



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

MONITORIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO (UX) PARA SERVICIOS CLOUD

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Miguel Alcarria Nieto

Tutor: Silvia Mara Abrahao Gonzales

Cotutor: César Emilio Insfrán Pelozo

Curso Académico 2020-21

Resumen

Cada vez son más las horas que dedicamos a estar frente a un monitor, ya sea con fines lucrativos o de ocio. Debido a ello, personas que no tenían por costumbre utilizar ordenadores y programas informáticos, se han visto forzadas a usarlos de forma constante. Mediante la realización de este proyecto se busca la forma de facilitar la incorporación de nuevos usuarios al mismo tiempo que se pueda acelerar el uso de aquellos con una mayor experiencia.

A través de la aplicación de herramientas de seguimiento ocular, también conocidas como *eye trackers*, se busca evaluar la experiencia de usuario mediante el uso de Interfaces Gráficas de Usuario (GUI), concretamente utilizando software autoadaptativo. Mediante el uso de diferentes menús se ha configurado un experimento compuesto por distintos estímulos con el objetivo de medir la experiencia individual de cada usuario.

Gracias a la participación de un total de 25 usuarios, teniendo en cuenta variables como la edad, el sexo o el nivel de estudios, y tras la realización de una serie de tareas y una encuesta posterior, se han obtenido datos suficientes como para analizar y evaluar la experiencia que los diferentes participantes han tenido durante la realización de las pruebas propuestas.

Los resultados obtenidos han demostrado que, bajo las condiciones ensayadas, el diámetro medio de las pupilas se mantiene considerablemente estable a lo largo de todas las tareas una vez superado el período de adaptación inicial, permitiendo apreciar que la carga cognitiva durante el uso de cada menú es similar, si bien la eficiencia en el uso de éstos difiere.

Palabras clave: experiencia de usuario, eye tracker, carga cognitiva, GUI, menú adaptable

Abstract

Each time we spend more and more time in front of a screen, be it for leisure or profit purposes. As a result, people who were not used to using computers and software programmes have been forced to use them on an ongoing basis. Through this project, a way to facilitate the incorporation of new users while accelerating the usability for those with more experience is sought.

Thanks to the application of eye tracking tools, also known as *eye trackers*, the aim is to evaluate the user experience using Graphical User Interfaces (GUI), specifically using self-adaptive software. Via the use of different menus, an experiment composed of different stimuli has been configured with the objective of measuring the individual experience of each user.

Due to the involvement of a total of 25 users, considering variables such as age, sex or highest level of educational completed, and after carrying out both a series of tasks and a subsequent survey, sufficient data have been obtained to analyse and evaluate the experience that the different participants have had during the performance of the proposed tests.

The results obtained have shown that, under the defined conditions, the mean diameter of the pupils remains considerably stable throughout all the tasks once the initial adaptation period is overcome, allowing us to appreciate that the cognitive workload during the use of each menu is similar, although the efficiency in their use differs.

Keywords: user experience, *eye tracker*, cognitive workload, GUI, adaptive menu

Resum

Cada vegada són més les hores que dediquem a estar enfront d'un monitor, ja siga amb finalitats lucratives o d'oci. A causa d'això, persones que no tenien per costum utilitzar ordinadors i programes informàtics, s'han vist forçades a usar-los de manera constant. Mitjançant la realització d'aquest projecte es busca la manera de facilitar la incorporació de nous usuaris al mateix temps que es puga accelerar l'ús d'aquells amb una major experiència.

A través de l'aplicació de ferramentes de seguiment ocular, també conegudes com *eye trackers*, es busca avaluar l'experiència d'usuari mitjançant l'ús d'Interfícies Gràfiques d'Usuari (GUI), concretament utilitzant software autoadaptatiu. Mitjançant l'ús de diferents menús s'ha configurat un expertiment compost per diferents estímuls amb l'objectiu de mesurar l'experiència individual de cada usuari.

Gràcies a la participació d'un total de 25 usuaris, tenint en compte variables com l'edat, el sexe o el nivell d'estudis, i després de la realització d'una sèrie de tasques i una enquesta posterior, s'han obtingut dades suficients com per a analitzar i avaluar l'experiència que els diferents participants han tingut durant la realització de les proves proposades.

Els resultats obtinguts han demostrat que, sota les condicions assajades, el diàmetre mitjà de les pupil·les es manté considerablement estable al llarg de totes les tasques una vegada superat el període d'adaptació inicial, permetent apreciar que la càrrega cognitiva durant l'ús de cada menú és similar, si bé l'eficiència en l'ús d'aquests difereix.

Paraules clau: experiència d'usuari, *eye tracker*, càrrega cognitiva, GUI, menú adaptable

Tabla de contenidos

1. Introducción	8
1.1. Motivación	8
1.2. Justificación.....	8
1.2.1. Justificación técnica	8
1.2.2. Justificación académica.....	9
1.3. Objetivos	9
1.4. Contexto de la investigación	10
1.5. Estructura	11
2. Metodología	12
3. Fundamentos	13
4. Estado del arte	15
5. Desarrollo.....	17
5.1. Análisis del problema.....	17
5.2. Diseño de la solución	18
5.2.1. Análisis de las herramientas	18
5.2.2. Análisis de los menús.....	22
6. Diseño de la solución	30
6.1. Diseño del experimento.....	30
6.2. Diseño de la encuesta	32
7. Resultados	34
7.1. Resultados del experimento	34
7.1.1. Análisis de los resultados	35
7.2. Resultados de la encuesta.....	43
8. Conclusiones y trabajo futuro	47
8.1. Conclusiones	47
8.2. Trabajo futuro.....	49
9. Bibliografía	51

Tabla de ilustraciones

Figura 1 Estructura del ojo humano. Autor: Tobii	13
Figura 2 Qué visualiza realmente el ojo humano. Autor: Tobii	14
Figura 3 Dispositivo Tobii Pro Nano y cómo posicionarlo. Autor: Tobii.....	18
Figura 4 Tobii Pro Eye Tracker Manager. Autor: Tobii	19
Figura 5 Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia	19
Figura 6 SennsLab. Autor: BitBrain	20
Figura 7 SennsMetrics. Autor: BitBrain	20
Figura 8 Datos extraídos de Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia.....	21
Figura 9 Menú convencional. Fuente Propia.....	22
Figura 10 Rainbow Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	23
Figura 11 Blinking Menu. Autor: Fuente Propia	23
Figura 12 Temporal Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	24
Figura 13 Bolding Menu. Autor: Vanderdonckt, J.....	24
Figura 14 Twisting Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	24
Figura 15 Split Menu Without Replicacion. Autor: Vanderdonckt, J.....	25
Figura 16 Italicizing Menu. Autor: Fuente Propia	25
Figura 17 Highlighting Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	25
Figura 18 Pink Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	26
Figura 19 Adaptative Activation Area Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	26
Figura 20 Flower Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	26
Figura 21 Blinking Menu Dark Theme. Autor: Fuente Propia	27
Figura 22 Temporal Menu Dark Theme. Autor: Fuente Propia.....	27
Figura 23 Rotating Menu. Autor: Vanderdonckt, J.....	27
Figura 24 Ephemeral Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	28
Figura 25 Boxing Menu. Autor: Vanderdonckt, J.....	28
Figura 26 Fish Eye Menu. Autor: Vanderdonckt, J.	28
Figura 27 Underlying Menu Dark Theme. Autor: Fuente Propia	29
Figura 28 Textured Menu. Autor: Fuente Propia.....	29
Figura 29 Creación de variables en Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia	30
Figura 30 Creación de participantes en Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia	31
Figura 31 Línea de tiempo en Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia.....	31
Figura 32 Valoración de la Dificultad de la Prueba. Autor: Fuente Propia	32
Figura 33 Menú de selección múltiple sobre la dificultad en los tipos de menú. Autor: Fuente Propia	33

Figura 34 Valoración de la Utilidad de los Menús Adaptables. Autor: Fuente Propia	33
Figura 35 Menú de respuesta única sobre el Deseo de Disponibilidad de Menús Adaptables en Aplicaciones Actuales. Autor: Fuente Propia	33
Figura 36 Ejemplo de calibrado. Autor: Fuente Propia.....	34
Figura 37 Funcionalidades Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia	35
Figura 38 Obtención de mapa de calor y mapa de fijaciones a partir de una imagen estática. ...	36
Figura 39 Gráfica Ejercicio Introductorio Gaze Points. Autor: Fuente Propia	37
Figura 40 Gráfica Ejercicio Introductorio Diámetro de la Pupila. Autor: Fuente Propia	37
Figura 41 Gráfica Ensayo 1 Gazo Points. Autor: Fuente Propia.....	38
Figura 42 Gráfica Ensayo 1 Diámetro de la Pupila. Autor: Fuente Propia	38
Figura 43 Mapa de calor y mapa de fijaciones Ensayo 1. Autor: Fuente Propia	39
Figura 44 Gráfica Ensayo 2 Gaze Points. Autor: Fuente Propia.....	39
Figura 45 Gráfica Ensayo 2 Diámetro de la Pupila. Autor: Fuente Propia	40
Figura 46 Mapa de calor y mapa de fijaciones Ensayo 2. Autor: Fuente Propia	40
Figura 47 Mapa de calor del Total de los Participantes y Pruebas. Autor: Fuente Propia	41
Figura 48 Gráfica Tiempo de Ejecución medio de los menús. Autor: Fuente Propia.....	42
Figura 49 Gráfica de la Encuesta sobre la Dificultad de la Prueba. Autor: Fuente Propia	43
Figura 50 Gráfica de la Encuesta sobre Qué Tipo de Menús eran Más Fáciles. Autor: Fuente Propia	44
Figura 51 Gráfica de la Encuesta sobre Qué Tipo de Menús eran Más Difíciles. Autor: Fuente Propia	44
Figura 52 Gráfica de la Encuesta sobre la Utilidad de los Menús. Autor: Fuente Propia.....	45
Figura 53 Gráfica de la Encuesta sobre el Deseo de Disponibilidad de Menús Adaptables en Aplicaciones Cotidianas. Autor: Fuente Propia	45

1. Introducción

1.1. Motivación

Cada vez son más las horas que se dedican a estar frente a un monitor, ya sea con fines lucrativos o de ocio. Debido a ello, personas que no tenían por costumbre utilizar ordenadores y programas informáticos, se han visto forzados a usarlos de forma constante. Sin embargo, el proceso de adaptación muchas veces es arduo y complicado debido a la cantidad de opciones y posibilidades que tienen ante sus ojos. Por lo tanto, mediante la realización de este proyecto se busca la forma de facilitar una sencilla incorporación de nuevos usuarios al mismo tiempo que se pueda acelerar el uso de aquellos con más experiencia.

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación técnica

Las Interfaces Gráficas de Usuario (GUIs) en aplicaciones interactivas pueden ser sujeto de, principalmente, dos tipos de adaptación. Estos dos tipos de adaptación se diferencian según quien controla el proceso de adaptación, es decir, si es controlado por el usuario final o si es la aplicación quien controla el proceso de adaptación. Para respaldar la adaptación de la aplicación, se procede a aplicar un bucle de regulación aprendizaje-predicción-adaptación.

Debido a este proceso de adaptación constante, se pueden observar diversos beneficios, entre ellos una potenciación de la usabilidad, concretamente de tres de sus principales aspectos: la eficiencia, la efectividad y la satisfacción subjetiva por parte del usuario final.

Ante la gran variedad de elementos GUI que están relacionados con la adaptabilidad, se han seleccionado los menús gráficos debido a su gran aplicación actualmente, tanto en sitios web como en aplicaciones de escritorio. Por lo tanto, se dispondrá de menús gráficos adaptables, en los cuales se podrán encontrar elementos previamente predichos que buscan aumentar la velocidad en el proceso de elección cuando la cantidad de posibilidades sea considerable.

1.2.2. Justificación académica

El desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado muestra un carácter transversal que se puede comprobar en la integración de los conocimientos adquiridos a lo largo de las distintas asignaturas estudiadas en el transcurso del Grado en Ingeniería Informática, entre las que cabe destacar:

- Calidad de software
- Interfaces Persona Computador
- Bases de datos y sistemas de información
- Social web behaviour and network analysis
- Proyecto de ingeniería de software

Además, al alcanzar los objetivos previamente definidos se asegura el alcance de las competencias propias de la titulación, requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniería Informática.

1.3. Objetivos

Debido a que se trata de un tema muy amplio y general, este proyecto se realizará en forma de un estudio piloto que más adelante podrá ser ampliado, siendo posible su continuidad en un Trabajo de Fin de Máster. Se busca estudiar la aplicación de herramientas de seguimiento ocular, también conocidas como *eye trackers*, para evaluar la experiencia de usuario mediante el uso de Interfaces Gráficas de Usuario, concretamente utilizando software autoadaptativo.

En base a estas evaluaciones, se busca ver qué tipo de usuario (franja de edad, sexo, experiencia, formación, etc.) tiene mejor experiencia de usuario y, por lo tanto, las posibles modificaciones a las interfaces actuales que permitan mejorar la usabilidad en algunos de sus aspectos clave, como la eficiencia a la hora de realizar determinadas acciones o la satisfacción del usuario con la aplicación.

Adicionalmente a esto, con el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado se busca elaborar un proyecto individual en el ámbito de la Ingeniería Informática, integrando y aplicando los

conocimientos y habilidades alcanzados a lo largo de la formación académica, así como aplicando las competencias específicas y transversales intrínsecas de la titulación, entre las que destacan:

- Comprensión e integración de los conocimientos y su aplicación en la resolución de problemas multidisciplinares en ámbitos nuevos, o poco conocidos, con relación en el área de estudio.
- Gestión de recursos y solución de los imprevistos encontrados durante la realización de las pruebas.
- Realización y defensa de un trabajo de investigación individual en el ámbito de la Ingeniería Informática ante un tribunal universitario, en el que se integran los conocimientos conseguidos durante la duración del Grado.
- Gestión de información procedente de múltiples fuentes, además de programas informáticos de búsqueda y clasificación de recursos bibliográficos.

Asimismo, a través de la defensa del TFG ante un tribunal académico se manifiesta la capacidad de comunicar oralmente las conclusiones alcanzadas, así como los resultados que las respaldan.

1.4. Contexto de la investigación

Este Trabajo de Fin de Grado ha sido desarrollado en el contexto del grupo de investigación de Ingeniería del Software y Sistemas de Información (ISSI) del Instituto Universitario Mixto Tecnológico de Informática (ITI) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

En particular, este trabajo ha contribuido a los resultados del Proyecto UX-Adapt: “Adaptación de Servicios Cloud Dirigida por la Experiencia del Usuario” de la convocatoria de ayudas a Grupos de Investigación Consolidables (AICO/2020/113) financiado por la Generalitat Valenciana. IP: Emilio Insfran. De enero de 2020 a diciembre de 2021.

1.5. Estructura

La memoria consta de los siguientes puntos:

- **Metodología:** se explican los diferentes pasos seguidos para lograr la consecución de los objetivos del proyecto y la estructura de éste.
- **Fundamentos:** se explican y tratan los conceptos fundamentales necesarios para facilitar la comprensión del proyecto.
- **Estado del arte:** se presentan estudios similares y recientes de forma que permita tener una perspectiva más amplia de lo que se ha logrado hasta el momento y, de esa forma, aclarar lo que se busca con este proyecto.
- **Desarrollo:** está dividido en dos apartados. En primer lugar, se encuentra el análisis del problema, en el cual se explica la problemática por la cual se realiza el proyecto. A continuación, se presenta el diseño de la solución, en el cual se detallan las herramientas utilizadas y los menús propuestos.
- **Diseño del experimento y la encuesta:** se presentan las características de los distintos participantes y las pruebas realizadas para obtener los resultados. Además, también se detalla la encuesta que los participantes han respondido tras haber realizado el experimento.
- **Resultados del experimento y la encuesta:** se analizan de forma detallada los datos obtenidos en las pruebas y en la encuesta.
- **Conclusiones y trabajo futuro:** se presentan las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto y se explican las posibles opciones para continuar con este proyecto en un posterior Trabajo de Fin de Máster.

2. Metodología

Para lograr cumplir los objetivos propuestos, se ha planteado y seguido la siguiente estructura de trabajo.

En primer lugar, se han analizado los estudios previos existentes relacionados con la evaluación de la experiencia de usuario utilizando *eye trackers* y menús adaptables. Para ello, se ha utilizado la biblioteca digital IEEE *Xplore* para acceder a documentos académicos de investigación.

Tras haber analizado y comprendido la situación actual de la tecnología utilizada, se han definido los conceptos clave que envuelven el proyecto y que facilitan la comprensión de éste.

A continuación, se ha planteado el problema que se busca resolver con este estudio y se han analizado las herramientas disponibles para lograr el cumplimiento de los objetivos que lo engloban.

Disponiendo de las herramientas necesarias para resolver la problemática, se ha diseñado un experimento con el cual se ha logrado evaluar la experiencia de usuario. Adicionalmente, para conseguir una evaluación más completa de los resultados obtenidos durante la realización de las pruebas, éstos se han complementado con una encuesta para poder valorar los datos relacionados con la satisfacción del usuario.

Por último, se han analizado los datos obtenidos desde ambas perspectivas, esto es, a través de los resultados directamente obtenidos del experimento y a través de la información proporcionada por la encuesta realizada a los participantes. Dichos resultados, analizados de forma conjunta, han permitido extraer las conclusiones presentadas al final del presente documento.

3. Fundamentos

A continuación, se tratarán los conceptos clave que envuelven este estudio para facilitar la comprensión de este Trabajo de Fin de Grado. Los conceptos a tratar son los siguientes: la experiencia de usuario (UX), el funcionamiento del ojo, los *eye trackers* (herramientas de seguimiento ocular) y la terminología utilizada con los *eye trackers*.

La **experiencia de usuario** (UX, *user experience*) es la representación de lo que perciben los usuarios tras una serie de eventos entre usuarios, dispositivos y servicios. La UX se centra en el usuario final, en sus emociones, percepciones y respuestas. A la hora de evaluarla, no solo se debe tener en cuenta la calidad interna y externa de los servicios, sino que además deben considerarse las posibilidades de mejora tanto en la percepción como en la satisfacción del usuario.

Seguidamente, trataremos el funcionamiento del ojo y el proceso de visión. Para poder ver, la luz pasa a través de la pupila y se proyecta en la retina formando una imagen invertida. En la retina, cabe destacar la fovea, el área dentro de la retina encargada de capturar el color (Figura 1).

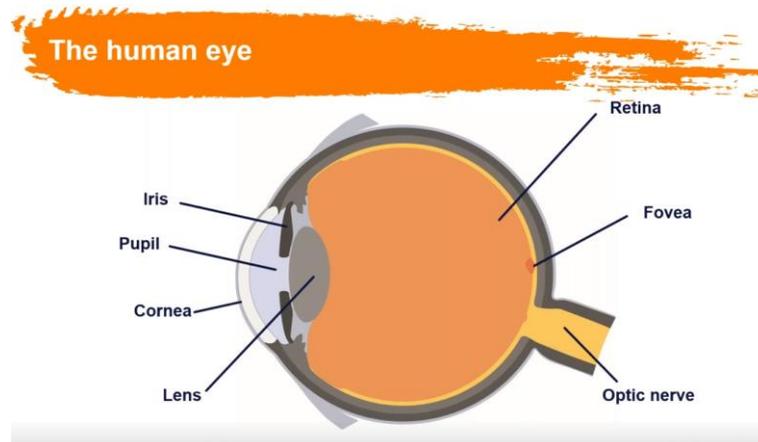


Figura 1 Estructura del ojo humano. Autor: Tobii

Cuando observamos una imagen, esta es proyectada al revés en nuestra retina, sin embargo, solo se ve una pequeña porción de lo que se cree estar viendo. Esa porción es conocida como punto de fijación, y el resto se ve con una menor saturación de color, incluso llegando al punto de ser borroso. El cerebro es el encargado de autocompletar esa área borrosa periférica, creando el efecto de ver una imagen a color completa (Figura 2).

The human eye

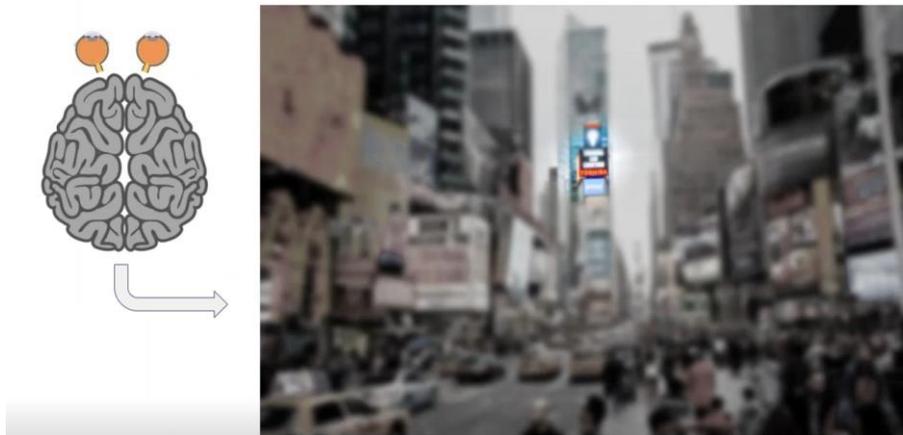


Figura 2 Qué visualiza realmente el ojo humano. Autor: Tobii

Los **dispositivos de seguimiento ocular**, comúnmente llamados *eye trackers*, son aparatos encargados de medir el movimiento y la posición del ojo. Para capturar estas variables, los dispositivos cuentan con cámaras que envían luces infrarrojas a los ojos, y estas son directamente reflejadas por los ojos del usuario, permitiendo detectar los movimientos corneales.

El software interno del dispositivo captura los estímulos que están teniendo lugar y transfiere estos datos a un programa especializado en el procesamiento de imágenes basadas en visión por computadora, de forma que puede aislar el ojo y rastrear la retina en busca de movimientos.

Con los datos obtenidos de un *eye tracker* y tras su correcto procesamiento, se pueden obtener mapas de fijación, mapas de calor y, en caso de realizar las pruebas sobre un ordenador, la posición del cursor.

La **mirada** (*eye gaze*) contiene información sobre lo que una persona está observando. Tras muchos estudios, se ha determinado que aquello a lo que las personas dirigen sus miradas, es su centro de atención. De esta forma, si se es capaz de determinar qué mira una persona, se puede saber qué piensa. Como se menciona anteriormente, se utiliza una cámara infrarroja para detectar los movimientos corneales, de forma que pueda obtenerse qué es lo que el ojo está mirando en cada momento.

La mirada se utiliza para calcular puntos de mirada (*gaze points*). Los puntos de mirada se consideran la unidad básica para la medida de ésta. Si la mirada se mantiene durante un periodo de tiempo sobre un mismo tiempo, se le llama **fijación**. Según los puntos de fijación, se puede determinar la atención del usuario.

Los **movimientos sacádicos** (*saccades*), son el movimiento rápido entre puntos de fijación. De esta forma, se puede obtener la secuencia de miradas que un usuario ha necesitado para realizar una tarea.

Las **respuestas pupilares** (*pupillary responses*), o cambios en el tamaño de la pupila, se deben a causa de dos músculos que reciben impulsos tanto de funciones cognitivas como autónomas. Por lo tanto, como ambas afectan al tamaño de la pupila, la carga de trabajo puede inferirse dependiendo de la respuesta de la pupila ante un estímulo. A mayor carga de trabajo, mayor será la dilatación de la pupila, es decir, mayor tamaño tendrá.

Por último, cabe destacar las **áreas de interés**, también conocidas como AOIs (*areas of interest*). Estas áreas representan los puntos clave donde se espera que el usuario fije su atención, y al definirlas, facilitan la obtención de datos.

4. Estado del arte

En este apartado de la memoria se identifican las investigaciones previas que se han realizado sobre la evaluación de la experiencia de usuario mediante dispositivos de seguimiento ocular y sobre la GUI escogida para el proyecto: los menús adaptables, y que han servido como punto de partida desde el que desarrollar el proyecto actual.

La experiencia de usuario utilizando *eye trackers* ha sido estudiada por investigadores como Robert Grabiell Lupu [3], quien realizó un estudio utilizando dispositivos de seguimiento ocular sobre interfaces de usuario para el acceso a internet en el área de las tecnologías de asistencia. En éste, se propone modificar elementos gráficos y mediante un software basado en la detección de las fijaciones del *eye tracker*, permitir a usuarios con discapacidades neuromotoras utilizar un ordenador, buscando facilitar su reintegración en la sociedad.

Al mismo tiempo, la investigación llevada a cabo por Chahat Sharma [5], en la que se analiza el potencial de la tecnología de seguimiento ocular respecto a la usabilidad, saca a relucir el potencial de los *eye trackers* para obtener indicadores sobre la carga cognitiva del usuario.

Además, otras investigaciones como la realizada por Felipe Vera y sus compañeros de la Universidad de Chile [7], recalcan la importancia de los elementos que atraen la atención. Por lo tanto, tras la realización de un estudio acerca de la experiencia de usuario en distintas páginas web utilizando *eye trackers* y puntos de fijación, se llega a la conclusión de que aquellas páginas

web que sepan captar mejor la atención de los usuarios serán las que logren atraer un mayor número de clientes potenciales.

Por otro lado, Jean Vanderdonckt [6] realizó un estudio en profundidad acerca de los menús adaptables, en el que dividió los cambios respecto a un menú tradicional en 8 grandes grupos y realizó un estudio acerca de la experiencia que tienen los usuarios con los 49 menús elegidos para su posterior análisis.

Teniendo presente la información recopilada sobre el asunto en cuestión, se llega a la conclusión de que las investigaciones realizadas hasta la fecha relativas a la experiencia de usuario con *eye trackers* han sido clave para profundizar en la utilidad de esta herramienta y para comprender qué información permiten obtener. Además, en lo que a menús adaptables respecta, las investigaciones realizadas han llegado a la conclusión de que los usuarios prefieren los *shape-changing menus* (menús en los que cambia la forma del menú convencional) y los *value-changing menus* (menús en los que se modifica la fuente).

Sin embargo, tras una exhaustiva revisión de las investigaciones mencionadas, se puede apreciar que no existen estudios previos en los que se evalúe en detalle la experiencia de usuario a partir del uso de menús adaptables mediante la utilización de dispositivos de seguimiento ocular.

5. Desarrollo

5.1. Análisis del problema

Como ya se ha comentado con anterioridad, son muchas las horas que los usuarios pasan delante de la pantalla a lo largo del día. Además, debido al auge tecnológico, son cada vez más los puestos de trabajo cuyo requisito implica el trabajo digital. Debido a estos dos factores, la carga cognitiva de los usuarios es superior a la que debería, por lo que deben esforzarse más para completar tareas mientras sufren un desgaste mayor. Al mismo tiempo, un gran número de individuos sin experiencia previa deben aprender a manejarse a través de programas y sitios web con interfaces desactualizadas que no facilitan un fácil aprendizaje.

De este modo, el problema abordado en este Trabajo de Fin de Grado se centra en el estudio de las herramientas de seguimiento ocular para evaluar la experiencia de usuario en relación con Interfaces Gráficas de Usuario. Dentro de este gran grupo, el proyecto se focaliza en el estudio en base a menús a los que se les ha aplicado un software autoadaptativo, dando lugar a menús adaptables, con lo que cada uno de ellos se adaptaría a los distintos usuarios de forma diferente.

5.2. Diseño de la solución

5.2.1. Análisis de las herramientas

Para llevar a cabo el proyecto actual se ha utilizado una serie de herramientas con el fin de realizar un seguimiento del movimiento ocular. Dichas herramientas se encuentran listadas a continuación y posteriormente se detallará el funcionamiento de cada una de ellas.

- Tobii Pro Nano
- Tobii Pro Eye Tracker Manager
- Tobii Pro Lab
- SennsLab
- SennsMetrics
- Microsoft Excel

El **Tobii Pro Nano** (Figura 3) ha sido el dispositivo de seguimiento ocular (*eye tracker*) utilizado para realizar las pruebas. Es un dispositivo de la empresa sueca Tobii, especializada en hardware y software en el ámbito del seguimiento ocular y con dispositivos tanto fijos como móviles (gafas). El dispositivo es capaz de capturar datos de movimiento ocular a 60 Hz y está diseñado especialmente para capturar fijaciones. Debido a la portabilidad del dispositivo, facilita en gran medida realizar pruebas y experimentos con los participantes.



Figura 3 Dispositivo Tobii Pro Nano y cómo posicionarlo. Autor: Tobii

MONITORIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO (UX) PARA SERVICIOS CLOUD

El **Tobii Pro Eye Tracker Manager** (Figura 4) es un programa diseñado exclusivamente, como su nombre indica, para gestionar los *eye tracker*. Su función es ayudar a configurar los dispositivos fijos. Permite configurar los parámetros del monitor que va a ser utilizado para las pruebas al mismo tiempo que configuramos la distancia a la que se encuentra el dispositivo del monitor. Además, permite realizar una prueba de calibrado de usuarios.

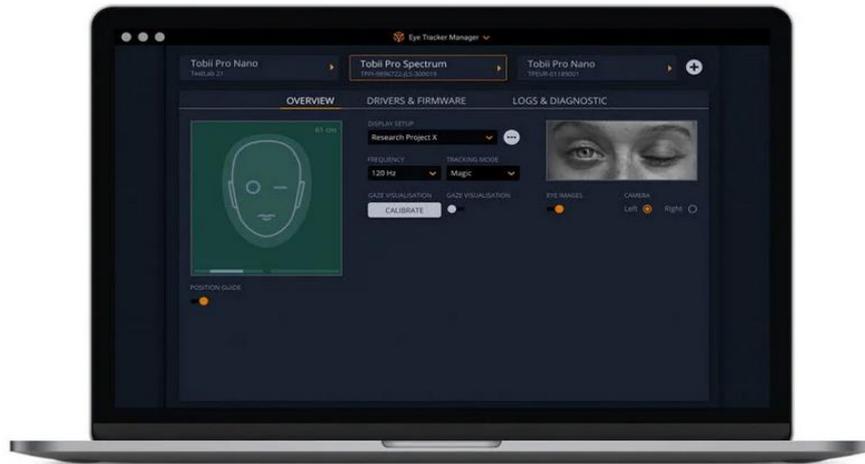


Figura 4 Tobii Pro Eye Tracker Manager. Autor: Tobii

El **Tobii Pro Lab** (Figura 5), también diseñado por Tobii, es un programa cuyo objetivo es realizar estudios con los *eye trackers*. Está pensado para usarse en conjunto con el **Tobii Pro Eye Tracker Manager**, encargado de facilitar la configuración del dispositivo. El programa permite diseñar las pruebas y experimentos y dar de alta los participantes (con sus respectivas variables, como puede ser la edad, el sexo o el nivel de estudios). Además, proporciona la opción de realizar la grabación de los tests preparados y facilita la obtención e interpretación de los datos y resultados buscados, en forma de archivos Excel o CSV.

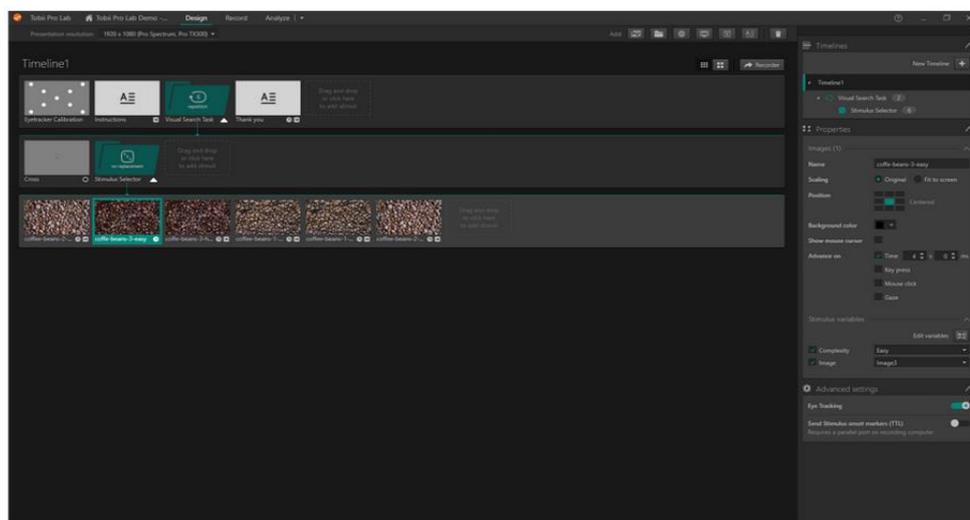


Figura 5 Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia

MONITORIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO (UX) PARA SERVICIOS CLOUD

SennsLab (Figura 6), diseñado por la compañía Bitbrain, es un programa que cumple con la función de diseñar los experimentos y las pruebas, además de establecer los participantes que realizarán las pruebas. También se encarga de grabarlas. Sin embargo, a diferencia del **Tobii Pro Lab**, no permite obtener los datos ni interpretarlos. Para ello, se debe enviar los archivos obtenidos a la empresa, Bitbrain, que tras un corto período de tiempo los devolverá con los datos listos para ser analizados en **SennsMetrics**. Cabe mencionar que está especializado en dispositivos EGG (dispositivo para medición de la actividad cerebral), pero también permite trabajar con *eye trackers*.



Figura 6 SennsLab. Autor: BitBrain

SennsMetrics (Figura 7) es un programa diseñado por Bitbrain cuya funcionalidad es analizar los datos recibidos por parte de Bitbrain. Permite visualizar los datos obtenidos a través de una gran variedad de métricas emocionales, sin embargo, éstas son únicamente aplicables a los dispositivos EGG. Para los *eye trackers* encontramos métricas como la fijación y la atención.

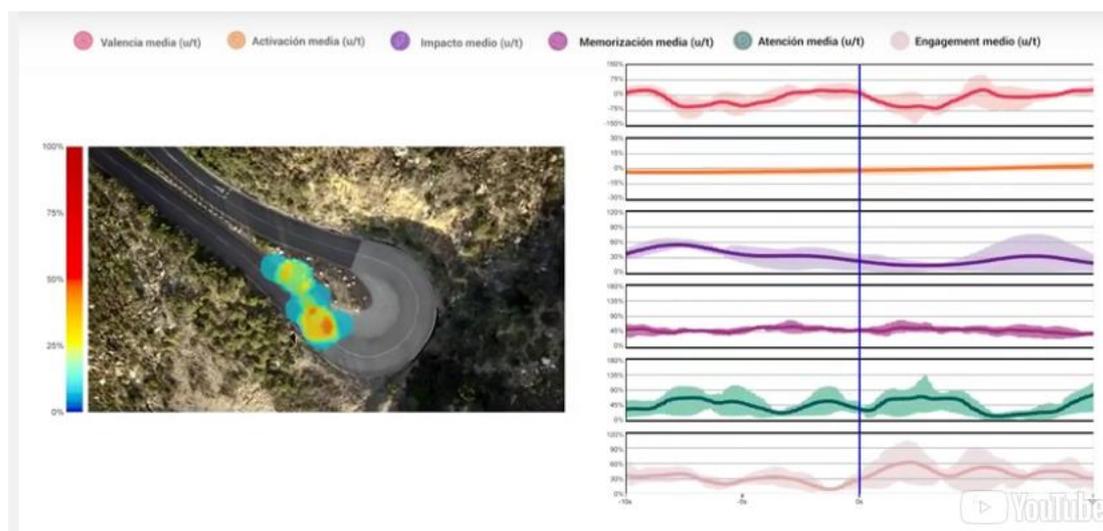


Figura 7 SennsMetrics. Autor: BitBrain

MONITORIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO (UX) PARA SERVICIOS CLOUD

Microsoft Excel ha sido utilizado para el tratamiento de los datos. Tanto **Tobii Pro Lab** como **SennsMetrics** permiten crear ficheros Excel con los datos obtenidos, permitiendo obtener diversos datos que las aplicaciones no muestran, como puede ser el tamaño de las pupilas en cada momento de las pruebas, lo que permite medir la carga de trabajo de los usuarios.

A continuación, se muestra un ejemplo (Figura 8) de cómo se ven los datos obtenidos, donde podemos encontrar a primera vista datos importantes como los *Gaze points* de la mirada o el *Pupil diameter* de cada ojo. Estos datos se analizarán en detalle en el apartado **7. Resultados** del documento actual.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Recording timestamp	Event	Gaze point X	Gaze point Y	Gaze point left X	Gaze point left Y	Gaze point right X	Gaze point right Y	Pupil diameter left	Pupil diameter right
2		0 RecordingStart								
3		702 Eye tracker Calibration s								
4	705		1024	1359	1005	1383	1044	1334	3,56	3,545
5	721		1027	1369	1008	1379	1046	1360	3,571	3,579
6	738		974	1293	959	1312	989	1275	3,573	3,612
7	755		948	1264	926	1303	971	1226	3,506	3,587
8	771		778	726	764	663	792	789	3,555	3,373
9	788		801	697	778	642	824	751	3,666	3,515
10	805		828	614	803	618	852	610	3,75	3,774
11	821		821	618	806	626	836	611	3,752	3,782
12	838		811	620	802	626	821	613	3,804	3,825

Figura 8 Datos extraídos de Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia



5.2.2. Análisis de los menús

En base al estudio de Jean Vanderdonckt [6], realizado en 2019, en el que se presentan y analizan 49 tipos de menús adaptables, se ha procedido a elegir 20 de ellos. A continuación, se explicará en qué consiste cada menú y los cambios que han sufrido respecto a un menú convencional.

Para empezar, se utilizará un **menú básico** (Figura 9), también llamado estático o convencional. Es un menú que se podría encontrar en cualquier aplicación de uso cotidiana. De esta forma se obtendrá una base con la cual comparar el resto de los menús.

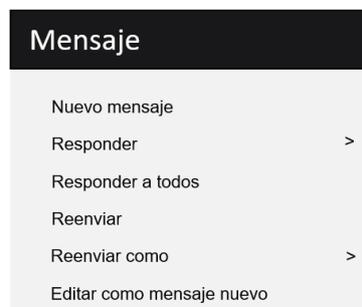


Figura 9 Menú convencional. Fuente Propia

Los menús adaptables se dividen según los cambios que han sufrido frente a un menú básico en 8 grandes subgrupos. Dependiendo del cambio, se considerará un cambio de posición, tamaño, forma, fuente, color, orientación, textura o movimiento. Seguidamente, se presentarán los menús por orden de aparición en el experimento.

- Rainbow menu
- Blinking menu
- Temporal menu
- Bolding menu
- Twisting menu
- Split menu without replication
- Italicizing menu
- Highlighting menu
- Pink menu
- Adaptative activation area menu
- Flower menu
- Blinking menu dark theme

- Temporal menu dark theme
- Rotating menu
- Ephemeral menu
- Boxing menu
- Fish eye menu
- Underlying menu dark theme
- Textured menu

El **rainbow menu** (Figura 10) es un menú en el cual se modifica el color. Los ítems predichos están rodeados por un área grisácea que favorece su rápido reconocimiento.

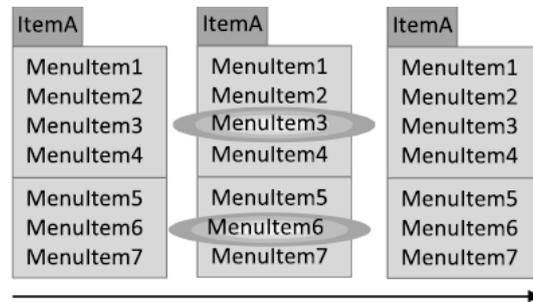


Figura 10 Rainbow Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

En el **blinking menu** (Figura 11), como indica su nombre, los elementos predichos parpadean durante los primeros segundos en los que se muestran.

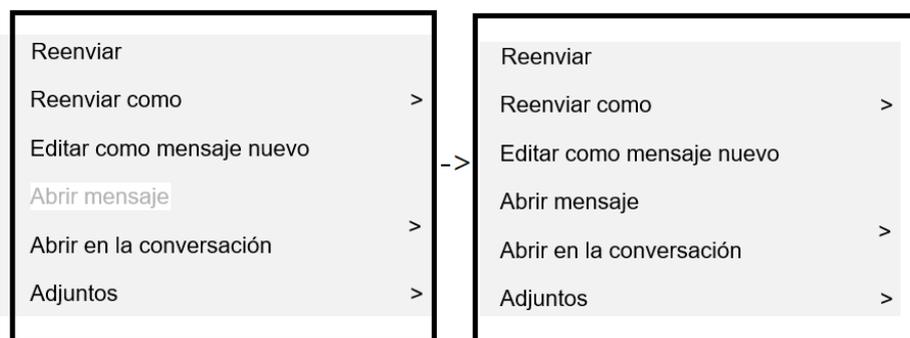


Figura 11 Blinking Menu. Autor: Fuente Propia

El *temporal menu* (Figura 12) presenta dos fases. La primera, en la que se muestran los elementos predichos, y tras 170 ms se presenta la segunda, en la que se muestra la totalidad del menú.

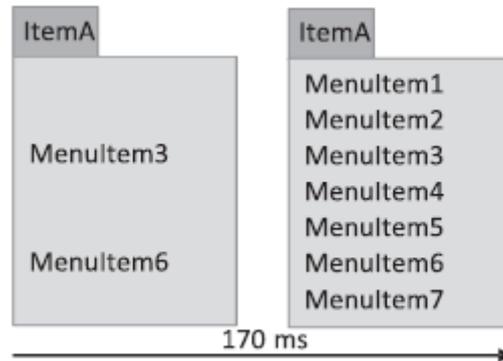


Figura 12 Temporal Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *bolding menu* (Figura 13) representa otro cambio de color. En este caso, se muestran los ítems predichos remarcándolos en negrita.

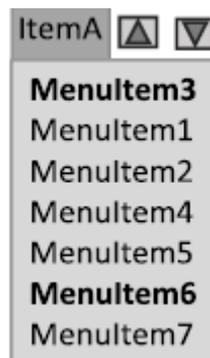


Figura 13 Bolding Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *twisting menu* (Figura 14) produce un cambio de orientación minúsculo. Los ítems predichos se tambalean durante un breve periodo de tiempo.

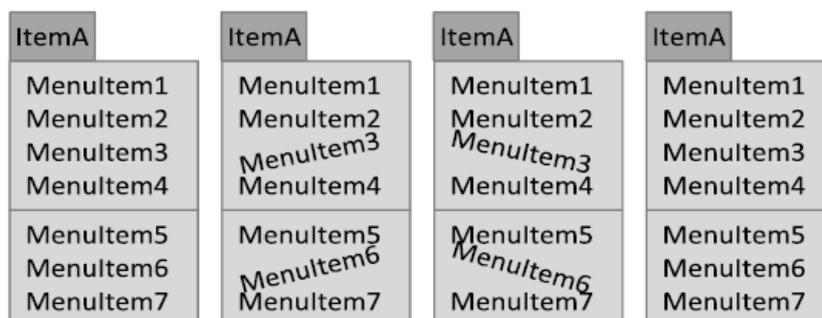


Figura 14 Twisting Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *split menu without replication* (Figura 15) contiene una venta de predicción en la que se muestran entre 2 y 3 elementos predichos.

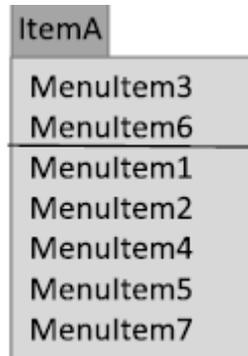


Figura 15 Split Menu Without Replicacion. Autor: Vanderdonckt, J.

El *italicizing menu* (Figura 16), como su nombre indica, muestra los elementos predichos en cursiva.

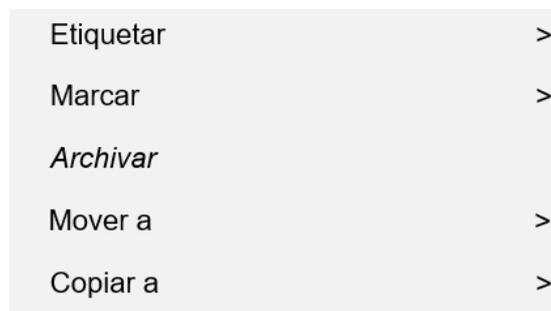


Figura 16 Italicizing Menu. Autor: Fuente Propia

El *highlighting menu* (Figura 17) muestra los elementos predichos con un fondo sombreado.

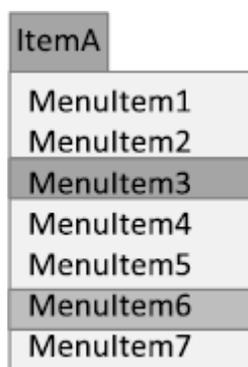


Figura 17 Highlighting Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El ***pink menu*** (Figura 18) es un subtipo de *highlighting menu*, en el que se muestran los elementos predichos con el fondo de color rosa.



Figura 18 Pink Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El ***adaptive activation area menu*** (Figura 19) es un menú que cambia de forma. El espacio para los elementos predichos se ve aumentado de forma proporcional a su uso.

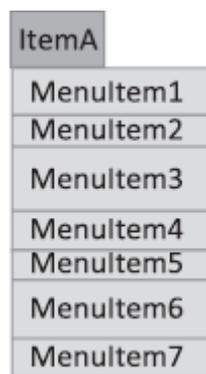


Figura 19 Adaptive Activation Area Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El ***flower menu*** (Figura 20) es un menú especial que dibuja líneas rectas o curvas en las 8 direcciones cardinales hacia los elementos.

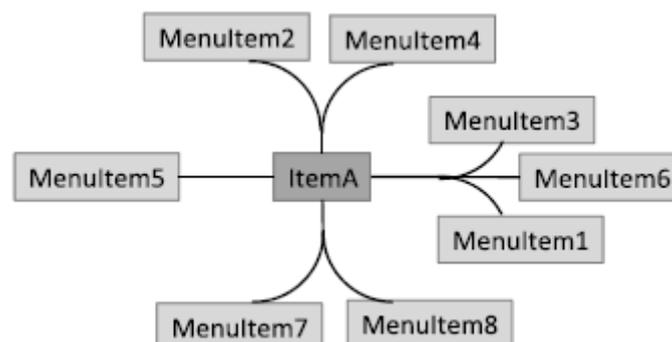


Figura 20 Flower Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El **blinking menu dark theme** (Figura 21), es similar al *blinking menu* presentado anteriormente, pero incorpora el tema oscuro (también llamado “modo oscuro”). El tema oscuro es una modificación en la paleta de colores que incorpora la gran mayoría de softwares, en la que el habitual fondo blanco con letras negras es sustituido por un fondo oscuro con letras claras. Este ajuste reduce el brillo de la pantalla y disminuye la fatiga visual a la que es sometido el usuario.

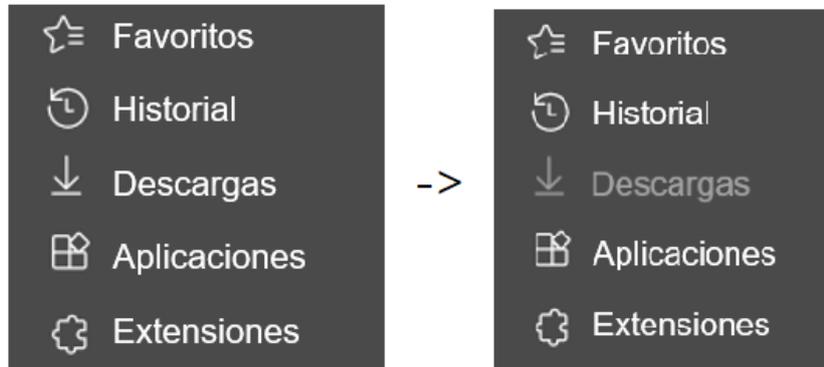


Figura 21 Blinking Menu Dark Theme. Autor: Fuente Propia

Del mismo modo que en el caso anterior, el **temporal menu dark theme** (Figura 22), es similar al *temporal menu* previamente mencionado, con la diferencia de que incorpora el tema oscuro.



Figura 22 Temporal Menu Dark Theme. Autor: Fuente Propia

El **rotating menu** (Figura 23) es un menú que se caracteriza por rotar los elementos predichos 360° durante unos segundos.

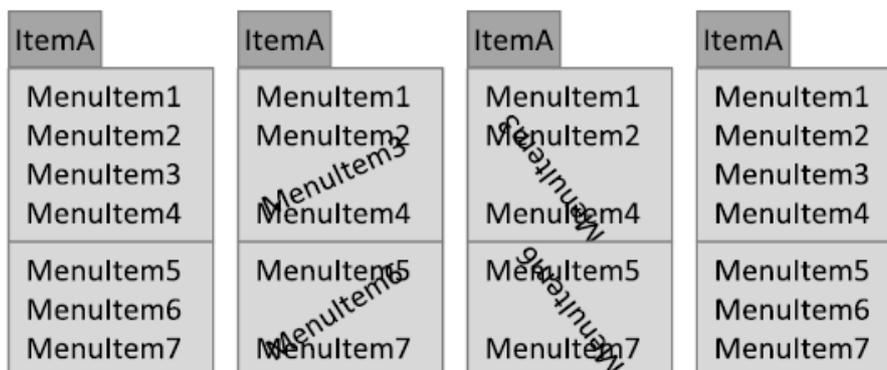


Figura 23 Rotating Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *ephemeral menu* (Figura 24) es similar al *temporal menu* pero en este caso el menú cuenta con 3 fases. En la primera, solo aparecen los elementos predichos. En la segunda fase empiezan a aparecer de forma gradual el resto de los elementos y, por último, en la tercera se visualiza la totalidad del menú.

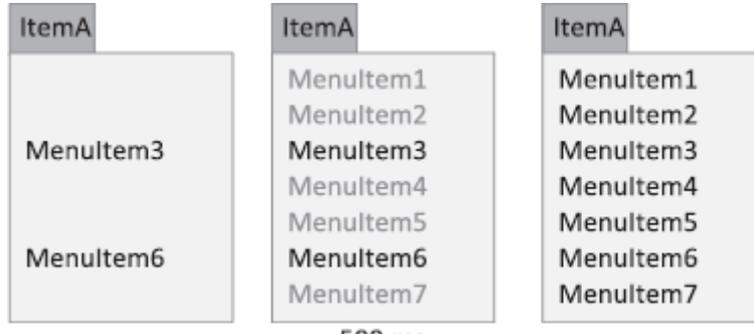


Figura 24 Ephemeral Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *boxing menu* (Figura 25) es similar al *split menu* pero los elementos predichos son rodeados gradualmente por un efecto visual. Cuando llega a su límite, también desaparece gradualmente.

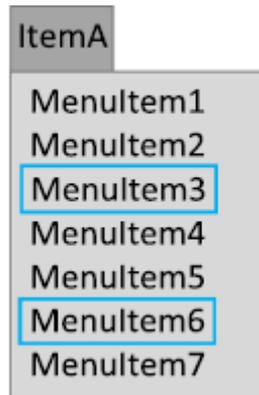


Figura 25 Boxing Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *fish eye menu* (Figura 26) es un menú en el que se modifica el tamaño de la fuente de los ítems predichos. Dicha predicción está basada en el uso que ha recibido cada opción del menú.

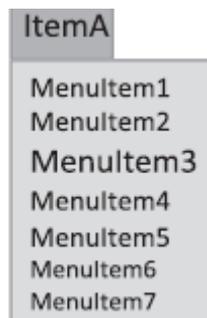


Figura 26 Fish Eye Menu. Autor: Vanderdonckt, J.

El *underlying menu dark theme* (Figura 27) es, como su nombre indica, un menú en el cual los elementos predichos se muestran subrayados. Además, cuenta con una temática oscura. A diferencia de los dos menús previamente mencionados con tema oscuro, en este caso no se ha utilizado un menú equivalente con temática estándar.

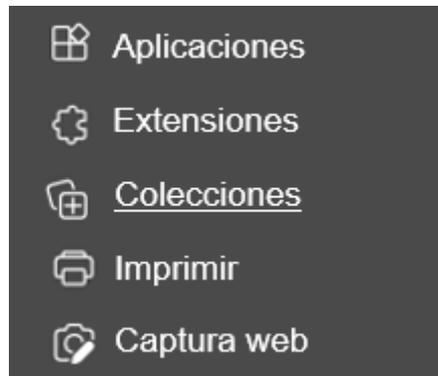


Figura 27 Underlying Menu Dark Theme. Autor: Fuente Propia

El *textured menu* (Figura 28) aplica cambios a la textura de los ítems predichos, pero sin modificar la textura del resto de elementos que forman el menú.

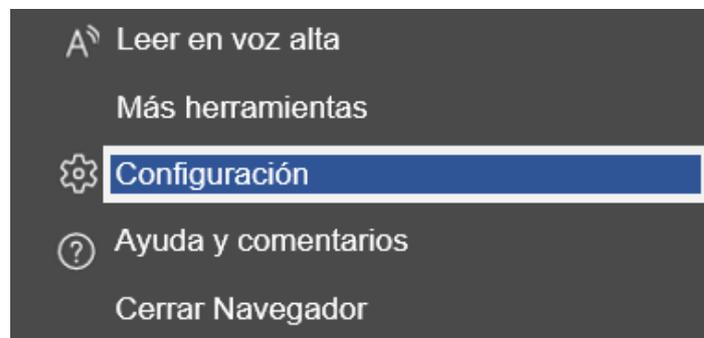


Figura 28 Textured Menu. Autor: Fuente Propia

6. Diseño de la solución

6.1. Diseño del experimento

Con el objetivo de evaluar la experiencia de usuario utilizando dispositivos de seguimiento ocular, se han utilizado las herramientas propuestas por Tobii:

- Tobii Pro Eye Tracker Manager
- Tobii Pro Lab

En primer lugar, se crea un proyecto en el que se definen los participantes que van a realizar el experimento, y las variables que permitirán diferenciar a posteriori a cada participante.

Como se puede apreciar en la Figura 29, para este experimento se han tenido en cuenta las variables del género, la edad, el nivel de estudios y la experiencia previa del usuario con aplicaciones informáticas.

Es importante crear en primer lugar las variables debido a que, cuando se dan de alta los participantes, se introducen los valores correspondientes a estas variables previamente definidas.

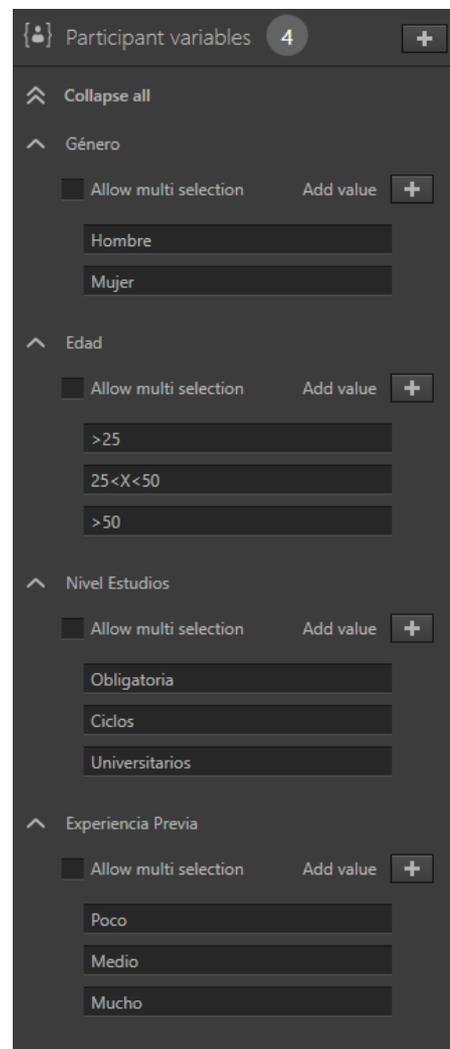


Figura 29 Creación de variables en Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia

Una vez que las variables se han creado, se da de alta a los participantes. Como se puede ver en la Figura 30, hay dos participantes creados a los que se debe vincular las variables anteriormente creadas y asignarles un valor.

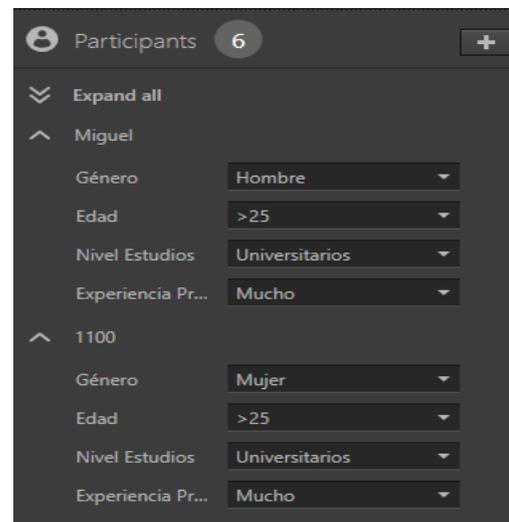


Figura 30 Creación de participantes en Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia

Una vez dados de alta los participantes, se procede a definir el experimento a realizar. Para ello, se dispone de una pestaña llamada *design*, en la cual se crea una línea de tiempo (Figura 31) para añadir los estímulos necesarios para llevar a cabo las pruebas. Se puede añadir desde textos e imágenes hasta videos o incluso grabar la pantalla mientras se realiza la prueba.

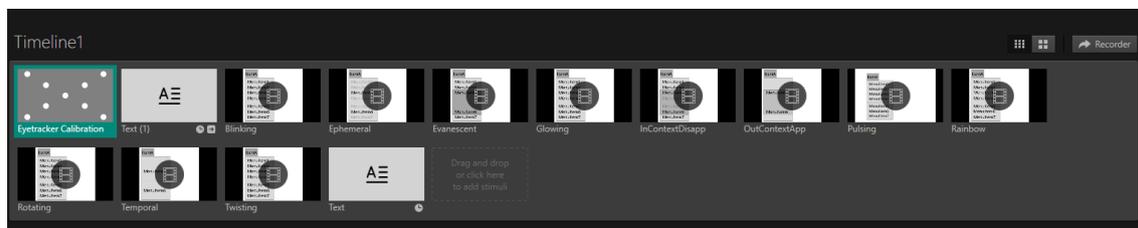


Figura 31 Línea de tiempo en Tobii Pro Lab. Autor: Fuente Propia

Después de tener los participantes configurados con sus respectivas variables y la prueba diseñada, se cambia de programa al Tobii Pro Eye Tracker Manager para realizar una prueba de calibrado del dispositivo antes de poder realizar el experimento con los usuarios. Para ello, se especifican en el programa los datos necesarios para poder realizar una buena medición. En primer lugar, se detallan las medidas de la pantalla. A continuación, se identifica la distancia a la que se encuentra el dispositivo del monitor. Por último, se indica la distancia del usuario al dispositivo. Esta debe ser inferior a 90 cm, pues de lo contrario los datos obtenidos no serían fiables.

6.2. Diseño de la encuesta

Se ha realizado una encuesta a todos los participantes con el objetivo de medir las experiencias individuales a la hora de realizar el experimento y cómo de representativos son los datos obtenidos. Los datos obtenidos mediante la encuesta son muy importantes debido a que es información que podemos obtener sin imprecisiones ni ambigüedades. Es decir, permiten comprender las percepciones de los usuarios y proporciona datos fiables que complementan y completan los resultados obtenidos con el *eye tracker*.

La encuesta se ha realizado mediante formularios de Google y cada usuario ha introducido un ID identificativo al realizar la encuesta para facilitar relacionarlo con los datos obtenidos en el experimento. Se ha decidido utilizar un ID para proteger los datos de los participantes. La encuesta está formada por las siguientes cuestiones:

1. Valoración de la dificultad de la tarea
2. ¿Qué le ha parecido lo más fácil?
3. ¿Qué le ha parecido lo más difícil?
4. Valoración de la utilidad de los menús adaptables
5. ¿Le gustaría disponer de los menús adaptables en aplicaciones actuales?
6. ¿Qué le ha parecido más interesante?
7. ¿Ha encontrado alguna dificultad o inconveniente durante la realización de la tarea?

La **valoración de la dificultad de la tarea** consta de un menú desplegable en el que el usuario ha determinado la dificultad asignándole un valor entre 1 y 5, como muestra la Figura 32.



Figura 32 Valoración de la Dificultad de la Prueba. Autor: Fuente Propia

Las cuestiones sobre **qué le ha parecido más fácil** y **qué le ha parecido más difícil** al usuario constan de un menú de selección múltiple (Figura 33) en el que se muestran los distintos grupos de tipos de menú. Ambos tienen las mismas opciones, y aparecerán desordenadas. Como restricción, no se pueden elegir más de 3 elementos.

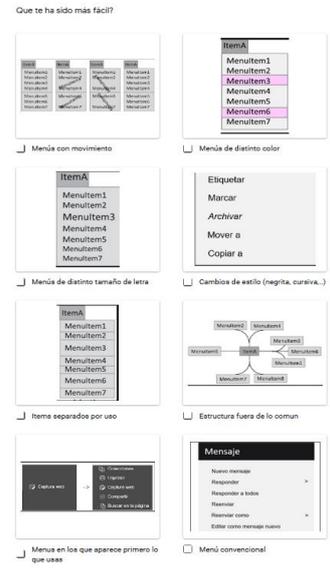


Figura 33 Menú de selección múltiple sobre la dificultad en los tipos de menú. Autor: Fuente Propia

La valoración de la utilidad de los menús adaptables consta de un menú desplegable (Figura 34) en el que el usuario deberá determinar la utilidad asignándole un valor entre 1 y 10.

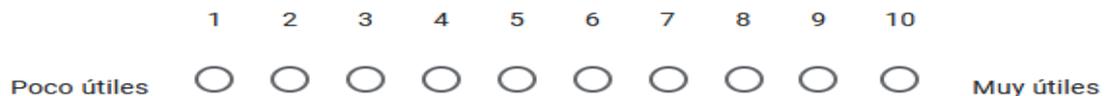


Figura 34 Valoración de la Utilidad de los Menús Adaptables. Autor: Fuente Propia

Cuando se le pregunta al usuario si **le gustaría disponer de los menús adaptables en aplicaciones actuales** se muestra un menú de opción única (Figura 35), con la posibilidad de seleccionar Sí, No o No Sabe/No Contesta, en caso de no tener una opinión clara.

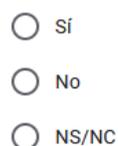


Figura 35 Menú de respuesta única sobre el Deseo de Disponibilidad de Menús Adaptables en Aplicaciones Actuales. Autor: Fuente Propia

Por último, las cuestiones sobre **qué le ha parecido más interesante** y sobre **si ha encontrado algún problema o inconveniente al realizar la tarea** son cuestiones de respuesta abierta.

7. Resultados

7.1. Resultados del experimento

En el experimento, han participado 25 usuarios, de los cuales 15 eran hombres y 10 mujeres. La edad de los participantes se encuentra comprendida en un rango de entre 17 y 59 años, y cuya media es de 23.6. El nivel de estudios de los participantes se ha dividido en estudios obligatorios, grado/módulos o universitarios. Y, por último, el nivel de experiencia del usuario con ordenadores y aplicaciones se ha dividido en mucha, media o poca, siendo mucha un uso diario y poca un uso semanal/nulo. De los 25 usuarios 18 tenían mucha experiencia, mientras que 4 tenían media y tan solo 3 tenían poca.

Para realizar el experimento, en primer lugar, cada participante debía realizar una prueba de calibrado. Al realizar la prueba, debía mirar a los puntos que aparecían en pantalla. Al terminar la calibración, si esta había sido exitosa, la imagen mostrada debería ser similar a la mostrada en la Figura 36.

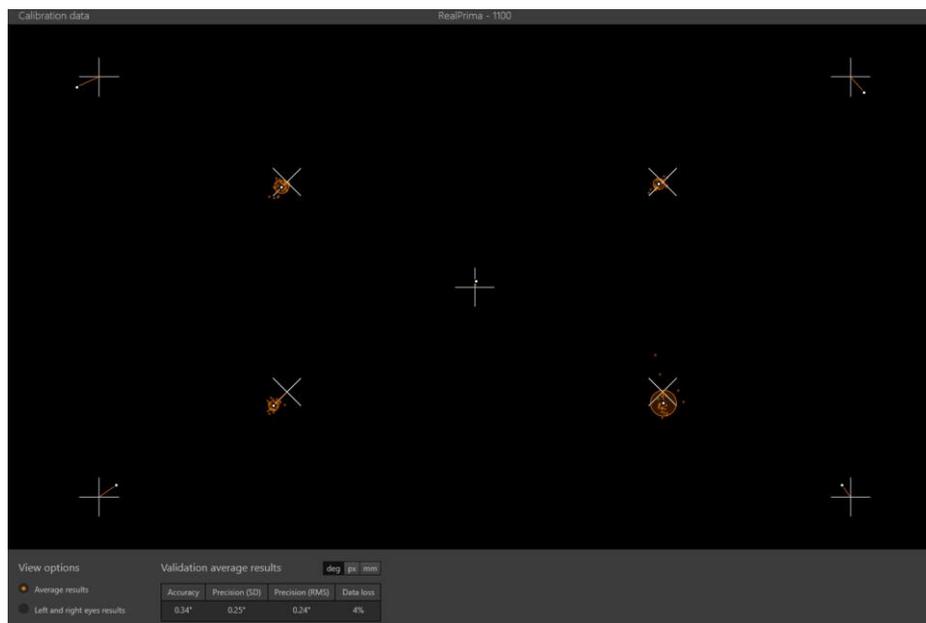


Figura 36 Ejemplo de calibrado. Autor: Fuente Propia

En aquellos casos en que la imagen resultante difería de forma considerable con la de la Figura 36, la etapa de calibrado debía repetirse para asegurar unos resultados fiables. Se considera que la imagen difería considerablemente en aquellos casos en los que los datos perdidos superaban el 5%, así como aquellos en los que puntos se encontraban demasiado desviados. En estos casos, se repitieron las pruebas de calibrado haciendo los ajustes necesarios.

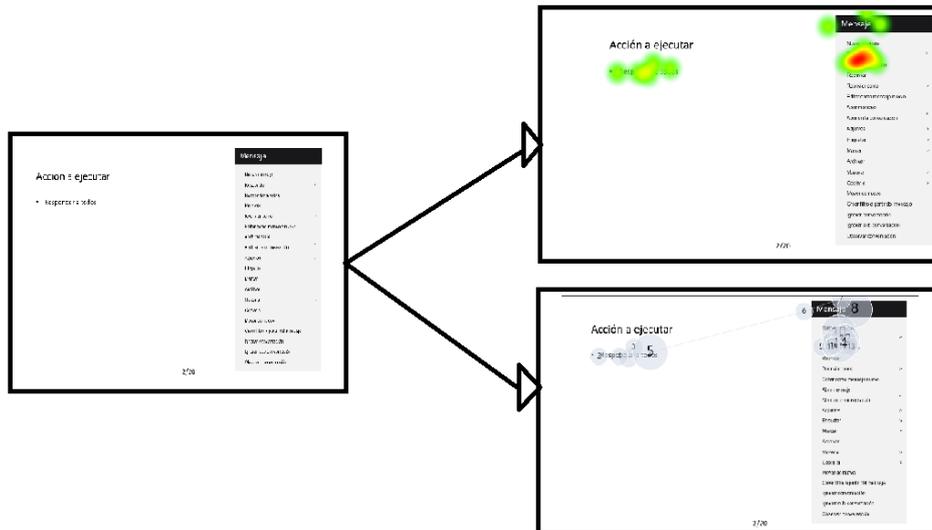


Figura 38 Obtención de mapa de calor y mapa de fijaciones a partir de una imagen estática.

Autor: Fuente Propia

Esto se aproxima a los límites de lo que la aplicación ofrece, sin embargo, nos proporciona la posibilidad de exportar la totalidad de los datos que la aplicación genera en las pruebas en formato Excel o CSV. Para poder utilizar los datos de estos archivos es necesario sanearlos previamente. A modo de ejemplo, se deben eliminar los datos no válidos (en el archivo existe una columna en la que se indica la validez de los datos obtenidos), los huecos en blanco, así como aquellos fragmentos de tiempo que no sean relevantes.

Una vez saneado el documento Excel y habiendo extraído los datos más relevantes, se ha podido comprobar que los datos obtenidos de cada uno de los participantes eran muy similares, por lo que a continuación se adjunta un ejemplo de cada uno de los 3 gráficos más representativos en el estudio.

En primer lugar, se presenta la gráfica perteneciente al ejercicio de introducción en el que se le explica al usuario cómo debe proceder y cómo serán los ejercicios que tendrá que realizar posteriormente. La Figura 39 muestra la posición de la mirada mediante los *gaze points* en las coordenadas X e Y en base al tiempo. En color azul se visualiza la media de los *gaze points* en la coordenada X de los dos ojos. En color naranja se encuentra la información correspondiente para la coordenada Y.

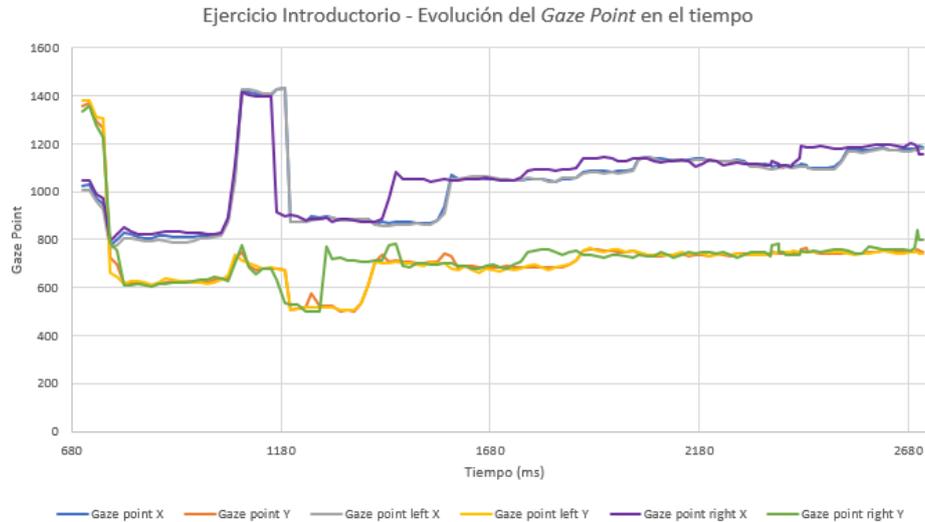


Figura 39 Gráfica Ejercicio Introductorio Gaze Points. Autor: Fuente Propia

Por su parte, la Figura 40 muestra la variación del diámetro de la pupila en función del tiempo. En azul se muestra la evolución del diámetro de la pupila izquierda y en naranja el de la pupila derecha. La línea roja se corresponde con la media del tamaño de la pupila durante la duración del ensayo.

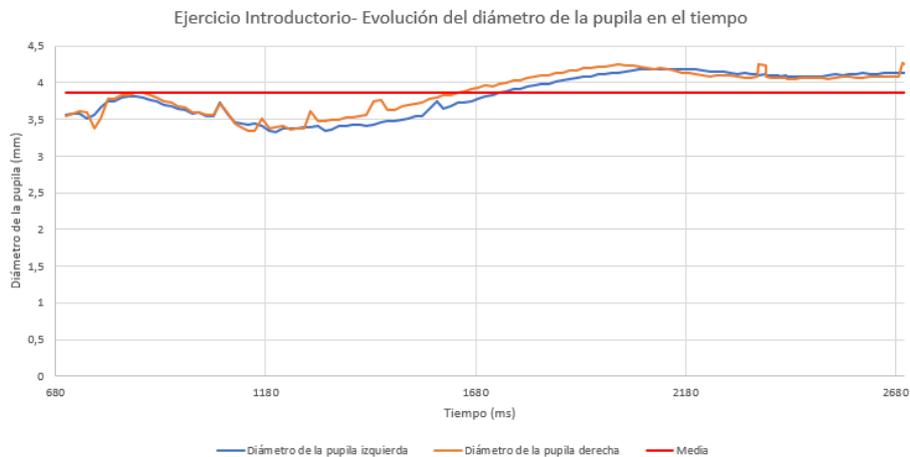


Figura 40 Gráfica Ejercicio Introductorio Diámetro de la Pupila. Autor: Fuente Propia

Como se puede observar en la Figura 40, la dilatación de la pupila disminuye mientras el usuario está leyendo las instrucciones, sin embargo, cuando empieza el ejercicio la dilatación aumenta. En la Figura 39 se observa que, en la parte perteneciente a la lectura, la posición de la mirada está cambiando abruptamente, sin embargo, cuando comienza el ejercicio los puntos de la mirada mantienen una estabilidad mayor. En base a estos resultados, se puede concluir que durante la lectura la carga cognitiva es menor que durante la realización de una tarea.

A continuación, se muestra la gráfica perteneciente a una de las tareas y sus correspondientes mapas de calor y de fijaciones.

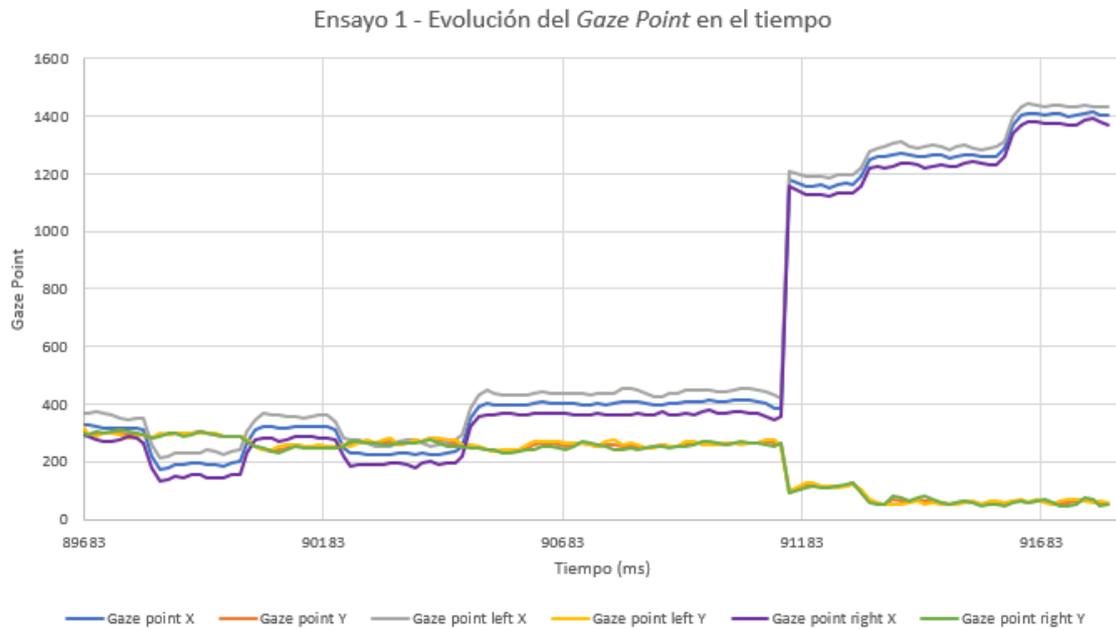


Figura 41 Gráfica Ensayo 1 Gazo Points. Autor: Fuente Propia

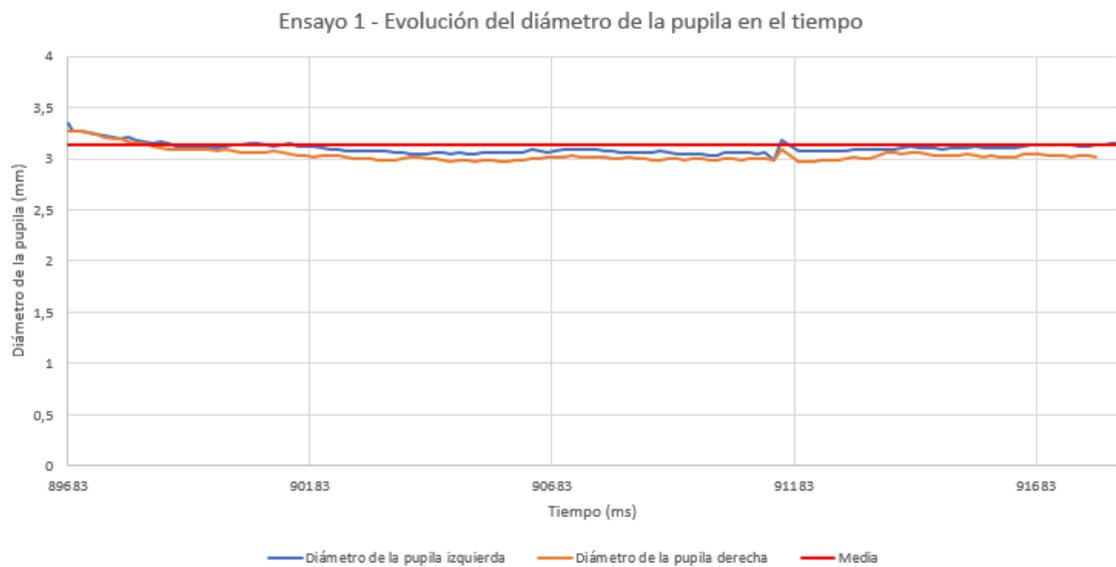


Figura 42 Gráfica Ensayo 1 Diámetro de la Pupila. Autor: Fuente Propia

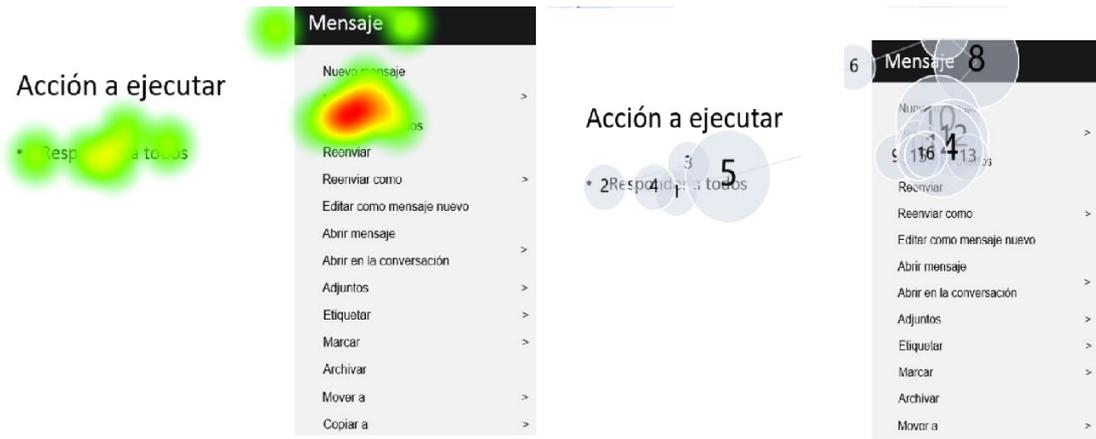


Figura 43 Mapa de calor y mapa de fijaciones Ensayo 1. Autor: Fuente Propia

En el mapa de calor y el mapa de fijaciones mostrados en la Figura 43, se pueden apreciar dos áreas de interés. Centrándonos en la gráfica de la Figura 41, en la que se muestra la posición de los *gaze points* en función del tiempo, se aprecian dos zonas diferenciadas, correspondientes a cada una de las zonas identificadas en la Figura 43. En cuanto a la gráfica de la Figura 42, se puede observar que durante todo el ejercicio se mantiene el tamaño de la pupila, por lo que a nivel de esfuerzo mental o carga cognitiva a lo largo de la realización de la tarea no se aprecian diferencias.

Seguidamente, se muestran los datos pertenecientes a una segunda tarea que se ha considerado representativa para su estudio, así como sus correspondientes mapas de calor y de fijaciones.

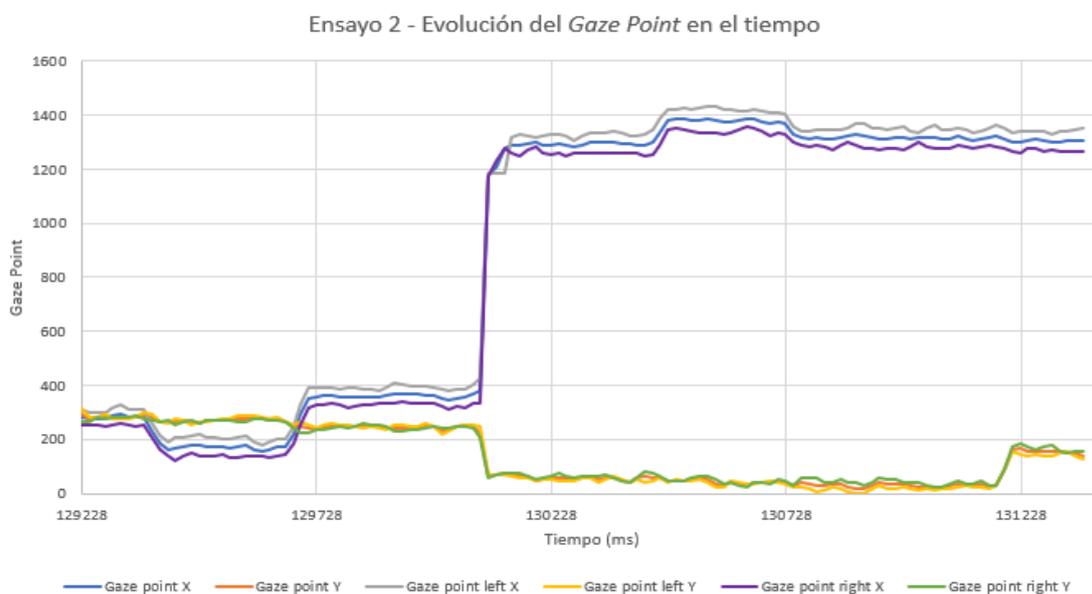


Figura 44 Gráfica Ensayo 2 Gaze Points. Autor: Fuente Propia

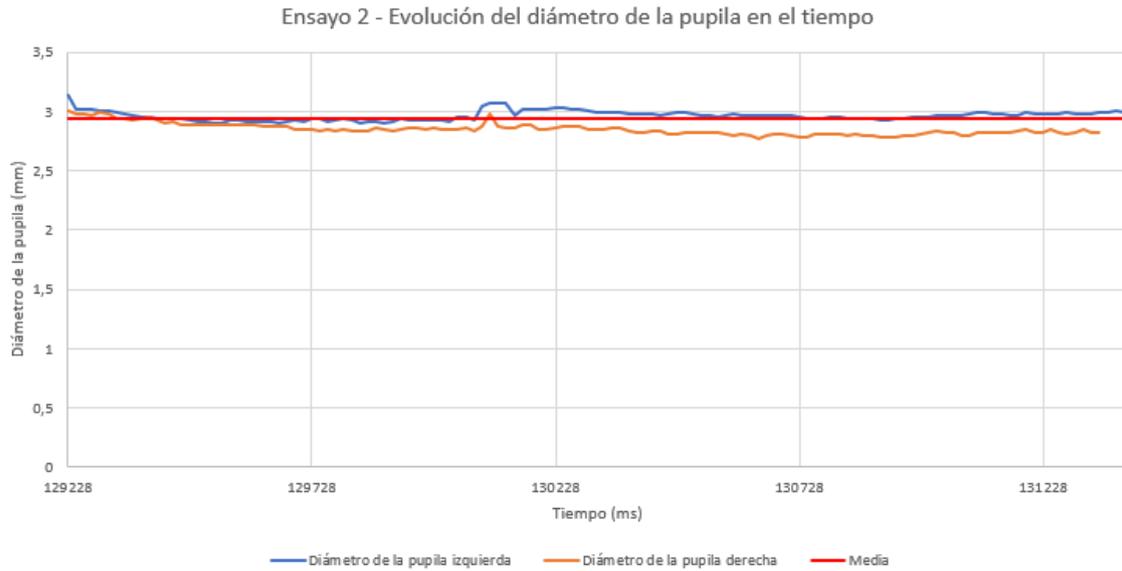


Figura 45 Gráfica Ensayo 2 Diámetro de la Pupila. Autor: Fuente Propia



Figura 46 Mapa de calor y mapa de fijaciones Ensayo 2. Autor: Fuente Propia

En el mapa de calor y en el de fijaciones de la Figura 46 se pueden apreciar tres áreas de interés. Observando la Figura 44, se ven claramente dos zonas diferenciadas, sin embargo, la tercera área de interés corresponde con el pico que se muestra al final del gráfico del *gaze point* en la coordenada Y. Respecto a la Figura 45, nos encontramos con el mismo caso que en la gráfica de la Figura 42, en la cual el tamaño de la pupila se mantiene estable durante la totalidad de la tarea.

Debido a la gran similitud de las gráficas obtenidas en el resto de las tareas, se ha decidido mostrar las correspondiente al ejercicio de introducción y a dos tareas adicionales, que resultan

representativas del resto. Las demás tareas proporcionan resultados que se traducen en gráficas similares a las mostradas y que se pueden catalogar entre los dos casos visualizados, identificados en las gráficas adjuntas anteriormente como **Ensayo 1** y **Ensayo 2** (Figuras 41 a 46).

En el ejercicio de introducción se puede apreciar un gran aumento en la carga cognitiva durante la realización de la tarea, sin embargo, una vez se conoce cuál es la tarea que se debe realizar, se produce el fenómeno observado en las otras dos tareas mostradas, por lo que tras realizar por primera vez el ejercicio práctico de selección y comprenderlo, el esfuerzo mental se mantiene estable.

Por otra parte, comparando las gráficas se puede observar que la carga cognitiva en la segunda parte del ejercicio de introducción (correspondiente a realizar el ejercicio de ejemplo) es ligeramente superior a la observada en las tareas posteriores. Así, en el ejercicio de introducción el diámetro medio de las pupilas oscila entorno a un milímetro más de lo mostrado a lo largo de la realización del resto de tareas. Esto mantiene la percepción de que los usuarios se adaptan rápidamente a las pruebas realizadas.

A continuación, se muestra un mapa de calor (Figura 47) generado sobre los 25 participantes y las 20 pruebas realizadas a fin de mostrar la similitud con los mapas de calor mostrados en la Figura 43 y la Figura 46. Las marcas centrales se deben a la lectura del ejercicio de introducción.

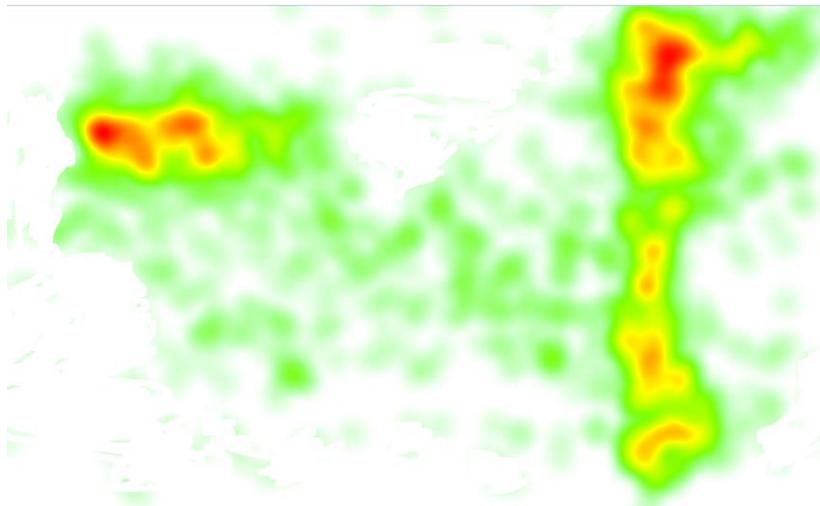


Figura 47 Mapa de calor del Total de los Participantes y Pruebas. Autor: Fuente Propia

Por último, en cuanto a la eficiencia de los menús en relación con el tiempo necesario para completar la tarea, cabe destacar los menús con modificaciones de color, como el *pink menu* o el *boxing menu*, los menús temporales, como el *temporal menu* o el *ephemeral menu*, y los menús que incluyen movimiento, como el *rotating menu*. También se debe destacar el *flower menu*,

siendo el menos eficiente de todos los menús probados. Finalmente, llaman la atención los menús que cambian la fuente, donde menús como el *italicizing menu* tienen una eficiencia negativa frente al *bolding menu*, que presenta una gran eficiencia respecto al menú convencional. (Figura 48)

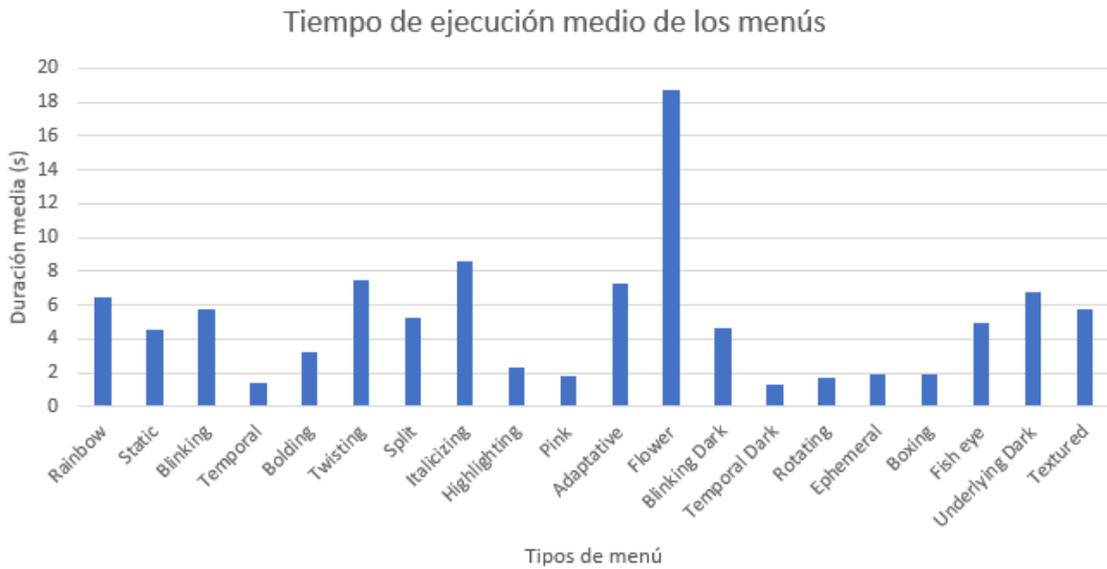


Figura 48 Gráfica Tiempo de Ejecución medio de los menús. Autor: Fuente Propia

7.2. Resultados de la encuesta

En este apartado se ha analizado los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los participantes tras su participación en el experimento. Se ha seguido el orden que se muestra en el apartado **6.2. Diseño de la solución**.

Se ha empezado valorando la dificultad de la tarea que han realizado en el experimento. Siendo 1 una dificultad casi nula o inexistente, y siendo 5 muy difícil.

Considere la dificultad de la tarea

25 respuestas

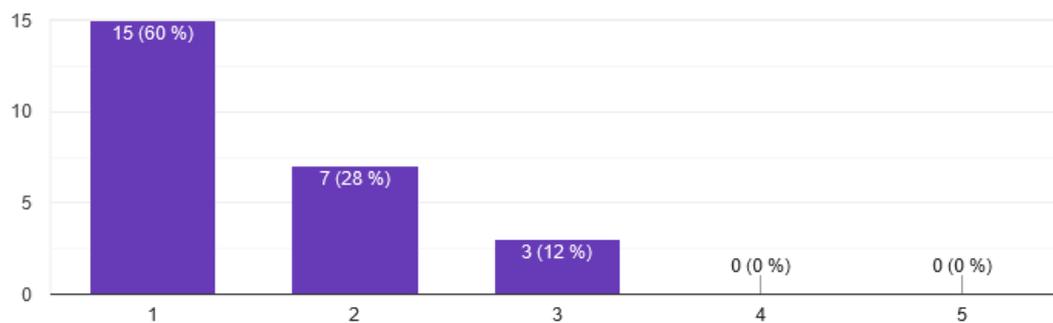


Figura 49 Gráfica de la Encuesta sobre la Dificultad de la Prueba. Autor: Fuente Propia

Como se observa en la gráfica (Figura 49), al 60% de los participantes les pareció que el ejercicio no tenía ninguna dificultad. Al 28% le pareció fácil y tan solo un 12% consideraron que las tareas tenían una dificultad media. Este último dato en cuestión coincide con los usuarios que tenían poca experiencia con el uso de ordenadores y aplicaciones informáticas. Ningún participante consideró que las pruebas realizadas eran difíciles o muy difíciles.

A continuación, se ha valorado qué les ha parecido más fácil y qué les ha parecido más difícil a los participantes. Cada participante podía marcar un máximo de 3 opciones en cada pregunta. En primer lugar, se muestra qué les ha parecido más fácil (Figura 50) y a continuación qué les ha resultado más complicado (Figura 51).

¿Qué te ha sido más fácil?

25 respuestas

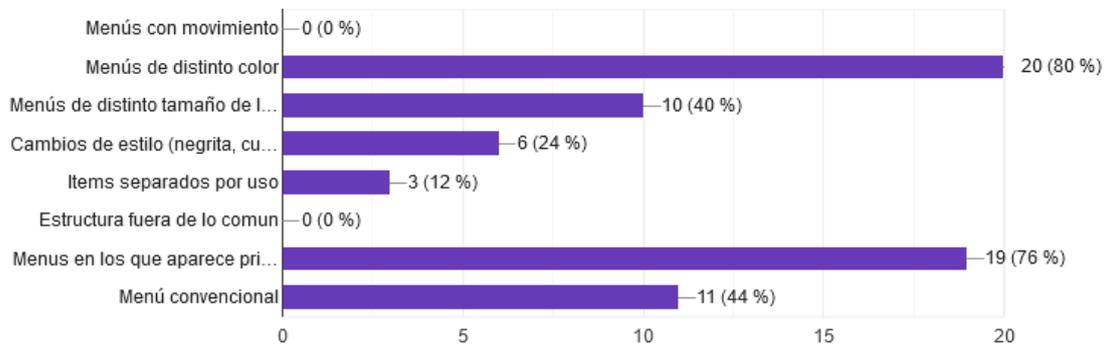


Figura 50 Gráfica de la Encuesta sobre Qué Tipo de Menús eran Más Fáciles. Autor: Fuente Propia

¿Qué te ha sido más difícil?

25 respuestas

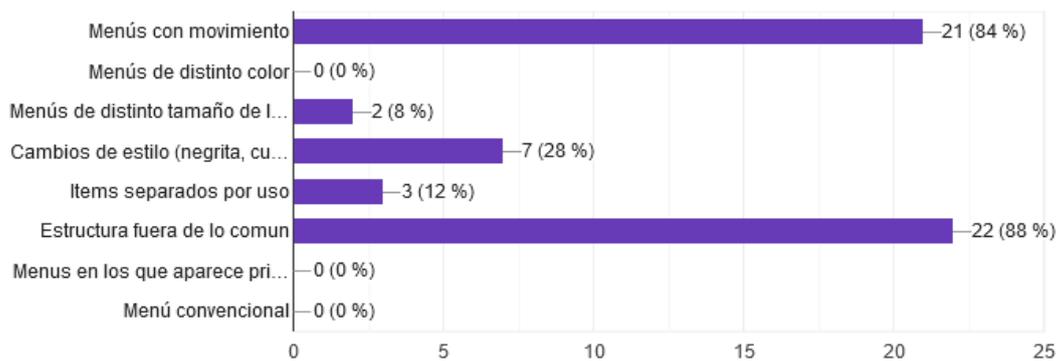


Figura 51 Gráfica de la Encuesta sobre Qué Tipo de Menús eran Más Difíciles. Autor: Fuente Propia

Entre los menús más fáciles de utilizar, han destacado los que tenían cambios de color, como el *pink menu*, y los menús en los que el elemento predicho aparecía primero, como el *temporal menu*. Pese a no resaltar tanto sobre el resto, el menú convencional y los menús en los que cambia el tamaño de la fuente utilizada, como el *fish eye menu*, también son considerados muy fáciles de utilizar y comprender. En cuanto a los menús menos fáciles, hay dos que resaltan, ambos con un 0% de votos, los que tienen movimiento, como el *rotating menu*, y aquellos en los que su estructura es distinta a lo común, como el *flower menu*.

Esta información queda claramente contrastada gracias a la siguiente cuestión de la encuesta, pues los menús que más complicados han resultado son aquellos que experimentan cambios de movimiento y aquellos que presentan una forma distinta a la habitual. Así mismo, no hay ningún otro menú que destaque como complicado.

MONITORIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA DE USUARIO (UX) PARA SERVICIOS CLOUD

Después de estas cuestiones, se les pide a los participantes que valoren la utilidad, en general, de los menús adaptables que han probado. Para ello, deberán decidir entre los valores de 1 y 10, siendo 1 sin utilidad y 10 muy útiles (Figura 52).

Valore la utilidad de los menús adaptables

25 respuestas

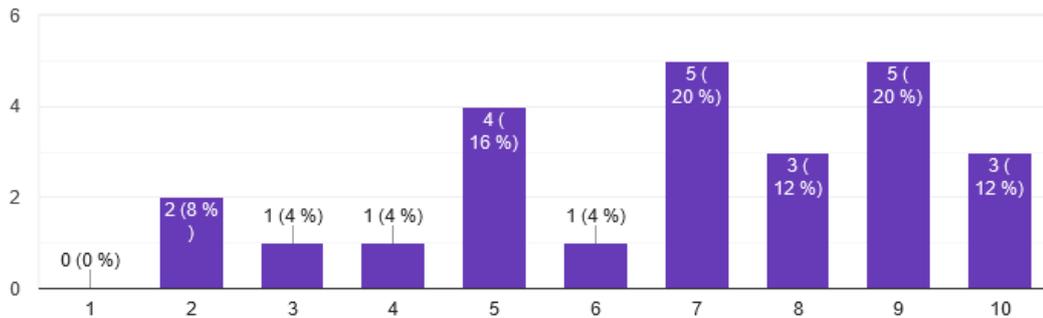


Figura 52 Gráfica de la Encuesta sobre la Utilidad de los Menús. Autor: Fuente Propia

La gran mayoría de los participantes, un 84%, considera que los menús adaptables son útiles en distinto grado. A pesar de ello, hay un pequeño porcentaje de participantes que considera mínima la utilidad de estos menús, sin embargo, es una cantidad prácticamente despreciable.

Como el gráfico permite apreciar, el 52% de los participantes consideran útiles los menús. Un 32% los consideran muy útiles, dándoles una nota sobresaliente gracias a su funcionalidad. Tan solo un 16% considera que son poco útiles, de los cuales solamente un 8% considera muy poco útiles los cambios propuestos por los distintos menús.

Por otra parte, en cuanto a si a los participantes les gustaría disponer de menús adaptables en las aplicaciones que usan en su día a día, las conclusiones son bastante evidentes.

¿Le gustaría ver los menús adaptables en las aplicaciones actuales?

25 respuestas

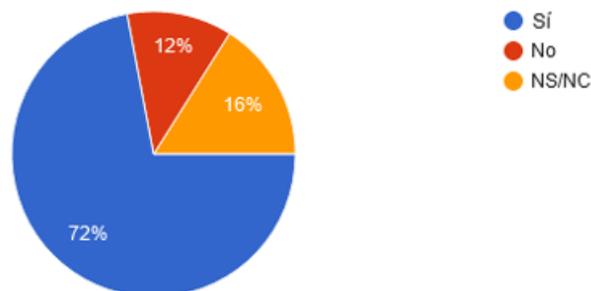


Figura 53 Gráfica de la Encuesta sobre el Deseo de Disponibilidad de Menús Adaptables en Aplicaciones Cotidianas. Autor: Fuente Propia

Como se puede observar en la Figura 53, a un 72% de los usuarios les gustaría poder utilizar los menús probados en el experimento en su vida cotidiana. También tenemos un pequeño grupo, un 12%, que prefiere seguir utilizando los menús actuales. Por último, el 16% duda al respecto.

Para acabar con los resultados de la encuesta, quedan las dos preguntas de respuesta abierta. Pese a que no todos los usuarios han respondido, pues no eran obligatorias, las respuestas obtenidas permiten comprender mejor los resultados anteriormente detallados.

En primer lugar, se pregunta si los participantes han encontrado alguna dificultad o inconveniente mientras realizaban el experimento. La gran mayoría de los comentarios escritos en este apartado hacen referencia tanto al *rotating menu* como al *flower menu*.

Respecto al *rotating menu*, la principal queja es que, pese a llamar la atención rápidamente sobre el elemento en cuestión, hasta que no deja de girar no se puede leer lo que pone. Por su parte, en lo que al *flower menu* se refiere, mencionan que es incómodo de utilizar, dando a entender que es un menú caótico. Además, respecto a los menús que se modifican en el tiempo, hay un usuario que plantea que, si el elemento en cuestión no pertenece a los elementos predichos, será uno de los más lentos a la hora de realizar una actividad debido al hecho de tener que esperar a que aparezca el menú entero. Otro problema que se encuentra es que a los usuarios no les gusta el cambio espacial de los objetos, es decir, prefieren que mantengan la misma posición.

En cuanto a la segunda pregunta de respuesta abierta, sobre qué les ha parecido más interesante del experimento, los participantes han destacada la facilidad de uso y la comodidad de los menús en los que se modifica el color, como pueden ser el *pink menu* o el *boxing menu*. Respecto a los menús que muestran primero los ítems predichos, han comentado la rapidez y facilidad que conllevan. Además, pese a no ser directamente sobre el experimento, una respuesta que se ha encontrado repetidamente es la facilidad para llevar a cabo una prueba con los *eye trackers*, destacando como algo muy positivo lo poco intrusivos que resulta el uso de estos dispositivos.

8. Conclusiones y trabajo futuro

8.1. Conclusiones

En este apartado se va a dejar constancia de las conclusiones obtenidas tras la realización de este proyecto.

El estudio de la experiencia de usuario ha logrado una mayor comprensión de los datos a tener en cuenta sobre qué perciben los usuarios a la hora de realizar una tarea y sobre qué se debe tener en cuenta para su evaluación.

El análisis del estado del arte en relación con el uso de *eye trackers* para evaluar la experiencia de usuario en el ámbito de las interfaces gráficas, ha proporcionado información de gran valor sobre el planteamiento y proceso seguido en la utilización de estos dispositivos al realizar sus respectivas investigaciones. Así mismo, los estudios sobre menús que utilizan software autoadaptativo han permitido comprender mejor el uso de estas innovadoras alternativas frente a las aproximaciones más tradicionales.

En lo que al desarrollo del proyecto actual respecta, tras comprender el problema se planteó una solución utilizando las herramientas estudiadas previamente para así realizar una prueba con usuarios finales, teniendo como objetivo de obtener una evaluación completa de la experiencia de usuario, empleando para ello no solamente los resultados proporcionados por el *eye tracker* sino también contando con una encuesta para recabar información sobre su satisfacción.

Como resultado de la realización del experimento y la posterior encuesta, se han obtenido datos suficientes como para analizar y evaluar la experiencia que los diferentes participantes han tenido durante la realización de las pruebas propuestas.

Los resultados obtenidos han demostrado que, bajo las condiciones ensayadas, el diámetro medio de las pupilas se mantiene considerablemente estable a lo largo de todas las tareas una vez superado el período de adaptación inicial. Además, se ha podido observar que dicho diámetro se reduce en casi un milímetro tras haber superado el ejercicio introductorio, lo que permite asumir que los participantes se adaptan rápidamente a las pruebas realizadas.

Por otra parte, en base a estos resultados, se puede concluir que, mientras que la carga cognitiva durante el uso de cada menú es similar, la eficiencia entre estos no lo es. Han destacado notablemente los menús que habían sufrido cambios de color, los temporales y los que tienen

movimiento. Sin embargo, gracias a realizar el experimento en conjunto con una encuesta, se ha podido descartar los menús con movimiento debido a que, pese a ser altamente eficientes, la satisfacción del usuario es nula debido a que hasta que no terminan de girar no se puede leer el contenido del elemento.

No obstante, debido a que la mayor parte de los participantes compartían la misma franja de edad y los resultados obtenidos han sido muy homogéneos, no se puede determinar qué tipo de participante logra tener una mejor experiencia de usuario ante cada tipo de menú. Para obtener unos datos más concluyentes, sería interesante realizar un estudio de mayor envergadura, contando con un mayor número de participantes y un muestreo más heterogéneo de la sociedad actual.

8.2. Trabajo futuro

Tras analizar los resultados obtenidos y extraer las conclusiones expuestas en el apartado anterior, queda demostrado que la magnitud y los objetivos originalmente planteados para la realización de este proyecto eran demasiado amplios, superándose con creces las dimensiones correspondientes a un Trabajo de Fin de Grado, tanto en lo que a tiempo como a complejidad respecta.

Sin embargo, debido a lo novedoso del estudio y a lo prometedor de los resultados obtenidos, este Trabajo de Fin de Grado abre la puerta a la posibilidad de su continuidad en un Trabajo de Fin de Máster e incluso, posteriormente, encuadrándolo durante la realización de una Tesis Doctoral.

Las posibilidades que se presentan para ampliar los datos recabados son muy numerosas, siendo algunas de las más relevantes las que se presentan a continuación.

En primer lugar, dado que en este proyecto se han estudiado los dispositivos de seguimiento ocular, sería interesante realizar un estudio empleando dispositivos que monitoricen la electroencefalografía (*EEG*), recogiendo información procedente de las ondas cerebrales de los participantes en el estudio. La relevancia de compaginar ambos elementos en un mismo estudio radica en el hecho de que su combinación proporcionaría un nuevo nivel de información respecto a la experiencia de usuario.

Además, sería conveniente llevar a cabo un estudio en profundidad sobre las herramientas de monitorización de servicios cloud (*cloud monitoring*) y sus funcionalidades, recabando información para poder seleccionar cuál de ellas es la más adecuada para su integración en el proyecto.

Por otra parte, sería necesario definir un proceso de evaluación de la experiencia de usuario para servicios cloud. Para ello, se definiría el enfoque del estudio y los requisitos de la experiencia de usuario que más interese estudiar. Se plantearía el estímulo a estudiar y las tareas necesarias para ello. Tras analizar las métricas y los umbrales disponibles en el área de estudio, se seleccionarían aquellas más vinculadas a los objetivos planteados. Y finalmente, se realizaría una evaluación cualitativa (por ejemplo, de los videos realizados durante el experimento) y cuantitativa (aplicando las métricas a los datos obtenidos) de forma que se obtuviesen representaciones gráficas y fieles de los datos obtenidos.

Por último, se plantearía la posibilidad de implementar una herramienta de monitorización capaz de utilizar tanto los datos obtenidos de los servicios cloud como de los dispositivos de captura de datos fisiológicos, es decir, el *eye tracker* y el *EKG*.

Así, contando con un número lo suficientemente elevado de participantes en el estudio que comprendiesen una muestra heterogénea de la población y llevando a cabo los diferentes puntos previamente mencionados, se obtendrían resultados que, en caso de ser concluyentes, podrían ser altamente beneficiosos en el ámbito de la “Adaptación de Servicios Cloud Dirigida por la Experiencia del Usuario”.

9. Bibliografía

- [1] **Fagerholm, F. ; Fritz, T.** Biometric Measurement in Software Engineering (pp. 151-172). © Springer Nature Switzerland AG (2020) DOI: 10.1007/978-3-030-32489-6_6.
- [2] **Kar, A. ; Corcoran, P.** (2019) *Gaze Visual: A Practical Software Tool and Web Application for Performance Evaluation of Eye Tracking Systems*. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 65, NO. 3.
- [3] **Lupu, R. G. ; Bozomitu, R. G. ; Pasarica, A. ; Rotariu, C.** (2017) *Eye Tracking User Interface for Internet Access Used in Assistive Technology*. The 6th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering – EHB.
- [4] **Sharafi, Z. ; Soh, Z. ; Guéhéneuc, Y.** (2015) *A systematic literatura review on the usage of eye-tracking in software engineering*. Information and software technology 67, 79-107.
- [5] **Sharma, C. ; Kumar, S.** (2014) *Analysis of Eye Tracking Techniques in Usability and HCI Perspective*. International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom).
- [6] **Vanderdonckt, J. ; Bouzit, J. ; Calvary, G. ; Chene, D.** (2019) *Exploring a Design Space of Graphical Adaptative Menus; Normal vs. Small Screens*. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, Vol. 10, NO. 1, Article 2.
- [7] **Vera, F. ; D. Cortés, V. ; Iturra, G. ; D. Velásquez, J. ; Maldonado, P. ; Couve, A.** (2017) *Akori: A Tool Based in Eye-Tracking Techniques for Analyzing Web User Behaviour on a Web Site*. IEEE International Conference on Data Mining Workshops.
- [8] **Weichbroth, P. ; Redlarski, K. ; Garnik, I.** (2016) *Eye tracking web usability research*. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems pp. 1681-1684.