunos grupos de personas. Se necesita una mayor sensibilización para que se tengan en cuenta las barreras que puedan tener tanto las personas con TEA como otras personas con otro tipo de NEE. A la hora de diseñar aplicaciones, éstas pueden no estar enfocadas a estas personas en concreto, sino a un público más general. Cuando se diseña una aplicación para un público general, se corre el riesgo de discriminar a aquellas personas que tienen ciertas barreras a la hora de utilizarlas.

Bibliografía

- [1] *¿Qué es IAN Research / Red Interactiva de Autismo*. URL: https://www.iancommunity.org/cs/ian%7B%5C_%7Dresearch/overview (visitado 22-07-2020).
- [2] PEGI 3. *Play Store: Zowi App*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bq.zowi>. (última visita: 26 de noviembre del 2019, 20:45).
- [3] Hal Abelson, Nat Goodman y Lee Rudolph. «LOGO Manual». En: (dic. de 1974).
- [4] M. Ainscow. *Conjunto de materiales para la formación de profesores: Necesidades especiales en el aula*. Paris: UNESCO. (Visitado 24-05-2020).
- [5] Everyware Apps. *App Store: Picaa 2*. URL: <https://apps.apple.com/es/app/picaa-2/id938321978>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 20:03).
- [6] Everyware Apps. *Web Picaa 2*. URL: <http://www.everywaretech.es/picaa/>. (última visita: 27 de octubre del 2019, 17:05).
- [7] AssistiveWare. *App Store: Proloquo2Go*. URL: <https://apps.apple.com/es/app/proloquo2go/id308368164>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 23:00).

- [8] AssistiveWare. *Proloquo2Go: Exprésate a través de CAA basada en pictogramas*. URL: <https://www.assistiveware.com/es/productos/proloquo2go>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 22:51).
- [9] *Autism (Autism Spectrum Disorder)*. URL: <https://www.asha.org/public/speech/disorders/Autism/> (visitado 20-11-2019).
- [10] BubbleBooks. *Tembo, el pequeño elefante*. URL: <http://www.bubblebooks.es/app/tembo-el-pequeno-elefante/>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 22:02).
- [11] Special iApps C.I.C. *App Store: Números Especiales*. URL: <https://apps.apple.com/es/app/n%C3%BAmeros-especiales/id531381202>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 20:42).
- [12] Special iApps C.I.C. *App Store: Tembo, el pequeño elefante*. URL: <https://apps.apple.com/es/app/tembo-1-pequeno-elefante-esta/id633712740>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 22:35).
- [13] Gianluca De Leo y col. «A smart-phone application and a companion website for the improvement of the communication skills of children with autism: Clinical rationale, technical development and preliminary results». En: *Journal of Medical Systems* 35.4 (ago. de 2011), págs. 703-711. ISSN: 01485598. DOI: 10.1007/s10916-009-9407-1. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20703781/>.
- [14] Angel De y col. *Instituto para el Desarrollo Curricular y la Formación del Profesorado Area de Necesidades Educativas Especiales Equipo de trabajo que ha elaborado este documento*. Inf. téc.
- [15] Tara Delaney. *101 games and activities for children with autism, Asperger's, and sensory processing disorders*, pág. 227. ISBN: 0071623361.
- [16] Alan Dix y col. *Human-computer Interaction*. 2004.

- [17] Christine Ecker, Susan Y. Bookheimer y Declan G.M. Murphy. *Neuroimaging in autism spectrum disorder: Brain structure and function across the lifespan*. Nov. de 2015. DOI: 10.1016/S1474-4422(15)00050-2.
- [18] Richard Eisenmajer y col. «Comparison of clinical symptoms in autism and Asperger's disorder». En: *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 35.11 (1996), págs. 1523-1531. ISSN: 08908567. DOI: 10.1097/00004583-199611000-00022.
- [19] Demetria Loryn Ennis-Cole. *Technology for learners with autism spectrum disorders*. Springer International Publishing, ene. de 2015, págs. 1-99. ISBN: 9783319059815. DOI: 10.1007/978-3-319-05981-5.
- [20] Álvaro Fernández-López y col. «Mobile learning technology based on iOS devices to support students with special education needs». En: *Computers and Education* 61.1 (feb. de 2013), págs. 77-90. ISSN: 03601315. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.09.014.
- [21] *G183: Using a contrast ratio of 3:1 with surrounding text and providing additional visual cues on focus for links or controls where color alone is used to identify them | Techniques for WCAG 2.0*. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/G183.html> (visitado 02-08-2020).
- [22] Autisme la Garriga. *Teorías explicativas del autismo y el trastorno del espectro autista (TEA)*. URL: <https://www.autismo.com.es/autismo/teorias-explicativas-del-autismo.html>. (última visita: 31 de mayo del 2020, 10:19).
- [23] Autisme la Garriga. *Teorías explicativas del autismo y el trastorno del espectro autista (TEA)*. URL: <https://www.autismo.com.es/autismo/etiologia-y-prevalencia-del-trastorno-del-espectro-autista.html>. (última visita: 5 de junio del 2020, 11:20).

- [24] Heidi Gebauer y col. *Programming in LOGO*. ISBN: 9783834818522. URL: www.abz.inf.ethz.ch.
- [25] Stelios Georgiades. *TITLE PAGE MEASUREMENT AND CLASSIFICATION OF THE HETEROGENEOUS AUTISM PHENOTYPE*. Inf. téc. 2013.
- [26] Inc Good Karma Applications. *App Store: First Then Visual Schedule HD*. URL: <https://apps.apple.com/us/app/first-then-visual-schedule-hd/id624035410>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 23:52).
- [27] Inc Good Karma Applications. *First Then Visual Schedule HD*. URL: <https://www.goodkarmaapplications.com/ftvshd-first-then-hd.html>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 23:36).
- [28] Elizay Gordon-Lipkin y col. «Anxiety and mood disorder in children with autism spectrum disorder and ADHD». En: *Pediatrics* 141.4 (abr. de 2018). ISSN: 10984275. DOI: 10.1542/peds.2017-1377. URL: www.aappublications.org/news.
- [29] Temple Grandin y Kate Duffy. *Developing Talents: Careers for Individuals with Asperger Syndrome and High-Functioning Autism*. 2004. URL: <https://books.google.es/books?hl=es%7B%5C%7Dlr=%7B%5C%7Ddid=0H0iV7Z0VogC%7B%5C%7Ddoi=fnd%7B%5C%7Dpg=PR11%7B%5C%7Ddq=gradin+and+duffy+2008+ASD%7B%5C%7Dots=Dvy52vSRhl%7B%5C%7Dsig=YpTmsx9jxI5FWJEn591PTdoQekE%7B%5C%7Dv=onepage%7B%5C%7Dq=gradin%20and%20duffy%202008%20ASD%7B%5C%7Ddf=false> (visitado 20-07-2020).
- [30] Juliet Hart Barnett, Rebecca Trillo y Cori M. More. «Visual Supports to Promote Science Discourse for Middle and High School Students With Autism Spectrum Disorders». En: *Intervention in School and Clinic* 53.5 (mayo de

- 2018), págs. 292-299. ISSN: 1053-4512. DOI: 10.1177/1053451217736865. URL: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1053451217736865>.
- [31] Fundación Planeta Imaginario. *App Store: AbaPlanet*. URL: <https://apps.apple.com/es/app/abaplanet-pro/id989142096?l>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 19:00).
- [32] Fundación Planeta Imaginario. *App Store: AbaPlanet Lite*. URL: <https://apps.apple.com/es/app/abaplanet/id571888963>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 19:00).
- [33] José Juan y Castro Sánchez. «NUEVAS FORMAS DE ABORDAJE DEL PROCESO DIAGNÓSTICO DEL TEA DESPUÉS DEL DSM-5 NEW WAYS TO APPROACH THE DIAGNOSIS PROCESS OF ASDS BASED ON DSM-5 María del Sol Fortea Sevilla. Doctora y Profesora Asociada Laboral. María Olga Escandell Bermúdez. Doctora y profesora Titular de Universidad». En: *International Journal of Developmental and Educational Psychology INFAD Revista de Psicología* (2010). ISSN: 0214-9877.
- [34] Life360. *Life360*. URL: <https://www.life360.com/>. (última visita: 18 de octubre del 2019, 00:31).
- [35] Paul H. Lipkin y Jeffrey Okamoto. «The individuals with disabilities education act (IDEA) for children with special educational needs». En: *Pediatrics* 136.6 (dic. de 2015), e1650-e1662. ISSN: 10984275. DOI: 10.1542/peds.2015-3409. URL: www.pediatrics.org/cgi/doi/10.1542/peds.2015-3409.
- [36] Julie-Anne Little. «Vision in children with autism spectrum disorder: a critical review». En: *Clinical and Experimental Optometry* 101.4 (jul. de 2018), págs. 504-513. ISSN: 08164622. DOI: 10.1111/cxo.12651. URL: <http://doi.wiley.com/10.1111/cxo.12651>.

- [37] Fundación Lovaas. *AbaPlanet Home*. URL: <http://www.abaplanet.com/es/>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 18:23).
- [38] Fundacion MAPFRE. *Play Store: Soy Cappaz*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mapfre.soycappaz>. (última visita: 17 de octubre del 2019, 00:23).
- [39] Fundacion MAPFRE. *Soy Cappaz*. URL: https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/programas/integracion/app-soy-cappaz/. (última visita: 18 de octubre del 2019, 00:11).
- [40] Elysa J. Marco y col. «Sensory processing in autism: A review of neurophysiologic findings». En: *Pediatric Research* 69.5 PART 2 (mayo de 2011), 48R. ISSN: 00313998. DOI: 10.1203/PDR.0b013e3182130c54. URL: </pmc/articles/PMC3086654/?report=abstract%20https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3086654/>.
- [41] Alba de Pedro López. *Sobre el diseño de la interacción en una aplicación educativa de pensamiento computacional: un estudio experimental*.
- [42] Bertram O. Ploog y col. «Use of computer-assisted technologies (CAT) to enhance social, communicative, and language development in children with autism spectrum disorders». En: *Journal of Autism and Developmental Disorders* 43.2 (feb. de 2013), págs. 301-322. ISSN: 01623257. DOI: 10.1007/s10803-012-1571-3. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10803-012-1571-3>.
- [43] Presentado Por y col. *Las TICs aplicadas a las Necesidades Educativas Especiales*. Inf. téc.
- [44] Angeles Quezada y col. «Relations between Touch Target Size and Drag Distance in Mobile Applications for Users with Autism Spectrum Disorders». En: *Journal of Medical Systems* 42.10 (oct. de 2018), pág. 180. ISSN: 0148-5598.

- DOI: 10.1007/s10916-018-1044-0. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s10916-018-1044-0>.
- [45] Angeles Quezada y col. «Usability Operations on Touch Mobile Devices for Users with Autism». En: *Journal of Medical Systems* 41.11 (nov. de 2017), pág. 184. ISSN: 0148-5598. DOI: 10.1007/s10916-017-0827-z. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s10916-017-0827-z>.
- [46] Mitchel Resnick y col. «"Digital fluency" should mean designing, creating, and remixing, not just browsing, chatting, and interacting». En: 52.11 (2009). DOI: 10.1145/1592761.1592779. URL: <http://scratch.mit.edu>.
- [47] Rocío Fernández Marín. *Neuropsicología aplicada a la educación: implicación de las funciones ejecutivas en el desarrollo lecto-escritor. Programa de intervención*. 2016.
- [48] Estefanía Roldán, Diego Mateu y Pedro Perales. «Diagnóstico de las Necesidades de Formación en Inteligencia Emocional y en Educación Inclusiva de Docentes de Educación Infantil del Municipio de Aldaia». En: *Revista de Educación Inclusiva* 9.1 (2017). ISSN: 1989-4643.
- [49] Valerie J. Shute y Jodi Sun Chen afnd Asbell-Clarke. *Demystifying computational thinking*. Nov. de 2017. DOI: 10.1016/j.edurev.2017.09.003.
- [50] Emily Simonoff y col. «Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: Prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample». En: *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 47.8 (ago. de 2008), págs. 921-929. ISSN: 15275418. DOI: 10.1097/CHI.0b013e318179964f.
- [51] Blue Thinking Team. *Blue Thinking*. URL: <http://bluethinking.es/>. (última visita: 30 de diciembre del 2019, 10:42).

- [52] BQ Team. *Bitbloq*. URL: <https://bitbloq.bq.com/>. (última visita: 26 de noviembre del 2019, 21:50).
- [53] BQ Team. *Zowi*. URL: <https://www.bq.com/es/zowi>. (última modificación: 26 de noviembre del 2019, 20:32).
- [54] Scratch Team. *How to Translate Scratch*. URL: https://en.scratch-wiki.info/wiki/How_to_Translate_Scratch. (última modificación: 31 de octubre del 2019, 07:42).
- [55] Scratch Team. *Scratch editor*. URL: <https://scratch.mit.edu/projects/editor/>. (última modificación: 20 de noviembre del 2019, 10:30).
- [56] Scratch Team. *Scratch statistics*. URL: <https://scratch.mit.edu/statistics/>. (última modificación: 18 de noviembre del 2019, 19:30).
- [57] *Technology and Autism | Autism Speaks*. URL: <https://www.autismspeaks.org/technology-and-autism> (visitado 22-07-2020).
- [58] *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (visitado 04-08-2020).

Anexos

Anexo A

Preguntas a expertos

En este anexo se exponen la descripción, las instrucciones y las preguntas que contenía el cuestionario que se elaboró y compartió para ser contestado por personas expertas en TEA cuyas respuestas se han expuesto en esta memoria.

A.1. Descripción

En este formulario se presentan una serie de preguntas que servirán de apoyo en la realización del Trabajo Fin de Máster de Alba de Pedro López, estudiante de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

El objetivo es recopilar información clave que guíe la evaluación posterior de la usabilidad de la aplicación Blue Thinking. Esta aplicación permite a personas con Trastorno del Espectro del Autismo, de aquí en adelante TEA, aprender programación mientras ejercitan y fortalecen sus funciones ejecutivas. Se trata de una aplicación muy visual y accesible cognitivamente.

Sin embargo, podrían mejorarse algunos aspectos de la misma, sobre todo aquellos relacionados con el feedback que esta aplicación le da al usuario. Para una mejor evaluación se quiere contar con el apoyo y la opinión de expertos en el área, es por ello que se han elaborado las preguntas que se encuentran en el presente formulario.

A.2. Instrucciones

En este formulario encontrará diferentes preguntas que tienen relación con la interacción de personas con TEA con una aplicación y con el feedback que ésta le da al usuario. Las preguntas serán de carácter general sobre aspectos relacionados con usabilidad y personas con TEA.

Conteste las siguientes preguntas de la forma más detallada posible.

En cada pregunta indique si considera que la respuesta puede ser diferente dependiendo del nivel del usuario dentro del espectro y detalle la respuesta según el nivel.

Muchas gracias de antemano por compartir su tiempo y conocimiento.

Si tiene cualquier duda o comentario puede enviarlos a *****@gmail.com

A.3. Preguntas

- Perfil personal
 - ¿Su perfil profesional está más relacionado con psicopedagogía o con tecnología?

- Años de experiencia profesional
- Años de experiencia trabajando en el área TEA
- Preguntas generales
 - ¿Qué tres características consideras que son indispensables en una aplicación orientada a usuarios con TEA?
 - ¿Considera que una aplicación orientada a personas con TEA debe poder adaptarse a cada usuario? ¿Por qué?
 - ¿Qué dificultades pueden tener las personas con los diferentes niveles dentro del espectro autista a la hora de interactuar con un dispositivo electrónico táctil?
 - ¿Considera importantes los refuerzos ante el acierto y el error? ¿Por qué?
 - ¿Ayuda el *feedback* (realimentación) auditivo a entender mejor una acción?
 - ¿Qué reacción (o reacciones) puede causar un comportamiento inesperado de la aplicación en un usuario con TEA?