



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TABLERO DIGITAL DE COMUNICACIÓN PARA NIÑOS CON PARÁLISIS
CEREBRAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

MATÍAS ADRIÁN BAHAMONDE SANTANDER

PROFESOR GUÍA:
FRANCISCO GUTIÉRREZ FIGUEROA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MARÍA CECILIA RIVARA ZÚÑIGA
NELSON BALOIAN TATARYAN

SANTIAGO DE CHILE
2023

Resumen

Los Sistemas Alternativos y Aumentativos de Comunicación (SAAC) se crean para ayudar a la población que tiene dificultades comunicativas a realizar esta acción. Parte de esta población está compuesta por niños con PC (parálisis cerebral), para los cuales existen soluciones destinadas, pero suelen ser muy caras o no son muy usables. Es por eso que el objetivo general de esta memoria fue desarrollar un SAAC que fuese accesible en término de recursos económicos y que asegurara la usabilidad para los niños con PC. Así, el producto construido fue un tablero digital de comunicación basado en pictogramas, ya que no implicaba un gran coste de desarrollo y con las decisiones de diseño correctas se puede hacer usable para la población objetivo.

Así fue, que mediante el uso de la información en la literatura disponible y de entrevistas con expertos de dominio, se construyó un modelo de dominio que permitió al memorista construir una aplicación móvil para el sistema operativo *Android* que representa un tablero digital de comunicación basado en pictogramas. Este prototipo cumple con los requerimientos expresados por los expertos de la salud. Los botones tienen un tamaño, disposición y color definido con el fin de hacer la interfaz más usable. Junto con eso se implementó una función de accesibilidad denominada tiempo de retraso de acción, que consiste en que para ejecutar la acción de algún botón hay que mantenerlo apretado este tiempo definido en una pantalla de ajustes disponible en la aplicación, para reducir los errores provocados por acciones involuntarias. Luego de haber verificado el prototipo con expertos del dominio, se realizó un proceso de evaluación de este.

Este proceso se realizó con usuarios que cumplieran el perfil de cuidador, como por ejemplo funcionarios de la salud (terapeutas de la población objetivo) o familiares, para poder estudiar la usabilidad del prototipo realizado y así inferir oportunidades de mejora. Esto se hizo por razones de tiempo, ya que buscar niños con parálisis cerebral requería de un tiempo que podría exceder el de la memoria. La prueba consistió en realizar tareas dentro de la aplicación, midiendo ciertas métricas, como por ejemplo el tiempo de demora en completar una tarea. Este proceso se hizo en dos tablets, una de 8" y otra de 12.4", para poder probar que la usabilidad depende del software y no del hardware. Luego de hacer la comparación de resultados entre ambos entornos, se concluye que no existe diferencia en ninguna de las métricas medidas, concluyendo así que la funcionalidad no dependía del tamaño de la pantalla. De esta evaluación también se dedujeron oportunidades de mejora tanto para algunas funcionalidades de la interfaz, así como algunos inconvenientes de rendimiento. El siguiente paso de este prototipo es corregir estos inconvenientes, para luego probarlo con pacientes clínicos y poder asegurar así la usabilidad del desarrollo para la población objetivo.

*Para todos los que me bancaron cuando más lo necesitaba
Para mi familia y amigos
Para los que están y los que no están*

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a mi familia que me ha acompañado durante toda mi etapa formativa. A mi papá por enseñarme la importancia del esfuerzo para salir adelante, a mi mamá por enseñarme la importancia de siempre actuar con humildad y a mi hermana por enseñarme la importancia de ser riguroso en todo lo que hago. Aquí incluyo también a mis hermanos caninos, Máximo y Pascual, quienes siempre han estado ahí para acompañarme en las horas de estudio/trabajo. También quiero agradecer a mi familia que a pesar de que no viva conmigo, siento su apoyo constante y buenas vibras. En particular, a mi primo/hermano Gabriel por enseñarme que por más dificultades que nos ponga la vida, nada es imposible. Agradecimientos también a mi familia no consanguínea, como mis amigos del colegio Luis, Nicolás, Jordan y Andrés por esas noches eternas de juego y conversaciones para distender el estrés de la semana. También a los que se han unido en esta etapa universitaria, Andrea, Matías y David, muchas gracias por sus consejos y apañe. Y a todos quienes me han subido la moral cuando más lo necesitaba y a quienes fueron parte de mi formación, muchas gracias.

También quiero agradecer a quienes han hecho posible esta memoria y han dado de su tiempo para poder lograr el mejor trabajo posible. Al profesor Francisco y a mis compañeros del grupo HCI de memorias, muchas gracias por aportarme todo su conocimiento y retroalimentación en este proceso. A todos los expertos en dominio que participaron en este proceso, tanto los de Teletón como los de Coaniquem, muchas gracias por depositar su confianza en este proyecto. Mención especial a la doctora Gabriela Hidalgo por ayudarme con todos los contactos que hicieron posible este trabajo. Y por último, agradecer a todos quienes participaron del proceso de evaluación del prototipo, mis vecinos y amigos de mis padres, que sin el aporte de ellos este trabajo no hubiese tenido tanto valor.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Solución Desarrollada	4
1.3. Estructura del documento	4
2. Trabajo relacionado	9
2.1. Aplicaciones de Tableros de Comunicación	9
2.1.1. Control de Interfaz	11
2.1.2. Aplicaciones para Personas con Capacidad Motora Reducida	12
2.2. Revisión bibliográfica	12
2.2.1. Metodología de trabajo/desarrollo	12
2.2.2. Diseño de interfaces	14
2.2.3. Aspectos básicos de un tablero digital de pictogramas	14
2.2.4. Usabilidad	16
2.2.5. Accesibilidad	16
2.2.6. Evaluación	17
3. Desarrollo de la solución	19
3.1. Primeros diseños y evaluación con expertos de dominio	19
3.2. Framework de trabajo	21
3.3. Primer prototipo	23
3.4. Segundo prototipo	24

3.5. Prototipo final	26
4. Evaluación de la solución	28
4.1. Definición de la evaluación	28
4.2. Protocolo de experimentación	28
4.2.1. Participantes	29
4.2.2. Materiales	31
4.2.3. Definición del experimento	32
4.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos	35
4.2.5. Procedimiento de Recolección de Datos	36
5. Resultados	39
5.1. Caracterización de la muestra	39
5.1.1. Tamaño de la muestra	39
5.1.2. Proporción de personal de salud en el total de la muestra	40
5.1.3. Género de la muestra reclutada	40
5.1.4. Información etaria de la muestra	40
5.1.5. Encuesta inicial	40
5.2. Preparación del experimento	41
5.2.1. Asignación de entornos de prueba	41
5.3. Resultados del experimento	43
5.3.1. Personal de la salud	44
5.3.2. Adultos menores a 60 años	47
5.3.3. Adultos mayores de 60 años	51
5.4. NASA-TLX	53
5.4.1. Personal de la salud	55
5.4.2. Adultos menores de 60 años	55
5.4.3. Adultos mayores de 60 años	57

5.5. Información adicional	58
6. Análisis y discusión de resultados	60
7. Conclusión y Trabajo Futuro	65
Bibliografía	71
Anexo A. Material Extra	73
Anexo B. Formularios	78
Anexo C. Resultados de la experiencia	86

Índice de Tablas

5.1. Diferentes errores cometidos u observados en la experiencia y frecuencia de usuarios, para el personal de salud.	47
5.2. Diferentes errores cometidos u observados en la experiencia y frecuencia de usuarios, para adultos menores a 60 años.	50
5.3. Diferentes errores cometidos u observados en la experiencia y frecuencia de usuarios, para adultos mayores a 60 años.	54
5.4. Resumen de resultados de encuesta NASA-TLX para personal de salud. . . .	55
5.5. Resumen de resultados de encuesta NASA-TLX para adultos menores de 60 años.	56
5.6. Resumen de resultados de encuesta NASA-TLX para personal de salud. . . .	57

Índice de Ilustraciones

1.1.	Interfaz por defecto de Proloquo2Go. Imagen tomada de la página de ayuda de <i>AssistiveWare</i> : https://www.assistiveware.com/es/ayuda/proloquo2go/vocabulario-gramatica/edita-plantilla	2
1.2.	Prototipos construidos durante el desarrollo de la memoria	6
2.1.	Dispositivos de comunicación vendidos por <i>Talk To Me Technologies</i> . Fuente: https://www.talktometechnologies.com/	11
2.2.	Ejemplos de categorías semánticas de los pictogramas. Imagen tomada de la página de aula abierta de <i>ARASAAC</i> : https://aulaabierta.arasaac.org/en/tutorial-caa-how-to-recognize-the-keys-of-color-of-the-pictograms	15
3.1.	Idea de interfaz inicial propuesta por el estudiante, hecha en software Paint	20
3.2.	Segunda propuesta de interfaz realizada por el estudiante, luego de recibir retroalimentación por parte de Claudia Sepúlveda. Hecha en software Paint	21
3.3.	Estados de la aplicación prototipo "Hello World" hecha por el estudiante en React Native.	22
3.4.	Primer prototipo desarrollado	24
3.5.	Segundo prototipo desarrollado	25
3.6.	Página web de <i>Paletton</i> con una triada de colores definida	25
3.7.	Estados de orden de los pictogramas dependiendo de la última palabra escrita.	26
3.8.	Pantalla de ajustes	27
3.9.	Feedback visual tiempo de retraso de acción seleccionando un pictograma	27
4.1.	Tablets utilizadas durante la evaluación del tablero. Fuente: https://www.samsung.com/	32
5.1.	Histograma de distribución de edades por género para la muestra captada.	40

5.2.	Histograma de distribución de puntuación de experiencia con interfaces táctiles para la muestra captada.	41
5.3.	Boxplot de puntaje de experiencia táctil para ambos entornos al realizar el muestreo estratificado.	42
5.4.	Boxplot de puntaje de experiencia táctil para ambos entornos, en relación con la totalidad de la muestra.	42
5.5.	Boxplot de las puntuaciones reportadas por los usuarios de la submuestra personal de salud en el cuestionario NASA-TLX.	55
5.6.	Boxplot de las puntuaciones reportadas por los usuarios adultos menores de 60 años en el cuestionario NASA-TLX.	56
5.7.	Boxplot de las puntuaciones reportadas por los usuarios adultos mayores de 60 años en el cuestionario NASA-TLX.	57
5.8.	Boxplot de las puntuaciones reportadas por todos los usuarios de la muestra en el cuestionario NASA-TLX, categorizados por submuestras.	58
6.1.	Cambios propuestos para ajustes, basados en la experiencia realizada. Al modal se entra desde el botón de signo de interrogación de la ventana principal de ajustes.	62
6.2.	Bosquejo de ventana principal con los cambios propuestos.	63
A.1.	Categorías semánticas de Feldman. Fuente: https://www.studocu.com/cl/n/20344517?sid=01673823790	77
B.1.	Encuesta experiencia con interfaces táctiles	79
B.2.	Formulario consentimiento informado	82
B.3.	Formulario NASA-TLX, para evaluación de carga de trabajo. Fuente: Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Link https://ergomedia.isl.gob.cl/app_ergo/nasatlx/	83
B.4.	Documento de recolección de datos usado en la evaluación	85
C.1.	Histograma de distribución de horas de uso para la muestra captada.	86
C.2.	Histograma de frecuencia para los distintos usos que le dan los usuarios a sus teléfonos para la muestra captada.	86
C.3.	Histograma de frecuencia para las distintas aplicaciones que utilizan los usuarios en sus teléfonos para la muestra captada.	87

C.4. Boxplot de puntaje de experiencia táctil para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.	87
C.5. Boxplot de tiempo promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.	87
C.6. Histograma de tiempo promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.	88
C.7. Boxplot de número de errores promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.	88
C.8. Histograma de número de errores promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.	88
C.9. Boxplot de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.	89
C.10. Histograma de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.	89
C.11. Boxplot de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.	89
C.12. Histograma de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.	89
C.13. Boxplot de puntaje de experiencia táctil para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	90
C.14. Boxplot de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	90
C.15. Histograma de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	90
C.16. Boxplot de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	90
C.17. Histograma de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	91
C.18. Boxplot de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.	91
C.19. Histograma de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.	91
C.20. Boxplot de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.	91

C.21.Histograma de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.	92
C.22.Boxplot de puntaje de experiencia táctil para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	92
C.23.Boxplot de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	92
C.24.Histograma de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	93
C.25.Boxplot de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	93
C.26.Histograma de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.	93
C.27.Boxplot de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.	94
C.28.Histograma de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.	94
C.29.Boxplot de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.	94
C.30.Histograma de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.	95
C.31.Datos de caracterización de la muestra completa	96
C.32.Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 1.	97
C.33.Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 2.	98
C.34.Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 3.	99
C.35.Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 4.	100
C.36.Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 5.	101
C.37.Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 6.	102
C.38.Resultados de la experiencia en cada una de las dimensiones de NASA-TLX para los usuarios de la muestra.	103

Capítulo 1

Introducción

La comunicación es uno de los ejes principales que mueve al mundo día a día. Para alguien que lo hace todos los días es algo casi natural e intuitivo. Sin embargo, para parte de la población esta tarea puede resultar muy complicada, siendo casi imposible. Dentro de este grupo se encuentran los niños con parálisis cerebral (PC). En algunos casos, se producen complicaciones en la producción del habla, lenguaje y gestos asociados a la parálisis [24]. Esta es una de las razones por las que surgen los Sistemas Alternativos y Aumentativos de Comunicación (SAAC), los cuales se definen como formas de expresión que difieren del lenguaje hablado y buscan aumentar y/o compensar las dificultades de comunicación y lenguaje de muchas personas con discapacidad [7].

Es por esta razón que se han propuesto muchas soluciones tecnológicas SAAC, pero que no siempre cubren todas las necesidades. En efecto, de acuerdo a Claudia Sepúlveda, fonoaudióloga de Teletón, a pesar de que existen soluciones para poder facilitar el proceso comunicativo con el niño, estas suelen ser caras y en algunos casos insuficientes dependiendo del grado del PC (*entrevista a experto realizada por el autor de esta memoria*). Para los tratamientos hechos en Teletón, particularmente, es muy importante tener una cantidad considerable de opciones comunicativas. Y también, para poder comunicarse fuera del contexto de tratamiento, es importante que el niño tenga opciones que sean viables y accesibles en cuanto a lo monetario. También se presenta un factor de facilidad de uso, en que se busca tener un sistema con una curva de aprendizaje baja, tanto para el niño como para su entorno, familia y amigos. Esto debido a que tiene que existir un entendimiento general del funcionamiento del sistema por parte de quienes rodean al niño, pues este aportará y se construirá a partir de las interacciones que se generen con él.

Una solución que cubre la necesidad de una comunicación fácil, son los tableros de comunicación con pictogramas. Esta interfaz de comunicación consiste en una pizarra, en la cual el usuario tiene a su disposición diversas ilustraciones, conocidas como pictogramas. En ellos se ilustran objetos, acciones, sentimientos o personas (yo, tú, ellos, etc) con su respectiva denominación. Así, usando estas tarjetas, la persona puede colocarlas en un orden tal que permita al receptor entender el mensaje a expresar y obtener una respuesta de este. Esta herramienta, que en un principio era física, se comenzó a masificar mediante su digitalización. Es por esta razón que aplicaciones como esta se encuentran de forma fácil en las tiendas de aplicaciones

móviles. Sin embargo, estas implementaciones suelen estar destinadas a niños con Trastornos del Espectro Autista (TEA), las cuales conversando con la especialista, suelen complicar en términos de usabilidad a los niños con PC. Esto debido a que no pueden realizar ciertos movimientos y las interfaces de estos tableros tienen los íconos dispuestos de tal forma que al querer presionar cierta acción se pasa a llevar otra, dada la disociación motriz limitada presentada por el usuario objetivo. Por ejemplo, la figura 1.1 presenta la interfaz principal de usuario de Proloquo2Go ¹, un tablero digital de comunicación con pictogramas. En la figura se aprecia que los pictogramas aparecen muy juntos entre sí, y si la pantalla no cumple con ciertas dimensiones, entonces la usabilidad se vuelve muy compleja.



Figura 1.1: Interfaz por defecto de Proloquo2Go. Imagen tomada de la página de ayuda de *AssistiveWare*: <https://www.assistiveware.com/es/ayuda/proloquo2go/vocabulario-gramatica/edita-plantilla>

También existen ciertas formas de poder manejar las acciones sobre la pantalla, que no implican el uso de las manos, como por ejemplo, el rastreo ocular. Pero esta solución tampoco es completamente viable, ya que ciertos niños poseen nistagmo ocular (movimientos involuntarios del ojo) [4] lo que no les permite controlar con total precisión lo que quieren hacer en el tablet o en el celular. Aparte que soluciones como esta requieren el uso de equipamiento especial, lo que termina por aumentar los costos.

Es así que el problema que se trató en este trabajo de título es el de buscar una implementación que pueda ser usada por gran parte de la población de interés, y que en términos de costo sea reducido, para que pueda ser utilizado en contexto de terapias o de vida diaria.

Este problema en particular representa un desafío en diversos ámbitos desde la perspectiva técnica. Primero, el apartado de análisis abarcará todo lo que tiene que ver con la creación de un modelo de dominio. Para eso se realizaron entrevistas a expertos en dominio, con el fin de poder desarrollar una solución basada en conocimiento con evidencia científica. En el

¹<https://www.assistiveware.com/es/productos/proloquo2go> Última visita: 15/01/2023

apartado de diseño se estudiaron temas de diseño de interfaces, con el fin de generar una interacción más accesible para el usuario, al momento de usar este sistema. Estos diseños también debían estar alineados con la información recabada en la etapa de análisis. La etapa de desarrollo cubrió todo lo que tenía que ver con la implementación del software, desde la elección de la plataforma ideal, hasta la programación en sí. La etapa de evaluación fue la más importante, puesto que desde la experiencia que el usuario tuvo con el prototipo, se obtuvieron oportunidades de mejora para este.

A su vez, este problema resulta ser interesante desde el punto de vista práctico, debido a que se propone trabajar con una población no convencional, usando técnicas específicas de diseño centradas en el usuario. Esto implica un acercamiento multidisciplinario a la solución, ya que se tuvo que involucrar a expertos de dominio (por ejemplo, fisiatras, fonoaudiólogos y terapeutas ocupacionales) desde etapas tempranas. Esto con el fin de generar un modelo de análisis y un diseño de prototipo inicial que tenga el potencial suficiente, para ser considerado eficiente y efectivo en su funcionamiento, para así poder maximizar las posibilidades de aceptación y futura adopción por parte de la población objetivo.

1.1. Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un software de comunicación aumentativa (hace referencia al aumento de nivel de expresión) y alternativa (hace referencia a la compensación de las dificultades comunicativas) que sea accesible, tanto de forma funcional como económica, y fácilmente usable, que le permita a los niños con parálisis cerebral llevar una interacción más fluida con su entorno.

Objetivos Específicos

Con el fin de poder lograr el objetivo general, se propuso seguir los siguientes objetivos específicos.

1. Generar un modelo de dominio, levantando los requisitos asociados a este, conseguido a partir de entrevistas con expertos del dominio, tales como fonoaudiólogos, terapeutas ocupacionales y kinesiólogos.
2. Diseñar una interfaz de usuario con una curva de aprendizaje baja, mediante la aplicación de principios de diseño, con el fin de asegurar usabilidad y accesibilidad. Los usuarios de este sistema serán niños con parálisis cerebral, por lo que definir una interfaz que se ajuste a sus necesidades es de vital importancia.
3. Asegurar usabilidad, utilidad, aceptación y accesibilidad para los usuarios de la plataforma. Para eso se harán procesos de validación con expertos de dominio, con el fin de

poder seleccionar la mejor alternativa en cuanto al desarrollo, que permita lograr los cuatro puntos mencionados.

1.2. Solución Desarrollada

La solución desarrollada para el problema planteado en este trabajo de título tiene como objetivo crear una aplicación que representa un sistema de comunicación aumentativa y alternativa que sea accesible en cuanto a usabilidad y costos.

El producto final desarrollado en este proyecto posee las siguientes características:

1. La aplicación permite al usuario seleccionar una o varias imágenes para construir una oración.
2. La aplicación permite al usuario limpiar el texto generado en pantalla.
3. La aplicación permite al usuario reproducir el texto en pantalla.
4. El usuario puede seleccionar imágenes de diversas categorías semánticas, navegando de manera cómoda entre ellas.

En cuanto a requisitos no funcionales:

1. Asegurar usabilidad de la interfaz.
2. Robusto a errores del usuario (debe ser capaz de dar un paso hacia atrás fácilmente)

Cumpliendo con estos requisitos, el producto final se considera como terminado.

1.3. Estructura del documento

En los próximos capítulos se irán desarrollando las ideas, decisiones de diseño, desarrollo de la solución, evaluación y sus resultados, para finalmente hacer un análisis de estos y concluir. Los capítulos específicos, con su respectivo resumen, son:

El capítulo 2, se titula “Trabajo relacionado”. Lo primero que es abordado en este capítulo es el estado del arte de diversos sistemas relacionados con el trabajo desarrollado en la memoria. Así, con la ayuda de Claudia Sepúlveda, fonoaudióloga de Teletón, es que se obtuvo el nombre de herramientas utilizadas, hoy en día, como tableros de comunicación. De esta investigación se obtuvo información de aplicaciones móviles de pago (de un costo alto) como *Proloquo2Go*, *TDSnap*, *TouchChat* y *Grid*. Mientras que la opción gratuita investigada es una aplicación denominada *CoughDrop*. Gran parte de estas aplicaciones se encuentran disponible solo para entornos *Apple*. Se realiza también la investigación de los productos ofrecidos por la empresa *Talk To Me Technologies*, quienes ofrecen tableros de comunicación físicos, de

diversa gama, con el enfoque puesto en desarrollar las habilidades comunicativas del usuario. Con el fin de tener un poco más de contexto, acerca de herramientas de accesibilidad para las diversas interfaces, es que también se realizó la investigación del estado del arte de sistemas de este tipo. Se encontraron aplicaciones que permiten el uso de mouse o trackball para controlar las acciones en un dispositivo *Android*, aplicaciones y herramientas que permiten usar interfaces sin las manos, tales como mediante el uso del seguimiento de rostro, movimientos de la cabeza y *eye tracking*, y plantillas físicas que permiten al usuario usar de mejor manera las aplicaciones de tableros digitales de comunicación. También se realizó la investigación de *Projecte Fressa*, un blog en el cual se realizaron diversos proyectos relacionados con accesibilidad en manejo de interfaces y sistemas de comunicación para personas con trastornos motrices, auditivos y visuales.

Luego de eso, se hace una revisión de literatura con el fin de definir una metodología de trabajo e ideas de diseño acordes al objetivo planteado. Con respecto a la metodología, se obtienen algunas conclusiones como la importancia de desarrollar con enfoque en el usuario, buscar el constante aprendizaje de las necesidades de los expertos en dominio, crear un sistema basado en sus opiniones y validar las decisiones de diseño constantemente con ellos. Luego se realizó una revisión acerca de los puntos más importantes al momento de diseñar interfaces, y para eso se tomó como referencia el curso dictado por el profesor guía “Diseño de Sistemas Interactivos”, de donde se obtuvo información para hacer una toma de requerimientos más enfocada, generar modelos de prototipo de forma rápida para ser verificados y metodologías de evaluación de experiencia de usuario. También se buscó información acerca de los aspectos básicos que debiese tener un tablero digital de pictogramas. En este apartado se señala el repositorio de pictogramas utilizado durante el desarrollo, la clave de colores que deben poseer las ilustraciones según su categoría y un material que permitió definir un lenguaje suficiente en la interfaz desarrollada.

En cuanto a términos de usabilidad, las ideas más importantes obtenidas de la investigación es que es importante implementar un sistema de predicción de palabras en los SAAC, ya que esto permite mejorar la usabilidad de la implementación, reduciendo el tiempo para poder expresar una oración. Otra conclusión obtenida es la importancia de que el software sea personalizable, en cuanto al color y la disposición de botones en pantalla, debido al rango diverso de necesidades por parte de los usuarios. Siguiendo esta misma línea, es importante el aspecto estético del sistema, pues debe cumplir estándares de aceptabilidad, tanto por parte del niño como de su entorno. En términos de accesibilidad, se investigó acerca del rango de movimiento por parte de los usuarios, concluyendo que la forma de interacción más recomendada en la literatura es el *tapping*. Por otro lado, se investigaron formas de mitigar el efecto de “*Midas Touch*”, que significa accionar botones de forma involuntaria. De la información encontrada, se concluye que para prevenir estos efectos, los botones deben tener un tamaño suficiente, y se debería implementar una característica de accesibilidad, que en el caso de esta memoria fue el de duración de *touch* antes de accionar un botón. Finalmente, se hizo una investigación sobre las metodologías de evaluación, para poder obtener resultados significativos y cumplir con estándares éticos en la manipulación de los datos.

El capítulo 3, se titula “Desarrollo de la solución”. En este apartado de la memoria se hace referencia al desarrollo completo del prototipo, desde los primeros bosquejos, selección del framework de trabajo y el prototipo final. El primer y tercer paso se realizaron con la ayuda de expertos de dominio (fisiatras y fonoaudiólogos), en el cual posteriormente de un

proceso de constante retroalimentación se logró llegar a una aplicación final. Los prototipos propuestos y revisados, son los que se ven en la figura 1.2.

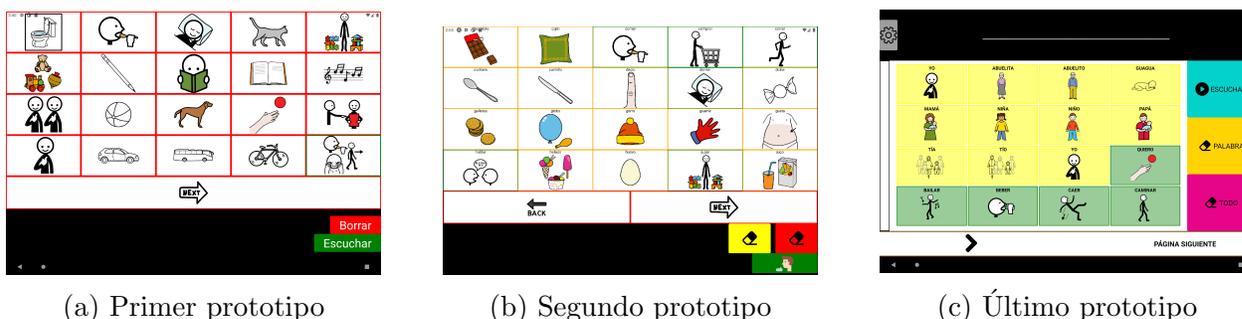


Figura 1.2: Prototipos construidos durante el desarrollo de la memoria

Las principales diferencias entre el primer y segundo prototipo varían en términos de funcionalidad básica de un tablero digital de comunicación basado en pictogramas. En el segundo prototipo ya estaban etiquetados los pictogramas e implementados los botones de borrado de última palabra y de toda la frase, a diferencia del primer prototipo. Ya en la tercera iteración se realizaron mejoras de usabilidad y de accesibilidad. Las mejoras principales fueron la distribución y tamaño de los botones, aparte de que se incluyó la función de accesibilidad, tiempo de retraso de acción, para poder reducir la cantidad de errores cometidos por acciones involuntarias, producto de la motricidad fina reducida de la población objetivo. Esta característica consiste en que para poder ejecutar la acción de un botón hay que mantenerlo apretado por este tiempo definido. Con eso se consigue disminuir la cantidad de errores, y así aumentar la usabilidad de la interfaz. El prototipo final fue elegido para continuar con la siguiente etapa, que es la de evaluación.

El capítulo 4, se titula “Evaluación de la solución”. En él se define el protocolo completo de experimentación. Lo primero que se abarca es la definición del perfil de usuario buscado para la prueba del software. Por razones de tiempo, debido a que buscar usuarios finales (niños con parálisis cerebral) podría ser no tan accesible, excediendo los tiempos de la memoria, es que se tomó la decisión de probar con gente que cumplía o simulaba el perfil de cuidador de un niño. Esto resulta ser significativo de todas formas, ya que los cuidadores deben estar integrados con la aplicación, ya que participan activamente de la interacción comunicativa que el niño pueda tener con su entorno mediante esta herramienta. Dentro del perfil se consideran a funcionarios de la salud, que ejerzan como terapeutas del niño, esto incluye a fonoaudiólogos, fisiatras y terapeutas ocupacionales. Por otro lado, se pueden encontrar a familiares de un niño con parálisis cerebral, que para probar en casos bordes la aplicación, se tomó el perfil de usuario de madre/padre, tía/o y de abuela/o. Para reclutar a estos usuarios, se usó como método el “*snowball sampling*” o muestreo de bola de nieve, que consiste en encontrar participantes que nos lleven a otros participantes, haciendo crecer la muestra. En el caso particular de esta memoria, se utilizó como semillas iniciales a los padres del memorista, para poder generar una muestra, cuyo tamaño oscile entre 65-70, según la literatura. El criterio de inclusión definido es que los usuarios participantes cumplan con el perfil de cuidador previamente mencionado y que tengan relativo conocimiento de las interfaces táctiles. Esta experiencia de los usuarios con este tipo de interfaces, fue obtenida mediante autorreporte, con una encuesta que mediante la realización de preguntas sobre funcionalidades básicas que podrían manejar en su celular, permitían señalar cuál era el nivel de expertiz del usuario.

Se tuvieron en cuenta algunas consideraciones éticas, como no presionar al usuario durante el desarrollo de la experiencia, aparte de firmar un documento de consentimiento informado, en el cual se les explica todo sobre el experimento y sus derechos en este. Para poder ejecutar el experimento, se necesitó de dos tablets, una de 8" y otra de 12.4". La idea es que la muestra total se dividiese en dos para que estos grupos realizaran la prueba en entornos distintos, con el fin de evaluar la usabilidad como característica del software y no del hardware. Esta asignación de entornos se realizó según el puntaje acumulado obtenido en la encuesta de autorreporte acerca de la experiencia con interfaces táctiles. Es por eso que se realizó un muestreo estratificado con respecto a esa variable, para tener una cantidad de "expertos" similares en ambos grupos. La cantidad esperada de usuarios por entorno, se esperaba que oscilara, según la literatura, entre los 30-35. Es por eso que la saturación en cuanto al muestreo explicado anteriormente, se esperaba que oscilará entre los 65-70, considerando que algún usuario no pudiese realizar el experimento.

El experimento en sí, corresponde a una prueba mixta en la cual se evaluaron aspectos cuantitativos y cualitativos. Para evaluar aspectos cuantitativos, es que se propusieron tareas que ejecutar en la aplicación, como por ejemplo la escritura de algunas frases o configuración de algunas características, midiendo las métricas de usabilidad de Wilson y Wixon [6], las cuales son: tiempo en completar una tarea, número y tipo de errores por tarea, número de errores por unidad de tiempo, número de ayudas necesarias y número de usuarios que completan una tarea con éxito. Para medir aspectos cualitativos es que se utiliza la encuesta NASA-TLX, cuyo objetivo es determinar la carga de trabajo percibida por el usuario durante el transcurso de la experiencia. Esta mide la carga mental y física, las exigencias temporales, rendimiento, esfuerzo y nivel de frustración. Todo este proceso se hizo en dos sesiones: la primera consistió en mostrar el consentimiento informado al usuario, para que lo lea y firme, y luego realizar la encuesta inicial de experiencia con interfaces táctiles. Luego de haber recabado la información de la totalidad de la muestra, es que se hace el muestreo estratificado para la asignación de entornos y la posterior realización de la segunda sesión, que consiste en que el usuario complete las tareas asignadas por el investigador en la aplicación, mientras este va midiendo las métricas cuantitativas. Luego de la experiencia, el usuario recibió y respondió la encuesta NASA-TLX con el fin de evaluar cualitativamente el proceso. Los materiales utilizados y sus descripciones se encuentran explícitamente en este capítulo, junto con la definición específica del proceso y los materiales utilizados referenciados en el anexo.

El capítulo 5, se titula "Resultados". En este apartado de la memoria se muestran los resultados de la etapa de evaluación. Para eso se realizó la división de los resultados de la muestra en 3. El primer grupo está compuesto por los funcionarios de la salud que experimentaron con la interfaz, que está compuesto por fisiatras y terapeutas ocupacionales. El resto de la muestra, que no pertenecía a los funcionarios de la salud, se dividieron entre adultos menores de 60 años y adultos mayores de 60 años. Esto se hizo con el fin de hacer el análisis más equilibrado. Luego, en cada uno de los grupos, se promediaron cada uno de los resultados de las métricas de usabilidad de Wilson y Wixon [6] entre las 6 tareas realizadas. Luego se hizo un análisis para comprobar qué tan significativa era la diferencia de resultados entre los entornos probados (pantalla de 8" y 12.4"), mediante el uso de pruebas T o Mann-Whitney, dependiendo si los datos poseían una distribución normal, comprobada por el método de Shapiro-Wilk. En este capítulo también se hizo un compendio de los diversos errores cometidos u observados, para identificar oportunidades de mejora en la interfaz. También se hace

una síntesis de las opiniones de los usuarios de la muestra, quienes respondieron 3 preguntas con respecto a la experiencia, con el fin de obtener recomendaciones y sensaciones para mejorar el desarrollo. Los detalles de los resultados se encuentran en el capítulo.

El capítulo 6, se titula “Análisis y discusión de resultados”. En este apartado se hacen los análisis y supuestos obtenidos a partir de los resultados. Analizando los datos cuantitativos, se obtuvo como principal conclusión que los resultados de las métricas de usabilidad de Wilson y Wixon, no tenían ninguna diferencia significativa. Esto permite concluir que la usabilidad de la interfaz, depende intrínsecamente de ella y no del hardware. Con respecto a los resultados de NASA-TLX, se pudo suponer que la interfaz ayudó a los usuarios a tener un mejor rendimiento, con un bajo nivel de frustración, pero haciéndolo con relativa carga mental y esfuerzo, pues era la primera vez que interactuaban con esta interfaz. Este supuesto debería comprobarse mediante la realización de un nuevo experimento que reduzca los efectos del contexto de experimentación, ya que eso distorsionó ciertos valores obtenidos en algunas dimensiones de NASA-TLX. De los resultados de estas encuestas surgen algunas recomendaciones de diseño. La usabilidad intrínseca del software dependía de la interfaz, la cual fue construida y validada por expertos de dominio. Así, las recomendaciones fueron: validar las decisiones de diseño con expertos de dominio y público en general y enfocarse en las funcionalidades siempre en pos de la usabilidad. En este capítulo se identifican también oportunidades de mejora y problemáticas de la interfaz, con sus respectivas sugerencias para darles solución o implementarlas. Los errores que hay que darles solución antes de otra realización del experimento son: incomprensión de retraso de acción, mejora de descripción de funciones de ciertos botones y errores de sistema. Toda la información de estos errores y las soluciones planteadas se encuentran en este capítulo.

El capítulo 7, se titula “Conclusión”. En este apartado se documentan las reflexiones obtenidas del proceso, tanto de los aprendizajes y de los resultados obtenidos. Se identifican también las oportunidades de mejora luego de la experimentación, con su respectiva criticidad, con el fin de ir agregándolas en una futura iteración. Se hace alusión también al producto obtenido de esta memoria, y que la evaluación de este ayudó a determinar que su usabilidad no estaba determinada por el hardware utilizado. Se espera que en la siguiente iteración del desarrollo, sean agregadas las oportunidades de mejora con criticidad alta, para luego probar esta con pacientes clínicos, para asegurar su usabilidad con usuarios objetivos, cosa que quedó parcialmente cumplido en el desarrollo de esta memoria.

Capítulo 2

Trabajo relacionado

Antes de poder diseñar la solución se debió revisar cómo es la situación actual o el estado del arte de los sistemas de comunicación aumentativa y adaptativa. Para eso, en la conversación con Claudia Sepúlveda se mencionaron diversas herramientas utilizadas hoy en día, en el caso específico de Teletón. También se realizaron investigaciones acerca de opciones de accesibilidad y de materiales que son útiles y fueron tenidos en cuenta durante el desarrollo de la memoria. La información de estas herramientas son las que se definen en este apartado. Cabe mencionar que se listan las herramientas que más se diferencian entre sí, por más que existan otras opciones. La presentación de estas sirvieron para tomar cierta inspiración, y también para identificar oportunidades de mejora. Una vez dicho esto, se procede a enumerar las herramientas.

2.1. Aplicaciones de Tableros de Comunicación

Las siguientes aplicaciones están inspiradas en la solución de tablero de comunicación con pictogramas explicados anteriormente, en el primer capítulo.

- Proloquo2Go: esta app en particular permite una fácil edición de interfaz con la cual se pueden cambiar de posición los distintos íconos. También posee capacidades de multilinguaje (idiomas español, inglés, francés, neerlandés, etc.), vocabulario amplio con una gran cantidad de palabras y lenguaje natural con distintos tipos de voces. La aplicación se encuentra actualmente disponible en la *App Store*¹ de *Apple* y tiene un valor de \$249.99.
- TDSnap: esta aplicación tiene características como una integración con Google Assistant, diversas representaciones del lenguaje (tales como pictogramas o texto) y una capacidad de edición de interfaz. La aplicación se encuentra actualmente disponible en la *App Store*² de *Apple*, en exclusiva para *iPad* y tiene un valor de \$49.99.

¹<https://apps.apple.com/us/app/proloquo2go-aac/id308368164> Última visita: 15/01/2023

²<https://apps.apple.com/us/app/td-snap/id1257753762?ls=1> Última visita: 15/01/2023

- TouchChat: esta herramienta posee características como una edición de botones con imágenes importadas, soporte para idiomas español e inglés y creación de escenas para contar historias. La aplicación se encuentra actualmente disponible en la *App Store*³ de *Apple* y tiene un valor de \$149.99.
- CoughDrop: esta aplicación tiene herramientas tales como grabar audio para posterior reproducción, adición de imágenes personalizadas y disponibilidad en múltiples plataformas. La aplicación se encuentra disponible de forma gratuita en la *App Store*⁴ de *Apple*, *Google Play*, *Web Browser*, *Amazon* y *Windows*.
- Grid for iPad: esta aplicación posee características como: interfaz de aplicación fácilmente editable, soporte para más de 20 idiomas, diseños de pizarra personalizados descargables, integración con Amazon Echo y emisión de audio producido por texto. La aplicación es de entrada gratuita y se encuentra disponible en la *App Store*⁵ de *Apple*. Se disponen de 30 días de prueba, y el costo de suscripción es de \$15.49 mensuales o un pago de \$549.99 para conseguir una licencia permanente.

Existen también tableros digitales de comunicación físicos que suelen ser en formato tablet y los cuales disponen de ciertas aplicaciones que permiten al usuario poder comunicarse de mejor forma con su entorno. Estos productos, aparte de otros que permiten mejorar la accesibilidad de interacción con interfaces, son vendidos por *Talk To Me Technologies*⁶. Los precios de estos dependen del tipo de tablero, que son los aparecen en la figura 2.1. Los de alta tecnología varían sus precios desde los \$7495.00 hasta los \$15800.00. La variación de este depende de las características que trae. La versión más barata incluye el software dedicado particularmente para este dispositivo (que permite navegar por internet igualmente) y un parlante desmontable de alta gama. La versión de precio más alto incluye lo anterior mencionado, permitiendo igualmente la interacción con *eye tracking* con el dispositivo, mediante una cámara de alta tecnología incluida en el tablero. Se tienen también los dispositivos de media tecnología que utilizan pictogramas físicos y que permiten la reproducción de la palabra en un parlante incluido, mediante el presionado de botones físicos que reproducen la palabra del dibujo. Estos tienen un precio que va desde los \$239.00 hasta los \$3149.00. Y por último están las soluciones de baja tecnología que consisten en tableros de comunicación físicos que funcionan basándose en el señalamiento de pictogramas, y que deben ser interpretados por un receptor. Su valor depende de la cantidad de pictogramas y del vidrio que envuelve al tablero. Sus precios oscilan entre \$178.00 hasta los \$428.00. En este sitio web se encuentra disponible material gratuito que corresponden a tableros de comunicación contextualizados, enseñanza del lenguaje para niños y actividades para poder aprovechar de mejor forma los productos ofrecidos por *Talk To Me*, para generar conocimiento en el usuario.

³<https://apps.apple.com/us/app/touchchat-hd-aac/id398860728> Última visita: 15/01/2023

⁴<https://apps.apple.com/us/app/coughdrop/id1021384570?ls=1> Última visita: 15/01/2023

⁵<https://apps.apple.com/gb/app/grid-for-ipad-subscription/id1064332378> Última visita: 15/01/2023

⁶<https://www.talktometechnologies.com/> Última visita: 15/01/2023



(a) Dispositivo de alta tecnología

(b) Dispositivo de media tecnología

(c) Dispositivo de baja tecnología

Figura 2.1: Dispositivos de comunicación vendidos por *Talk To Me Technologies*. Fuente: <https://www.talktometechnologies.com/>

2.1.1. Control de Interfaz

En este apartado se identifican las diversas opciones de interacción con sistemas tecnológicos.

- **Ease Mouse:** esta aplicación, la cual se encuentra disponible de forma gratuita en *Google Play*⁷, permite usar un mouse o trackball estándar para poder controlar las acciones que realicemos en nuestro dispositivo *Android*. En particular posee características tales como: clic por espera, facilidad de reproducción de gestos en pantallas touch y visibilidad del cursor en pantalla.
- **EVA Facial Mouse:** con esta aplicación, la cual se encuentra disponible de forma gratuita en *Google Play*⁸ se puede acceder a las funciones del dispositivo de forma alternativa (manos libres), utilizando el seguimiento de rostro con la cámara frontal. Esta app es de código abierto.
- **Open Sesame:** con esta aplicación, la cual se encuentra disponible de forma gratuita en *Google Play*⁹, permite al usuario utilizar el dispositivo sin las manos. Para eso el control se ejecuta con la cabeza, y se abre mediante control de voz.
- **EviaCam:** esta aplicación de computador¹⁰ sirve para poder utilizarlo mediante gestos a través de la webcam. Este software se encuentra disponible de forma gratuita.
- **Hiru:** este producto es una cámara que permite controlar diversos dispositivos utilizando

⁷https://play.google.com/store/apps/details?id=com.crea_si.ease_mouse Última visita: 15/01/2023

⁸https://play.google.com/store/apps/details?id=com.crea_si.eviacam.service Última visita: 15/01/2023

⁹https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sesame.phone_nougat Última visita: 15/01/2023

¹⁰<https://sourceforge.net/projects/eviacam/files/> Última visita: 15/01/2023

eye tracking(seguimiento ocular)¹¹, entre los que se encuentran tablets y computadores.

- Keyguard AT: esta empresa ofrece plantillas físicas para poder simplificar la utilización de diversos dispositivos. En su página web¹², se ven diversos productos tales como plantillas para teclado o *iPads* con *Proloquo2Go*. Sus precios, tal como sus productos, son variados.
- SmartNav: este producto es una cámara que se utiliza en diversos sistemas operativos de computador, para poder manejar este mediante el movimiento de la cabeza. En su página web¹³ se ven diversas cámaras que cubren diversas funciones.

2.1.2. Aplicaciones para Personas con Capacidad Motora Reducida

Proyecto Fressa: es un blog¹⁴ en el cual se muestran diversos proyectos con relación al manejo de interfaces, para personas con limitaciones motrices, auditivas y visuales. Hay proyectos que van desde los tableros de comunicación, hasta controladores de videojuegos personalizados. En el caso de los tableros de comunicación, el producto más relevante de esta plataforma es *Plaphoons*¹⁵, el cual es una herramienta de comunicación para personas con discapacidad física. Aparte de tener las características básicas de un tablero de comunicación, esta puede apoyar el aprendizaje de lectura y escritura, o facilitar el uso de computadores, ya que se puede utilizar como controlador. Esta aplicación cuenta con soporte tanto para Windows y Android.

2.2. Revisión bibliográfica

En este apartado se especifican diversos documentos y herramientas que fueron de utilidad para el proceso de trabajo de esta memoria. Se dividen en apartados, según el tópico en el cual se encuentren.

2.2.1. Metodología de trabajo/desarrollo

Uno de los documentos estudiados corresponde a una investigación de Heidrich con Basani [12], en la cual se hacen estudios sobre cómo integrar de mejor manera a la gente con parálisis cerebral al desarrollo de tecnología asistiva. Este documento concluye que la metodología de desarrollo con usuarios que padezcan parálisis, debe ser centrada en ellos y sus

¹¹<https://www.irisbond.com/tecnologia/hiru/> Última visita: 15/01/2023

¹²<https://www.keyguardat.com/> Última visita: 15/01/2023

¹³<https://www.naturalpoint.com/smarnav/> Última visita: 15/01/2023

¹⁴<http://projectefressa.blogspot.com/> Última visita: 15/01/2023

¹⁵<https://projectefressa.blogspot.com/2016/01/plaphoons-download.html> Última visita: 15/01/2023

necesidades. Y esto se hace aún más relevante al desarrollar software educativo para las personas con PC. Por otro lado, se hacen algunas aseveraciones con respecto al desarrollo de interfaces que fueron útiles para el proyecto. Por ejemplo, se menciona que la interfaz que más acomoda a los usuarios es la que usa colores más claros por sobre los oscuros.

Para la metodología de obtención de información se usó *Lean UX* [16]. En pocas palabras, esta metodología consiste en crear un producto que priorice todos los requerimientos necesarios para saciar las necesidades de los usuarios, eliminando cualquier funcionalidad que no aporte a estos de forma rápida. Así, con base en el constante aprendizaje de las necesidades, generado por la continua comunicación con el cliente, es que se llega a un producto mínimo viable (MVP) que posee un gran valor. En el caso particular del proyecto mencionado en este informe, esta metodología se implementa en la estrategia de diseño-desarrollo incremental, mediante el ciclo constante de muestra de cambios y recibimiento de feedback por parte de los expertos en dominio.

También se realizó la investigación de una metodología llamada *Domain Driven Design* (DDD), acuñada así por Eric Evans en su libro *Domain-Driven Design - Tackling Complexity in the Heart of Software* [10], la cual entrega muchos beneficios, los cuales son:

- Comunicación efectiva entre expertos del dominio y expertos técnicos.
- Foco en el desarrollo de un área dividida del dominio (subdominio).
- El software es más cercano al dominio, y, por lo tanto, es más cercano al cliente.
- Código bien organizado, permitiendo el testing de las distintas partes del dominio de manera aisladas.
- Lógica de negocio reside en un solo lugar, y dividida por contextos.
- Mantenibilidad a largo plazo.

Estos principios se vieron reflejados en la solución en un diseño de interfaces que está creado basándose en las opiniones y conocimientos de expertos en la materia. Otro reflejo de DDD en la implementación es que se obtuvo un desarrollo de aplicación robusta, que permitirá una mantenibilidad a largo plazo, debido a los principios de diseño basados en el conocimiento adquirido del contexto. Esto da un valor mayor a la solución al problema planteado, pues está realizado sobre una base científica robusta.

En cuanto a la validación de conceptos de diseño, el libro utilizado fue *Sketching User Experiences: The Workbook* [11], particularmente se usó la metodología de *design funnel* definida en él. Este método hace alusión a la granularidad de las ideas durante el proceso de desarrollo, desde su concepción hasta la construcción del prototipo. Se comienza con muchas ideas, las cuales se van refinando con el avance de las iteraciones, llegando a una final en la cual las ideas tienen una granularidad muy fina. Por eso el concepto de *funnel*, el cual en español significa embudo, por la forma que realizan las ideas en el gráfico entre la concepción de un concepto hasta el que finalmente es desarrollado.

2.2.2. Diseño de interfaces

El memorista tuvo que realizar una revisión a la lectura disponible para poder entender las distintas aristas detrás del diseño de interfaces, puesto que la experiencia anterior del alumno, con respecto a este tema, era reducida. Para eso se le dio acceso al material dispuesto por el profesor guía en su ramo de “Diseño de Sistemas Interactivos”. El estudiante revisó las clases, para poder generar mayor conocimiento en cómo enfrentar las entrevistas de toma de requisitos. Esto último fue útil para poder obtener los requerimientos de forma más clara en las conversaciones con la fonoaudióloga de Teletón. También sirvió para poder generar un modelo de prototipo más rápido que privilegiara las funcionalidades de la interfaz. Este material fue muy útil durante el desarrollo y posterior evaluación, ya que otorgó las directrices para construir el proceso de experimentación y el análisis de los resultados obtenidos de este.

2.2.3. Aspectos básicos de un tablero digital de pictogramas

En este apartado se indican los aspectos a considerar como necesarios al momento de realizar la implementación. Estos principalmente tienen que ver con el uso de pictogramas como herramienta de lenguaje, debido a que existe un estándar en su uso. El Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad (CERMI) elaboró una guía¹⁶ de la cual se desprenden las siguientes ideas a ser consideradas para el desarrollo. Primero, el uso de pictogramas como lenguaje, requiere de un tiempo de aprendizaje para poder comprenderlos y usarlos. Otra característica que se menciona es que se deben utilizar pictogramas estándares. Si bien, esto se menciona como un aspecto a considerar para la señalización universal en entornos de uso público, mediante las entrevistas e investigación de tableros ya implementados para niños con TEA, se puede observar que los pictogramas son bastante semejantes, o que en algunos casos, son los mismos. Esto con el fin de hacerlos más accesibles en cuanto al aprendizaje y que migrar entre tableros no represente un sacrificio en cuanto al tiempo invertido en una aplicación. Un recurso importante obtenido de esta guía, es la página del Centro Aragonés para la Comunicación Aumentativa y Alternativa (ARASAAC)¹⁷. Esta consiste en un repositorio de pictogramas, los cuales suelen ser utilizados como estándar tanto en tableros digitales, como físicos. Aparte, su contenido está disponible de forma completamente gratuita, con lo que para realizar el prototipo inicial, esta plataforma fue la fuente de los pictogramas utilizada. Esta herramienta fue recomendada también por la fonoaudióloga de Teletón. Otro aspecto a ser considerado es el código de colores de los pictogramas. Estos siguen un estándar llamado “*Clave Fitzgerald*”, que recibe este nombre gracias su creadora Edith Mansfield Fitzgerald, que fue una profesora estadounidense que padecía sordera y que creó este código con el fin de enseñar a sus alumnos con el mismo padecimiento a corregir errores gramáticos y de sintaxis, mediante una ayuda visual. Esta publicación de 1926 supuso un gran avance en la educación de estudiantes con discapacidades auditivas. Con el tiempo, este código de colores también se fue utilizando en la enseñanza de la comunicación alternativa y aumentativa, y en consecuencia en los tableros con pictogramas. El código de colores está definido de la siguiente manera:

¹⁶https://www.plenainclusion.org/sites/default/files/pictogramas_accesibilidad_cognitiva._guia_rapida.pdf Última visita: 15/01/2023

¹⁷<https://arasaac.org/> Última visita: 15/01/2023

- Personas/Nombres propios: amarillo.
- Verbos: verde.
- Descriptivos: azul.
- Sustantivos: naranja.
- Sociales: rosado/morado.

Existe también la categoría miscelánea, que corresponde a todas las palabras no contenidas en las anteriores categorías, y estas no tienen un color definido. En la figura 2.2 se aprecian algunos ejemplos de las categorías mencionadas.



Figura 2.2: Ejemplos de categorías semánticas de los pictogramas. Imagen tomada de la página de aula abierta de ARASAAC: <https://aulaabierta.arasaac.org/en/tutorial-caa-how-to-recognize-the-keys-of-color-of-the-pictograms>

Parte importante de la construcción de la solución es el lenguaje considerado suficiente para una correcta utilización del tablero. Para eso, luego de hacer averiguaciones con expertos de dominio, es que se llega a conocer sobre las categorías semánticas de Feldman (anexo A.1). Estas consisten en una categorización del vocabulario basado en el rango etario, el cual representa las palabras básicas que debiesen ser manejadas para los niños del nivel correspondiente. Es muy usado por fonoaudiólogos, para realizar intervenciones y/o evaluaciones del lenguaje dentro de las terapias. En el caso de la aplicación, es usada para generar un vocabulario mínimo, con el objetivo de asegurar un lenguaje que permita que la implementación tenga un uso robusto y funcional. Y estos aspectos básicos son los necesarios para poder construir este tablero digital de comunicación basado en pictogramas, los cuales se consideraron imprescindibles en el desarrollo.

2.2.4. Usabilidad

Uno de los documentos investigados corresponde a una investigación realizada por Walsh [29], donde se habla acerca de algunas consideraciones que se debiesen tener al momento de plantear una interfaz de comunicación aumentativa y alternativa. Si bien no existen conclusiones experimentales con respecto al estudio, dado que esto quedó planteado para otra iteración de la investigación, sí hay ideas que fueron útiles. Principalmente con lo que tiene que ver con las automatizaciones que se puedan hacer de la plataforma, mediante la predicción de palabras a ingresar y el movimiento automático de categorías cuando el usuario selecciona alguna palabra de estas. Esto hace que la experiencia de usuario mejore, pues el tiempo para expresar una oración disminuye, según la investigación.

Otras ideas fueron obtenidas de una investigación realizada por Wyke [30] quien luego de hacer un desarrollo de un prototipo de calculadora, manejado por *eye tracking*, y probarlo en personas con parálisis cerebral, concluyó algunos puntos que son de mucha utilidad al momento de diseñar para la población objetivo. Uno de esos puntos, es que el software debe ser personalizable, en cuanto a términos de color y disposición de botones en pantalla. Esto debido a que cada usuario puede tener necesidades distintas, como por ejemplo puede haber algunos a los que se les haga más cómodo cierto contraste de color entre el texto y el de fondo. Otro aspecto a ser tomado en cuenta, según la investigación de Bonello, Farrugia, Buhagiar y Mercieca [3], es el aspecto estético de la interfaz. Si bien el enfoque de su trabajo está puesto en el desarrollo de dispositivos de rehabilitación físicos, la conclusión acerca de que el aspecto estético debe cumplir con estándares de aceptabilidad del niño, de los padres y de la sociedad en general, puede ser extrapolado al desarrollo de software para la población. Esto hará que el usuario de la implementación se sienta más seguro al momento de utilizarla.

2.2.5. Accesibilidad

Un aspecto de vital importancia para este proyecto es la accesibilidad, y uno de los puntos más importantes es tener en consideración la capacidad de movimiento del usuario. Según la información recabada en las fases de investigación, existen ciertas acciones que deben ser priorizadas en desmedro de otras. En el caso del estudio de Nicolau-Guerreiro-Jorge-Gonçalves [23] se concluyó que para usuarios con problemas motrices, las interacciones con mejor precisión son las de *tapping* y *crossing*. También concluyen que los errores para el *tapping* convergen para objetivos con tamaños entre 7 y 12mm, que los usuarios tienen problemas al alcanzar botones lejanos del centro y que los bordes deben ser tratados con cuidado, ya que pueden ayudar a mejorar o empeorar la capacidad de precisión. Por otro lado, el trabajo de Montague-Hanson-Cobley [21] concluyó que la combinación de *tapping* y *swipping* también es otra opción útil para personas con discapacidades motrices. Otra conclusión es que la cantidad de errores se reducía cuando los elementos en pantalla, el tiempo de acción del *touch* y el tamaño de fuente eran personalizables. Es debido a estas conclusiones que se optó por utilizar el *tapping* como interacción principal al momento de diseñar la aplicación.

Otro aspecto a tener en consideración es que poseer una discapacidad motriz hace que ciertas acciones puedan ser ejecutadas con complejidad, lo que puede aumentar la tasa de

errores al usar el tablero. Un ejemplo de estos errores, es el accionar un botón distinto al que se quiere, producido por la motricidad fina reducida del usuario. Este concepto se denomina como “*Midas Touch*”. Para solventar este problema, se pueden aplicar ciertas características que ayudan al usuario a ejecutar las acciones que quieran realizar, sin cometer algún error. En el artículo de CHI, “*PersonalTouch: Improving Touchscreen Usability by Personalizing Accessibility Settings based on Individual User’s Touchscreen Interaction*” [31] se construyó una aplicación que permite al usuario adaptar las funcionalidades de accesibilidad de iOS, dada la habilidad con la pantalla y pruebas realizadas para el desarrollo. Las habilidades evaluadas son: tocar y mantener, deslizar, scroll horizontal, scroll vertical, pinch y rotar. Para cada una de estas se realizaron ciertas tareas que permitían evaluarlas, como tocar un cuadro en la pantalla para evaluar el tocar la pantalla, deslizar la pantalla en un sentido mostrado para evaluar y así para todas las habilidades existe una prueba. Una vez se hacía la evaluación en estas tareas, la aplicación ajustaba las opciones de accesibilidad de iOS, dependiendo de las habilidades del usuario. En este sistema operativo, estas funciones de accesibilidad son:

- Duración de touch antes de accionar botón.
- Ignorar repetición del touch.
- Asistencia de *tapping* (quedarse con la primera o última interacción en la pantalla)
- Tiempo de retraso previo para la asistencia de *tapping*.

Los resultados de esta prueba indicaron que al activar al menos una de estas opciones de accesibilidad, los usuarios mejoraban los resultados en la realización de las tareas impuestas por los investigadores. De hecho, en personas con problemas motrices aumentó un 8,5 % la tasa de éxito al momento de interactuar con los objetivos en la pantalla táctil. Este problema, no es exclusivo para interfaces táctiles, sino que también puede ocurrir en las interfaces que son controladas por “*eye tracking*” como lo señala Pär [25] en su estudio. En este documento se proponen algunos métodos para solucionar el problema de “*Midas Touch*”, que pueden ser útiles para las interfaces táctiles. Primero, está el “*Dwell time*”, que corresponde al tiempo de interacción que requiere el usuario con un objetivo para accionarlo. Y según sus conclusiones, un mayor tiempo aumenta la precisión del usuario dentro de la implementación. Otro aspecto importante a rescatar de esta investigación es la forma de dar feedback al usuario. Para eso plantean dos formas. La primera es una forma visual, que colorea el botón cuando se interactúa con él, para que quien utilice la herramienta pueda saber qué está accionando. Y la segunda es de una forma auditiva, en la cual se reproduce el texto del objetivo con el que se interactúa. De este apartado se utilizaron como herramientas para el desarrollo, el tiempo de retraso antes de que el botón ejecute la acción y la retroalimentación visual para cada objeto dentro de la interfaz. También se aplicará un tamaño de botones que tengan dimensiones mayores a las de los actuales tableros digitales, para poder prevenir el “*Midas Touch*”.

2.2.6. Evaluación

En cuanto a términos de evaluación de prototipo, la principal referencia utilizada es *Usability engineering methods for software developers* [1], en donde se obtienen las directrices

más importantes a tener en cuenta durante la realización de la evaluación del prototipo, para obtener resultados más significativos de este.

En términos éticos, la referencia utilizada es *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* [15]. En este libro se tratan las aristas éticas a tener en cuenta durante el proceso de investigación y el cómo deben ser tratados los datos de los individuos participantes.

Capítulo 3

Desarrollo de la solución

En este capítulo se presenta de forma secuenciada cada uno de los pasos seguidos hasta llegar al prototipo final utilizado durante la etapa de evaluación.

3.1. Primeros diseños y evaluación con expertos de dominio

Parte de las primeras reuniones con Claudia Sepúlveda estuvo enfocada en la toma de requerimientos inicial, con el fin de poder generar un primer bosquejo de lo que podría ser la interfaz del prototipo. Los requerimientos obtenidos a partir de estas primeras reuniones fueron:

1. La aplicación permitirá al usuario seleccionar una o varias imágenes para construir una oración.
2. La aplicación permitirá al usuario limpiar el texto generado en pantalla.
3. La aplicación permitirá al usuario reproducir el texto en pantalla.
4. El usuario podrá seleccionar imágenes de diversas categorías semánticas, navegando de manera cómoda entre ellas.

En cuanto a requisitos no funcionales:

1. Asegurar usabilidad de la interfaz.
2. Robusto a errores del usuario (debe dar un paso hacia atrás fácilmente)

Con el fin de responder a esos requerimientos, se realizó el bosquejo de la interfaz visto en la figura 3.1, en el software *Paint* de *Windows*.

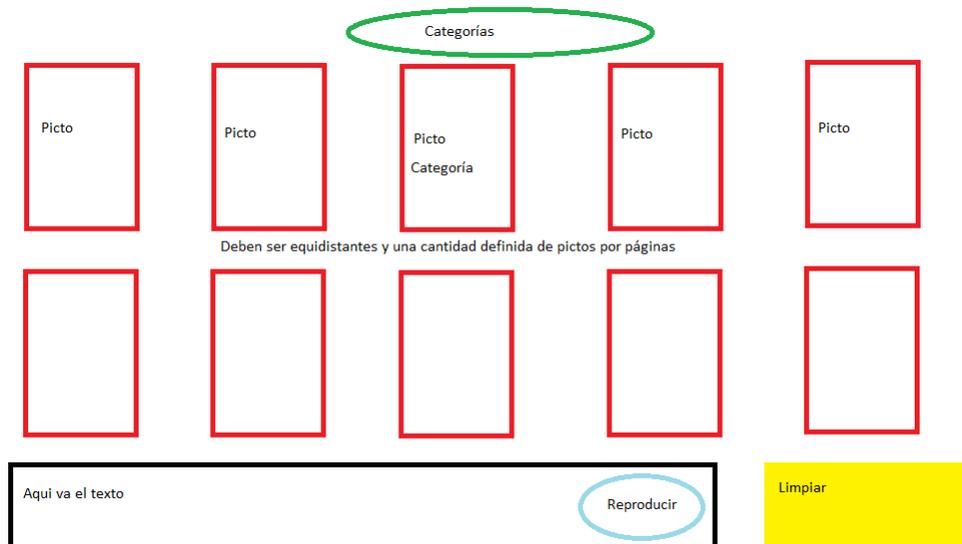


Figura 3.1: Idea de interfaz inicial propuesta por el estudiante, hecha en software Paint

En él se ven reflejados los requisitos funcionales, a través de los objetos que se ven en pantalla. Hay un cuadro de texto, en donde se escribía lo que quiere ser dicho con los pictogramas, existiendo a su vez un botón que permite escuchar o limpiar lo que está escrito en el cuadro de texto. También se planteó un botón de categorías en la parte superior, con el fin de navegar a través de estas. Con respecto a requisitos no funcionales, la usabilidad se busca asegurar dejando espacios entre cada uno de los objetos en pantalla, haciendo así también que esta interfaz sea robusta a errores, permitiendo un movimiento más cómodo dentro de ella.

Este diseño fue presentado a Claudia, la cual dio cuenta de algunos inconvenientes como: la cantidad de pictogramas planteada era muy baja, y eso podía quitar funcionalidad a la aplicación. Se sugirió un mínimo de 20 pictogramas por pantalla. También comentó que las categorías pueden compartir espacio con los pictogramas, así que no debería haber problema en que se integren junto a los ellos.

A partir de este feedback es que se genera el segundo bosquejo de interfaz, el cual se ve en la figura 3.2.

Como grandes cambios presentados en esta nueva versión, es que se puede ver una mayor cantidad de pictogramas en pantalla, y también un botón de volver, el cual le permite a los usuarios volver a una categoría anterior de manera fácil, con un tamaño suficiente. Esto ya que la especialista mencionó y mostró, que en algunas aplicaciones este botón se encuentra oculto, o es muy pequeño, dificultando su accesibilidad.

Habiendo validado el prototipo inicial con la experta de dominio, se procedió a empezar el desarrollo.

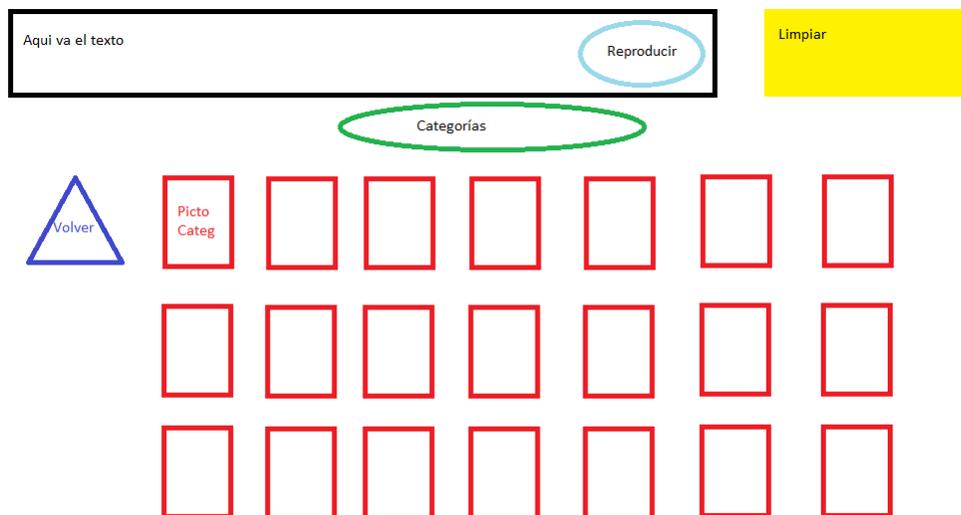


Figura 3.2: Segunda propuesta de interfaz realizada por el estudiante, luego de recibir retroalimentación por parte de Claudia Sepúlveda. Hecha en software Paint

3.2. Framework de trabajo

Para poder seleccionar qué tipo de framework se elegiría, primero había que definir cuál sería el sistema operativo seleccionado para la implementación. Lo que se buscó con el proyecto es que gran parte de la gente pueda acceder a él. En los estudios realizados, y mencionados en capítulos anteriores, se observa que gran parte de las soluciones de tablero digital están desarrollados para plataforma Apple, en desmedro de Android. Al año 2020, Android abarcaba más del 80% del mercado de dispositivos mundial, frente al 15,9% de iOS¹, con lo que se puede observar que el mercado del sistema más masivo, no está cubierto de forma óptima. Es por eso, que se desarrolló esta herramienta para dispositivos Android.

Luego de haber definido el sistema operativo, el memorista realizó una investigación de las diversas herramientas disponibles para la construcción de una aplicación móvil, puesto que su experiencia en estos desarrollos era baja. Esta se realizó con el fin de mitigar el riesgo de contar con un ambiente de desarrollo ya configurado, para implementar la aplicación sin mayores contratiempos. A partir de esta búsqueda de información surgieron dos opciones de implementación: multiplataforma o nativa. Cada una de estas presentan sus ventajas y desventajas, las cuales se mencionan a continuación:

- Multiplataforma: este método consiste en desarrollar una aplicación con algún lenguaje en particular, que permite su uso en más de un sistema operativo, en este caso iOS y Android. Las principales ventajas de esta forma de implementación es que el código se crea una vez y funciona en varias plataformas, y esto hace que sea menos costoso en recursos como tiempo y dinero, desarrollar para más de un sistema operativo móvil. La principal desventaja es que depende mucho de la comunidad dedicada al framework el soporte que esta tenga, puesto que ciertas actualizaciones de los sistemas operativos

¹<https://es.statista.com/grafico/18920/> Última visita: 15/01/2023

podrían diezmar el uso de las aplicaciones y ahí son los desarrolladores quienes corrigen los elementos de los lenguajes para poder asegurar el funcionamiento. Ejemplos de framework de este tipo son: *Flutter*², *React Native*³ y *Ionic*⁴.

- Nativa: este método consiste en desarrollar una aplicación móvil para un sistema operativo en específico, con algún lenguaje en particular. Las principales ventajas de esta forma de implementación es que permite un acceso rápido a las características del dispositivo y que está optimizada para cada sistema operativo. La principal desventaja es que se requiere de un mayor tiempo para poder desarrollar alguna aplicación para más de un sistema operativo. Ejemplos de framework de este tipo son: *Kotlin*⁵(Android) y *Swift*⁶(iOS).

En vista de las virtudes y defectos de ambos métodos, y tomando en consideración las necesidades de la implementación, es que se toma la determinación de usar algún framework multiplataforma. Esto porque permite programar para los dos sistemas operativos mayoritarios (Android e iOS) y porque permite ahorrar tiempo de aprendizaje, dado los conocimientos previos del memorista. También esto permite enfocarse en el diseño de la interfaz, más que solucionar los posibles obstáculos técnicos del lenguaje. También la principal desventaja de este tipo de desarrollo se ve saneada, puesto que las comunidades de estos frameworks son grandes, y en caso de cualquier tipo de inconveniente, probablemente ya exista una solución.

Luego de tomar esta decisión, se seleccionaron dos posibles lenguajes que fueron estudiados por el memorista, uno fue Flutter y el otro React Native. Sin embargo, el memorista al tener un acercamiento a React, más que a Dart (lenguaje utilizado por el framework Flutter) es que tomó la decisión de elegir React Native. Aparte, al momento de buscar información específica sobre ciertas funcionalidades sobre lenguajes, React Native parecía tener una mayor comunidad. Una vez ya seleccionado el lenguaje, se realizó un “Hello World”, con la funcionalidad básica que podría tener un tablero digital de comunicación. En este se puede observar dos imágenes que representan a “hola” y “mundo”, las cuales al tocar rellenan con su título particular el apartado de texto de salida. Esto se puede observar en la figura 3.3.



Figura 3.3: Estados de la aplicación prototipo ”Hello World” hecha por el estudiante en React Native.

²<https://flutter.dev/> Última visita: 15/01/2023

³<https://reactnative.dev/> Última visita: 15/01/2023

⁴<https://ionicframework.com/> Última visita: 15/01/2023

⁵<https://developer.android.com/kotlin> Última visita: 15/01/2023

⁶<https://www.apple.com/cl/swift/> Última visita: 15/01/2023

El proceso de construcción de esta aplicación simple, consistió en primero emular un dispositivo Android. Para eso se utiliza *AVD Manager*⁷ de *Android Studio*. En el caso de esta aplicación se usó un emulador con resolución similar a un tablet de 12.4" (2560x1800), con Android versión 11.0. Ya con la emulación disponible se debe instalar *Node JS*⁸ para ejecutar el comando *expo-cli*⁹ que representa al cliente que permite ejecutar la app posteriormente en el emulador creado. Para instalar el comando se ejecuta en la terminal la siguiente línea:

```
npm install -g expo-cli
```

Una vez que se tiene el cliente expo instalado, queda crear e iniciar el proyecto. Para eso se busca la carpeta en la cual se quiera guardar el proyecto completo, y una vez creada, se ingresa a esa carpeta para iniciar el proyecto. Para eso se ejecutan las siguientes líneas:

```
expo init nombre_carpeta_proyecto
cd nombre_carpeta_proyecto
npm start # tambien se puede usar: expo start
```

Todo el detalle del lanzamiento de la aplicación se encuentra en la documentación de *React Native*¹⁰. Con esto listo, hay que dirigirse al emulador de Android creado, en la cual se encontrará la aplicación *Expo Go*. Dentro de esta se enlistarán todos los proyectos que se ejecutaron. Luego se hace click en el proyecto de interés y se puede ver una app simple, que dependiendo del template elegido mostrará un resultado distinto. En el caso de que no se muestre ningún error, entonces significa que la app está funcionando. Con eso listo, hay que dirigirse a App.js en la carpeta del proyecto y comenzar a desarrollar.

3.3. Primer prototipo

Para esta parte del proyecto, debido a cuestiones administrativas dentro de Teletón, es que la colaboración con Claudia Sepúlveda no pudo seguir adelante. Luego de hacer averiguaciones es que se consigue el contacto de la doctora Gabriela Hidalgo, fisiatra de Teletón y Coaniquem. La profesional nos ayuda a pactar reuniones con Rodrigo Cubillos, en ese momento jefe de Innovación de Teletón, quien actuó como colaborador. Dado que no tenía contexto de lo realizado hasta el momento, se le presentaron los avances que se llevaban en el prototipo visto en la figura 3.4.

Se recibió una retroalimentación por parte de Rodrigo, en la cual propuso hacer algunos cambios. Uno de esos fue la cantidad de pictogramas, donde señaló que era mejor tener una menor cantidad de estos, pero que era deseable que se vayan reajustando mediante la utilización de un predictor de texto. Otras ideas surgidas de estas reuniones fueron, la posibilidad de contextualizar los pictogramas por geolocalización, juegos educativos dentro de la aplicación e implementar dos botones de borrado, uno para la última palabra y otro para toda la frase. Las dos primeras ideas son propuestas como trabajo futuro, pues no se

⁷<https://developer.android.com/studio/run/managing-avds?hl=es-419> Última visita: 15/01/2023

⁸<https://nodejs.org/es/> Última visita: 15/01/2023

⁹<https://docs.expo.dev/> Última visita: 15/01/2023

¹⁰<https://reactnative.dev/docs/environment-setup> Última visita: 15/01/2023

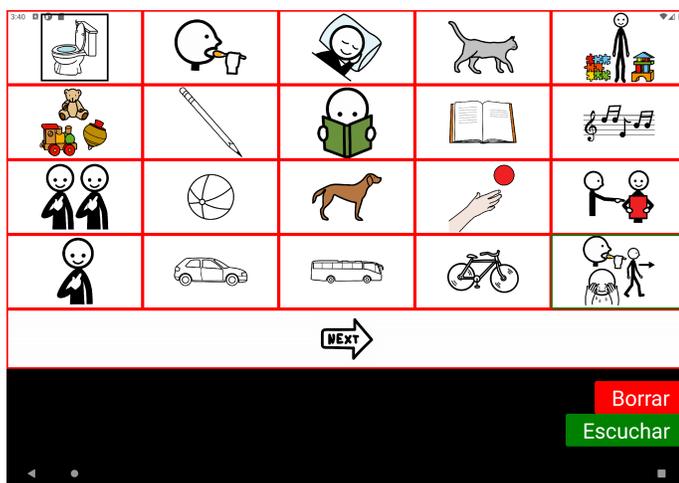


Figura 3.4: Primer prototipo desarrollado

encuentran en el alcance del proyecto. La tercera es una opción que va en favor de tener una mejor experiencia de usuario, así que fue implementada en el segundo prototipo.

Otro punto importante fue definir los pictogramas a utilizar, pues al ser una aplicación que busca ser accesible, es que se puso como objetivo no utilizar internet. Así que los pictogramas seleccionados debían ser estáticos. Entonces, consultando con el especialista, el nivel escogido dentro de las categorías de Feldman (anexo A.1) al momento de realizar el prototipo, es el que abarca desde los 2 años hasta los 3 años y 11 meses. Esto para asegurar una funcionalidad suficiente del prototipo, y que tenga como objetivo ser una aplicación “de entrada” a los tableros de comunicación.

En esta etapa aún falta por implementar los contornos de la categoría del pictograma, su etiqueta y agregar las palabras del nivel pactado.

3.4. Segundo prototipo

Siguiendo las recomendaciones de Rodrigo y completando las funcionalidades que faltaban, el prototipo obtenido fue el observado en la figura 3.5.

Las mayores diferencias entre esta y la anterior iteración es que se implementaron los bordes de los pictogramas con el color de las categorías, la navegación entre páginas y el borrado de última palabra o de toda la frase.

La evaluación de este prototipo se realizó con Gabriela Hidalgo, quien realizó las siguientes aseveraciones: la primera es que se podrían agrupar de mejor manera las categorías semánticas de los pictogramas. Luego señaló también que el tamaño de la fuente era muy pequeño e imperceptible. Y por último, se tuvo que verificar la simbología de los botones de borrado y lectura de texto, pues a priori no quedaba claro.

También se recibió feedback por parte del profesor guía Francisco Gutiérrez, quien recomendó cambiar los botones de navegación, pues no tenían ninguna consistencia y que los

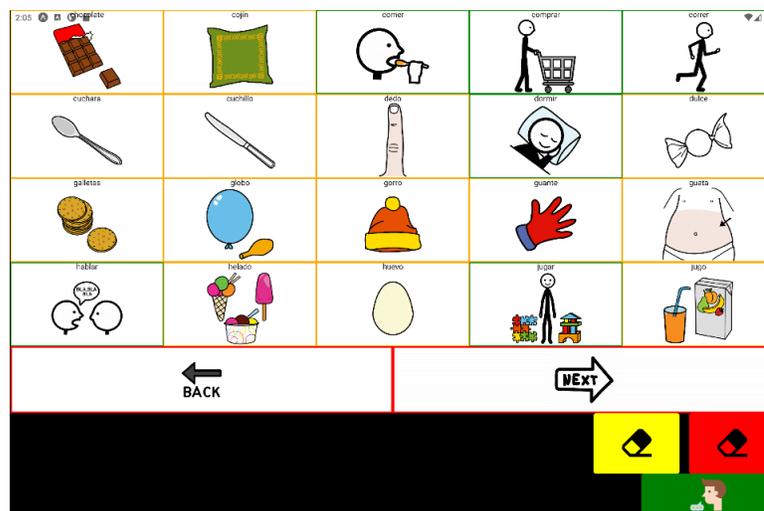


Figura 3.5: Segundo prototipo desarrollado

colores de los bordes se confundían, debido al reducido espacio que existía entre los pictogramas. En reuniones posteriores también recomendó no repetir los colores utilizados, entregando al alumno la herramienta *Paletton*¹¹, figura 3.6, con el fin de obtener una triada de colores que estuviesen a una distancia equivalente en el rango cromático.

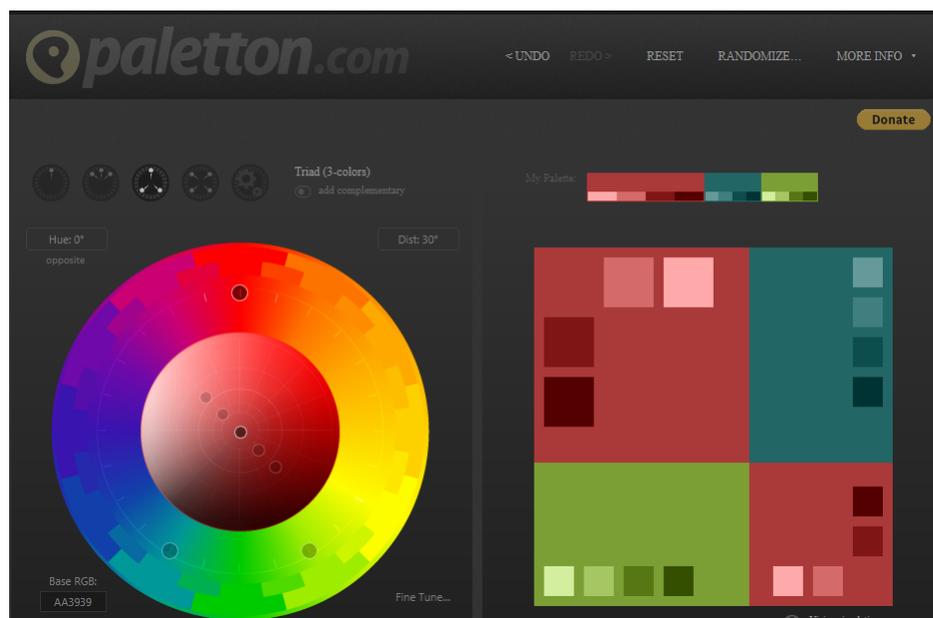


Figura 3.6: Página web de *Paletton* con una triada de colores definida

¹¹<https://paletton.com/> Última visita: 15/01/2023

3.5. Prototipo final

En esta etapa, dado que se buscaba agrupar de mejor manera las categorías, es que se optó por hacer una predicción simple de estas, dejando en primer lugar los pictogramas de la categoría más probable luego de insertar una palabra. Esto es, cuando la palabra está vacía, entonces se recomienda colocar un sujeto primero (color amarillo). Si se selecciona una de esta categoría, es más probable que luego venga un verbo, antes que un sustantivo, entonces el tablero mostrará primero las acciones (color verde). Y finalmente, si se selecciona un verbo, se muestran primero los sustantivos, puesto que es más probable que se seleccione una palabra de esta categoría luego de una acción. Un ejemplo de esto se ve en la figura 3.7

También se implementó el tiempo de retraso de acción. Esto consiste que antes de que se accione un botón de la aplicación, se debe mantener este por el tiempo de retraso de acción configurado. Esta es una opción que permite reducir los efectos del “*Midas Touch*”, previniendo los errores involuntarios que pueda cometer el usuario. Este tiempo se configura desde una pantalla de ajustes (figura 3.8) implementada en este prototipo, accesible desde un botón con un símbolo de engranaje. En esta pantalla se encuentra un deslizador que permite aumentar el nivel de tiempo de retraso de acción, por nivel. Cada nivel aumenta en 100 milisegundos el tiempo necesario que hay que mantener el botón para ejecutarlo. El acceso a esta ventana está alejada del centro, específicamente en la esquina superior izquierda, para que el niño no ingrese por error a esta.

También en esta iteración se implementó la escritura con pictogramas en el cuadro de texto, pues como la población objetivo no sabe leer, entonces el feedback debe estar basado en los símbolos, no en el texto escrito. Si solo se dejaba el texto, entonces el usuario no entiende lo que escribió. Se solucionó el problema de los colores de las categorías semánticas, que se confundían entre sí. Esto se hizo separando los pictogramas y aparte de agregar el borde del color correspondiente, también se puso en fondo con un menor alpha. Por otro lado, se cambiaron los colores, tamaño y disposición de los botones de acción (escuchar, borrar última palabra y borrar todo) para hacer que sean más fácilmente accesibles.

Y por último, se implementó un feedback visual, representado por una barra en el lado izquierdo del tablero (abajo del botón de ingreso a ajustes), la cual se va rellenando de color celeste hasta que la mantención del botón hace que se complete la acción. Otra mejora de este tipo, es que se implementó un relleno de color celeste cuando el botón sea tocado, para que el usuario sepa qué está accionando en la interfaz. Esto se ve en la figura 3.9

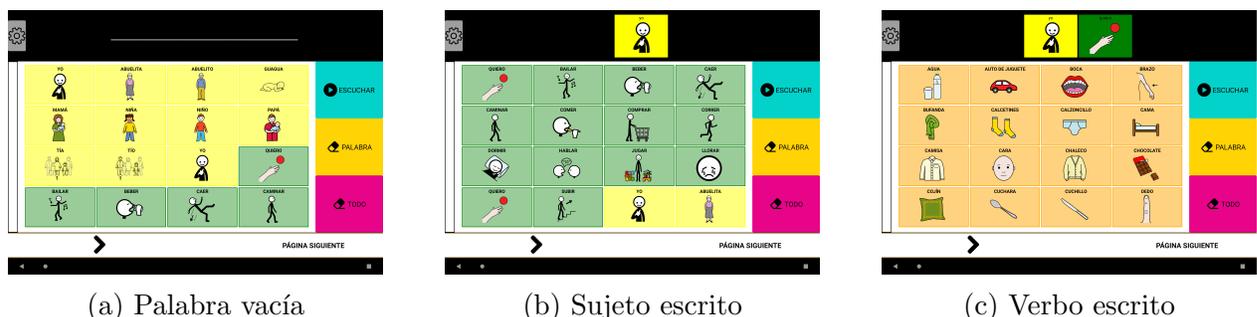
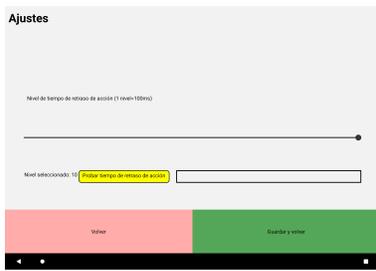
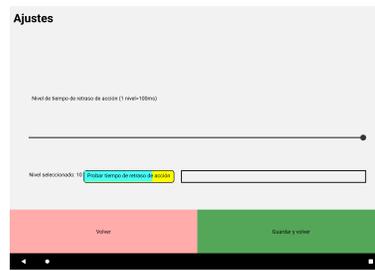


Figura 3.7: Estados de orden de los pictogramas dependiendo de la última palabra escrita.



(a) Nivel de tiempo de retraso de acción nivel 10

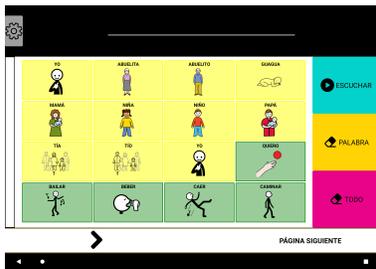


(b) Manteniendo el botón de prueba

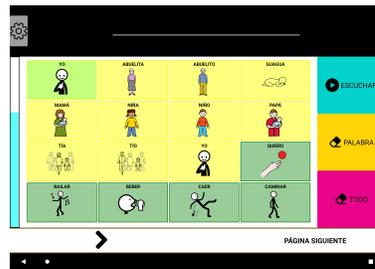


(c) Acción de prueba terminada

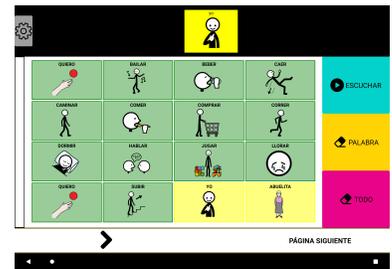
Figura 3.8: Pantalla de ajustes



(a) Estado neutro



(b) Acción iniciada



(c) Acción terminada

Figura 3.9: Feedback visual tiempo de retraso de acción seleccionando un pictograma

Habiendo desarrollado este prototipo, se empieza con la etapa de evaluación.

Capítulo 4

Evaluación de la solución

En este capítulo se definen los procedimientos para poder evaluar la solución construida.

4.1. Definición de la evaluación

Debido a que una evaluación con usuarios finales, en este caso niños con PC, puede ser riesgoso debido al tiempo que haya que invertir en buscar gente de la población objetivo, que podría exceder los plazos de la memoria, es que se decidió probar con el perfil de un cuidador. Así, la muestra abarcó a personal de la salud, como por ejemplo fisiatras, fonoaudiólogos o terapeutas ocupacionales. También dentro de este perfil se incluyó a gente que podría ser familiar de un niño con PC, que tenga relativo conocimiento en interfaces táctiles, como por ejemplo madre/padre, tía/o o abuela/o. Esto se hizo con el fin de poder asegurar que el producto desarrollado posee una curva baja de aprendizaje, que le permita al usuario entender cada uno de los objetos de la interfaz, sin antes haber interactuado con ella. Esta evaluación permitió obtener una retroalimentación de parte de usuarios indirectos, quienes son los se integran a esta herramienta comunicativa utilizada por un niño con parálisis cerebral, por lo que se hace importante saber si es también usable para este perfil.

4.2. Protocolo de experimentación

Se diseñó un protocolo de evaluación empírica, del tipo prueba de concepto. Este consiste en una prueba basada en la realización de tareas dentro de la aplicación, por parte del usuario. En estas se midieron las métricas de usabilidad de Wilson y Wixon [6], con el fin de obtener una medida cuantitativa de la prueba. Posterior al desarrollo de la experiencia, el usuario debió responder una encuesta basada en el método NASA-TLX, con el fin de medir sus sensaciones durante el desarrollo de la prueba, con respecto a las cargas de trabajo. A cada uno de los usuarios se les asignó un entorno de prueba, que corresponde a una tablet de 8" o de 12.4", en la cual realizaron la experiencia. Esta asignación se hizo dividiendo la muestra en dos, con respecto a la variable "experiencia en interfaces táctiles", autorreportada

por los usuarios en una encuesta inicial realizada antes del proceso de prueba. Cabe señalar que el proceso cumple con los protocolos éticos, los cuales se encuentran en conocimiento de los usuarios, mediante la lectura y firma de un formulario de consentimiento. El objetivo del proceso completo fue determinar la usabilidad intrínseca de la interfaz desarrollada, en dos entornos de prueba distintos, descartando así que esta característica dependía del hardware utilizado. También permitió identificar oportunidades de mejora para el desarrollo.

4.2.1. Participantes

¿Quiénes conformaron la muestra?

Usuarios que cumplieran con el perfil de un cuidador de niños con PC, ya sea personal de la salud, especializados en terapias con usuarios objetivo o bien con familiares, en los que se incluyó a personas que son madre/padre, tía/o o abuela/o con relativa o nula experiencia en interfaces táctiles. Los familiares del perfil indicado no tenían que ser necesariamente parientes de un niño con PC, solo se simuló el perfil. La muestra estuvo compuesta de esta forma, puesto que es importante que el entorno del niño sea integrado a la herramienta, ya que es su forma de comunicación y en algunos casos requerirá ayuda de este entorno para introducirse en el sistema o hacer ajustes de este. Así que saber qué tan usable es para los cuidadores la aplicación, implica poder descubrir oportunidades de mejoras previas a la interacción del niño con el desarrollo.

¿Cómo se reclutaron los participantes?

Se utilizó el muestreo no probabilístico, “bola de nieve” (snowball sampling). Esto consiste en pedir/invitar a los participantes iniciales a incentivar la participación de sus conocidos en el proceso de estudio. Las semillas iniciales fueron los padres del investigador, puesto que tenían contacto directo con gente que potencialmente podrían ser parte de la muestra, dado que pertenecen a organizaciones sociales y podían ser un nexo importante. En estas organizaciones se pudo encontrar gente que cumple con el perfil de cuidador familiar. Dentro de estas organizaciones, se obtuvieron más sujetos que participaron del estudio. En lo que refiere al personal de salud, se contó como semilla inicial a la doctora Gabriela Hidalgo, quien permitió al memorista poder acceder a más expertos en dominio para que probaran la aplicación. El proceso de muestreo fue de tipo exponencial, es decir, un individuo investigado, pudo invitar a 2 o más personas a participar. El proceso de saturación se produjo cuando se alcanzó un mínimo de entrevistas iniciales, que fue el tamaño de la muestra más un excedente. Como la cantidad de participantes esperada era de 60 mínimo (esto se explica más adelante), la saturación se alcanzó con 63 entrevistas iniciales, suponiendo que algunos participantes podían ser excluidos de la muestra final.

Criterios de inclusión y exclusión

El criterio de inclusión es que el usuario cumpliera con el perfil de cuidador de un niño con parálisis cerebral. Ejemplos de este perfil son funcionarios de la salud, terapeutas de un niño con PC, como puede ser un fonoaudiólogo, terapeuta ocupacional o fisiatra, o algún familiar cuidador del usuario objetivo, con conocimiento nulo o relativo de interfaces táctiles. Este perfil de pariente incluyó a usuarios como madres/padres, tías/os o abuelas/os, que

no necesariamente estuviesen relacionados con un niño con parálisis cerebral. El criterio de exclusión, correspondió a cualquier otro usuario que no cumpliera con ninguno de los dos perfiles.

Categorización

- Género: cualquiera.
- Edad: mayor de 18 años.
- Conocimiento previo de la aplicación: nulo o bajo.
- Conocimiento previo de interfaces touch: nulo o relativo, en cuanto a las funcionalidades básicas de un celular.

Verificabilidad de la muestra

Con el fin de saber si el usuario era personal de salud o familiar cuidador, se le preguntó a cada usuario participante si cumplía con ese perfil. Luego se realizó una encuesta previa a la experiencia, como la del anexo B.1 a cada sujeto, con el fin de poder tener información acerca de su conocimiento previo de interfaces táctiles, específicamente sobre funciones de su celular. Ejemplos de estas preguntas son:

- ¿Su celular dispone de pantalla touch?
- ¿Ha interactuado alguna vez con alguna pantalla táctil?
- ¿Puede realizar llamadas desde su teléfono?
- ¿Puede enviar mensajes por Whatsapp desde su teléfono?
- ¿Puede enviar mensajes de voz por WhatsApp desde su teléfono?

Los resultados de esta encuesta fueron utilizados para luego asignar alguna de las dos tablets, a cada usuario, con el fin de que ambos entornos quedaran con una cantidad similar de “expertos”. Como son respuestas de si o no, se asignó un puntaje dependiendo de estas. En este caso, la encuesta consta de 16 preguntas de si o no, más otras de respuesta más extensa, para obtener más información sobre la muestra.

Consideraciones éticas

No presionar a los usuarios de una forma que los pueda incomodar. Firmar documento de consentimiento informado, en el cual se le explica a los usuarios el fin del experimento y sus derechos en este, como por ejemplo que los participantes pueden abandonar el experimento cuando quieran. También hay que señalar que el protocolo experimental de la evaluación se sometió a auditoría por parte del comité de ética y bioseguridad en investigación de la facultad. El documento de consentimiento se encuentra en el anexo B.2.

Posibles sesgos en la muestra

Que los entrevistados puedan dar una respuesta que no corresponda a lo que realmente es, al momento de verificar su nivel de manejo con interfaces táctiles. Esto pudo incidir en que en el muestreo se pudiesen tener participantes con alto manejo de interfaces táctiles, lo que pudo haber generado outliers en los resultados de los experimentos.

Tamaño de muestra

Debido a que el proceso de experimentación estuvo basado en entrevistas, el tamaño de la muestra debería ser por sobre los 30. Este número está planteado por Holzinger [1] como un mínimo para este método de testeo, con el fin de obtener respuestas más significativas. El número de muestra final para este experimento, debió oscilar entre 30-35, para cada entorno utilizado durante este, que en este caso son dos tablets, una de 8" y otra de 12.4".

4.2.2. Materiales

¿Qué se necesitó para ejecutar el estudio?

Se necesitaron 2 tablets de distinto tamaño, de 8" y 12.4", para verificar que las virtudes de la aplicación eran debidas a la interfaz y no al tamaño de la pantalla. La muestra se dividió en 2, con el fin de que cada uno de los usuarios interactuase con una de las dos tablets. Se necesitó también que estas tablets tuviesen sistema operativo Android y la aplicación previamente instalada.

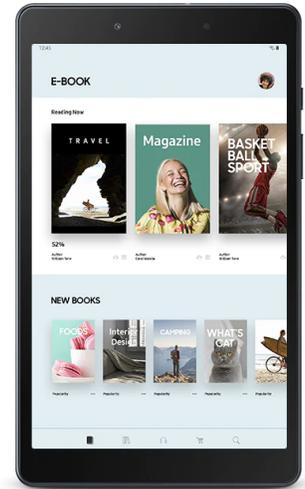
Condiciones de control y de variación

Control: hardware utilizado. Provisto por el equipo de investigación. Las especificaciones del hardware utilizado son:

- Samsung Galaxy Tab S7 FE SM-T733 (lanzado 21 de junio de 2021, figura 4.1a):
 - Pantalla: 12.4", 2560x1600 (WQXGA)
 - CPU: Qualcomm Snapdragon 750G SM7225 (8 nm), Octa-core, 2x 2.4GHz Kryo 570 + 6x 1.8GHz Kryo 570, 64-bit.
 - RAM: 6GB
 - OS: Android 12
- Samsung Galaxy Tab A SM-T290 (lanzado 05 de julio de 2019, figura 4.1b):
 - Pantalla: 8.0", 1280x800(WXGA)
 - CPU: Qualcomm Snapdragon 429 SDM429 (12 nm), Quad-core, 1950 MHz, ARM Cortex-A53, 64-bit
 - RAM: 2GB
 - OS: Android 11



(a) Samsung Galaxy Tab S7 FE SM-T733



(b) Samsung Galaxy Tab A SM-T290

Figura 4.1: Tablets utilizadas durante la evaluación del tablero. Fuente: <https://www.samsung.com/>

Variación: no hay, pues todos ocuparon la misma aplicación.

Plausibilidad del estudio

El diseño metodológico está validado por expertos en dominio, con experiencia en HCI y estudios de usabilidad en la población. Los métodos de medición de usabilidad basados en tareas están validados dado el estudio de Wilson y Wixon, del año 1997 [6]. El tamaño de la muestra está validado, según lo planteado por Holzinger [1].

Replicabilidad del estudio

El hardware está especificado en el apartado de condiciones de control. El código fuente del software se encuentra en un repositorio de GitHub ¹. Con el código fuente se puede construir un apk que puede ser instalado en la tablet, con sistema operativo Android.

4.2.3. Definición del experimento

Prueba A/B entre sujetos (*between subject*), considerando como grupos experimentales los tamaños de tablets. Esto con el fin de estudiar la usabilidad intrínseca de la interfaz, más allá de las características del hardware. El proceso de asignación de grupos se realizó con un muestreo estratificado, en lugar de forma aleatoria. Esto consistió en tomar los resultados de la encuesta de experiencia inicial, y tomar el 50 % de cada uno de los representantes de las puntuaciones. Sí, por ejemplo, había 2 personas con puntuación 15, entonces 1 persona iba a quedar en un grupo y la otra en el otro. Y eso se aplicó a todos los puntajes. Con eso se controló la homogeneidad entre ambos, al tener una cantidad de “expertos” similares

¹<https://github.com/maBahSan/SAAC-Cerebral-Palsy> Última visita: 15/01/2023

en ambos grupos. Con respecto a las puntuaciones que solo tenían un representante, se les asignó de forma aleatoria un entorno.

Proceso de experimentación

Considerando que este tipo de prueba requiere que los grupos A y B sean independientes, es que el proceso completo contó con dos partes. Primero, un proceso de captación, que corresponde a realizar la encuesta planteada en el apartado de verificabilidad de la muestra, con el fin de caracterizarla y poder obtener la voluntad de participación de los posibles usuarios. En este proceso, también se aplicó el proceso de muestreo de bola de nieve, para poder ir captando más usuarios y la firma del documento de consentimiento informado. Luego de que se obtuvo la información necesaria y habiendo alcanzado la saturación, el investigador realizó la división de la muestra total en 2 grupos que respondan a las características necesarias para hacer una prueba A/B. Esta división se hizo tabulando la información obtenida de las entrevistas iniciales y contando los puntos obtenidos. Luego de eso se hizo un muestreo estratificado en donde se buscó tener una cantidad semejante de “expertos” entre ambos grupos, basada en la puntuación asignada anteriormente. Luego de este proceso de captación y caracterización de la muestra, vino el proceso de ejecución de la experiencia. En ella, se hizo el proceso que se indica a continuación, para ambos grupos:

Se comienza la sesión con una etapa de saludo, y en donde se explicó en qué consistía a grandes rasgos el proceso. “Es una aplicación en la que puede escribir palabras, utilizando imágenes. El día de hoy yo le pediré que me escriba algunas frases y que durante el proceso me vaya señalando todo lo que va sintiendo y viendo. No se sienta presionado/a en este proceso, solo vaya probando lo que crea y sienta que debe hacer, ya que se está evaluando a la aplicación y no a usted.”. Luego de eso se les dio una breve introducción acerca de la finalidad que tiene el tablero de comunicación.

Luego de eso, se dio comienzo a la realización de las 6 tareas, en la tablet correspondiente al usuario, que van por orden de dificultad y que se definen a continuación:

1. Primera tarea:

- Frase a escribir: “yo quiero agua”
- Acciones a ejecutar:
 - (a) Con la aplicación abierta, el usuario debe presionar los pictogramas que aparecen en pantalla formando la frase.
 - (b) Reproducir la frase.
 - (c) Borrar todo.

2. Segunda tarea:

- Frase a escribir: “yo quiero jugar”
- Acciones a ejecutar:
 - (a) Sin ninguna frase escrita, se presionan los pictogramas necesarios para armar la frase.
 - (b) Reproducir la frase.

(c) Borrar todo.

3. Tercera tarea:

- Frase a escribir: “mamá quiero galletas jugo”
- Acciones a ejecutar:
 - (a) Desde el estado final de la tarea anterior, presionar los pictogramas que sean necesarios para armar la frase.
 - (b) Reproducir la frase.
 - (c) Borrar todo.

4. Cuarta tarea:

- Acciones a ejecutar:
 - (a) Ir a la pantalla de ajustes.
 - (b) Cambiar el tiempo de retraso de acción a nivel 5.
 - (c) Probar el tiempo de retraso de acción.
 - (d) Guardar y volver.

5. Quinta tarea:

- Frase a escribir: “papá comprar leche”
- Acciones a ejecutar:
 - (a) Sin ninguna frase escrita, se presionan los pictogramas necesarios para armar la frase.
 - (b) Reproducir la frase.
 - (c) Borrar todo.

6. Sexta tarea:

- Acciones a ejecutar:
 - (a) Ir a pantalla de ajustes.
 - (b) Cambiar el tiempo de retraso de acción a nivel 0.
 - (c) Probar el tiempo de retraso de acción.
 - (d) Guardar y volver.

Habiendo realizado todas las pruebas, en el entorno asignado, se realizó una encuesta basada en NASA-TLX (anexo B.3), para medir las sensaciones de los usuarios durante el transcurso del desarrollo de las tareas. Esta herramienta sirve para calificar la carga de trabajo percibida, en 6 dimensiones distintas, durante la compleción de las tareas, para evaluar en este caso un sistema computacional interactivo. Las dimensiones que evalúa esta encuesta son:

- Exigencia mental

- Exigencia física
- Exigencias temporales
- Rendimiento
- Esfuerzo
- Nivel de frustración

NASA-TLX se utiliza como un instrumento estándar en la industria, el cual es válido y confiable desde un punto de vista psicométrico. Una vez, los usuarios terminan de responder esta encuesta, se les hicieron 3 preguntas extras para poder indagar más en sus sensaciones, las cuales fueron: ¿qué tarea siente que le costó más?, ¿qué le gustaría haber sabido antes de empezar la experiencia?, y ¿qué le mejoraría o qué le falta a la aplicación?. Con eso se dio por finalizada la experimentación. Durante el desarrollo de las tareas, el evaluador fue midiendo las métricas de Wilson y Wixon [6], las cuales son:

- Tiempo en completar una tarea.
- Número y tipo de errores por tarea.
- Número de errores por unidad de tiempo.
- Número de ayudas necesarias.
- Número de usuarios que completan una tarea con éxito.

Para eso, el facilitador hizo uso de la plantilla del anexo B.4.

4.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos

Tipo de estudio

Caso de estudio exploratorio, debido a que prioriza los puntos de vista de las personas. Los datos fueron recolectados en papel, para facilitar el proceso a los usuarios participantes. Las diversas encuestas fueron impresas, para que se pudiesen responder con lápiz. Con respecto a la medición de las métricas, el investigador estuvo atento al proceso, para ir midiendo el tiempo, contando errores, ayudas, etc.

¿Cómo se recolectó la información?

Para medir los tiempos de demora por tarea, se utilizó el cronómetro del celular. El tiempo se tomó al inicio de cada tarea, inmediatamente después de dar las instrucciones al usuario. Se hizo recolección manual de los datos, completando una tabla de recolección de datos, la que se encuentra en el anexo B.4. Los datos se pasaron luego del instrumento físico a digital, a un Excel, para hacer los estudios necesarios.

Calibración de los instrumentos

Con respecto al cronómetro (celular) hubo que fijarse que estuviese cargado. Las encuestas debían estar impresas previamente a realizar cualquier proceso de la investigación.

Validez y confianza de los instrumentos

NASA-TLX (anexo B.3), Wilson y Wixon [6] son métodos conocidos que están estudiados y validados.

Limitaciones de los instrumentos: validez interna y externa

Por razones operativas solo se probaron esas dos configuraciones de tablet, de 8" y 12.4".

4.2.5. Procedimiento de Recolección de Datos

¿Cómo se recolectó la información?

- Pre intervención: en el proceso previo a la intervención, cada uno de los potenciales sujetos de investigación, recibió el documento de consentimiento para estar debidamente informado acerca de lo que se haría en este proceso. Si el participante aceptaba y firmaba el documento, recibía una encuesta en papel para poder determinar la experiencia inicial con interfaces táctiles (anexo B.1). Luego de obtener un tamaño de muestra suficiente, se comenzó a hacer la segmentación de esta por el nivel de experiencia con interfaces táctiles, para asignarles uno de los dos entornos(8" o 12.4") a cada usuario. Se asignó una puntuación según las respuestas del entrevistado. Luego se hizo la caracterización de los usuarios, dividiendo a cada grupo según el conocimiento, para que ambos segmentos de la muestra estuviesen equilibrados según el nivel de experiencia.
- Durante la intervención: durante la intervención se tomaron los tiempos entre tareas con un cronómetro y se fue rellenando el documento de recolección de datos (anexo B.4) para registrar las otras métricas.
- Post intervención: Luego de la intervención se le pidió al usuario completar una encuesta basada en NASA-TLX (anexo B.3) con el fin de poder capturar sus sensaciones al momento de realizar las tareas planteadas. La información obtenida durante y post la intervención fueron traspasadas a digital, para hacer el análisis estadístico de rigor.

Condiciones de observación y/o experimentación

El usuario debía encontrarse en el mismo lugar que el facilitador. Al momento de empezar a utilizar la aplicación, el usuario debía encontrarse un poco más alejado del facilitador, salvo que el primero requiriese ayuda.

Pilotaje del proceso

Para pilotar el proceso, se pueden reducir la cantidad de tareas a 3 en ambos entornos (tablets), omitiendo la exploración inicial de la población objetivo. Es decir, solo se hizo el proceso de durante y post intervención. Así el proceso fue el siguiente:

1. Primera tarea:

- Frase a escribir: “yo quiero agua”
- Acciones a ejecutar:
 - (a) Con la aplicación abierta, el usuario debe presionar los pictogramas que aparecen en pantalla formando la frase.
 - (b) Reproducir la frase.
 - (c) Borrar todo.

2. Segunda tarea:

- Acciones a ejecutar:
 - (a) Ir a la pantalla de ajustes.
 - (b) Cambiar el tiempo de retraso de acción a nivel 5.
 - (c) Probar el tiempo de retraso de acción.
 - (d) Guardar y volver.

3. Tercera tarea:

- Frase a escribir: “yo quiero jugar”
- Acciones a ejecutar:
 - (a) El usuario debe presionar los pictogramas que aparecen en pantalla formando la frase.
 - (b) Reproducir la frase.
 - (c) Borrar todo.

4. Cuarta tarea:

- Acciones a ejecutar:
 - (a) Ir a pantalla de ajustes.
 - (b) Cambiar el tiempo de retraso de acción a nivel 0.
 - (c) Probar el tiempo de retraso de acción.
 - (d) Guardar y volver.

Finalmente, se le pidió al usuario responder la encuesta basada en NASA-TLX (anexo B.3). Este proceso de pilotaje se puede realizar con cualquier persona que tenga experiencia previa nula o baja, con la interfaz construida. Se espera que el tamaño de muestra deseado para el piloto sea de 3 personas, para poder verificar que el proceso es suficientemente entendible para el investigador y el usuario.

Verificabilidad del proceso

El proceso de pilotaje fue supervisado por un experto de dominio con conocimientos en HCI y usabilidad, por lo que el proceso fue debidamente verificado. El protocolo adhiere a las

normas en HCI, según John Creswell [15]. Estas normas éticas tienen que ser aplicadas antes y al comienzo del estudio, recolectando, analizando, reportando, compartiendo y almacenando los datos.

Replicabilidad del proceso

El proceso es replicable, pues se definen las componentes y los instrumentos utilizados en el anexo.

Limitaciones del proceso

Con respecto a las limitaciones del proceso, con respecto a la validez interna se encuentran las tablets utilizadas, las cuales son de 8" y 12.4", sin probar otros tamaños. Con respecto al procedimiento, se tiene como limitación los instrumentos de recolección de datos, que evalúan las sensaciones del usuario, como NASA-TLX(aspecto cualitativo) y las métricas de Wilson y Wixon [6](aspecto cuantitativo) junto con los instrumentos utilizados para su medición, en este caso celular para medir el tiempo. Con respecto a la validez interna, se probó con usuarios que cumplieren con el perfil de cuidador (funcionarios de la salud o familiares de niños con parálisis cerebral), mayores de edad, con relativo conocimiento en interfaces táctiles, en desmedro de usuarios finales (niños con PC). Y con respecto a la validez ecológica, se tienen las casas de los usuarios, puesto que las experiencias se hicieron ahí, salvo en el caso de los funcionarios de la salud, quienes realizaron la experiencia en su lugar de trabajo, en este caso la institución Coaniquem.

Capítulo 5

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del proceso de experimentación en general. Primero se muestran los resultados referentes a la caracterización de la muestra reclutada. Luego, para mostrar los resultados de la experiencia en sí, se dividió la muestra en 3: personal de la salud, adultos menores de 60 años y adultos mayores de 60 años, con el fin de hacer la comparación más equilibrada. Y para hacer la presentación de esos resultados, se agruparon estos para cada una de las métricas de Wilson y Wixon [6], promediándolas y comparando entre entornos. Finalmente, se presenta información adicional obtenida de las experiencias, con base en las opiniones de los usuarios, que aportan a generar oportunidades de mejora para el software probado. Todos los gráficos mostrados, tanto en este apartado como en el anexo, fueron realizados en el software RStudio.

5.1. Caracterización de la muestra

En este apartado se presentan los resultados obtenidos previamente a la realización de la experiencia. Se presentan los resultados referentes a la información básica de la muestra, tales como la edad y el género, junto con los datos de la experiencia en interfaces táctiles autorreportados en la encuesta inicial.

5.1.1. Tamaño de la muestra

Para el proceso de construcción de la muestra, como se explicó en el capítulo anterior, se aplicó la técnica de bola de nieve. Usando este método de captación se obtuvo una muestra de tamaño 63, quienes respondieron la encuesta inicial. Debido a diversas razones, 2 usuarios no pudieron realizar la experimentación, por lo que el tamaño final de la muestra quedó en 61.

5.1.2. Proporción de personal de salud en el total de la muestra

De esta muestra, 8 usuarios corresponden a personal de la salud, que contienen a profesionales como terapeutas ocupacionales y fisiatras. Mientras que el resto(53) de la muestra corresponde a personas que simulan cumplir el perfil de cuidador, los cuales contienen a padres/madres, abuelas/os y tías/os.

5.1.3. Género de la muestra reclutada

Dentro de la muestra, el género mayoritario es el femenino, con 37 representantes, siendo aproximadamente un 61 % de la muestra. Mientras que el 39 % restante, está cubierto por los 24 representantes del género masculino.

5.1.4. Información etaria de la muestra

Con respecto a los datos etarios de la muestra en general se tiene que la edad promedio es de 57.06 años, mediana de 60 años, mínima de 23 años y una máxima de 82 años. Esta variable tiene una desviación estándar de 11.28. La moda de esta variable es de 62 años que cuenta con 7 representantes en la muestra. Agrupando las edades por género se tiene que para el género femenino la edad mínima es 23 años, mediana de 58 años, media de 55.16 años y máxima de 81 años. Mientras que para el género masculino se tiene que la mínima fue de 28 años, la mediana de 63 años, media de 60 años y máxima de 82 años. El histograma de distribución de edades por género se puede ver en la figura 5.1.

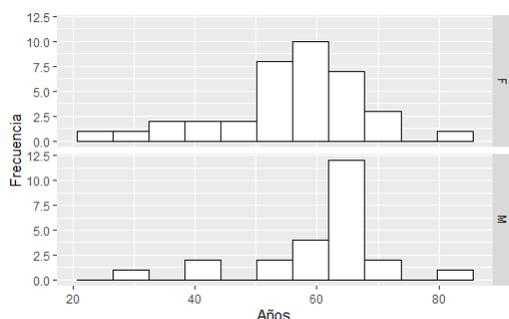


Figura 5.1: Histograma de distribución de edades por género para la muestra captada.

Lo que sigue a continuación es la síntesis de los datos obtenidos en la encuesta inicial(anexo B.1), que tenía como objetivo poder obtener la experiencia con interfaces táctiles por parte del usuario, con preguntas enfocadas en la familiaridad que podrían tener con su celular.

5.1.5. Encuesta inicial

Lo primero que se reporta son los valores relacionados con la puntuación de experiencia basada en las 16 preguntas que se hicieron en esta etapa inicial. La forma en que se obtiene

esta puntuación corresponde a la suma de respuestas sí en el cuestionario. La puntuación más frecuente es la de 15. Otros datos que se obtuvieron con respecto a esta métrica es que el mínimo puntaje fue 0, el puntaje mediano fue 14, el puntaje medio fue 12.15 y el máximo 16. La distribución de puntajes de experiencia se grafican en el histograma de la figura 5.2.

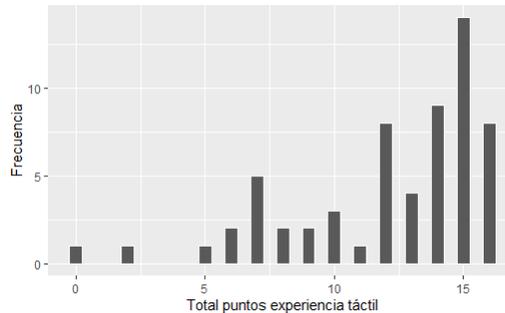


Figura 5.2: Histograma de distribución de puntuación de experiencia con interfaces táctiles para la muestra captada.

También se reportaron otras medidas con respecto al tiempo de uso del celular, función principal utilizada del celular y aplicación más utilizada por los usuarios en sus celulares, las cuales se observan en los anexos C.1, C.2 y C.3 respectivamente.

5.2. Preparación del experimento

En esta sección se indican los resultados relevantes para preparar el experimento, específicamente la asignación de entornos por grupo, para dejar cada uno de estos equilibrados en cuanto a la experiencia con interfaces táctiles autorreportada por los usuarios.

5.2.1. Asignación de entornos de prueba

Una vez se caracterizó la muestra y se obtuvieron todos los datos de la experiencia inicial, se procedió a realizar la asignación de entornos de prueba, con el fin de que estos dos grupos resultantes, uno por tamaño de tablet, quedaran lo más equilibrado posible con respecto a la puntuación de nivel de experiencia, autorreportada por los usuarios previamente en el proceso de encuesta inicial. Para realizar este proceso de asignación de entorno se optó por utilizar un muestreo de tipo estratificado para asegurar este equilibrio previamente mencionado. Este muestreo consiste en agrupar a los sujetos de la muestra con respecto a una característica, y luego dividirlos por algún factor y asignarlos a una subpoblación con el fin de que se pueda asegurar una cantidad de sujetos en esta con tal característica. En el caso del muestreo realizado específicamente para este experimento, se agrupó a los usuarios por su nivel de experiencia autorreportado, y luego estos grupos se dividieron en 2, yendo un 50% a un entorno y el otro 50% a la otra pantalla, para asegurar que cada una de las tablets tuvieran la misma cantidad de “expertos”. A los usuarios que tuvieran una puntuación de única aparición, se les asignó una tablet de manera aleatoria. Sin embargo, este método de asignación no fue aplicado a toda la muestra. Esto debido a limitaciones de tiempo para acceder a realizar la

experiencia con funcionarios de la salud, es que se les excluyó de este muestreo, porque se optó por realizar la encuesta inicial y prueba en la misma sesión. Para el resto de la muestra, el experimento consistió en dos sesiones, siendo la primera en donde se realizaban las encuestas iniciales y la firma del consentimiento informado. La segunda consistía en la prueba de la aplicación con el entorno asignado. Una vez todos los sujetos de la muestra pasaron por la primera sesión, teniendo las encuestas de experiencia de toda la muestra, es que se hizo este muestreo estratificado, el cual se ve graficado en el *boxplot* de la figura 5.3.

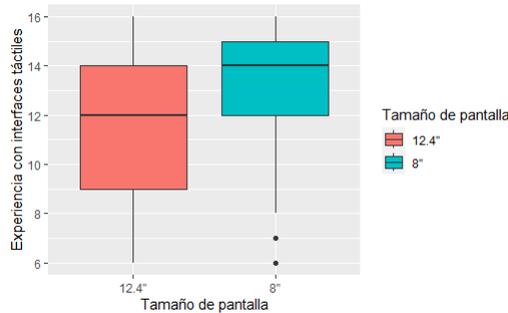


Figura 5.3: Boxplot de puntaje de experiencia táctil para ambos entornos al realizar el muestreo estratificado.

Se observa una diferencia entre ambas cajas, esto debido a que cuando se hizo el muestreo estratificado aún se contaban con los 63 usuarios para la experiencia, pero al final se reportan omitiendo los 2 que no participaron, los 8 funcionarios de la salud y 4 que tienen una puntuación única. Al final se obtuvo una submuestra de tamaño 48, la cual se divide a su vez en un grupo de 25 que experimentó con la pantalla de 12.4" y otro de 23 que realizó la prueba con la pantalla de 8". El diagrama de caja que muestra la asignación de la muestra total, es decir, la de tamaño 61, se puede observar en la figura 5.4.

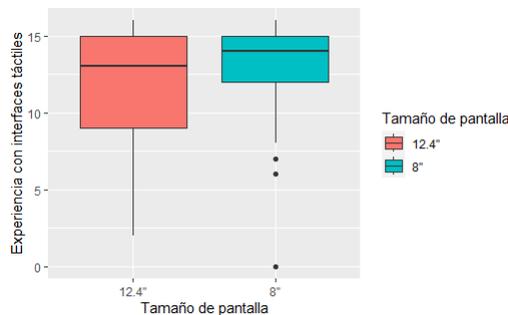


Figura 5.4: Boxplot de puntaje de experiencia táctil para ambos entornos, en relación con la totalidad de la muestra.

De esta forma, para el entorno de 8" la puntuación de experiencia mínima es de 0 puntos, la mediana de 14 puntos, la media de 12.48 puntos y la máxima de 16 puntos. Por otro lado, en el entorno de 12.4" se obtuvo una mínima de 2 puntos, mediana de 13 puntos, media de 11.84 puntos y máxima de 16 puntos.

Con el fin de comparar qué tan significativas son las diferencias entre puntaje de experiencia en interfaces táctiles, para cada entorno, es que se hará una prueba de Mann-Whitney,

esto debido a que se rechaza la hipótesis nula de Shapiro-Wilk que nos permite asumir la normalidad de esta variable en ambos entornos (p-valor de 0.0001 para la pantalla de 8" y p-valor de 0.003 para la de 12.4", menores a los 0.05 requeridos). La hipótesis nula señala que la probabilidad de que alguien tenga más experiencia en un entorno de 8" que en el de 12.4", es igual a la probabilidad de que alguien tenga más experiencia en el de 12.4" que en el de 8". Al realizar la prueba se tiene que el p-valor es igual a 0.51 el cual es mayor a 0.05. Por eso es que la hipótesis nula no se puede rechazar, concluyendo que la diferencia entre las probabilidades de que un usuario tenga más experiencia en interfaces táctiles en un entorno que en otro, no es significativa. El tamaño del efecto observado es despreciable (0.06), pero no es significativo. Lo que permite concluir que no hay grandes diferencias en los entornos con respecto a los puntajes de experiencia, que fueron la variable utilizada para hacer el muestreo estratificado.

5.3. Resultados del experimento

Con el fin de poder comparar los resultados de una forma más significativa, es que se tomó la decisión de dividir la muestra en tres grupos. El primero de estos es el personal de salud, que corresponden a la muestra de 8 que realizaron el experimento en una única sesión. El resto de la muestra se segmentó en dos grupos más, que se diferencian entre los adultos mayores de 60 años y los adultos menores de 60 años. Como criterio para seleccionar a los adultos mayores se toma como referencia los 60 años, esto según lo definido por el artículo 1 de la ley 19.828¹ que considera a toda persona como adulto mayor a toda persona que haya cumplido los 60 años. Es así que los grupos finalmente definidos son: personal de la salud, y usuarios que no pertenecen a esta última submuestra se dividen entre adultos menores a 60 años y adultos que hayan cumplido los 60 años. Debido a que las tareas planteadas tienen la misma naturaleza, que en este caso es demostrar la usabilidad, es que se opta por agrupar los resultados de estas, promediándolos para las 6 tareas pedidas durante el desarrollo de la experiencia, en lugar de tratar cada una de forma individual. Los resultados a comparar son los de las métricas de Wilson y Wixon [6] que se definen a continuación:

- Tiempo en completar las tareas: esta métrica hace referencia a la cantidad de tiempo que le toma a un usuario completar las tareas dadas. Para el experimento se tomó este tiempo en segundos. Para hacer el análisis se obtiene el tiempo promedio para cada usuario con respecto al desarrollo de las 6 tareas planteadas.
- Número y tipos de errores: esta métrica hace referencia a la cantidad de errores cometidos en el desarrollo de la tarea. Para analizar la cantidad de errores, al agrupar los resultados, se promediaron para cada usuario en el transcurso de las 6 tareas desarrolladas. Los tipos de errores se categorizan en dos. Uno es el error de usuario, el cual es el que se produce por una entrada errónea por parte de este. Un ejemplo de esto, es la escritura de frase errónea, en la cual debido a una mala elección de input por parte del usuario, queda una oración distinta a la pedida. Es decir, es responsabilidad del usuario este error. El segundo tipo de error es el de sistema. Este hace referencia

¹<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=202950> Última visita:15/01/2023

a un comportamiento inconsistente por parte del sistema, dada una entrada correcta por parte del usuario. Un ejemplo de este tipo de error es que al momento de mantener apretado un botón el tiempo requerido para accionarlo, el sistema no genera el cambio de estado (esto ya sea escritura de pictograma, avanzar en la paginación, etc.). Es decir, el error no es responsabilidad por parte del usuario. Los tipos de errores se comparan entre sí obteniendo una proporción para identificar cuál fue el más común para cada submuestra.

- Número de errores por unidad de tiempo: esta métrica hace referencia a la cantidad de errores dividido en el tiempo que le tome al usuario realizar la tarea. En el caso de este experimento, la métrica se calculó dividiendo la cantidad de errores por los segundos que le tomó al usuario completar la tarea, el cual luego fue promediado con respecto a las 6 tareas que realizó durante la experiencia.
- Número de ayudas: esta métrica hace referencia a la cantidad de ayudas solicitadas por el usuario al facilitador durante el desarrollo de la tarea. Para analizar se promedia el total de ayudas requeridas por usuario durante las 6 tareas.
- Número de usuarios que cometen el mismo error: esta métrica hace referencia a los usuarios que cometieron el error al menos una vez en el transcurso de las 6 tareas. Se registra el recuento de estos errores en general, para analizar cuáles fueron más recurrentes en la totalidad de la muestra.
- Número de usuarios que completan la tarea con éxito: esta métrica hace referencia a la cantidad de usuarios que lograron completar el objetivo planteado en la tarea. En este caso particular, se suman la cantidad de tareas completadas para cada usuario, y al final se reporta la proporción entre las tareas en las que se cumplió el objetivo y el total de estas.

Con el fin de comparar los resultados obtenidos para cada una de las submuestras, es que para cada una de las métricas mencionadas anteriormente se hará un análisis comparativo entre los datos obtenidos para ambos entornos experimentados, en este caso las tablets de 8" y 12.4". Para eso, se comparan las medias de los resultados obtenidos. Con eso en mente, lo primero que se hace es verificar la normalidad con el método de Shapiro-Wilk. En el caso que la hipótesis nula (los resultados cumplen con el principio de normalidad) no se pueda rechazar con un grado de confianza de 0.05, entonces se asume que los datos son normales y se realiza una prueba T. En el caso de que no se pueda verificar normalidad, usando test de Shapiro-Wilk, entonces se hará una prueba Mann-Whitney, que corresponde a la versión no paramétrica de la prueba T de muestras independientes. Las hipótesis nulas de estas pruebas serán definidas al momento de reportar los resultados.

5.3.1. Personal de la salud

A continuación se reportan los resultados obtenidos por el personal de la salud, que está constituido por fisiatras y terapeutas ocupacionales. Esta submuestra es de tamaño 8, de los cuales 4 realizaron la experiencia con el entorno de 8" y los otros 4 con la pantalla de 12.4".

Experiencia con interfaces táctiles

Los resultados obtenidos con respecto a la puntuación de experiencia con interfaces táctiles para esta submuestra son los mismos en ambos entornos utilizados. Los usuarios obtuvieron una mínima de 15, mediana de 16, media de 15.75 y una máxima de 16 puntos. Estos datos se muestran en la figura del anexo C.4.

Tiempo en completar la tarea

En el apartado de tiempo promedio agregado para todas las tareas, los usuarios que utilizaron la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 19.84, mediana de 29.30, media de 31.64 y máxima de 48.10 segundos. Mientras que los usuarios que experimentaron con la tablet de 12.4" obtuvieron una mínima de 30.15, mediana de 34.67, media de 35.33 y máxima de 41.83 segundos. Los resultados de esta métrica están graficados en las figuras del anexo C.5 y C.6.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.70 y el de 12.4" es 0.75, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que los tiempos promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintos entre entornos. De la prueba T se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 12.4" ($M=35.33$, $SE=2.61$) demostraron tomar más tiempo en promedio en completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 8" ($M=31.64$, $SE=6.21$). Ya que $t(4.02)=-0.55$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de tiempos de demora entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, si representa un efecto de tamaño pequeño $d=0.39$.

Número y tipo de errores

Con respecto al número de errores promedio agregados para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0.5, mediana de 0.58, media de 0.63 y una máxima de 0.83 errores. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima de 0.33, mediana de 0.75, media de 0.79 y una máxima de 1.33 errores. Los datos del promedio de la cantidad errores cometidos por la muestra se observan en las figuras del anexo C.7 y C.8.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.27 y el de 12.4" es 0.91, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que la cantidad de errores promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintas entre entornos. De la prueba T se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 12.4" ($M=0.79$, $SE=0.21$) demostraron cometer más errores en promedio al completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 8" ($M=0.63$,

SE=0.08). Ya que $t(3.86)=-0.75$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de cantidad de errores promedio entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, si representa un efecto de tamaño medio $d=0.53$. Con respecto a los tipos de errores obtenidos en esta submuestra, corresponden a 1 de sistema y 33 de usuarios. Así, los errores de sistema corresponden a un 3 % de los errores totales obtenidos, mientras que el 97 % restante corresponden a errores cometidos por el usuario en la totalidad de las tareas.

Número de errores por unidad de tiempo

Con respecto al número de errores por unidad de tiempo promedio agregados para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0.009, mediana de 0.013, media de 0.016 y una máxima de 0.029 de errores por segundo. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima 0.008, mediana de 0.018, media de 0.016 y una máxima de 0.02 errores por segundo. Estos datos se ven graficados en las figuras del anexo C.9 y C.10.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.27 y el de 12.4" es 0.91, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que la cantidad de errores por segundo promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintos entre entornos. Con los resultados de este test se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 12.4" ($M=0.161$, $SE=0.003$) demostraron cometer más errores por segundo en promedio al completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 8" ($M=0.160$, $SE=0.005$). Ya que $t(4.77)=-0.01$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de cantidad de errores por segundo entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, representa una diferencia despreciable $d=0.01$.

Número de ayudas necesarias

Con respecto a la cantidad de ayudas promedio agregadas para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0, mediana de 0.08, media de 0.21 y una máxima de 0.67 ayudas. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima y mediana de 0.17, media de 0.21 y una máxima de 0.33 ayudas. Los datos obtenidos para esta métrica, se encuentran graficados en las figuras del anexo C.11 y C.12.

En este caso no se obtiene el principio de normalidad en ambas submuestras, puesto que el p-valor para los datos del entorno de 12.4" es de 0.001 el cual es menor a 0.05, rechazando así la hipótesis nula de Shapiro-Wilk que señala que los datos poseen distribución normal. Es por eso que la comparación se hará utilizando una prueba de Mann-Whitney, la cual no requiere que los datos sean normales. La hipótesis nula señala que la probabilidad de que alguien solicite más ayudas en un entorno de 8" que en el de 12.4", es igual a la probabilidad de que alguien solicite más ayudas en el de 12.4" que en el de 8". Al realizar la prueba de Mann-Whitney se tiene que el p-valor es igual a 0.54 el cual es mayor a 0.05. Por eso es que la

hipótesis nula no se puede rechazar, concluyendo que la diferencia entre las probabilidades de que un usuario solicite en promedio más ayudas en un entorno que en otro, no es significativa. El tamaño del efecto observado es pequeño(0.19), pero no es significativo.

Número de usuarios que cometen el mismo error

Durante el desarrollo de las tareas por parte de los usuarios del sistema de la salud se observaron 10 errores distintos. El error más frecuentemente cometido es el de incomprensión de tiempo de retraso de acción, el cual fue cometido al menos una vez por los 8 usuarios, y que significa que toda esta submuestra en algún momento de la experiencia no comprendió el significado del tiempo de retraso u olvidó que lo tenía activado. El segundo error más frecuente es la frase errónea, el cual fue cometido por 5 usuarios al menos 1 vez, y que consiste en escribir una oración distinta a la pedida. Hay otros errores que tienen una frecuencia de 3. Uno es la de volver al tablero sin probar antes el tiempo de retraso de acción en ajustes, borrar tocando los pictogramas en lugar de los botones de borrado, probar tiempo de retraso de acción antes de ajustarlo con el slider e incomprensión de la función que tiene este en el ajuste del tiempo de retraso. Todos los errores y el número de observaciones en la experiencia se tabulan en la tabla 5.1.

Errores cometidos	Número de observaciones en la experiencia
Acceso a ajustes no se encuentra	1
Borrar tocando pictogramas	3
Error de sistema, no se escribe pictograma al tocarlo	1
Frase errónea	5
Incomprensión de tiempo de retraso de acción	8
No borra frase anterior	1
No se entiende el botón de probar tiempo de retraso de acción	1
Paginación innecesaria	3
Slider no se entiende en primera instancia	3
Vuelve al tablero sin probar antes el tiempo de retraso de acción	3

Tabla 5.1: Diferentes errores cometidos u observados en la experiencia y frecuencia de usuarios, para el personal de salud.

Número de usuarios que completan la tarea con éxito

En este apartado, todos los usuarios, tanto los del entorno de 8" como los de 12.4" completaron las 6 tareas planteadas. Esto significa un 100 % de éxito.

5.3.2. Adultos menores a 60 años

En este ítem se hace el recuento de los resultados obtenidos por la submuestra de adultos que no son especialistas de la salud y que no hayan cumplido los 60 años. Esta submuestra es de tamaño 22, de los cuales 7 realizaron la experiencia con la pantalla de 8" y mientras que los otros 15 hicieron el experimento con una pantalla de 12.4".

Experiencia con interfaces táctiles

Con respecto a los puntajes de este apartado, se tiene que la submuestra que realizó el experimento con la tablet de 8" tuvo una mínima de 10, mediana de 15, media de 14.14 y máxima de 16 puntos. Mientras que la experiencia de los usuarios que usaron la tablet de 12.4" tiene una mínima de 7, mediana de 14, media de 13 y máxima de 16 puntos. Los resultados totales obtenidos por esta submuestra se ven reflejados en el gráfico de la figura del anexo C.13.

Tiempo en completar la tarea

En el apartado de tiempo promedio agregado para todas las tareas, los usuarios que utilizaron la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 34.91, mediana de 44.18, media de 46.30 y máxima de 59.64 segundos. Mientras que los usuarios que experimentaron con la tablet de 12.4" obtuvieron una mínima de 24.18, mediana de 42.12, media de 43.21 y máxima de 91.45 segundos. Los resultados de esta métrica están graficados en las figuras del anexo C.14 y C.15.

En este caso no se obtiene el principio de normalidad en ambas submuestras, puesto que el p-valor para los datos del entorno de 12.4" es de 0.02 el cual es menor a 0.05, rechazando así la hipótesis nula de Shapiro-Wilk que señala que los datos poseen distribución normal. Es por eso que la comparación se hará utilizando una prueba de Mann-Whitney, la cual no requiere que los datos sean normales. Dado el pequeño tamaño de la muestra, la hipótesis nula señala que la probabilidad de que alguien se demore más en completar las tareas en un entorno de 8" que en el de 12.4", es igual a la probabilidad de que alguien se demore más en completar las tareas en el de 12.4" que en el de 8". Al realizar la prueba de Mann-Whitney se tiene que el p-valor es igual a 0.27 el cual es mayor a 0.05. Por eso es que la hipótesis nula no se puede rechazar, por lo que se puede concluir que la diferencia entre las probabilidades de que un usuario cometa más errores por segundo en un entorno que en otro, no es significativa. El tamaño del efecto observado es despreciable(0.06).

Número y tipo de errores

Con respecto al número de errores promedio agregados para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 1.67, mediana de 2.33, media de 2.31 y una máxima de 2.83 errores. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima 0.67, mediana de 2, media de 2.1 y una máxima de 3.5 errores. Los datos del promedio de la cantidad errores cometidos por la muestra se observan en las figuras del anexo C.16 y C.17.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.30 y el de 12.4" es 0.90, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que la cantidad de errores promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente

distintos entre entornos. De la prueba T se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 8" ($M=2.31$, $SE=0.18$) demostraron cometer más errores en promedio al completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 12.4" ($M=2.1$, $SE=0.20$). Ya que $t(17.81)=0.78$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de cantidad de errores promedio entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, si representa un efecto de tamaño pequeño $d=0.30$. Con respecto a los tipos de errores obtenidos en esta submuestra, corresponden a 11 de sistema y 275 de usuarios. Así, los errores de sistema corresponden a un 4% de los errores totales obtenidos, mientras que el 96% restante corresponden a errores cometidos por el usuario en la totalidad de las tareas.

Número de errores por unidad de tiempo

Con respecto al número de errores por unidad de tiempo promedio agregados para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0.02, mediana de 0.05, media de 0.04 y una máxima de 0.06 errores por segundo. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima 0.02, mediana y media de 0.04 y una máxima de 0.07 errores por segundo. Estos datos se ven graficados en las figuras del anexo C.18 y C.19.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.90 y el de 12.4" es 0.67, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que la cantidad de errores por segundo promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintos entre entornos. Con los resultados de este test se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 8" ($M=0.044$, $SE=0.004$) demostraron cometer más errores por segundo en promedio al completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 12.4" ($M=0.043$, $SE=0.003$). Ya que $t(13.77)=0.26$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de cantidad de errores por segundo entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, representa una diferencia despreciable $d=0.11$.

Número de ayudas necesarias

Con respecto a la cantidad de ayudas promedio agregado para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0.33, mediana de 0.67, media de 0.62 y una máxima de 1 ayuda. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima de 0.33, mediana de 0.5, media de 0.61 y una máxima de 2 ayudas. Los datos obtenidos para esta métrica, se encuentran graficados en las figuras del anexo C.20 y C.21.

En este caso no se obtiene el principio de normalidad en ambas submuestras, puesto que el p-valor para los datos del entorno de 12.4" es de 0.0000416 el cual es menor a 0.05, rechazando así la hipótesis nula de Shapiro-Wilk que señala que los datos poseen distribución normal. Es por eso que la comparación se hará utilizando una prueba de Mann-Whitney, la cual no requiere que los datos sean normales. La hipótesis nula señala que la probabilidad

de que alguien solicite más ayudas en un entorno de 8" que en el de 12.4", es igual a la probabilidad de que alguien solicite más ayudas en el de 12.4" que en el de 8". Al realizar la prueba de Mann-Whitney se tiene que el p-valor es igual a 0.46 el cual es mayor a 0.05. Por eso es que la hipótesis nula no se puede rechazar, concluyendo que la diferencia entre las probabilidades de que un usuario solicite en promedio más ayudas en un entorno que en otro, no es significativa. El tamaño del efecto observado es pequeño(0.1), pero no es significativo.

Número de usuarios que cometen el mismo error

Durante el desarrollo de las tareas por parte de los usuarios adultos menores de 60 años se observaron 14 errores distintos. El error más frecuentemente cometido es el de incomprensión de tiempo de retraso de acción, el cual fue cometido al menos una vez por los 22 usuarios, y que significa que toda esta submuestra en algún momento de la experiencia no comprendió el significado del tiempo de retraso u olvidó que lo tenía activado. El segundo error más frecuente es el de paginación, el cual fue cometido por 5 usuarios al menos 1 vez, y que consiste en avanzar una página demás al buscar el pictograma pedido al no verlo. Le sigue con 11 usuarios, el error frase errónea que consiste en escribir una frase distinta a la pedida. Los errores de probar tiempo de retraso de acción antes de ajustarlo y no comprender la función del slider en los ajustes tienen una frecuencia de 10. Todos los errores y el número de observaciones en la experiencia se tabulan en la tabla 5.2.

Errores cometidos	Número de observaciones en la experiencia
Acceso a ajustes no se encuentra	2
Ajusta a nivel 6, en lugar del nivel 5	1
Al mantener apretado el pictograma por el tiempo requerido no se escribe	5
Borra frases para buscar más pictogramas	1
Intenta borrar pictograma de la zona de escritura tocándolo	2
Frase errónea	11
Incomprensión del tiempo de retraso de acción	22
No comprende el botón de probar tiempo de retraso de acción	4
Paginación innecesaria	15
Probar tiempo de retraso de acción antes de ajustarlo	10
Sale de la aplicación buscando los ajustes de esta	2
Se confunde con los pictogramas duplicados	1
No comprende la función del slider en ajustes	10
Vuelve al tablero sin antes probar el tiempo de retraso de acción en ajustes	1

Tabla 5.2: Diferentes errores cometidos u observados en la experiencia y frecuencia de usuarios, para adultos menores a 60 años.

Número de usuarios que completan la tarea con éxito

En este apartado, los 22 usuarios, tanto los 7 del entorno de 8" como los 15 del de 12.4" completaron las 6 tareas planteadas. Esto significa un 100% de éxito.

5.3.3. Adultos mayores de 60 años

En este ítem se hace el recuento de los resultados obtenidos por la submuestra de adultos no especialistas de la salud y mayores de 60 años. Esta submuestra es de tamaño 31, de los cuales 18 realizaron la experiencia con la pantalla de 8" y mientras que los otros 13 hicieron el experimento con la pantalla de 12.4".

Experiencia con interfaces táctiles

Con respecto a los resultados de este apartado, se tiene que la submuestra que realizó el experimento con la tablet de 8" tuvo mínima de 0, una mediana de 12, media de 11.11 y máxima de 15 puntos. Mientras que la experiencia de los usuarios que usaron la tablet de 12.4" tiene una mínima de 2, mediana de 9, media de 9.3 y máxima de 15 puntos. Los resultados totales obtenidos por esta submuestra se ven reflejados en el gráfico de la figura del anexo C.22.

Tiempo en completar la tarea

En el apartado de tiempo promedio agregado para todas las tareas, los usuarios que utilizaron la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 36.12, mediana de 55.31, media de 57.20 y máxima de 78.66 segundos. Mientras que los usuarios que experimentaron con la tablet de 12.4" obtuvieron una mínima de 34.28, mediana de 52.85, media de 54.12 y máxima de 85.94 segundos. Los resultados de esta métrica están graficados en las figuras del anexo C.23 y C.24.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.34 y el de 12.4" es 0.46, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que los tiempos promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintos entre entornos. De la prueba T se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 8" ($M=57.20$, $SE=3.28$) demostraron tomar más tiempo en promedio en completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 12.4" ($M=54.12$, $SE=4.35$). Ya que $t(24.03)=0.57$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de tiempos de demora entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, si representa un efecto de tamaño pequeño $d=0.21$.

Número y tipo de errores

Con respecto al número de errores promedio agregados para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 1.67, mediana de 2.83, media de 2.84 y una máxima de 4 errores. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima 1.5, mediana de 2.83, media de 2.71 y una máxima de 4.33

errores. Los datos del promedio de la cantidad errores cometidos por la muestra se observan en las figuras del anexo C.25 y C.26.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.45 y el de 12.4" es 0.46, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que la cantidad de errores promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintos entre entornos. De la prueba T se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 8" ($M=2.84$, $SE=0.18$) demostraron cometer más errores en promedio al completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 12.4" ($M=2.71$, $SE=0.20$). Ya que $t(26.99)=0.30$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de cantidad de errores promedio entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, si representa un efecto de tamaño despreciable $d=0.11$. Con respecto a los tipos de errores obtenidos en esta submuestra, corresponden a 60 de sistema y 458 de usuarios. Así, los errores de sistema corresponden a un 12 % de los errores totales obtenidos, mientras que el 88 % restante corresponden a errores cometidos por el usuario en la totalidad de las tareas.

Número de errores por unidad de tiempo

Con respecto al número de errores por unidad de tiempo promedio agregados para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0.03, mediana de 0.04, media de 0.05 y una máxima de 0.08 errores por segundo. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima 0.02, mediana y media de 0.04 y una máxima de 0.06 errores por segundo. Estos datos se ven graficados en las figuras del anexo C.27 y C.28.

En este caso, los datos cumplen con el principio de normalidad, ya que el p-valor de Shapiro-Wilk para 8" es 0.08 y el de 12.4" es 0.66, siendo mayores a 0.05, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos distribuyen normalmente, así que lo que corresponde es realizar una prueba T. Así, la hipótesis nula para esta prueba indica que la cantidad de errores por segundo promedio obtenidos en esta métrica no son significativamente distintos entre entornos. Con los resultados de este test se puede concluir que los usuarios que realizaron el experimento en el entorno de 8" ($M=0.05$, $SE=0.003$) demostraron cometer más errores por segundo en promedio al completar las tareas que los que experimentaron con la pantalla de 12.4" ($M=0.04$, $SE=0.003$). Ya que $t(28.97)=0.79$, $p>0.05$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo cual la diferencia de cantidad de errores por segundo entre ambos entornos no es significativa. Por otro lado, representa un efecto de tamaño pequeño $d=0.27$.

Número de ayudas necesarias

Con respecto a la cantidad de ayudas promedio agregado para todas las tareas, los usuarios que experimentaron con la pantalla de 8" obtuvieron una mínima de 0.33, mediana de 0.75, media de 0.87 y una máxima de 1.5 ayudas. Mientras que los usuarios que utilizaron la pantalla de 12.4" obtuvieron una mínima de 0.33, mediana de 0.67, media de 1.14 y una

máxima de 4.83 ayudas. Los datos obtenidos para esta métrica, se encuentran graficados en las figuras del anexo C.29 y C.30.

En este caso no se obtiene el principio de normalidad en ambas submuestras, puesto que el p-valor para los datos del entorno de 12.4" es de 0.0002 el cual es menor a 0.05, rechazando así la hipótesis nula de Shapiro-Wilk que señala que los datos poseen distribución normal. Es por eso que la comparación se hará utilizando una prueba de Mann-Whitney, la cual no requiere que los datos sean normales. La hipótesis nula señala que la probabilidad de que alguien solicite más ayudas en un entorno de 8" que en el de 12.4", es igual a la probabilidad de que alguien solicite más ayudas en el de 12.4" que en el de 8". Al realizar la prueba de Mann-Whitney se tiene que el p-valor es igual a 0.79 el cual es mayor a 0.05. Por eso es que la hipótesis nula no se puede rechazar, concluyendo que la diferencia entre las probabilidades de que un usuario solicite en promedio más ayudas en un entorno que en otro, no es significativa. El tamaño del efecto observado es pequeño(0.14), pero no es significativo.

Número de usuarios que cometen el mismo error

Durante el desarrollo de las tareas por parte de los usuarios mayores de 60 años se observaron 21 errores distintos. El error más frecuentemente cometido es el de incomprensión de tiempo de retraso de acción, el cual fue cometido al menos una vez por los 31 usuarios, y que significa que toda esta submuestra en algún momento de la experiencia no comprendió el significado del tiempo de retraso u olvidó que lo tenía activado. El segundo error más frecuente es el de paginación innecesaria, el cual fue cometido por 25 usuarios al menos 1 vez, y que consiste en avanzar una página demás al buscar el pictograma pedido al no verlo. El tercer error más frecuente fue de sistema, y es que en 20 experiencias, al menos una vez ocurrió que al mantener apretado el pictograma, con el tiempo de retraso de acción activado, este no se escribía. Y el cuarto error más repetido fue el de incomprensión de la función del slider para cambiar el nivel de tiempo de retraso de acción en los ajustes, puesto que no tenían la noción de deslizar el punto. Todos los errores y el número de observaciones en la experiencia se tabulan en la tabla 5.3.

Número de usuarios que completan la tarea con éxito

En este apartado, los 31 usuarios, tanto los 18 del entorno de 8" como los 13 del de 12.4" completaron las 6 tareas planteadas. Esto significa un 100% de éxito.

5.4. NASA-TLX

Con el fin de poder evaluar no solo cuantitativamente el experimento, sino que también cualitativamente, es que se tomó la decisión de realizar esta encuesta, cuyo objetivo es evaluar las cargas de trabajo por parte del usuario en la totalidad de la experiencia. Los resultados se presentarán por submuestra y luego se agruparán todos en un boxplot.

Errores cometidos	Número de observaciones en la experiencia
Acceso a ajustes no se encuentra	9
Al mantener apretado el pictograma por el tiempo requerido no se escribe	20
Realizado borrado innecesario	1
Borra palabra por palabra	1
Borrar para buscar palabra no encontrada	1
Intenta borrar pictograma de la zona de escritura tocándolo	2
Cambiar el nivel con botón en lugar del slider en ajustes	1
Error de sistema no se escribe el pictograma al tocarlo	5
Trata de escribir tocando los pictogramas de la zona de escritura	1
Frase errónea	11
Escribe frase errónea al querer avanzar en la paginación deslizando el dedo	1
Incomprensión de tiempo de retraso de acción	31
No prueba con el botón luego de ajustar el tiempo de retraso de acción	2
No comprende la función del botón de probar tiempo de retraso de acción	6
Paginación innecesaria	25
Probar tiempo de retraso de acción antes de ajustarlo	8
Sale de la aplicación buscando los ajustes	2
Sistema no entra a ajustes al mantener apretado el botón el tiempo requerido	7
No comprende la función del slider en la pantalla de ajustes	18
Vuelve al tablero desde ajustes sin cambiar el tiempo de retraso de acción	1

Tabla 5.3: Diferentes errores cometidos u observados en la experiencia y frecuencia de usuarios, para adultos mayores a 60 años.

5.4.1. Personal de la salud

La síntesis de los resultados para esta submuestra se tabulan en la tabla 5.4 y se grafican en la figura 5.5.

Dimensión NASA-TLX	Mínima	Mediana	Media	Máxima
Exigencia mental	1	4.5	6.63	16
Exigencia física	1	1.5	2.5	7
Exigencia temporal	1	2.5	3.75	10
Rendimiento	5	16.5	14.75	20
Esfuerzo	1	3.5	5.75	15
Nivel de frustración	1	1	3.75	11

Tabla 5.4: Resumen de resultados de encuesta NASA-TLX para personal de salud.

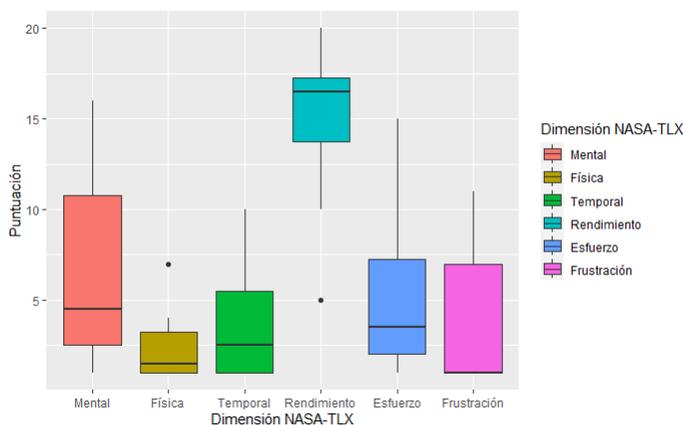


Figura 5.5: Boxplot de las puntuaciones reportadas por los usuarios de la submuestra personal de salud en el cuestionario NASA-TLX.

A partir de la información presentada, en promedio la dimensión que obtuvo mayor puntaje es el rendimiento, lo que significa que los usuarios de esta submuestra demostraron sentirse muy satisfechos con respecto a este tópico dentro de la experiencia. Luego, muy por debajo, le sigue la exigencia mental a la cual la media de usuarios de la submuestra evaluaron baja, ya que consideraron que las tareas no implicaban tener que enfocarse en gran medida para llevarlas a cabo.

5.4.2. Adultos menores de 60 años

La síntesis de los resultados para esta submuestra se tabulan en la tabla 5.5 y se grafican en la figura 5.6.

A partir de la información presentada, en promedio la dimensión que obtuvo mayor puntaje es el rendimiento, lo que significa que los usuarios de esta submuestra demostraron sentirse muy satisfechos con respecto a este tópico dentro de la experiencia. Luego, por debajo, le sigue la exigencia mental a la cual la media de usuarios de la submuestra evaluaron baja,

Dimensión NASA-TLX	Mínima	Mediana	Media	Máxima
Exigencia mental	1	8	7.86	20
Exigencia física	1	2	3.64	13
Exigencia temporal	1	5.5	6.14	16
Rendimiento	7	15	14.82	20
Esfuerzo	1	6	6.27	13
Nivel de frustración	1	3	6.14	18

Tabla 5.5: Resumen de resultados de encuesta NASA-TLX para adultos menores de 60 años.

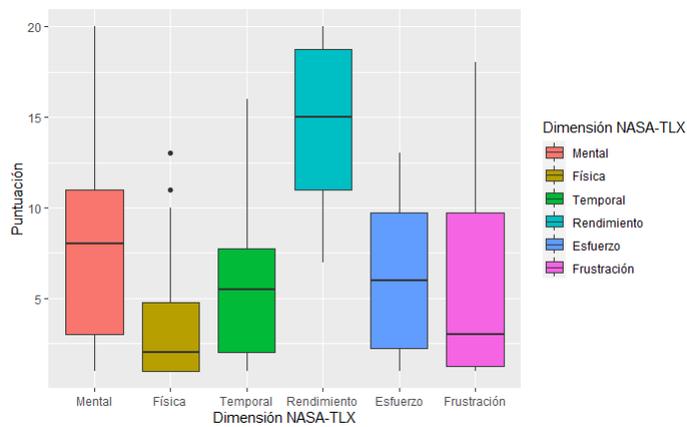


Figura 5.6: Boxplot de las puntuaciones reportadas por los usuarios adultos menores de 60 años en el cuestionario NASA-TLX.

pero más cercano a nivel medio, ya que consideraron que las tareas implicaban tener cierto grado de concentración para llevarlas a cabo.

5.4.3. Adultos mayores de 60 años

La síntesis de los resultados para esta submuestra se tabulan en la tabla 5.6 y se grafican en la figura 5.7.

Dimensión NASA-TLX	Mínima	Mediana	Media	Máxima
Exigencia mental	1	6	7.55	20
Exigencia física	1	3	4.23	16
Exigencia temporal	1	5	6.97	20
Rendimiento	2	15	14.06	20
Esfuerzo	1	9	7.13	20
Nivel de frustración	1	4	5.29	17

Tabla 5.6: Resumen de resultados de encuesta NASA-TLX para personal de salud.

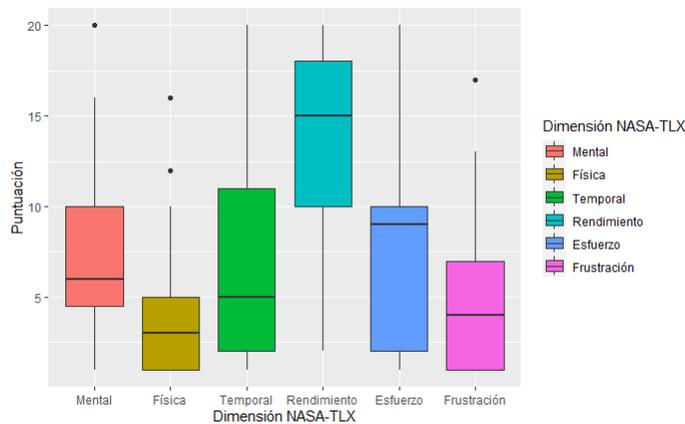


Figura 5.7: Boxplot de las puntuaciones reportadas por los usuarios adultos mayores de 60 años en el cuestionario NASA-TLX.

A partir de la información presentada, en promedio la dimensión que obtuvo mayor puntaje es el rendimiento, lo que significa que los usuarios de esta submuestra demostraron sentirse muy satisfechos con respecto a este tópico dentro de la experiencia. Luego, hay 3 dimensiones que le siguen y que no se diferencian tanto en sus medias, las cuales son: exigencia mental, exigencia temporal y esfuerzo. Estas tres dimensiones tienen un promedio de nivel muy cercano al medio, lo cual da paso a señalar que los usuarios adultos mayores consideraron que tuvieron una carga mental media, una exigencia del mismo nivel en cuanto a la presión del tiempo al momento de realizar las tareas y por último tuvieron que realizar cierto nivel de esfuerzo para lograr los objetivos impuestos en el experimento.

Datos agregados

En el gráfico de la figura 5.8 se observan los datos agregados de las puntuaciones de NASA-TLX reportadas por los usuarios al momento de ser encuestados.

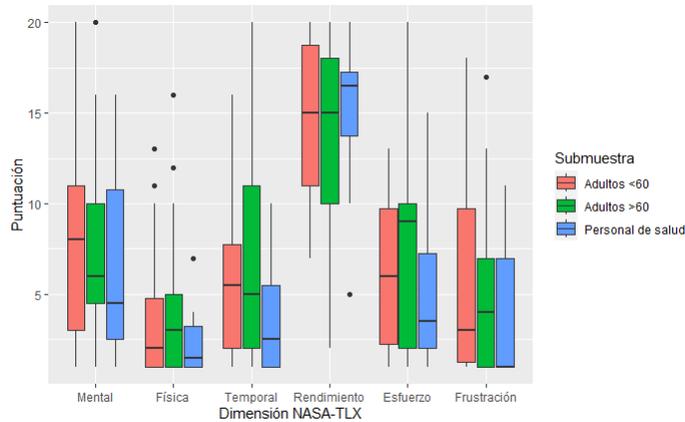


Figura 5.8: Boxplot de las puntuaciones reportadas por todos los usuarios de la muestra en el cuestionario NASA-TLX, categorizados por submuestras.

Uno de los puntos que se pueden afirmar con respecto al gráfico es que los valores de los puntajes en cada dimensión no son tan distintos entre submuestras. También de este gráfico se desprende que la dimensión de NASA-TLX con mayor puntaje es la de rendimiento, lo que significa que gran parte de la muestra consideró su rendimiento óptimo, sin importar la submuestra. La dimensión que tiene una tendencia más baja, exceptuando ciertos outliers, es la de carga física. Eso quiere decir que gran parte de la muestra consideró que no tuvo que realizar un esfuerzo físico alto para alcanzar los objetivos de las tareas.

5.5. Información adicional

Posterior a la experiencia y habiendo respondido la encuesta de NASA-TLX se le realizaron 3 preguntas a los usuarios con el fin de poder capturar aún más información en cuanto a sus sensaciones. Estas preguntas fueron: ¿qué tarea siente que le costó más?, ¿qué le gustaría haber sabido antes de realizar el experimento?, y ¿qué siente que le falte o qué le mejoraría a la aplicación?. Se procede a hacer la síntesis de las respuestas de cada una de ellas.

¿Qué tarea siente que le costó más?

Con respecto a esta pregunta hay 2 tendencias marcadas. La respuesta más repetida fue la tarea 4, ya que en el caso de la gente que no tenía el hábito de usar tanto el celular decía que les costaba entender cuando se les pedía ir a ajustes. Esto porque no entendían qué significaba dirigirse a esta pantalla o no encontraban algún texto que asociar a lo pedido. En esta misma tarea y ya dentro de ajustes, se sentían confundidos con el concepto de tiempo de retraso de acción, al no saber qué significaba específicamente, después no comprendían cómo

probarlo. La segunda tendencia la tiene la tarea 1, y eso se daba porque muchas personas expresaron sentirse ansiosas, previo a la realización de la experiencia, y no saber qué sería lo pedido, con lo cual se complicaban al momento de buscar los pictogramas a tocar para armar las frases. Una vez superado este primer objetivo declararon y demostraron tener más confianza porque ya sabían la ubicación de los botones necesarios para completar las tareas posteriores.

¿Qué le gustaría haber sabido antes de realizar el experimento?

En el caso de esta pregunta hubo dos respuestas bien marcadas. La primera que se repitió de forma frecuente, fue que nada, puesto que según estos usuarios, el hecho de que el experimento no fuese tan explicado previamente hace que fuese más natural desenvolverse en él. La segunda respuesta más frecuente es que les habría gustado tener más experiencia con la aplicación o con una tablet antes del experimento, para poder ubicarse mejor. Estos usuarios sentían que el usar una tablet era muy distinto a usar su celular, por lo que les hubiese gustado haber sumado experiencia previa con el dispositivo y con la aplicación en sí.

¿Qué siente que le falte o qué le mejoraría a la aplicación?

Las opiniones mayoritarias en esta pregunta fueron 7. La primera era clarificar el slider con alguna etiqueta de texto que diga deslizar, pues no se percibía lo que había que hacer para subir el nivel de tiempo de retraso de acción. Lo segundo sugerido era modificar el texto del botón de prueba, y poner algo como “Tocar para probar tiempo de retraso de acción” porque pensaban que ese botón se deslizaba. El tercer punto era tener algún apartado en el cual se explique y ejemplifique el tiempo de retraso de acción, para así poder saber qué es lo que realmente hace. La cuarta opinión fue la de dejar más claro el botón de ajustes, pues si una persona no asocia el ícono de engranaje a esta pantalla, entonces no sabría cómo avanzar. Otra sugerencia fue poner los dos botones de navegación en todas las páginas y poner alguna indicación que indique en qué página se encuentra el usuario. La penúltima sugerencia es que se vea la posibilidad de agrandar los textos de los pictogramas y de las imágenes, porque en algunos casos no se veía. Y por último, que se arreglaran los errores de sistema, porque cuando la aplicación no respondía cómo se podría esperar se frustraban, pues pensaban que estaban equivocados. Hubo parte de la muestra que en esta pregunta aprovechó de destacar algunos puntos. El primero que destacaron, tiene relación con los colores utilizados, puesto que luego de las primeras tareas realizadas ya asociaban acciones a estos, lo que hacía que la aplicación fuese más fácil de usar. Algunos usuarios declararon también sentirse cómodos con la aplicación durante la experiencia, pues si bien no sabían mucho de interfaces táctiles, lograron comprender cómo funcionaba de forma rápida.

Estos son los resultados obtenidos en el experimento con este primer prototipo de tablero digital, los cuales son utilizados para identificar oportunidades de mejora, las cuales serán abordadas en el siguiente capítulo, junto con las respectivas conclusiones del desarrollo del trabajo de la memoria. Para revisar en mayor profundidad los datos y gráficos obtenidos en la etapa experimental, revisar el capítulo C del anexo.

Capítulo 6

Análisis y discusión de resultados

El primero de los resultados a analizar son los de las pruebas T o de Mann-Whitney entre entornos. Como se puede observar, en ninguna métrica, de las 3 submuestras, se obtuvieron diferencias significativas. Con esto se puede suponer, con peso estadístico, que las características de usabilidad, que posee intrínsecamente la interfaz, dependen exclusivamente de ella y no del entorno utilizado. Si alguna de las pruebas hubiese arrojado alguna diferencia significativa, no se podría asegurar esto. Aunque esta aseveración, podría ser debatible en el sentido de que el tamaño de algunas submuestras es demasiado pequeño, como por ejemplo el del personal de salud, lo que le puede quitar significancia a esta suposición, siendo así deseable realizar la prueba con una muestra más extensa, para confirmar lo aseverado.

Analizando los resultados de la encuesta de NASA-TLX, se observa que el rendimiento es la dimensión en la cual, de forma transversal, se obtuvo más puntaje. Esto significa que la media de usuarios se sintieron cómodos con su rendimiento en el transcurso de las 6 tareas. Esto se puede deber a dos razones, a que los usuarios tienen más experiencia con interfaces táctiles que la que reportaron o que efectivamente la interfaz permitió, con sus características, alcanzar este nivel de rendimiento.

En cuanto a las exigencias mentales, que fue la segunda dimensión con más valor, se puede concluir que estos valores están dados porque al ser la primera vez que las personas interactuaban con la interfaz, entonces requerían pensar más, para poder ir sabiendo qué botones apretar y en qué situación. Con respecto al nivel de esfuerzo, este tampoco es despreciable, y se puede deber a la misma razón, de que muchos usuarios debían exigirse para poder ubicarse dentro de la interfaz, al ser su primera experiencia con esta.

La exigencia temporal se mantuvo en niveles bajos, lo cual permite decir que la aplicación no exigió mucho en cuanto a tiempo a los usuarios. Esto también se puede deber a que el investigador iba registrando el tiempo durante el experimento, por lo que los usuarios se sintieron algo presionados. El nivel de frustración también se mantuvo en niveles bajos, lo que se puede deber a que la interfaz es robusta y poco propensa a errores, o bien porque los usuarios se sentían, de cierto modo, inseguros por el experimento. Y por último, los valores más bajos se registraron en exigencia física y esto se puede deber a que los usuarios no tenían la necesidad de realizar movimientos de alto desgaste físico para ejecutar las acciones.

Para poder obtener valores más significativos en esta encuesta, se propone realizar mejoras en el protocolo de experimentación con el fin de disminuir los efectos producidos por estar en un contexto de evaluación. Es importante dejarle en claro al usuario que se está evaluando al software y no a él, y que esta encuesta tiene el mismo fin. Es también esperable que luego de arreglar las problemáticas de la interfaz, se pueda aumentar aún más en la dimensión de rendimiento y disminuir en las demás.

Los resultados expresados anteriormente nos permite asegurar que el hecho de que no haya habido grandes diferencias en los resultados entre entornos, y que el rendimiento de los usuarios haya sido más que aceptable, es producto del proceso de diseño de una interfaz que fue debidamente construida y validada por expertos en dominio junto con el memorista. El haber asociado colores a funciones, junto con los tamaños y distribuciones de los botones, hicieron que la aplicación fuese fácilmente aprendida. Algunos usuarios, a pesar de su poco conocimiento de celulares, demostraban desenvolverse de buena manera una vez realizadas las primeras tareas, producto de que la aplicación se daba a entender por sí sola.

Con respecto al análisis de los errores cometidos, se puede observar que toda la muestra, en general, cometió el error de incompreensión de tiempo de retraso de acción. Esto significa que todos los usuarios, en algún momento de la experiencia, no entendieron qué significaba esta característica u olvidaron que la tenían activada al momento de usar el tablero después de haber hecho el ajuste de este tiempo. Con esto se puede suponer que faltan descripciones e indicaciones de activación de este tiempo, ya que a partir de lo expresado por los usuarios, lo que explica la aplicación es insuficiente para entender el significado de esta interacción. Por eso es que algunas sugerencias para mejorar el uso de esta característica son: en ajustes agregar una descripción sobre qué significa esta, esto acompañándolo con algún video/gif que permita al usuario ver cómo funciona. Y con respecto al indicador que señala que el tiempo de retraso de acción está activado, este podría ponerse en alguna parte del tablero, no necesariamente en un espacio extenso, pero sí podría quedar en una esquina un objeto que indique el tiempo que hay que mantener presionado el botón para accionarlo.

La sugerencia que podría sanear este problema para los niños con PC, en entender el funcionamiento de esta característica, sería agregar una alerta cuando no se mantenga el tiempo necesario para accionar los botones una cantidad de veces definida. Si pensamos en un niño que no sabe leer, se podría colocar un video o un audio, que le recuerde, que debe mantener el botón para accionarlo. Sin embargo, esta sería una característica de apoyo, pues quien configura y enseña esta característica es el cuidador. Hay que recordar también que el niño nunca se encontrará solo utilizando la aplicación. Así que lo importante es poner énfasis en que esta solución está planteada primero para que los cuidadores la entiendan y luego enseñarla al usuario objetivo.

También se observa una cantidad de errores no despreciable, en lo que respecta a los ajustes. El primero tiene que ver con su acceso. Y es que según lo observado en la experiencia y lo expresado por los usuarios, el significado del botón está algo ambiguo. Lo que se propone es primero cambiar el color del botón, pues el contraste entre el gris y el negro que hay en el fondo de este, hace que no se aprecie de buena manera. Y luego evaluar la factibilidad de agregar la etiqueta de texto que indique que ese es el botón para ir a la pantalla de ajustes. Tener en cuenta que este texto debe tener un tamaño apreciable para el usuario y a la vez no debe ser tan grande, para no quitarle espacio al cuadro de texto escrito con

pictogramas. El segundo error de ajustes, que ocurrió con una frecuencia no despreciable, es no haber entendido cómo se utilizaba el slider que ajustaba el tiempo de retraso de acción. Para clarificar cuál debiese ser la acción a realizar con este objeto es que se propone colocar una etiqueta de texto dentro del punto del deslizador, o abajo de este. También se vieron inconvenientes en el entendimiento de botón de prueba de tiempo de retraso de acción. Para solucionar eso se propone cambiar la etiqueta de texto del botón de prueba, como por ejemplo que se pusiera “Mantener para probar tiempo de retraso de acción”. También podría dejarse más claro el cuadro de texto que señala que la acción se realizó. Estos cambios propuestos se pueden ver en el bosquejo de la figura 6.1.

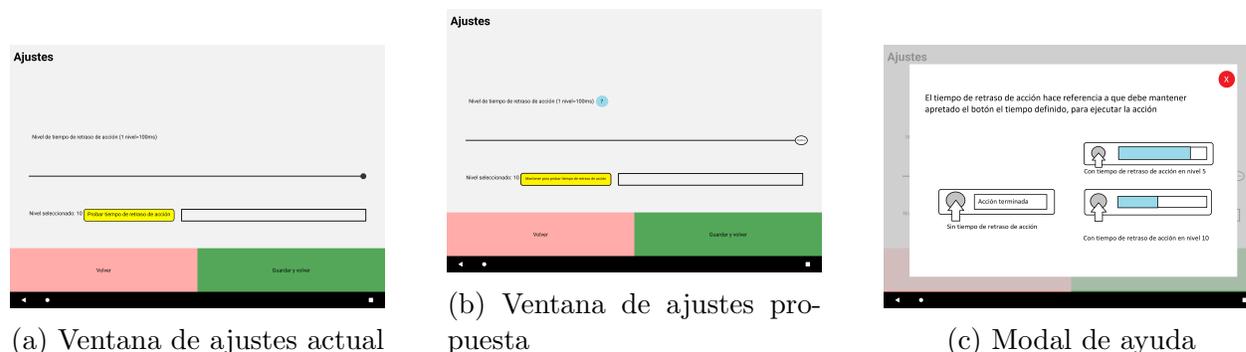
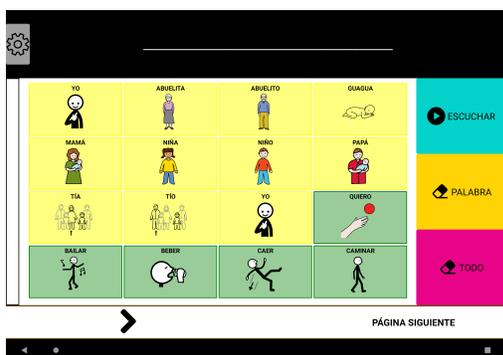


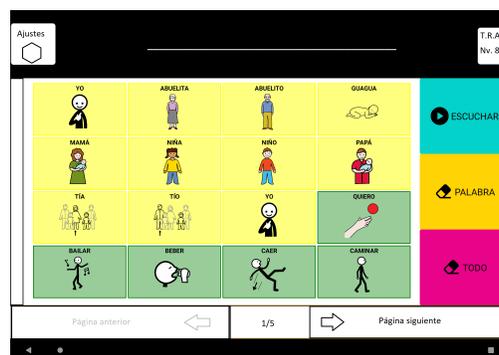
Figura 6.1: Cambios propuestos para ajustes, basados en la experiencia realizada. Al modal se entra desde el botón de signo de interrogación de la ventana principal de ajustes.

Dentro de esta interfaz también se observó una cantidad no despreciable de errores de sistemas. Estos consisten en que al momento de tener activado el tiempo de retraso de acción, y mantener apretado el botón el tiempo adecuado, la acción de este no se ejecutaba. Esto ocurre en ambas tablets, de forma azarosa, por lo que no se podría asociar esto a un error de hardware. Queda pendiente revisar si esto es problema del framework elegido, o si es un problema de rendimiento en la aplicación. Esto debe ser solucionado, ya que si estos errores siguen, merman la usabilidad del producto.

A partir de las opiniones de los usuarios, se obtuvo otra oportunidad de mejora, la cual es mejorar el sistema de navegación entre páginas de pictogramas. Esto porque se confundían al momento de ver solo un botón en algunas páginas, mientras que en otras aparecían dos. Y esto ocurre, efectivamente, que en el caso de la primera página solo se ve un botón de página siguiente, mientras que en la última solo se observa un botón de página anterior. En las páginas intermedias se ven los dos botones, de página anterior y página siguiente. Entonces, lo que se propone para mejorar esto, es que siempre aparezcan los dos botones, y que se agregue una enumeración de página, para saber en cuál de estas está el usuario. Estos cambios en la pantalla principal se ven reflejados en el bosquejo de la figura 6.2.



(a) Ventana de pictogramas actual



(b) Ventana de pictogramas propuesta

Figura 6.2: Bosquejo de ventana principal con los cambios propuestos.

En vista de los resultados obtenidos en este proceso, y considerando todo lo realizado en este, se entregan las siguientes sugerencias a quien pretenda realizar alguna investigación o desarrollo en este dominio. La primera, y quizá más esencial, es que para realizar un trabajo robusto, se debe incluir, desde las primeras etapas hasta las últimas, a expertos de dominio. Su visión acerca de las herramientas actuales utilizadas y las nuevas ideas que poseen, abren nuevas posibilidades a los métodos de interacción para este campo. También hay que destacar la relevancia en este proceso de las personas que cumplen con el perfil de un cuidador, dada su participación activa en los procesos comunicativos de una persona con PC. Considerando que un cuidador puede tener muy baja experiencia con interfaces de este tipo, entender sus necesidades es muy relevante, pues hay que asegurar la usabilidad de la interfaz a ellos igualmente. Esto con el fin de lograr una interfaz entendible para la gran mayoría de estos usuarios, que también interactúan con esta. Así como se recomendó trabajar con expertos en dominio, desde etapas tempranas del desarrollo, también se recomienda incluir a gente que tenga conocimientos relativamente bajos en interfaces de este tipo o con perfil de cuidador no médico, con el fin de lograr un diseño mucho más robusto antes de su construcción.

La segunda recomendación, y teniendo en vista los resultados, es la de enfocarse en los detalles visuales, más aún conociendo la diversidad de perfiles de usuario que contiene este tipo de desarrollo. Estos pueden incluir a usuarios que saben mucho sobre manejo de interfaces, o personas que saben muy poco. Por eso, se vuelve importante que la interfaz sea entendible y posea una baja curva de aprendizaje, objetivos para los cuales, los detalles visuales tienen una gran responsabilidad. Estos detalles son el tamaño de los botones, los colores utilizados y las descripciones de cada uno de los elementos de la interfaz. El tamaño es importante, puesto que hay usuarios que pueden tener problemas visuales o simplemente puede ayudar a nuevos usuarios a poder ubicarse de mejor manera dentro del desarrollo.

El segundo detalle hace referencia a los colores utilizados, los cuales cumplieron de sobremanera el objetivo inicial, que era determinar una función para cada color, tratando de que no se repitieran. Si bien estaba la limitación de los colores por categoría para cada pictograma, también se le dio importancia a los demás botones, lo que le permitió a los participantes aprender de manera rápida las funciones de la interfaz.

Y el tercer elemento visual muy importante para la obtención de estos resultados, fueron las descripciones de cada botón. A pesar de que, en este caso en particular, había que reducir

al mínimo la cantidad de texto en pantalla, se hace imprescindible dar ciertas directrices a usuarios que puedan leer, para que así puedan entender qué significa cada elemento, pues estos guiarán a los usuarios objetivos durante el uso de la aplicación. En términos de los resultados obtenidos, este detalle no estuvo cubierto en su totalidad, y este se ve reflejado en dos grandes problemáticas. La primera es la evaluación negativa por parte de los usuarios ante el tiempo de retraso de acción, que viene dada por una falta de explicación textual certera, dentro de la misma aplicación, que indique su utilidad o cómo probar esta característica. La segunda problemática tiene que ver con el ingreso a la pantalla de ajustes. Si bien hubo parte de los participantes que comprendió a simple vista cuál era el botón para ingresar a ajustes, hubo otra gran parte que no sabía donde ir cuando se le daba esta indicación. Es por eso que fue una retroalimentación recurrente el agregar texto al botón que indicara a qué pantalla hacía referencia.

Finalmente, la tercera recomendación es utilizar el hardware y software adecuado. Tener un framework de trabajo adecuado hará que los errores de sistema, los cuales suelen ser los más frustrantes para los usuarios, se reduzcan de sobremanera. Para este proyecto en particular, ocurrió de forma azarosa, pero no despreciable, provocando en los usuarios una sensación de fracaso, aun cuando hacían bien lo pedido. Teniendo en cuenta la población objetivo de este tipo de desarrollos, es importante que el software responda como debe responder, ya que gran parte del cumplimiento de la usabilidad, depende de la robustez del desarrollo ante errores de cualquier tipo.

Capítulo 7

Conclusión y Trabajo Futuro

La comunicación es una de las principales herramientas que utilizamos día a día, a la cual consideramos como un acto natural y mecánico. Sin embargo, existe parte de la población a la cual se le complica realizar esta actividad, como por ejemplo las personas con parálisis cerebral, trastorno que puede generar problemas en el desarrollo del habla. Esta es una de las poblaciones objetivo de los Sistemas Alternativos y Aumentativos de Comunicación (SAAC), que permiten comunicarse a gente con complicaciones en la generación del habla. Un ejemplo de estos sistemas que son utilizados, son los tableros basados en pictogramas, que permiten a los usuarios comunicarse mediante el uso de estos y así expresar oraciones. Con la evolución de la tecnología, estos tableros, que antes eran físicos, pasaron a ser aplicaciones móviles masificando así su uso. La población objetivo es parte de los usuarios que utilizan estas aplicaciones, pero estas no responden a todas sus necesidades. Primero, son muy caras haciendo que la inversión requerida para su uso no sea despreciable. Y, por otra parte, la usabilidad de estas aplicaciones no está destinada específicamente a esta parte de la población, por lo que se les suele complicar su uso. Es así que la solución planteada en esta memoria era desarrollar un tablero digital de comunicación basado en pictogramas, de bajo costo de producción y que asegure la usabilidad a la población objetivo (niños con parálisis cerebral).

Como producto final del desarrollo de esta memoria, se obtuvo una aplicación de tablero digital de comunicación basado en pictogramas, probado en un sistema operativo Android, la cual cumple con las funciones básicas de este tipo de implementaciones, las cuales son: escribir, escuchar y borrar frases con pictogramas. La interfaz fue desarrollada escuchando las necesidades y sugerencias por parte de los expertos en dominio, con el fin de poder mejorar la usabilidad de las aplicaciones existentes, para la población objetivo (niños con parálisis cerebral). Es así que sumada a las funcionalidades básicas, se agrega una función de accesibilidad llamada tiempo de retraso de acción. Esto hace referencia a que en lugar de ejecutar inmediatamente la acción luego de apretar el botón, hay que mantener el botón por este tiempo definido antes de ejecutarla. Esta decisión fue tomada para reducir las acciones involuntarias por parte del usuario, lo que conlleva a reducir los errores, que es lo que se busca con este desarrollo. También se implementa una predicción simple de pictogramas cuando estos se escriban. Esto está basado en las categorías semánticas. Por ejemplo, si escribo un sujeto, entonces se mueven a la primera página los verbos en lugar de los sustantivos, ya que la primera opción es más probable de elegir que la segunda. Y otras decisiones de diseño,

como por ejemplo los tamaños de los botones, textos y colores, también surgen producto de las opiniones de los expertos en dominio.

Esta interfaz fue evaluada de forma parcial, pues se probó la usabilidad con personas que tienen el perfil de un cuidador de niño con parálisis cerebral (por ejemplo: personal de la salud, madres/padres, tías/os o abuelas/os), mas no con el perfil de usuario directo. Esto debido a que por razones de los tiempos acotados de la memoria, se consideró que acceder a usuarios con parálisis cerebral podía conllevar una asociación con alguna fundación que les atiende y eso implicaría un trámite burocrático extenso. También se consideró que probar con esta muestra representó ser significativo, puesto que es importante integrar a los cuidadores al uso de la aplicación, ya que es la forma comunicativa del niño con el entorno del cual son parte y es muy relevante que la entiendan. Esta evaluación se realizó en 2 tablets de tamaños distintos, una de 8" y 12", con el fin de demostrar que el rendimiento depende exclusivamente del software construido y no del hardware utilizado. Y dados los resultados del experimento, se puede concluir que efectivamente el rendimiento no depende del hardware, ya que no existen diferencias significativas en los resultados de las métricas de Wilson y Wixon [6] entre entornos. De estos resultados se identifican oportunidades de mejora para la interfaz desarrollada con el fin de asegurar la usabilidad para los niños como para su entorno. Estas mejoras están destinadas a mejorar los aspectos visuales y funcionales de la aplicación.

Los objetivos de la memoria están cumplidos parcialmente. Se logra generar un modelo de dominio, con la información recabada a partir de las entrevistas con especialistas. Esto le permitió al memorista entender cuáles eran las necesidades por parte de la población objetivo, para poder generar los requisitos mínimos de este primer prototipo.

También se logró diseñar una interfaz basada en este modelo de dominio generado. Esta fue evaluada con usuarios que cumplen el perfil de cuidador de un niño con parálisis cerebral, y del cual se obtuvieron oportunidades de mejora que permiten mejorar la usabilidad de aplicación, y que según lo investigado en esta evaluación, este primer prototipo resulta ser un buen primer paso.

Sin embargo, la usabilidad no se puede asegurar, ya que la aplicación fue probada solo con el entorno de la población objetivo, lo que representa ser una buena base, pero nada concluyente que nos permita asegurar esta característica para los niños con parálisis cerebral.

El haber construido una aplicación desde sus bases ayuda al memorista a generar diversos aprendizajes. El primero es haber adquirido la experiencia de obtener los requerimientos de expertos en un dominio que el investigador no conocía, lo que permite generar una mayor empatía con el problema de raíz. Otro aprendizaje es el técnico, ya que el estudiante no conocía acerca de desarrollo móvil, lo cual representó una evolución importante del conocimiento en lo que concierne a las implementaciones de este tipo. Y por último, se encuentra el conocimiento de cómo realizar las evaluaciones de usuario, ya que representó ser el desafío principal para el memorista debido a que nunca había planificado y desarrollado una desde cero.

Producto de las entrevistas con expertos en dominio, surgieron ciertas ideas funcionales, que pueden ser de mucha ayuda para este proyecto y son las siguientes:

- Pictogramas predictivos: esta característica hace referencia a implementar un sistema de predicción como el de los teclados convencionales al tablero de pictogramas, poniendo en primer lugar la palabra más frecuente a escribir. Esto también considera el respetar las reglas de conjugación. Si bien hay una implementación desarrollada, esta tiene una funcionalidad básica y basada en las categorías, pero no en las palabras, que es lo deseable. Esta implementación tiene una criticidad media, pues aportaría a la usabilidad, pero no es tan prioritario.
- Geolocalización de pictogramas: esta característica hace referencia a identificar la ubicación del niño para contextualizar los pictogramas basándose en esta. Por ejemplo, si el niño está en el colegio, poner en el primer lugar los pictogramas que tengan que ver con eso, ya sean imágenes como lápiz, profesor, etc. Esta implementación tiene una criticidad baja, pues aportaría a la usabilidad, pero considerando que la aplicación busca funcionar sin internet, puede que no sea aplicable.
- Agregar juegos al tablero: esta característica hace referencia a agregar juegos que apoyen el aprendizaje de lectoescritura de los usuarios. Los expertos en dominio enfatizaron que si bien el tablero es importante para comunicarse, también lo es ayudar a los niños en otros procesos comunicativos, donde estos juegos podrían ayudar a cumplir ese objetivo. Esta implementación tiene una criticidad baja, pues aporta a los procesos comunicativos del niño, pero no resulta ser de tanto valor para cumplir los objetivos pactados inicialmente para la aplicación.

De la evaluación realizada con la muestra se obtienen las siguientes oportunidades de mejora:

- Arreglar errores del sistema encontrados: queda como trabajo pendiente identificar el origen de estos errores para poder mejorar el rendimiento de la aplicación. Esta problemática tiene una criticidad alta, ya que el que no se genere la acción al momento de tocar los botones va en contra de la usabilidad, lo que puede aumentar la frustración al momento de usar la aplicación.
- Tiempo de retraso de acción: esto se considera un problema que debe ser solucionado, ya que la totalidad de los usuarios no entendió lo que significaba o se les olvidaba que tenían activada esta característica. Para solucionar esta problemática se propone agregar una descripción en la pantalla de ajustes explicando qué significa este tiempo. También se propone agregar un indicador que señale que el tiempo de retraso de acción está activado en el tablero. También como solución directa para el usuario objetivo, que en este caso no necesariamente sabe leer, se propone colocar una alerta de audio cuando intente apretar un botón y no mantenga el tiempo requerido, una cantidad determinada de veces. Esto para recordarle que debe mantenerlo apretado un tiempo para realizar una acción. Esta problemática tiene una criticidad alta, pues solucionar esta va en pos de la usabilidad de la aplicación.
- Aclarar acción de botón y slider en la pantalla de ajustes: esto hace referencia a extender el texto de estos dos items en la pantalla de ajustes, aclarando qué hay que hacer con ellos. En el caso del botón, colocar “Mantener para probar tiempo de retraso de acción” o “Presionar para probar tiempo de retraso de acción” dentro de él. Mientras

que para el slider sería de utilidad colocar alguna etiqueta cerca o en el punto que diga “Deslizar” para que quien lo vea por primera vez sepa cómo se usa, más aún si no tiene experiencia. Esta problemática tiene una criticidad media, porque si bien es algo que permite mejorar la usabilidad, esta característica está destinada a cuidadores y no al usuario objetivo.

- Mejorar los botones de navegación: se propone agregar los dos botones a todas las páginas de pictogramas, en lugar de la implementación actual, en la cual solo aparece en las páginas intermedias. También se propone agregar el número de la página en la cual se encuentre el usuario. Esta problemática tiene una criticidad alta, porque mejorar esta característica va en pos de la usabilidad del tablero.
- Aclarar el acceso a ajustes: ya que parte de los usuarios no logró comprender el acceso a esta pantalla, es que se propone cambiar el color del botón y agregar la etiqueta de texto que indique que ese botón dirige a ajustes. Esta problemática tiene una criticidad media, porque si bien es algo que permite mejorar la usabilidad, esta está destinada a cuidadores y no al usuario objetivo.

De los resultados de la experimentación y de la experiencia en el proceso de realización de esta memoria se realizan recomendaciones a quienes quieran realizar investigaciones enfocadas en este campo. La primera es integrar a perfiles de usuario que sean parte del entorno de una persona con PC, desde etapas tempranas, para generar un método comunicativo más entendible y usable para cualquier cuidador. La segunda recomendación es ponerle atención a los detalles visuales, esto considerando lo diverso que puede ser el perfil de un usuario de este tipo de implementación. Estos tienen una relevancia importante al momento de asegurar la usabilidad tanto para el paciente, como para su entorno. Y por último, se recomienda seleccionar un framework de trabajo adecuado, ya que este puede disminuir los errores de sistema, que provocan una gran frustración por parte de los usuarios, que es lo que se busca evitar en implementaciones de este tipo.

Finalmente, como trabajo futuro, se propone desarrollar una nueva iteración del prototipo, primero dando previa solución a todas las problemáticas de criticidad alta, previamente mencionadas, para luego ser evaluado con una muestra representativa de la población objetivo. Esto permitiría delimitar el alcance de la aplicación para proponer estudios de tipo pre-clínico con pacientes de Coaniquem, previa auditoría de la aplicación y protocolo experimental por parte de los comités de ética de la institución mencionada, y la FCFM.

Bibliografía

- [1] Holzinger Andreas. Usability engineering methods for software developers. *Communications of the ACM*, 48:74–75, 2005.
- [2] AssistiveWare. Proloquo2go(7.6.2), 2021. [Aplicación móvil] App Store.
- [3] Buhagiar Nathalie Bonello Matthew, Farrugia Philip and Mercieca Joseph. Towards a multi-user experience approach to exploring key requirements to design smart habilitation devices for children with cerebral palsy. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 9, 2022.
- [4] Vidal Carlos Calzada Cristina. Parálisis cerebral infantil: definición y clasificación a través de la historia. *Revista mexicana de ortopedia pediátrica*, Volume 16, Issue 1:Pages 6–10, 2014.
- [5] CREA. Ease mouse(v1.6.0), 2021. [Aplicación móvil] Play Store.
- [6] Chauncey Wilson Dennis Wixon. *Handbook of Human-Computer Interaction*, chapter Chapter 27 - The Usability Engineering Framework for Product Design and Evaluation, pages 653–688. North Holland, 2 edition, 1997.
- [7] Pedro Pilar Durante Pilar. *Terapia ocupacional en geriatría principios y práctica*, chapter Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación, pages 363–370. Basil Carmen, Boix Judit, 3 edition, 2010.
- [8] DynaVox. Td snap(1.17.3.241717), 2021. [Aplicación móvil] App Store.
- [9] Sesame Enable. Ábrete sésamo: control sin contacto(5.0.0), 2018. [Aplicación móvil] Play Store.
- [10] Eric Evans. *Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software*. Addison-Wesley Professional, 2003.
- [11] Marquardt Nicolai Greenberg Saul, Carpendale Sheelagh and Buxton Bill. *Sketching User Experiences: The Workbook*, chapter 1.4 - 10 Plus 10: Descending the Design Funnel: developing 10 different ideas and refinements of selected ideas, pages 17–27. Morgan Kaufmann, 1 edition, 2012.
- [12] Bassani Patricia Heidrich Regina. Inclusive design - assistive technology for people with cerebral palsy. *IOS Press*, 2012.

- [13] CoughDrop Inc. Coughdrop(2021.07.16), 2021. [Aplicación móvil] App Store.
- [14] IrisBond. Hiru. Eyetracker multiplataforma.
- [15] John W. Creswell J. David Creswell. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Inc, 4 edition, 2014.
- [16] Josh Seiden Jeff Gothelf. *Lean UX*. O'Reilly Media, Inc., 3 edition, 2021.
- [17] Väänänen-Vainio-Mattila Kaisa Kujala Sari, Roto Virpi and Karapanos Evangelos. Ux curve: A method for evaluating long-term user experience. *Interacting with computers*, Volume 23, Issue 2:Pages 473–483, 2011.
- [18] Jordi Lagares. Projecte fressa 2021. Proyecto enfocado en la realización de software para personas con discapacida motórica.
- [19] César Mauri Loba. Eviacam (enable viacam), 2011. Aplicación para computador.
- [20] MarbleSoft. Keyguard at. Diversos productos para facilitar el manejo de teclados y tabletas.
- [21] Cobley Andy Montague Kyle, Hanson Vicki. Designing for individuals: usable touch-screen interaction through shared user models. *ASSETS '12: Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages Pages 151–158, 2012.
- [22] NaturalPoint. Smartnav. Cámara para manejo de computador hands-free.
- [23] Jorge Joaquim Nicolau Hugo, Guerreiro Tiago and Gonçalves Daniel. *Mobile Touch Screen User Interfaces: Bridging the Gap between Motor-Impaired and Able-Bodied Users*. Technical University of Lisbon, 2013.
- [24] Marshall Julie Pennington Lindsay, Goldbart Juliet. Speech and language therapy to improve the communication skills of children with cerebral palsy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 2, 2004.
- [25] Dahlman Pär. User centred design for adolescents with cerebral palsy: Designing an eye controlled software to enhance mathematical activities, 2011.
- [26] Saltillo. Touchchat(2.32.1), 2021. [Aplicación móvil] App Store.
- [27] SmartBox. Grid for ipad(3.0.68.3), 2021. [Aplicación móvil] App Store.
- [28] Vodafone. Eva facial mouse, 2019. [Aplicación móvil] Play Store.
- [29] Timothy Walsh. *Utterance-Based Systems: Organization and Design of AAC Interfaces*. University of Delaware, 2010.
- [30] Oskar Wyke. *User Centered Design for persons with disabilities: How persons with cerebral palsy can be included in the design process*. KTH, School of Computer Science and Communication, 2011.

- [31] Yi Chen TzuChuan Chen Pin Sung Ku Paul Tael Chin Guan Lim Mike Y. Chen Yi-Hao Peng, Muh-Tarng Lin. Personaltouch: Improving touchscreen usability by personalizing accessibility settings based on individual user's touchscreen interaction. *CHI '19: Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages Pages 1–11, 2019.

Anexos

Anexo A

Material Extra

DESARROLLO SEMÁNTICO

Compilado por Eliana Gurab (En base a la clasificación de Feldman)

Vocabulario categorías y clasificación en rangos de edad. Eliana Gurab

Edad 2.0 – 3.11

Categoría	sub.-Categoría		Clasificación
La familia	Mama Papa Abuelita Abuelito Tía	Tío Niña (hija) Niño (hijo) Guagua	No
Alimentos	Sopa Torta Chocolate Pan Dulce Helado	Galletas Agua Huevo Yogurt Bebida Completo	No
Juguetes	Pelota Robot Muñeca Oso de peluche	Globo Auto Tambor Tren	No
Animales	Elefante Pajarito Perro Vaca Gallina Pato	Caballo Chancho Jirafa Pescado Pinguino Gato	No
Ropas	Bufanda Calcetines Calzón Camisa Chaleco Gorro	Guante Pantalón Pantalón corto Polera Vestido Zapato	No
Objetos de uso cotidiano	Cama Cojín Cuchara Cuchillo Lámpara Mesa	Plato Silla Sillón Taza Tenedor Vaso	No
Acciones	Bailar Beber Caer Caminar Comer Comprar	Correr Dormir Hablar Jugar Llorar Subir	No
Partes del cuerpo	Boca Brazo Cara Dedo Guata	Nariz Ojo Oreja Pelo Pie	No

	Mano	Piernas	
--	------	---------	--

Edad 4.0 – 5.11

Categoría	Sub-Categoría		Clasificación
Juguetes	Auto Balda y pala Bicicleta Camioneta Globo Lego	Muñeca Oso de peluche Pelota Pistola de agua Robot Tren	Niño – niña Se mueven – no se mueven Redondos – no redondos
Alimentos	Agua Bebida Carne Chocolate Completo Dulce Galletas Helado Huevo	Pan Papas fritas Pescado Pollo Sopa Tallarines Té Torta Yogurt	Salados – dulces Se comen – se toman Con servicio – sin servicio
Vajilla	Cuchara Cuchillo Plato	Taza Tenedor Vaso	Se lleva a la boca – no se lleva Servicio – no servicio
Muebles de la casa	Alacena Cama Closet Cuna Mesa Mesa de centro	Mesa de TV Mueble biblioteca Silla Sillón Sofá Velador	Dormitorio – otros Comedor – otros Living – otros
Medios de transporte	Auto Avión Barco Bicicleta Bote Camión	Camioneta Carreta Helicóptero Micro Moto Tren	Tierra Aire Agua
Ropa	Abrigo Botas Bufanda Calcetines Calzón Camisa Chalas Chaqueta Gorro	Guante Pantalón Pantalón corto Pantalón de baño Pijama Polera Traje de baño Vestido Zapato	Hombre – mujer Frio – calor Dormir – otros
Frutas	Durazno Frutilla Guinda Manzana Melon	Naranja Pera Plátano Sandía Uva	Con hueso – sin Con pepas – sin Con cáscara – sin
Verduras	Acelga Alcachofa	Papas Pepino	Se comen las hojas Se comen crudas - cocidas

	Apio Cebolla Choclo Lechuga	Poroto verde Repollo Tomate Zanahoria	Crecen sobre la tierra – bajo la tierra
Animales	Caballo Conejo Elefante Gallina Gato Gorila Jabalí Jirafa León	Loro Oso polar Pato Pavo real Perro Pescado Serpiente Tigre Vaca	Salvajes – domésticos Vuelan – no vuelan Cuatro patas – dos patas Agua - tierra
Adornos personales	Anillo Aron Cadena y medalla Cintillo Collar de perlas	Lentes Peine Pinche Pulsera Reloj	De pelo De cuello De las manos De las orejas

Edad 6.0 – 7.11

Categoría	Sub-Categoría			Clasificación
Utensilios de cocina	Colador Cucharón Cuchillo Espátula	Exprimidor Fuente Huslero Olla	Rallador Sartén Tabla de corta Tetera	Recipiente – no Para cocinar – no Saca jugo - no
Útiles escolares	Cuaderno Estuche Goma de borrar Lápices de colores	Lápiz Pegamento Pincel Plumón	Regla Saca punta Tempera Tijera	Para escribir – no Para guardar – no
Artículos de aseo personal	Cepillo de dientes Colonia Confort Desodorante	Ducha Esponja Jabón Pasta de dientes	Peineta Shampoo Talco Toalla	Se acaban – no Con pelo – sin Se mojan – no se mojan
Alimentos	Agua Arroz Azúcar Bebida Café Carne Chocolate Completo Dulce Flan	Galletas Helado Huevo Jugo Mermelada Miel Pan Panqueque Pastel de choclo Pescado	Pizza Pollo Queso Sopa Tallarines Té Torta Vino Yogurt	Líquidos – sólidos Salados – dulces Frio – caliente Crudos – cocidos Envasados – no envasados Vegetal – animal – mineral
Medios de transporte	Auto Avión Barco Bicicleta Bote Camión	Camioneta Carreta Cohete Helicóptero Metro Micro	Moto Submarino Tractor lunar Tren Velero	Aéreos – terrestres marítimos Con motor – sin Con ruedas – sin Individuales – colectivos Rápidos – lentos

Animales	Abeja Araña Burro Cabra Canguro Chancho Chinita Cisne Cocodrilo Conejo Elefante Gallina	Gallo Gato Gaviota Hormiga Jabalí Jirafa Le'n Loro Mariposa Mosca Oso polar Oveja	Paloma Pato Pavo real Perro Pescado Pinguio Pulpo Rinoceronte Serpiente Tigre Vaca Zorro	Mamíferos- aves – insectos- peces Vuelan – no Salvajes – domésticos Venenosos – no venenosos Con cuernos – sin Con pelo – sin Con plumas – sin
Ropas	Abrigo Botas Bufanda Calcetines Calzón Camisa Camisa de dormir Camiseta Chalás	Chaleco Chaqueta Falda Gorro Guante Pantalón Pantalón corto Pantalón de baño	Pijama Polera Sombrero de mujer Traje de baño Traje espacial Vestido Zapato	Frío- calor Hombre- mujer Niño – adulto Interior – no
Medios de comunicación	Carta Celular Computador Diario Faro Fax	Libro Maquina fotografica Postal Radio Revista	Satélite Telefono Telegrama Televisor Wakie talkie	Auditivo – visual Eléctrico – no Verbal – no Distancia corta – larga Escrito – no escrito

Edad 8.0 – 9.11

Categoría	Sub-Categoría			Clasificación
Deportes	Atletismo Automovilismo Básquetbol Caza Ciclismo Esgrima	Fútbol Golf Karate Natación Patinaje Pesas	Pesca Pin- pong Polo Sky-nieve Tenis Voleibol	Con pelota – sin Acuáticos – otros Terrestres – otros Con vehículo – otros
Instrumentos musicales	Acordeón Arpa Bongó Clarinete Flauta Gaita	Guitarra Mandolina Pandero Piano Quena Saxofón	Tambor Triangulo Trompeta Violín Violonchelo Xilófono	De cuerda – otros De viento – otros De percusión – otros
Aparatos eléctricos	Aspiradora Batidora Cafetera Centrifuga Computador Enceradora	Exprimidor de jugo Hervidor Lavadora Licuadora Microondas Plancha	Radio Refrigerador Secador de pelo Teléfono Televisor Ventilador	Refrigeran – no Para alimento – no Entretención- no

Herramientas	Alicate Cepillo carpintero Destornillador Espátula Huincha Llave	Llave inglesa Martillo Pala Picota Plana Plomada	Rastrillo SERRUCHO Sierra Taladro Tenaza Tijera de podar	Carpintero Jardinero Mecánico Gasfiter
Profesiones y oficios	Bombero Cajero Carabinero Carpintero Cartero Chofer	Cocinero Gasfiter Ingeniero Mecánico Medico Minero	Modista Pintor Profesor Secretaria Suplementero Telefonista	Profesional (estudio) Oficios (aprende sin estudios)
Iluminación	Aplicé Faro Farol de gas Lámpara	Lámpara araña Lámpara de pie Lámpara parafina Linterna	Luz auto Poste de calle Tubo fluorescente Vela	Eléctricos – no Fijos – móviles Uso dentro de la casa – fuera
Armas	Ametralladora Arco y flecha Boleadora Cañón	Cohete Escopeta Espada Hacha	Lanza Pistola Puñal Tanque	Fuego Punzantes Lanza objetos
Negocios de la ciudad	Cafetería Carnicería Centro comercial Cine Circo	Frutería Heladería Juguetería Lavandería Librería Panadería	Parque de entretenimiento Peluquería Pescadería Supermercado Zapatería	De comida De entretenimiento De ropa

Figura A.1: Categorías semánticas de Feldman. Fuente: <https://www.studocu.com/cl/n/20344517?sid=01673823790>

Anexo B

Formularios

Encuesta Experiencia Inicial

Nombre: _____ Edad: _____

Teléfono: _____

Preguntas	Si	No
1. ¿Ha interactuado alguna vez con alguna pantalla táctil?		
2. ¿Su celular dispone de pantalla táctil?		
3. ¿Sabe realizar llamadas desde su teléfono?		
4. ¿Dispone de conexión a internet en su celular?		
5. ¿Sabe enviar mensajes por WhatsApp desde su teléfono?		
6. ¿Sabe enviar mensajes de voz por WhatsApp desde su teléfono?		
7. ¿Sabe realizar búsquedas en internet, por ejemplo una receta o noticias?		
8. ¿Ha realizado una compra por internet desde su celular?		
9. ¿Sabe tomar fotos con su celular?		
10. ¿Ha realizado alguna transferencia bancaria desde su celular?		
11. ¿Sabe cómo reproducir un video de YouTube en su celular?		
12. ¿Sabe cómo configurar la conexión wifi de su celular?		
13. ¿Sabe cómo ajustar el brillo de la pantalla?		
14. ¿Se puede ubicar utilizando el mapa del celular?		
15. ¿Sabe descargar aplicaciones en su celular?		
16. ¿Conoce los Sistemas de Comunicación Aumentativa y Adaptativa (tableros de comunicación)?		

¿Cuánto tiempo usa el celular diariamente?

¿Para qué utiliza el celular habitualmente?

¿Cuál es la aplicación que más frecuentemente usa en su celular? (Sino tiene, responda ninguna)

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO (Evaluación de Software)

Solicitamos a usted colaborar con el proyecto de investigación titulado “*Prototipo de Tablero Digital de Comunicación para Niños con Parálisis Cerebral*”, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile.

La colaboración que solicitamos consiste en utilizar la aplicación que pondremos a su disposición, siguiendo las indicaciones y ejecutando las tareas requeridas por el facilitador del estudio. La herramienta tiene como objetivo entender el uso y evaluar el diseño de un tablero de digital de comunicación basado en pictogramas, mediante la utilización de un tablet.

A continuación le proporcionamos información más detallada del proyecto, y de los términos concretos que involucra su participación en esta prueba. Esto lo hacemos con el fin de permitirle decidir, de manera informada, si desea o no colaborar con este proyecto.

Información sobre el proyecto

1. El proyecto “*Prototipo de Tablero Digital de Comunicación para Niños con Parálisis Cerebral*”, tiene como objetivo el diseñar e implementar un software de comunicación aumentativa (hace referencia al aumento de nivel de expresión) y alternativa (hace referencia a la compensación de las dificultades comunicativas) que sea accesible, tanto de forma funcional como económica, y fácilmente usable, que le permita a los niños/as con parálisis cerebral llevar una interacción más fluida con su entorno.
2. Este proyecto proporcionará información de relevancia para el desarrollo de **soluciones computacionales**.
3. Este Proyecto está dirigido por el Profesor Francisco J. Gutiérrez, Profesor Asistente y Académico Jornada Completa del Departamento de Ciencias de la Computación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. El estudiante Matías Adrián Bahamonde Santander, memorista del Programa de Ingeniería Civil en Computación de la misma unidad académica, actúa como responsable operativo del estudio y del presente proyecto de investigación.
4. Los datos recopilados dentro del Proyecto serán administrados resguardando la estricta confidencialidad de la identidad de las personas participantes. Solo tendrán acceso a ellos las personas individualizadas en el punto anterior. Las personas responsables del resguardo de la información son, en primera instancia, el responsable operativo del estudio (Matías Bahamonde) y en última instancia el director del proyecto (Prof. Francisco J. Gutiérrez).
5. Los datos recopilados dentro del Proyecto podrán ser usados para ser publicados, en forma anónima y/o de manera agregada, en formato de memoria académica, y potencialmente de manera derivativa en revistas científicas del área de investigación, libros especializados, y/o en congresos académicos en Chile y en el extranjero.

Información sobre su participación:

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria, y consiste en utilizar una herramienta computacional para apoyar a niños/as con parálisis cerebral a comunicarse. El facilitador de este estudio le propondrá una serie de tareas a desarrollar para evaluar el funcionamiento de la aplicación.

Note que no se lo está evaluando a usted como individuo, sino que es usted quien está evaluando la aplicación de software que se le proporciona. Durante el desarrollo de las tareas le pediremos que nos vaya expresando todas sus sensaciones con cada interacción con la aplicación. Al finalizar las tareas propuestas, le preguntaremos acerca de qué le ha parecido la experiencia y la herramienta que utilizó, y también le pediremos responder una encuesta para obtener registro de sus sensaciones. Particularmente nos interesa saber si la herramienta le fue entendible.

Si no acepta participar en este estudio, no hay ninguna consecuencia negativa para usted. Si acepta participar, entonces usted puede dejar de participar en el estudio en cualquier momento que lo desee, sin que eso tenga consecuencias negativas para usted. Por favor, tómese todo el tiempo que necesite para decidir. A continuación se presenta un conjunto de preguntas y respuestas típicas, que le pueden ayudar a decidir mejor su eventual participación en este estudio.

¿Para qué se firma este documento?

La firma de este documento indica que usted voluntariamente desea participar en este estudio, y que lo hace de manera informada, en particular respecto a los términos de su participación, los cuales están expresados en el texto de este documento.

¿Por qué se está haciendo este estudio de investigación?

Queremos saber más sobre qué tan entendible/usable es la interfaz de este tablero digital de comunicación, para potenciales cuidadores/as de niños/as con parálisis cerebral. Esto con el fin de desarrollar una aplicación cuya curva de aprendizaje sea baja, tanto para el/la cuidador/a como para el/la niño/a.

¿Qué pasa si digo "sí, quiero participar en el estudio"?

Si dice que sí, le pediremos que utilice la herramienta siguiendo las instrucciones del facilitador del estudio, y al final, mediante una encuesta, le pediremos que responda de acuerdo a las sensaciones que tuvo durante el experimento. También le pediremos expresar sus ideas/sensaciones durante la utilización de la herramienta. Por otra parte, el facilitador irá tomando notas con respecto a las tareas realizadas. Estas son: tiempo que lleva en completar una tarea, cantidad de errores cometidos, cantidad de ayudas necesarias y si la tarea fue completada.

¿Quién verá mis respuestas y mis datos de interacciones?

Las únicas personas autorizadas para ver sus respuestas y sus interacciones con la aplicación, son las que trabajan en el estudio; que son las mismas que se aseguran de que dicho estudio se realice de manera correcta. Sus respuestas en el cuestionario y una copia firmada de este documento se mantendrán bajo llave en nuestros archivos. Cuando compartamos los resultados del estudio, por ejemplo en reportes técnicos o revistas especializadas de investigación, podremos utilizar citas suyas, pero en ningún caso incluiremos su nombre o cualquier otra información que lo/a identifique. Por lo tanto, haremos todo lo posible para asegurar el anonimato de la información que usted provea como parte de este estudio.

Participar en el estudio, ¿me ayudará de alguna manera?

Participar en este estudio no le ayudará directamente, pero podría ayudar tanto a niños/as con parálisis cerebral, como a sus cuidadores, a tener una comunicación más fluida mediante el uso de esta aplicación.

Participar en este estudio, ¿podría ser malo para mí, de alguna manera?

Es poco probable, pero existe la posibilidad de que al momento de realizar una tarea, le pueda generar frustración el no poder cumplirla. Siempre puede acudir al facilitador para solicitar ayuda cuando sienta que no está avanzando.

¿Qué debo hacer si tengo preguntas?

Por favor, contacte al equipo responsable si tiene alguna pregunta sobre el estudio, sobre sus derechos o sobre el uso de la herramienta. Los datos de contacto están más abajo.



¿Estoy obligado/a a firmar este documento?

No. Firmelo solamente si desea participar en el estudio.

¿Qué debo hacer si quiero participar en el estudio?

Tiene que firmar dos copias de este documento: nosotros le entregaremos una copia del mismo y la otra quedará en poder del equipo investigador.

Al firmar este documento está diciendo que:

- Está de acuerdo con participar en el estudio.
- Le hemos explicado la información que contiene este documento y hemos contestado todas sus preguntas.

En conocimiento del proyecto y de acuerdo a las condiciones antes descritas, indique con una cruz su decisión de participar:

- No acepto** colaborar con el proyecto "Prototipo de Tablero Digital de Comunicación para Niños con Parálisis Cerebral".
- Sí acepto** colaborar con el proyecto "Prototipo de Tablero Digital de Comunicación para Niños con Parálisis Cerebral".

El Prof. Francisco J. Gutiérrez, director de este proyecto de investigación, y Matías Bahamonde Santander, responsable operativo del mismo, suscriben el compromiso de respetar cabalmente las condiciones detalladas más arriba. Los datos de contacto de estas personas se detallan a continuación:

Prof. Francisco J. Gutiérrez, Profesor Asistente. Departamento de Ciencias de la Computación, FCFM, Universidad de Chile. Correo electrónico: frgutier@dcc.uchile.cl.

Matías Bahamonde Santander, Memorista de Ingeniería Civil en Computación. Departamento de Ciencias de la Computación, FCFM, Universidad de Chile. Correo electrónico: mabahamo@dcc.uchile.cl.

Otras preguntas pueden realizarse a la Presidenta del Comité de Ética y Bioseguridad para la Investigación, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, Prof. Viviana Meruane N., a quien usted podrá contactar a sediraca@ing.uchile.cl.

Nombre del participante: _____
Teléfono de contacto: _____
Correo electrónico: _____
Firma: _____
Fecha: _____

Nombre del facilitador del estudio: _____
Teléfono de contacto: _____
Correo electrónico: _____

(Se firman dos copias, quedando una en poder del participante y otra en poder del equipo de investigación)

Figura B.2: Formulario consentimiento informado

Recolección de datos

Nombre: _____ Edad: _____

Tamaño de pantalla utilizado: _____

Tarea 1:

Métrica	Valor
Tiempo en completar	
Número y tipo de errores	
Número de errores por unidad de tiempo	
Número de ayudas necesarias	
Tarea completada	

Errores cometidos:

Tarea 2:

Métrica	Valor
Tiempo en completar	
Número y tipo de errores	
Número de errores por unidad de tiempo	
Número de ayudas necesarias	
Tarea completada	

Errores cometidos:

Tarea 3:

Métrica	Valor
Tiempo en completar	
Número y tipo de errores	
Número de errores por unidad de tiempo	
Número de ayudas necesarias	
Tarea completada	

Errores cometidos:

Tarea 4:

Métrica	Valor
Tiempo en completar	
Número y tipo de errores	
Número de errores por unidad de tiempo	
Número de ayudas necesarias	
Tarea completada	

Errores cometidos:

Tarea 5:

Métrica	Valor
Tiempo en completar	
Número y tipo de errores	
Número de errores por unidad de tiempo	
Número de ayudas necesarias	
Tarea completada	

Errores cometidos:

Tarea 6:

Métrica	Valor
Tiempo en completar	
Número y tipo de errores	
Número de errores por unidad de tiempo	
Número de ayudas necesarias	
Tarea completada	

Errores cometidos:

Figura B.4: Documento de recolección de datos usado en la evaluación

Anexo C

Resultados de la experiencia

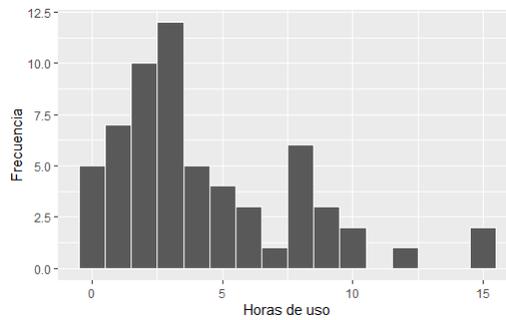


Figura C.1: Histograma de distribución de horas de uso para la muestra captada.

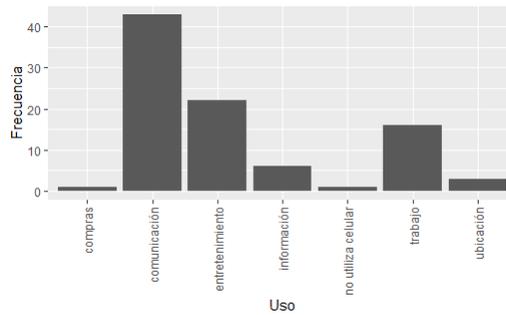


Figura C.2: Histograma de frecuencia para los distintos usos que le dan los usuarios a sus teléfonos para la muestra captada.

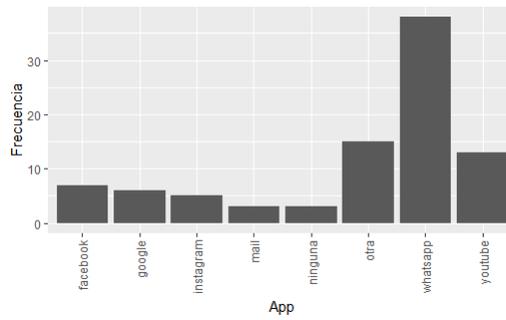


Figura C.3: Histograma de frecuencia para las distintas aplicaciones que utilizan los usuarios en sus teléfonos para la muestra captada.

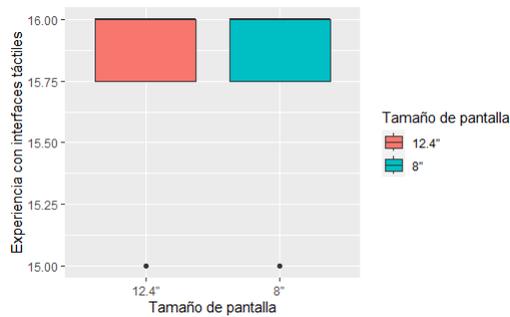


Figura C.4: Boxplot de puntaje de experiencia táctil para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.

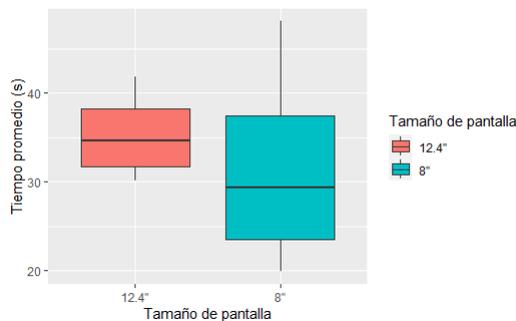


Figura C.5: Boxplot de tiempo promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.

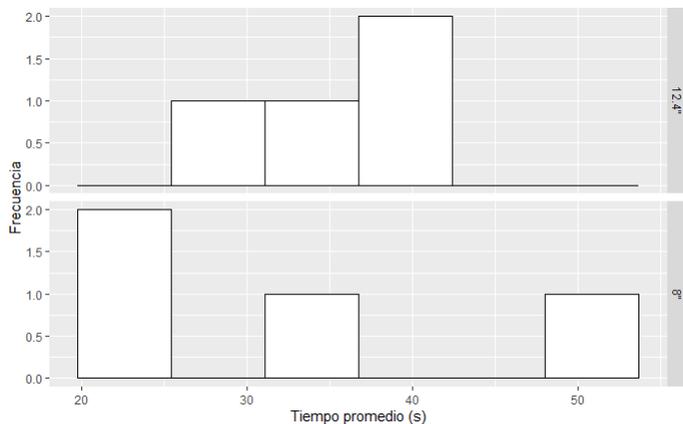


Figura C.6: Histograma de tiempo promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.

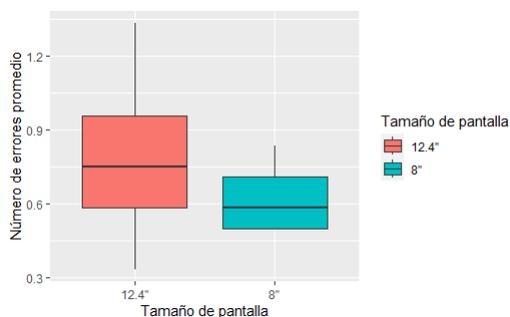


Figura C.7: Boxplot de número de errores promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.

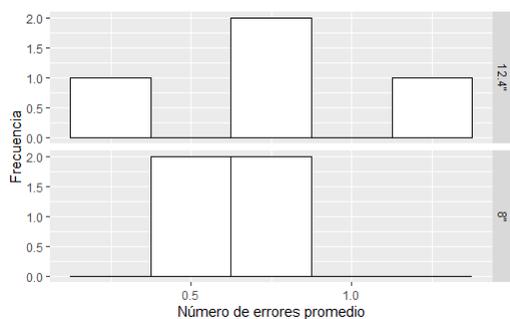


Figura C.8: Histograma de número de errores promedio de las 6 tareas para personal de la salud, categorizados por entorno utilizado.

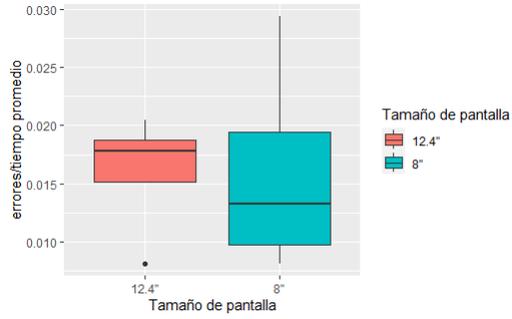


Figura C.9: Boxplot de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.

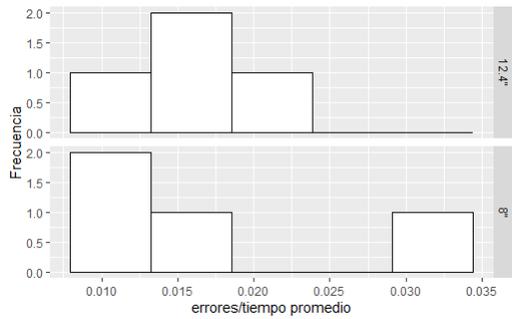


Figura C.10: Histograma de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.

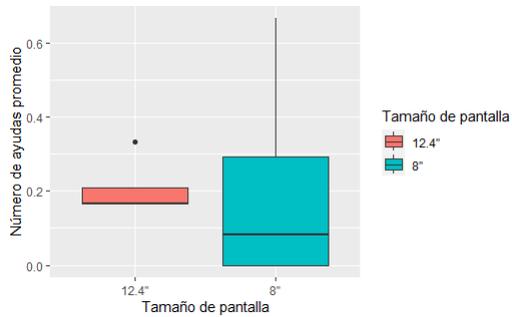


Figura C.11: Boxplot de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.

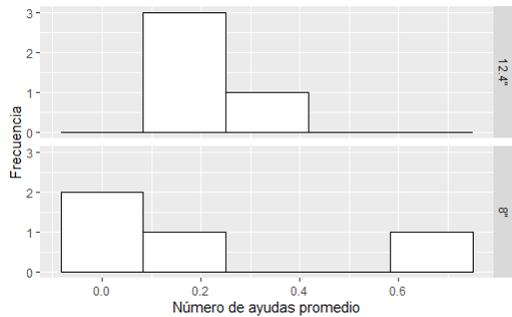


Figura C.12: Histograma de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para personal de la salud.

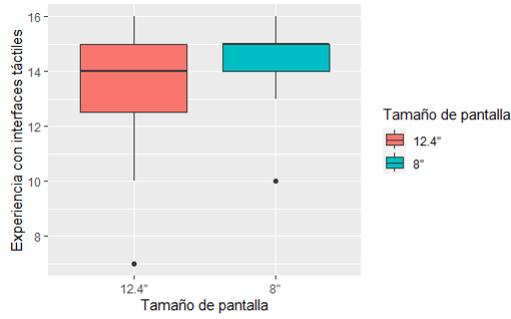


Figura C.13: Boxplot de puntaje de experiencia táctil para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

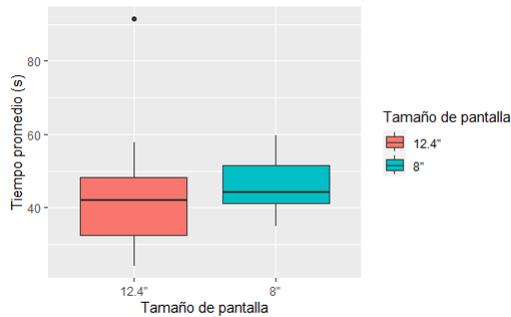


Figura C.14: Boxplot de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

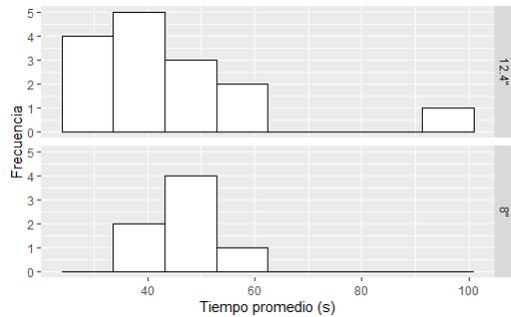


Figura C.15: Histograma de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

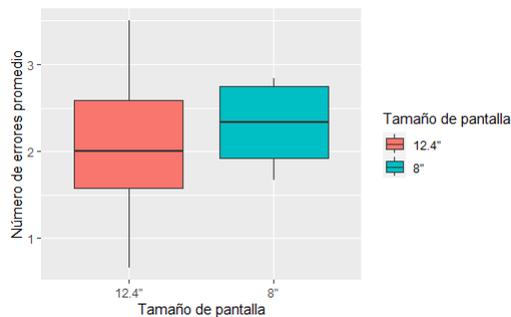


Figura C.16: Boxplot de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

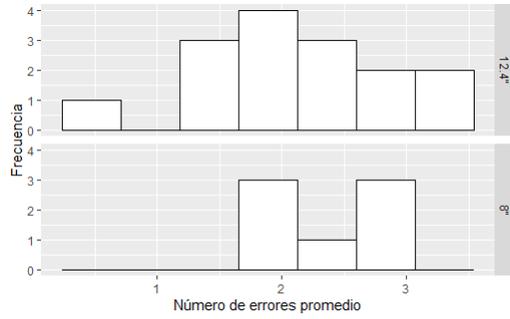


Figura C.17: Histograma de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos menores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

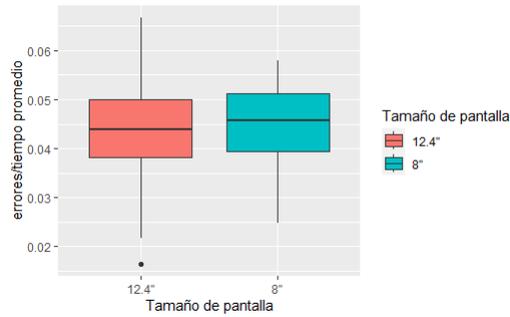


Figura C.18: Boxplot de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.

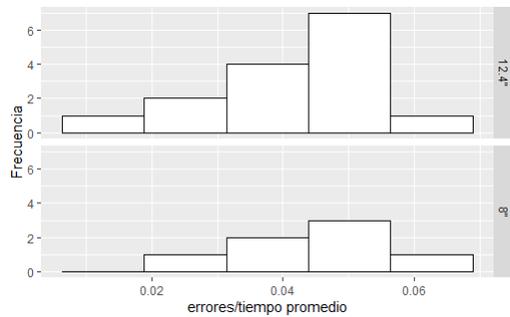


Figura C.19: Histograma de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.

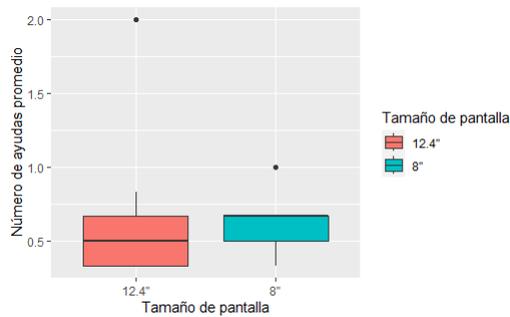


Figura C.20: Boxplot de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.

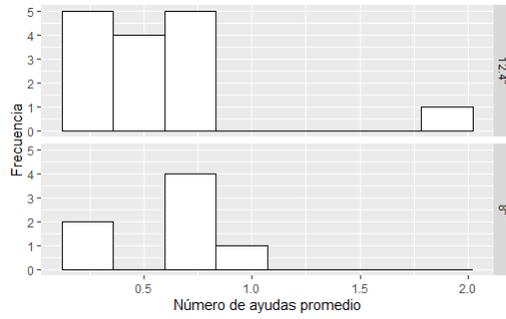


Figura C.21: Histograma de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos menores de 60 años.

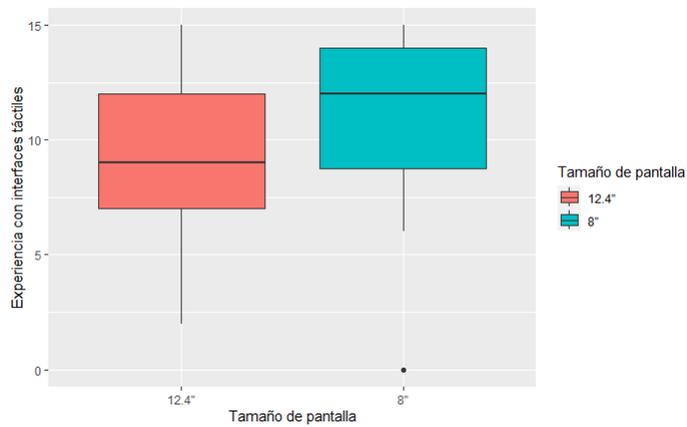


Figura C.22: Boxplot de puntaje de experiencia táctil para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

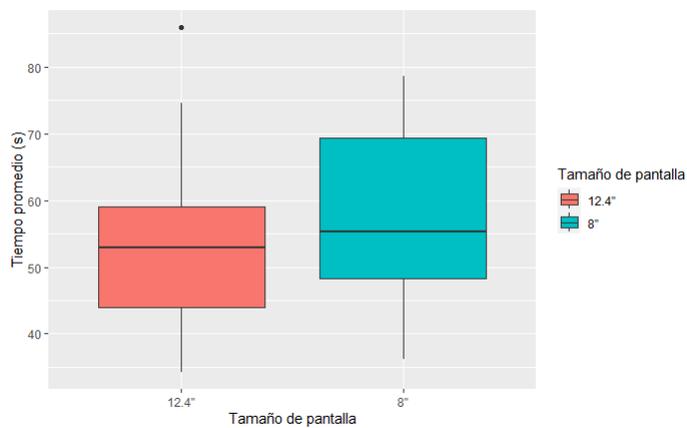


Figura C.23: Boxplot de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

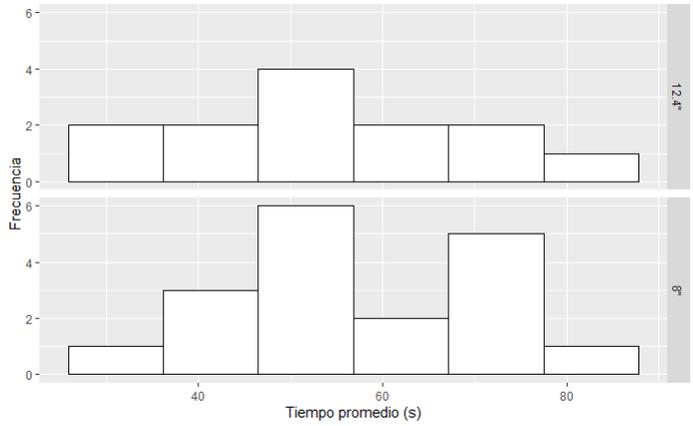


Figura C.24: Histograma de tiempo promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

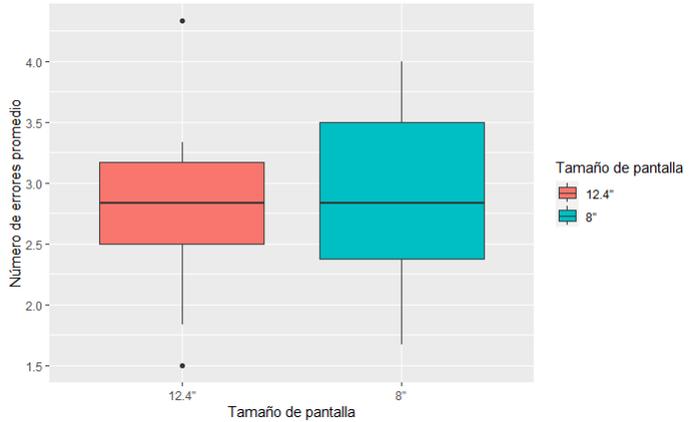


Figura C.25: Boxplot de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

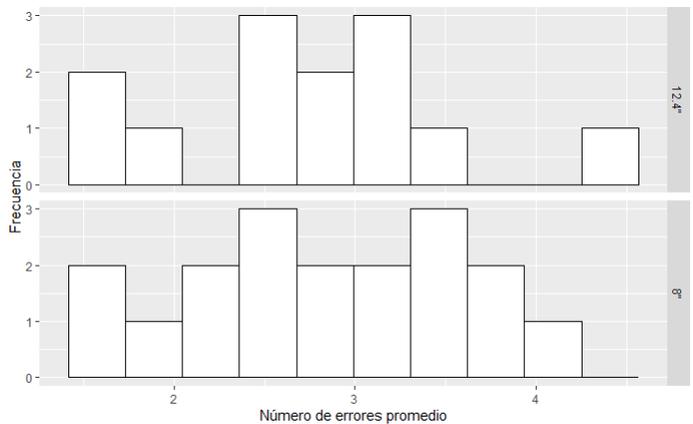


Figura C.26: Histograma de número de errores promedio de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años, categorizados por entorno utilizado.

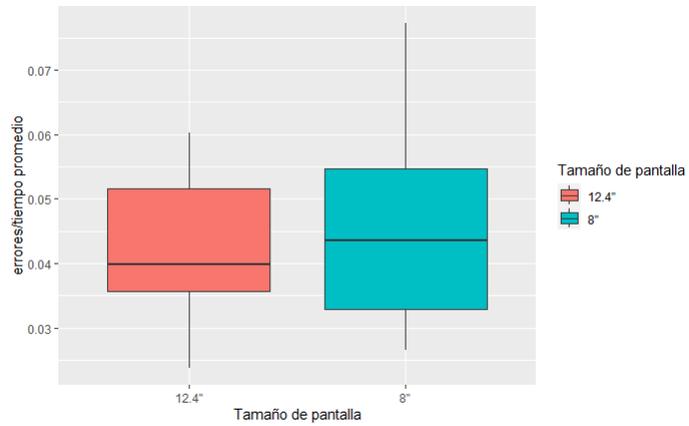


Figura C.27: Boxplot de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.

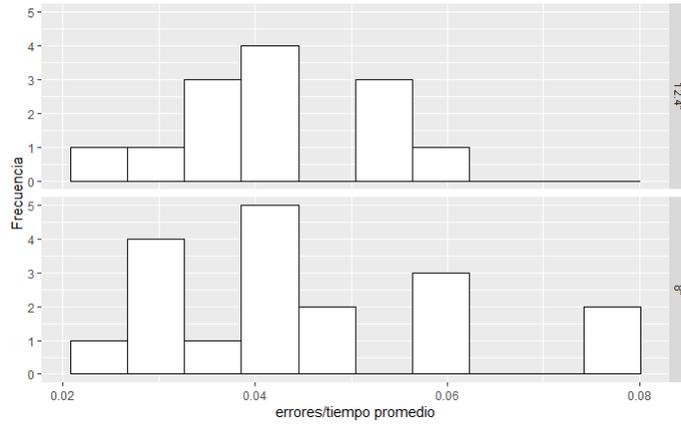


Figura C.28: Histograma de número de errores por segundo vistos en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.

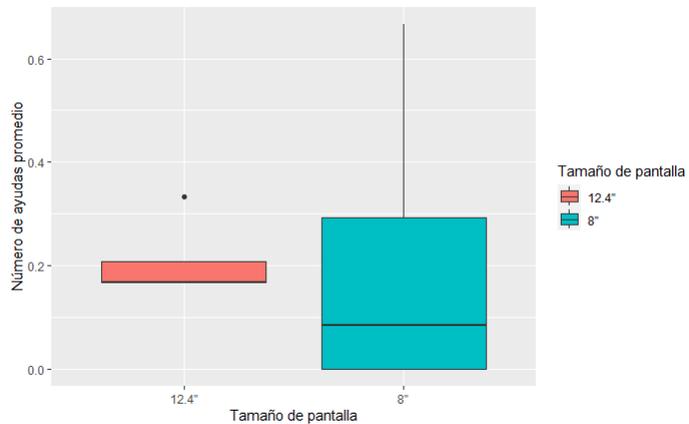


Figura C.29: Boxplot de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.

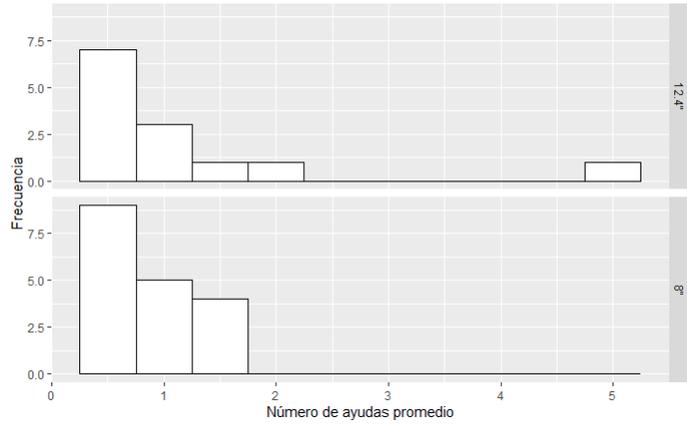


Figura C.30: Histograma de número de ayudas promedio en la submuestra de las 6 tareas para adultos mayores de 60 años.

ID	Edad	Partida	Tiempo	Ti_n_errores	Ti_errores	Ti_ayudas	Ti_completado	Ti_errores
1	49 8"		13,83	0	0	0	0	0 SI
2	35 12,4"		8,76	0	0	0	0	0 SI
3	23 12,4"		5,69	0	0	0	0	0 SI
4	28 8"		16,63	1	0,060	0	0	Error de rendimiento el pictograma no se acciona
5	52 12,4"		28,36	2	0,071	0	0	Frase errónea, borrar tocando pictogramas
6	39 8"		9,65	0	0	0	0	0 SI
7	41 12,4"		11,59	0	0	0	0	0 SI
8	37 12,4"		11,35	0	0	0	0	0 SI
9	44 8"		11,98	0	0	0	0	0 SI
10	63 8"		39,14	4	0,102	1	0	Paginación innecesaria(x3), borrar palabra x palabra
11	53 12,4"		23,82	1	0,042	0	0	Frase errónea
12	57 12,4"		13,27	0	0	0	0	0 SI
13	62 12,4"		21,88	0	0	0	0	0 SI
14	62 12,4"		13,76	0	0	0	0	0 SI
15	81 8"		12,54	0	0	0	0	0 SI
16	65 8"		72,92	4	0,055	2	0	Frase errónea(x4) queriendo deslizar el menú
17	68 8"		18,16	0	0	0	0	0 SI
18	55 8"		12,38	0	0	0	0	0 SI
19	54 8"		23,68	0	0	0	0	0 SI
20	57 12,4"		53,00	1	0,019	0	0	Se confunde con los pictogramas duplicados
21	64 8"		75,82	3	0,040	1	0	Frase errónea(x2), paginación innecesaria
22	63 8"		31,26	1	0,032	0	0	Frase errónea
23	59 8"		13,20	0	0	0	0	0 SI
24	53 12,4"		12,73	0	0	0	0	0 SI
25	66 8"		14,29	0	0	0	0	0 SI
26	66 8"		21,01	0	0	0	0	0 SI
27	69 12,4"		31,05	0	0	0	0	0 SI
28	47 12,4"		22,80	1	0,044	1	0	Frase errónea
29	58 12,4"		13,14	0	0	0	0	0 SI
30	64 8"		67,46	6	0,089	1	0	Paginación innecesaria(x6)
31	62 12,4"		12,21	0	0	0	0	0 SI

ID	Edad	Partida	Tiempo	Ti_n_errores	Ti_errores	Ti_ayudas	Ti_completado	Ti_errores
32	62 8"		68,41	2	0,029	1	0	Paginación innecesaria, error de sistema no escribe pictograma al tocarlo
33	67 8"		25,72	1	0,039	0	0	Error de sistema no se escribe pictograma al tocarlo
34	59 12,4"		21,56	0	0	0	0	0 SI
35	68 12,4"		64,38	4	0,062	5	0	Frase errónea(x4)
36	53 8"		38,35	3	0,078	1	0	Paginación innecesaria(x3)
37	62 12,4"		15,02	0	0	0	0	0 SI
38	52 12,4"		20,70	0	0	0	0	0 SI
39	53 8"		14,25	0	0	0	0	0 SI
40	65 8"		26,60	0	0	0	0	0 SI
41	64 12,4"		30,74	0	0	0	0	0 SI
42	41 12,4"		22,95	0	0	0	0	0 SI
43	31 8"		14,15	0	0	0	0	0 SI
44	60 8"		16,54	0	0	0	0	0 SI
45	65 12,4"		13,19	0	0	0	0	0 SI
46	61 8"		18,24	0	0	0	0	0 SI
47	66 12,4"		23,82	0	0	0	0	0 SI
48	53 8"		13,37	0	0	0	0	0 SI
49	61 12,4"		40,56	2	0,049	1	0	Paginación innecesaria(x2)
50	64 8"		70,13	3	0,043	1	0	Paginación innecesaria(x3)
51	54 12,4"		14,46	0	0	0	0	0 SI
52	63 8"		20,79	0	0	0	0	0 SI
53	62 12,4"		11,45	0	0	0	0	0 SI
54	61 8"		31,17	0	0	0	0	0 SI
55	57 12,4"		14,26	0	0	0	0	0 SI
56	57 12,4"		9,17	0	0	0	0	0 SI
57	58 12,4"		29,44	0	0	0	0	0 SI
58	58 12,4"		13,41	0	0	0	0	0 SI
59	62 12,4"		9,76	0	0	0	0	0 SI
60	62 12,4"		11,23	0	0	0	0	0 SI
61	60 8"		36,73	3	0,082	1	0	Paginación innecesaria(x3)

Figura C.32: Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 1.

ID	Edad	Puntaje	TZ_ tiempo	TZ_n_ errores	TZ_ errores	TZ_ tiempo	TZ_ ayuda	TZ_ completado	TZ_ errores
1	49 8"	28,47	0	0	0	0	0	0	0
2	35 12,4"	48,26	2	0,041	0	0,041	0	0	0
3	23 12,4"	110,62	5	0,045	1	0,045	1	0	0
4	28 8"	21,48	0	0,000	0	0,000	0	0	0
5	52 12,4"	52,49	0	0,000	1	0,000	1	0	0
6	39 8"	36,49	0	0,000	0	0,000	0	0	0
7	41 12,4"	43,09	2	0,046	1	0,046	1	0	0
8	37 12,4"	36,32	0	0,000	1	0,000	1	0	0
9	44 8"	85,15	2	0,023	1	0,023	1	0	0
10	63 8"	55,37	1	0,018	0	0,018	0	0	0
11	53 12,4"	30,32	0	0,000	0	0,000	0	0	0
12	57 12,4"	76,67	4	0,052	1	0,052	1	0	0
13	62 12,4"	36,71	0	0,000	1	0,000	1	0	0
14	62 12,4"	113,63	2	0,018	2	0,018	2	0	0
15	81 8"	73,44	1	0,014	1	0,014	1	0	0
16	65 8"	82,75	2	0,024	2	0,024	2	0	0
17	68 8"	72,8	3	0,041	2	0,041	2	0	0
18	55 8"	109,98	5	0,045	2	0,045	2	0	0
19	54 8"	99,78	5	0,050	2	0,050	2	0	0
20	57 12,4"	128,34	2	0,016	4	0,016	4	0	0
21	64 8"	89,19	3	0,034	1	0,034	1	0	0
22	63 8"	89,76	5	0,056	1	0,056	1	0	0
23	59 8"	67,09	3	0,045	1	0,045	1	0	0
24	53 12,4"	29,92	0	0,000	0	0,000	0	0	0
25	68 8"	56,99	1	0,017	0	0,017	0	0	0
26	68 8"	96,14	4	0,042	1	0,042	1	0	0
27	69 12,4"	61,85	1	0,016	1	0,016	1	0	0
28	47 12,4"	57,73	1	0,017	0	0,017	0	0	0
29	58 12,4"	66,88	1	0,015	1	0,015	1	0	0
30	64 8"	37,67	4	0,106	0	0,106	0	0	0
31	62 12,4"	49,75	3	0,060	0	0,060	0	0	0

ID	Edad	Puntaje	TZ_ tiempo	TZ_n_ errores	TZ_ errores	TZ_ tiempo	TZ_ ayuda	TZ_ completado	TZ_ errores
32	62 8"	106,9	3	0,028	1	0,028	1	0	0
33	67 8"	92,76	0	0,000	0	0,000	0	0	0
34	59 12,4"	69,5	0	0,000	0	0,000	0	0	0
35	68 12,4"	79,29	0	0,000	4	0,000	4	0	0
36	53 8"	74,13	0	0,000	1	0,000	1	0	0
37	62 12,4"	34,75	0	0,000	0	0,000	0	0	0
38	52 12,4"	81,09	4	0,049	0	0,049	0	0	0
39	53 8"	64,5	0	0,000	0	0,000	0	0	0
40	65 8"	72,12	1	0,014	1	0,014	1	0	0
41	64 12,4"	122,68	4	0,033	4	0,033	4	0	0
42	41 12,4"	55,55	1	0,018	1	0,018	1	0	0
43	31 8"	94,19	3	0,032	1	0,032	1	0	0
44	60 8"	78,89	2	0,025	1	0,025	1	0	0
45	65 12,4"	85,49	3	0,035	3	0,035	3	0	0
46	61 8"	51,41	0	0,000	1	0,000	1	0	0
47	66 12,4"	72,92	1	0,014	0	0,014	0	0	0
48	53 8"	44,83	2	0,045	0	0,045	0	0	0
49	61 12,4"	73,58	3	0,041	1	0,041	1	0	0
50	64 8"	73,27	1	0,014	0	0,014	0	0	0
51	54 12,4"	24,59	0	0,000	0	0,000	0	0	0
52	63 8"	51,67	0	0,000	1	0,000	1	0	0
53	62 12,4"	36,14	0	0,000	0	0,000	0	0	0
54	61 8"	77,18	0	0,000	0	0,000	0	0	0
55	57 12,4"	32,69	0	0,000	0	0,000	0	0	0
56	57 12,4"	28,86	0	0,000	0	0,000	0	0	0
57	58 12,4"	49,4	1	0,020	0	0,020	0	0	0
58	58 12,4"	97,41	1	0,010	1	0,010	1	0	0
59	62 12,4"	62,47	2	0,032	0	0,032	0	0	0
60	62 12,4"	59,91	2	0,033	1	0,033	1	0	0
61	60 8"	33,57	0	0,000	0	0,000	0	0	0

Figura C.33: Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 2.

ID	Edad	Panela	T3_tiempo	T3_n_errores	T3_errores_tiempo	T3_ayudas	T3_completado	T3_errores
1	49 8"	-	20.41	0	0	0	0	0
2	35 12.4"	-	17.95	0	0	0	0	0
3	23 12.4"	-	14.95	0	0	0	0	0
4	28 8"	-	15.41	0	0	0	0	0
5	52 12.4"	Frase errónea	56.44	1	0.018	0	0	0
6	39 8"	-	25.63	0	0	0	0	0
7	41 12.4"	-	26.57	0	0	0	0	0
8	37 12.4"	-	47.5	0	0	0	0	0
9	44 8"	-	24.01	0	0	0	0	0
10	63 8"	Borrar palabra x palabra, paginación innecesaria	37.33	2	0.054	0	0	0
11	53 12.4"	-	32.09	0	0	0	0	0
12	57 12.4"	-	24.82	0	0	0	0	0
13	62 12.4"	-	29.72	0	0	0	0	0
14	62 12.4"	-	50.71	6	0.065	2	0	0
15	81 8"	-	26.97	0	0	0	0	0
16	65 8"	-	54.68	0	0	0	0	0
17	69 8"	-	66.18	3	0.045	1	0	0
18	55 8"	-	41.74	4	0.095	0	0	0
19	54 8"	-	26.76	0	0	0	0	0
20	57 12.4"	-	62.81	3	0.048	1	0	0
21	64 8"	-	36.26	0	0	0	0	0
22	63 8"	-	79.49	6	0.075	0	0	0
23	59 8"	-	65.3	3	0.046	1	0	0
24	53 12.4"	-	18.31	0	0	0	0	0
25	68 8"	-	66.33	4	0.060	1	0	0
26	68 8"	-	74.19	5	0.067	1	0	0
27	69 12.4"	-	42.06	0	0	0	0	0
28	47 12.4"	-	16.95	0	0	0	0	0
29	56 12.4"	-	40.14	1	0.025	1	0	0
30	64 8"	-	30.16	2	0.065	0	0	0
31	62 12.4"	-	21.52	0	0	0	0	0
32	62 8"	-	50	0	0	0	0	0
33	67 8"	-	78.23	2	0.026	1	0	0
34	59 12.4"	-	41.76	0	0	0	0	0
35	68 12.4"	Frase errónea	69.8	1	0.014	3	0	0
36	53 8"	-	31.96	0	0	0	0	0
37	62 12.4"	-	21.65	0	0	0	0	0
38	52 12.4"	-	26.73	0	0	0	0	0
39	53 8"	-	40.33	0	0	0	0	0
40	65 8"	-	72.92	4	0.055	1	0	0
41	64 12.4"	-	50.63	1	0.011	2	0	0
42	41 12.4"	-	23.57	0	0	0	0	0
43	31 8"	-	19.57	0	0	0	0	0
44	60 8"	-	31.02	0	0	0	0	0
45	65 12.4"	-	34.83	0	0	0	0	0
46	61 8"	-	25.93	0	0	0	0	0
47	66 12.4"	-	60.12	2	0.033	0	0	0
48	53 8"	-	25	0	0	0	0	0
49	61 12.4"	-	31.12	1	0.032	0	0	0
50	64 8"	-	45.48	0	0	0	0	0
51	54 12.4"	-	18.02	0	0	0	0	0
52	63 8"	-	34.77	0	0	0	0	0
53	62 12.4"	-	23	0	0	0	0	0
54	61 8"	-	64.54	4	0.047	1	0	0
55	57 12.4"	-	22.63	0	0	0	0	0
56	57 12.4"	-	22.06	0	0	0	0	0
57	58 12.4"	-	37.4	2	0.053	0	0	0
58	58 12.4"	-	46.51	0	0	0	0	0
59	62 12.4"	-	46.53	1	0.021	0	0	0
60	62 12.4"	-	25.12	0	0	0	0	0
61	60 8"	-	35.72	2	0.056	1	0	0

Figura C.34: Resultados en cada una de las métricas de Wilson y Wixon para los usuarios de la muestra en la tarea 3.

Id	Defecto	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	86	89	92	95	98	101	104	107	110	113	116	119	122	125	128	131	134	137	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179	182	185	188	191	194	197	200	203	206	209	212	215	218	221	224	227	230	233	236	239	242	245	248	251	254	257	260	263	266	269	272	275	278	281	284	287	290	293	296	299	302	305	308	311	314	317	320	323	326	329	332	335	338	341	344	347	350	353	356	359	362	365	368	371	374	377	380	383	386	389	392	395	398	401	404	407	410	413	416	419	422	425	428	431	434	437	440	443	446	449	452	455	458	461	464	467	470	473	476	479	482	485	488	491	494	497	500	503	506	509	512	515	518	521	524	527	530	533	536	539	542	545	548	551	554	557	560	563	566	569	572	575	578	581	584	587	590	593	596	599	602	605	608	611	614	617	620	623	626	629	632	635	638	641	644	647	650	653	656	659	662	665	668	671	674	677	680	683	686	689	692	695	698	701	704	707	710	713	716	719	722	725	728	731	734	737	740	743	746	749	752	755	758	761	764	767	770	773	776	779	782	785	788	791	794	797	800	803	806	809	812	815	818	821	824	827	830	833	836	839	842	845	848	851	854	857	860	863	866	869	872	875	878	881	884	887	890	893	896	899	902	905	908	911	914	917	920	923	926	929	932	935	938	941	944	947	950	953	956	959	962	965	968	971	974	977	980	983	986	989	992	995	998	1001	1004	1007	1010	1013	1016	1019	1022	1025	1028	1031	1034	1037	1040	1043	1046	1049	1052	1055	1058	1061	1064	1067	1070	1073	1076	1079	1082	1085	1088	1091	1094	1097	1100	1103	1106	1109	1112	1115	1118	1121	1124	1127	1130	1133	1136	1139	1142	1145	1148	1151	1154	1157	1160	1163	1166	1169	1172	1175	1178	1181	1184	1187	1190	1193	1196	1199	1202	1205	1208	1211	1214	1217	1220	1223	1226	1229	1232	1235	1238	1241	1244	1247	1250	1253	1256	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1277	1280	1283	1286	1289	1292	1295	1298	1301	1304	1307	1310	1313	1316	1319	1322	1325	1328	1331	1334	1337	1340	1343	1346	1349	1352	1355	1358	1361	1364	1367	1370	1373	1376	1379	1382	1385	1388	1391	1394	1397	1400	1403	1406	1409	1412	1415	1418	1421	1424	1427	1430	1433	1436	1439	1442	1445	1448	1451	1454	1457	1460	1463	1466	1469	1472	1475	1478	1481	1484	1487	1490	1493	1496	1499	1502	1505	1508	1511	1514	1517	1520	1523	1526	1529	1532	1535	1538	1541	1544	1547	1550	1553	1556	1559	1562	1565	1568	1571	1574	1577	1580	1583	1586	1589	1592	1595	1598	1601	1604	1607	1610	1613	1616	1619	1622	1625	1628	1631	1634	1637	1640	1643	1646	1649	1652	1655	1658	1661	1664	1667	1670	1673	1676	1679	1682	1685	1688	1691	1694	1697	1700	1703	1706	1709	1712	1715	1718	1721	1724	1727	1730	1733	1736	1739	1742	1745	1748	1751	1754	1757	1760	1763	1766	1769	1772	1775	1778	1781	1784	1787	1790	1793	1796	1799	1802	1805	1808	1811	1814	1817	1820	1823	1826	1829	1832	1835	1838	1841	1844	1847	1850	1853	1856	1859	1862	1865	1868	1871	1874	1877	1880	1883	1886	1889	1892	1895	1898	1901	1904	1907	1910	1913	1916	1919	1922	1925	1928	1931	1934	1937	1940	1943	1946	1949	1952	1955	1958	1961	1964	1967	1970	1973	1976	1979	1982	1985	1988	1991	1994	1997	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018	2021	2024	2027	2030	2033	2036	2039	2042	2045	2048	2051	2054	2057	2060	2063	2066	2069	2072	2075	2078	2081	2084	2087	2090	2093	2096	2099	2102	2105	2108	2111	2114	2117	2120	2123	2126	2129	2132	2135	2138	2141	2144	2147	2150	2153	2156	2159	2162	2165	2168	2171	2174	2177	2180	2183	2186	2189	2192	2195	2198	2201	2204	2207	2210	2213	2216	2219	2222	2225	2228	2231	2234	2237	2240	2243	2246	2249	2252	2255	2258	2261	2264	2267	2270	2273	2276	2279	2282	2285	2288	2291	2294	2297	2300	2303	2306	2309	2312	2315	2318	2321	2324	2327	2330	2333	2336	2339	2342	2345	2348	2351	2354	2357	2360	2363	2366	2369	2372	2375	2378	2381	2384	2387	2390	2393	2396	2399	2402	2405	2408	2411	2414	2417	2420	2423	2426	2429	2432	2435	2438	2441	2444	2447	2450	2453	2456	2459	2462	2465	2468	2471	2474	2477	2480	2483	2486	2489	2492	2495	2498	2501	2504	2507	2510	2513	2516	2519	2522	2525	2528	2531	2534	2537	2540	2543	2546	2549	2552	2555	2558	2561	2564	2567	2570	2573	2576	2579	2582	2585	2588	2591	2594	2597	2600	2603	2606	2609	2612	2615	2618	2621	2624	2627	2630	2633	2636	2639	2642	2645	2648	2651	2654	2657	2660	2663	2666	2669	2672	2675	2678	2681	2684	2687	2690	2693	2696	2699	2702	2705	2708	2711	2714	2717	2720	2723	2726	2729	2732	2735	2738	2741	2744	2747	2750	2753	2756	2759	2762	2765	2768	2771	2774	2777	2780	2783	2786	2789	2792	2795	2798	2801	2804	2807	2810	2813	2816	2819	2822	2825	2828	2831	2834	2837	2840	2843	2846	2849	2852	2855	2858	2861	2864	2867	2870	2873	2876	2879	2882	2885	2888	2891	2894	2897	2900	2903	2906	2909	2912	2915	2918	2921	2924	2927	2930	2933	2936	2939	2942	2945	2948	2951	2954	2957	2960	2963	2966	2969	2972	2975	2978	2981	2984	2987	2990	2993	2996	2999	3002	3005	3008	3011	3014	3017	3020	3023	3026	3029	3032	3035	3038	3041	3044	3047	3050	3053	3056	3059	3062	3065	3068	3071	3074	3077	3080	3083	3086	3089	3092	3095	3098	3101	3104	3107	3110	3113	3116	3119	3122	3125	3128	3131	3134	3137	3140	3143	3146	3149	3152	3155	3158	3161	3164	3167	3170	3173	3176	3179	3182	3185	3188	3191	3194	3197	3200	3203	3206	3209	3212	3215	3218	3221	3224	3227	3230	3233	3236	3239	3242	3245	3248	3251	3254	3257	3260	3263	3266	3269	3272	3275	3278	3281	3284	3287	3290	3293	3296	3299	3302	3305	3308	3311	3314	3317	3320	3323	3326	3329	3332	3335	3338	3341	3344	3347	3350	3353	3356	3359	3362	3365	3368	3371	3374	3377	3380	3383	3386	3389	3392	3395	3398	3401	3404	3407	3410	3413	3416	3419	3422	3425	3428	3431	3434	3437	3440	3443	3446	3449	3452	3455	3458	3461	3464	3467	3470	3473	3476	3479	3482	3485	3488	3491	3494	3497	3500	3503	3506	3509	3512	3515	3518	3521	3524	3527	3530	3533	3536	3539	3542	3545	3548	3551	3554	3557	3560	3563	3566	3569	3572	3575	3578	3581	3584	3587	3590	3593	3596	3599	3602	3605	3608	3611	3614	3617	3620	3623	3626	3629	3632	3635	3638	3641	3644	3647	3650	3653	3656	3659	3662	3665	3668	3671	3674	3677	3680	3683	3686	3689	3692	3695	3698	3701	3704	3707	3710	3713	3716	3719	3722	3725	3728	3731	3734	3737	3740	3743	3746	3749	3752	3755	3758	3761	3764	3767	3770	3773	3776	3779	3782	3785	3788	3791	3794	3797	3800	3803	3806	3809	3812	3815	3818	3821	3824	3827	3830	
----	---------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

ID	Edad	Pantalla	Mental	Física	Temporal	Rendimiento	Esfuerzo	Frustración	Total NASA-TLX	
1	49 8"		5	1	1	1	18	2	1	28
2	35 12.4"		13	3	7	16	14	11	64	
3	23 12.4"		4	1	10	20	1	1	37	
4	28 8"		3	1	1	17	3	1	26	
5	52 12.4"		10	7	1	10	15	7	50	
6	39 8"		1	4	4	15	4	1	29	
7	41 12.4"		6	1	11	20	5	1	44	
8	37 12.4"		1	1	1	17	2	1	23	
9	44 8"		16	2	5	5	5	7	40	
10	63 8"		5	3	8	10	8	5	39	
11	53 12.4"		8	7	7	18	4	2	46	
12	57 12.4"		4	1	2	20	9	3	39	
13	62 12.4"		5	7	5	14	4	1	36	
14	62 12.4"		11	3	12	17	3	13	59	
15	81 8"		7	3	2	8	10	4	34	
16	65 8"		10	5	15	10	12	6	58	
17	68 8"		5	8	10	10	6	10	49	
18	55 8"		10	10	5	9	7	10	51	
19	54 8"		11	1	8	18	12	18	68	
20	57 12.4"		8	13	16	11	10	16	74	
21	64 8"		11	5	9	18	10	4	57	
22	63 8"		4	8	12	10	10	10	54	
23	59 8"		11	3	6	11	8	6	45	
24	53 12.4"		3	1	6	13	1	3	27	
25	68 8"		3	1	2	20	1	1	28	
26	68 8"		1	1	1	20	1	1	25	
27	69 12.4"		6	2	4	17	2	3	34	
28	47 12.4"		14	4	7	17	7	3	52	
29	58 12.4"		3	2	2	20	2	2	31	
30	64 8"		1	1	1	11	1	1	16	
31	62 12.4"		4	1	1	13	1	1	21	

ID	Edad	Pantalla	Mental	Física	Temporal	Rendimiento	Esfuerzo	Frustración	Total NASA-TLX
32	62 8"		14	4	17	2	15	17	69
33	67 8"		5	3	5	14	6	5	38
34	59 12.4"		20	1	10	10	9	1	51
35	68 12.4"		10	5	4	15	20	7	61
36	53 8"		2	1	1	19	2	1	26
37	62 12.4"		6	4	2	20	9	1	42
38	52 12.4"		1	1	2	11	2	9	26
39	53 8"		7	2	4	17	3	2	35
40	65 8"		10	10	10	10	10	9	59
41	64 12.4"		20	12	20	20	9	12	93
42	41 12.4"		11	5	5	13	11	15	60
43	31 8"		9	8	4	12	12	4	49
44	60 8"		4	1	17	19	10	1	52
45	65 12.4"		8	5	1	20	11	1	46
46	61 8"		16	3	2	17	2	1	41
47	66 12.4"		5	1	3	20	1	1	31
48	53 8"		3	1	2	18	3	1	28
49	61 12.4"		7	4	2	15	9	7	44
50	64 8"		10	2	10	6	9	7	44
51	54 12.4"		10	3	6	7	5	14	45
52	63 8"		2	1	3	18	2	2	28
53	62 12.4"		2	1	2	18	2	1	26
54	61 8"		14	16	15	3	16	17	81
55	57 12.4"		1	1	1	20	1	1	25
56	57 12.4"		1	1	1	20	1	1	25
57	58 12.4"		14	11	15	10	13	7	70
58	58 12.4"		16	2	14	12	11	15	70
59	82 12.4"		13	4	15	17	10	7	66
60	62 12.4"		5	1	1	18	2	2	29
61	60 8"		10	6	5	6	9	6	42

Figura C.38: Resultados de la experiencia en cada una de las dimensiones de NASA-TLX para los usuarios de la muestra.