



Universidad  
de La Laguna

Escuela Superior de  
Ingeniería y Tecnología  
Sección de Ingeniería Informática

Trabajo de Fin de Grado

---

**Estudio sobre la interacción  
de niños con síndrome de  
Down con materiales  
educativos digitales  
utilizando la técnica de  
Eyetracking**

*Study about the interaction of children  
with Down' syndrome with digital  
educational materials using Eyetracking*

Débora Martín-Pinillos Brito

---

La Laguna, 4 de marzo de 2016

D. **Carina Soledad González González**, con N.I.F. 54.064.251-Z Profesora Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de La Laguna, como tutor

D. **Pablo Torres Carrion**, con N.I.E. 44-80005-X profesor Invitado adscrito al Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de La Laguna, como cotutor,

### **C E R T I F I C A (N)**

Que la presente memoria titulada:

*"Estudio sobre la interacción de niños con síndrome de Down con materiales educativos digitales utilizando la técnica de Eye-tracking."*

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Débora Martín-Pinillos Brito**, con N.I.F. 42.221.658-Y.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 4 de marzo de 2016

## Agradecimientos

Quería agradecer a mi tutora Carina González González por su apoyo durante la elaboración de este proyecto.

También dar las gracias a Alberto Hamilton Castro por su labor en la coordinación de la asignatura "Trabajo Fin de Grado".

A Pablo Torres por su colaboración en los últimos días de elaboración de este proyecto.

Por último a mi familia y a Pablo Medina por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto y de mi carrera académico en general.

# Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

## **Resumen**

*El objetivo de este trabajo ha sido el estudio del diseño de materiales educativos digitales para personas con síndrome de Down a través de la técnica de Eye-tracking. La información que proporciona la herramienta nos ayuda a interpretar y comprobar en una interfaz que presenta una actividad educativa, aquellos puntos, zonas, palabras y dibujos que los estudiantes se fijan más. De esta manera, podemos analizar hacia dónde dirigen los estudiantes su atención y así poder extraer patrones para el diseño de materiales educativos, especialmente dirigidos a usuarios con síndrome de Down. Estos datos pueden ser usados por los profesionales de la educación de personas con discapacidad para confeccionar materiales que les faciliten su labor así como el aprendizaje de éstos colectivos.*

**Palabras clave:** Eye-Tracking, Síndrome de Down, HCI/IPO, Adaptación, UX.

## **Abstract**

The aim of this work was to study the design of digital educational materials for people with Down syndrome through Eye-tracking technique. The information provided by the tool helps us interpret and check on an interface that has an educational activity, those points, areas, words and pictures that students pay more. In this way, we can analyze where students direct their attention so we can extract patterns for the design of educational materials, especially targeting users with Down syndrome. These data can be used by professionals in the education of persons with disabilities to make materials that facilitate their work and the collective learning.

**Keywords:** Eye-Tracking, Down's Syndrome, HCI/IPO, Adaptation, UX.

# Índice General

<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación .....	1
1.2 Presentación del Proyecto .....	1
1.3 Problemas .....	2
1.4 Objetivos .....	3
<b>Capítulo 2. Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1 Síndrome de Down .....	5
2.2 Eye-Tracking .....	8
2.3 NEE .....	11
<b>Capítulo 3. Estado del Arte</b>	<b>14</b>
3.1 Características del Síndrome de Down que influyen en el aprendizaje .....	14
3.2 Síndrome de Down - IPO .....	15
3.4 Eye-tracking - IPO .....	15
<b>Capítulo 4. Metodología</b>	<b>17</b>
4.1 Programación .....	17
4.2 Equipamiento .....	18
4.3 Muestra Poblacional .....	19
4.4 Documentación y configuración .....	21
4.5 Test .....	23
<b>Capítulo 5. Resultados</b>	<b>31</b>
5.1 Calibración .....	31
5.2 Mapas de Calor .....	31
5.3 Tiempo de Respuesta .....	39
<b>Capítulo 6. Conclusiones y líneas futuras</b>	<b>42</b>
<b>Capítulo 7. Summary and Conclusions</b>	<b>44</b>
<b>Capítulo 8. Presupuesto</b>	<b>46</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>48</b>

# Índice de figuras

Figura 1:Herramienta Tobii .....	9
Figura 4.5.1:Ejemplo de test Experimental básico .....	26
Figura 4.5.2:Ejemplo de test Experimental medio .....	26
Figura 4.5.3:Ejemplo de test Experimental avanzado .....	27
Figura 4.5.4:Ejemplo de test No Experimental básico .....	28
Figura 4.5.5:Ejemplo de test No Experimental medio .....	28
Figura 4.5.6:Ejemplo de test No Experimental avanzado ..	29
Figura 5.2.1:Mapas de Calores Experimental .....	32
Figura 5.2.2:Mapas de Calores Experimental1 .....	33
Figura 5.2.3:Mapas de Calores Experimental2 .....	35
Figura 5.2.4:Mapas de Calores No Experimental .....	36
Figura 5.2.5:Mapas de Calores No Experimental1 .....	37
Figura 5.3.1:Tiempo de Respuesta .....	39
Figura 5.3.2:Tiempo de Respuesta2 .....	40



# Índice de tablas

Figura 8.1. Tabla de Presupuestos.....	46
Figura 8.2. Tabla de Presupuesto Estimado.....	47



# Capítulo 1.

## Introducción

### 1.1 Motivación

Este proyecto nace por la necesidad que se ha detectado de investigar y profundizar más acerca de cómo hacer inclusiva la educación de los niños y niñas con Síndrome de Down, utilizando un método digital. Para ello se recurrió la ayuda de la asociación Síndrome de Down, que está al tanto de los proyectos, que hacia este colectivo desarrolla la ULL, con la que ha colaborado sistemáticamente cada vez que se le ha requerido.

Dicha asociación es un referente para las familias con personas Síndrome de Down, a ellos les interesan estos tipos de estudios porque inciden en la mejora de las prácticas docentes para tratar de conseguir un mejor y mayor desarrollo competencial de éstas personas.

La utilización del método digital tiene la finalidad de comprobar, donde el estudiante fija su mirada, prestando más o menos atención a unas zonas o puntos en unos momentos determinados; en qué momento se pierde ésta y hacia donde fija realmente la mirada. Con los datos que se obtengan se podría saber cómo mejorar la interfaz y qué formas, colores o letras son las que les llaman más la atención.

### 1.2 Presentación del proyecto

Este proyecto se enmarca dentro de una colaboración que se mantiene desde el Grupo de Investigación en Interacción, Tecnología y Educación (ITED) del Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna con la Asociación Down de Tenerife desde hace casi veinte años y forma parte de una

investigación sobre "Interacción Gestual de Niños con Síndrome de Down".

Las tecnologías de la información y las nuevas herramientas de comunicación están en un continuo y rápido avance, estamos siendo testigos de la amplia introducción de la tecnología en el ámbito educativo. Los materiales digitales interactivos como pueden ser los ordenadores de sobremesa, portátiles, así como *tablets* (tabletas) o pizarras interactivas, están siendo de gran ayuda a la hora de la enseñanza fomentando con ello que el estudiante sea constructor de su aprendizaje.

Con el uso adecuado de dichos materiales, podemos hacer que el aprender sea algo más ameno, útil y divertido ya que de esta manera el usuario se sentirá más cómodo al formar parte de su aprendizaje.

Las ventajas de estos materiales frente a los tradicionales como pueden ser los libros de texto, las fichas en papel, entre otros, fomentan la motivación por aprender ya que nos permiten representar la información o material didáctico de una manera más llamativa, además que al no ser una herramienta común en su vida cotidiana no la conciben como un elemento ligado al aprendizaje ya que están acostumbrados a relacionarlo con tareas más lúdicas y por tanto la utilizan sin rechazo. Éste hecho nos permite aprovechar el interés por utilizar estos medios y enfocarlos hacia el campo de la enseñanza.

La información o material didáctico se puede representar de diferentes formas y colores, gracias al uso de esta herramienta, con esto se facilita la comprensión ya que además que podemos usar videos e imágenes para explicar a la vez hacerles interactuar con la información para facilitar la comprensión , otra de las ventajas importantes que entran en juego son la mejora de la coordinación motriz y psicomotriz.

### **1.3 Problemas**

Los problemas que se han encontrado son entre otros, que no hay demasiados estudios similares sobre este tema: "Eye-tracking y el Síndrome de Down", aunque sí que

podemos citar el estudio (Lara, 2015). Ha sido éste el motivo por el que nos ha resultado bastante complejo basarnos en algún estudio similar para poder comparar datos o estadísticas.

Otro de los problemas importantes que se han planteado a la hora de desarrollar nuestro análisis, es que hasta la fecha no se encuentran demasiados estudios, artículos, que comprueben la efectividad de los materiales digitales frente a los tradicionales de forma objetiva con Eye-tracker y en personas con Síndrome de Down. Sin embargo, no sería justo que se obviara el hecho de que se han realizado muchos estudios que han incidido en las TIC y el Síndrome de Down (Pastor, 2015). A pesar de todo ello y como consecuencia de esta falta de información y de estudios iba a ser difícil contrastar si se daba un avance notable en el aprendizaje con un dispositivo multimedia frente a uno tradicional.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Estudiar la efectividad del diseño de materiales educativos digitales en niños con síndrome de Down a través de variables objetivas y subjetivas.

### **1.4.2 Objetivo Específico**

Para lograr el objetivo general, utilizaremos la técnica de seguimiento ocular, Eye-tracking, que nos permitirá:

- medir de forma objetiva el grado de atención de los estudiantes
- medir el porcentaje de aciertos
- medir la experiencia de aprendizaje frente a un material educativo digital.

Con el estudio que se realiza se intenta analizar con más precisión la atención de los niños en diversas situaciones. Se pretende analizar por un lado, qué características les llaman más la atención: los colores, las diferentes formas de las fichas, los dibujos; y por

otro el análisis de los espacios en blanco. Por tanto, hay que poner especial énfasis y cuidado en la elaboración de los recursos y materiales multimedia que vamos a utilizar, de manera que su uso nos lleve a unos buenos resultados, para poder llegar a un análisis efectivo y eficiente.

En nuestro estudio una de las comparaciones que llevaremos a cabo es el análisis de dos tipos de pruebas a partir de un conjunto de fichas que dividiremos en :

- A. Una que se compone de un conjunto de fichas que contienen formas, dibujos, colores y un tipo de letra no muy familiar para ellos,
- B. Otra con el tipo de letra que suelen usar siempre y sin mucho color ni formas y dibujos en las fichas.

Estas pruebas nos servirán para conocer y analizar:

- la información visual,
- la atención que prestan
  
- el nerviosismo a la hora de resolver una tarea, que no les resulta nada común a las que están habituadas a realizar.

# Capítulo 2.

## Marco Teórico

En el capítulo anterior se ha hecho una introducción de en qué consiste este Trabajo Fin de Grado, las herramientas que usarán, y la finalidad del mismo.

En este capítulo se desarrollará y explicará con más detalle cada uno de los puntos fundamentales de los que consta el Trabajo. Servirá para entender un poco mejor tanto la herramienta a usar como la dificultades con las que cuentan los participantes, a través del marco teórico.

Es preciso comenzar definiendo los conceptos en los que se basará este proyecto y para quién/es va dirigido.

### 2.1 Síndrome de Down

Es un trastorno genético que se produce durante el proceso meiótico.

Según (Bacino, 2016), este Síndrome se genera o produce cuando una persona tiene 47 cromosomas. Los Seres Humanos tienen generalmente 46 cromosomas en cada célula, 23 heredados de cada uno de los padres. El cromosoma extra causa problemas con la forma en la que se desarrollan el cuerpo y el cerebro, y conlleva generalmente una discapacidad intelectual.

En la mayoría de los casos, el síndrome de Down ocurre cuando hay una copia extra del cromosoma 21, este tipo de síndrome de Down se denomina trisomía 21. El síndrome de Down es una de las causas más comunes de anomalías congénitas.

#### ▪ Características:

Según estudios realizados por varios especialistas en la materia como (Bacino, 2016), (Saunders, 2012), y (Mandal, 2015), podemos concluir que los síntomas del síndrome de

Down varían de una persona a otra. Normalmente la cabeza puede ser más pequeña de lo normal y no estar bien formada. El desarrollo físico es a menudo más lento de lo normal. La mayoría de los niños que tienen síndrome de Down nunca alcanzan la estatura adulta promedio. Estos tres expertos coinciden al hablar de los signos físicos y cognitivos más comunes entre esta afectación.

Los signos físicos comunes incluyen entre otros:

- Problemas auditivos
- Orejas y boca pequeñas
- Ojos inclinados hacia arriba
- Problemas en los ojos como cataratas, casi todos suelen llevar gafas.

Los niños también pueden tener retraso del desarrollo mental y social. Los problemas comunes pueden incluir:

- Comportamiento impulsivo.
- Deficiencia en la capacidad de discernimiento.
- Período de atención corto.
- Aprendizaje lento.

### ▪ **Tipos de alteraciones:**

Durante el proceso meiótico podemos distinguir que se producen según varios médicos (Pérez, 2012) diferentes alteraciones, que hacen que se produzca el síndrome de Down, estas pueden ser:

- Por un error en la división celular, ya que no se realiza, esto da como resultado un embrión con tres copias del cromosoma 21 en lugar de dos que sería lo habitual. Este tipo de síndrome de Down, representa el 95% de los casos, se denomina Trisomía 21.
- No hay disyunción del cromosoma 21, sin embargo ésta se lleva a cabo en un cromosoma sólo, pero no en todos. Al ocurrir esto hay una mezcla de dos tipos de células unas con 46 cromosomas y otras que contienen 47. En estas células con 47 cromosomas se encuentra siempre uno extra en el 21. Este tipo se denomina Mosaicismo y representa 1% de los casos. Varios



estudios afirman que es el que menos características down representa.

- Por la rotura de parte del cromosoma 21 durante la división celular, este se conecta con otro cromosoma, generalmente al 14. Sin embargo el número total de cromosomas en las células permanece en 46, pero existe una pieza extra del cromosoma 21. A este tipo se denomina Translocación y representa un 4% de los casos.

### o **Características del Síndrome de Down que influyen en la interacción**

La conclusión a la que se ha llegado según (Pérez, 2012), es que la educación de un niño con Síndrome es más eficaz cuanto más tempranamente se actúe con ellos aplicando programas de atención temprana, con el fin de conseguir que la capacidad reactiva del cerebro humano pueda desarrollar su autonomía y mejorar sus niveles de actividad y adaptación.

A la hora de trabajar a nivel cognitivo o sensorial con estas personas se ha de tener en cuenta que, su estado de salud es correcto, no tiene hambre, ni está cansado pues de ello depende el éxito de este trabajo con ellos. Pero también que el estudiante esté a gusto con la persona que vaya a guiar su aprendizaje, se debe sentir cómodo con ella.

Para establecer una relación grata con ellos la paciencia y buenas habilidades del docente son una cualidad imprescindible, de lo contrario aparecerá tensión, ansiedad y bloqueo con lo que su aprendizaje se verá afectado negativamente.

Es necesario tener en cuenta para este estudio los diferentes problemas a nivel cognitivo, que se pueden apreciar en este grupo de personas y que se ha comentado con anterioridad (en concreto la visión y audición) pues está claro que el mal funcionamiento de estos órganos repercute negativamente en los procesos de aprendizaje, recopilación de información y el procesamiento de ésta. Para el estudio se tuvo en cuenta que la atención es

dispersa, tienen dificultades de memoria y que la desarrollan más por imágenes que por conceptos.

## 2.2 Eye-Tracking

Según el manual del software de Tobii, *"es un sensor tecnológico que permite a un dispositivo saber exactamente dónde se centra la mirada."* Gracias a este dispositivo podemos determinar el grado de atención, concentración, somnolencia, presencia, conocimiento u otros estados mentales. Esta información se puede utilizar para obtener un conocimiento más intenso sobre el comportamiento del usuario o para diseñar nuevas interfaces de usuario revolucionarias a través de diversos dispositivos.

Hay otras definiciones como puede ser la dada por (Spool, 2007), *"el Eye-tracking es una tecnología de seguimiento ocular en auge actualmente en el mundo de la usabilidad. Se puede hablar de ella desde dos puntos de vista: como herramienta de análisis y como herramienta de comunicación."*

Tras consultar varios artículos y definiciones como (Tobii, 2011), (Spool, 2007), (Solana, 2006), podemos concluir que es el proceso de evaluar, el punto donde se fija la mirada, más concretamente donde se encuentra un usuario cualquiera mirando.

### ▪ **Funcionalidad:**

No sólo se puede evaluar el punto donde mira sino también el movimiento del ojo en relación con la cabeza, aunque existen diversos sistemas para determinar el movimiento de los ojos, el más frecuente es a través de la luz, generalmente la luz infrarroja, ya que se refleja en los ojos y se capta mediante un sensor óptico o cámara (Salanova, 2014).

Esta técnica consiste en hacer pruebas con usuarios reales, colocándolos delante de un monitor que contenga una web y emplear además del Eye-tracking, un monitor especial que lanza rayos LED infrarrojos para iluminar los ojos de quien lo usa.



Figura 1:Herramienta Tobii

Estos rayos rebotan en su pupila y vuelven al aparato, que calcula el ángulo entre los rayos infrarrojos enviados y los recibidos permitiendo así calcular con precisión dónde está mirando, cuánto tiempo emplea en mirar cada zona y el orden en el que mira creando también un mapa (Spool, 2007). Para usar esta herramienta, es necesario un software específico, como por ejemplo el Tobii Studio que es el que se ha usado para el desarrollo de este trabajo.

Hay muchos otros dispositivos Eye-tracking tales como "Eye Tribe Tracker", un dispositivo mucho más ligero y discreto al nombrado anteriormente que además sería más fácil usarlo por ejemplo con tablets, portátiles etc. Otro dispositivo Eye-tracking es "SMI Eye-Tracking Glasses 2Wirells", se caracterizan por su gran facilidad de uso, su ligereza, ya que se tratan de unas gafas normales, que tienen además sus características especiales ya que llevan integradas un rastreador ocular y un grabador inteligente de peso ligero que admite el acceso a datos en tiempo real y el control completo del estudio gracias a la conexión inalámbrica que llevan.

▪ **Usabilidad:**

- **El Eye-tracking como herramienta de análisis:**

El Eye-tracking en determinadas ocasiones como afirma (Spool, 2007), es la herramienta o técnica decisiva para los estudios de usabilidad, aunque no para todos los profesionales de la materia lo es.

Gracias a determinadas aplicaciones basadas en análisis de datos, se pueden obtener directamente de los Eye-trackers diagramas y mapas en los que se representan datos de los tests realizados de forma visual.

Al mostrarle a una persona que no tenga mucho conocimiento sobre el tema, los diagramas y mapas sacados del análisis de datos que directamente nos dan los Eye-trackers, se les transmite rápidamente una información en la que es fácil de identificar en muchas ocasiones, tanto el problema como la ingenuidad del mismo (Montero & Herrero, 2007).

No obstante según (Spool, 2007), lo que está comprobado es que los mapas y diagramas de atención ocular que se obtienen con el Eye-tracking contribuyen a la comunicación de análisis de usabilidad a personas con total desconocimiento en el tema.

- **Comunicabilidad durante la interacción con el *Eye-tracking***

La comunicación durante el uso de esta herramienta también es algo que se puede aprovechar ya que, mientras el usuario realiza el test/prueba delante del Eye-tracking, interactúa con el tutor o grupo de personas que le están indicando los pasos a seguir si tienen dudas. Éstas nos servirán para analizar los problemas que le van surgiendo a medida que va realizando la prueba, de manera que se podrá identificar dónde habrá que prestar más atención a la hora de realizar los siguientes tests.

Existen una serie de programas que crean animaciones y representaciones con la finalidad de resumir gráficamente el comportamiento visual de uno o varios usuarios.

En conclusión es necesario centrarse y esforzarse en el diseño y aspecto final de los tests, hay centrarlos en

el mensaje que se quiere comunicar y prepararlos para un público objetivo sin conocimientos técnicos (Bergstrom, 2014).

## **2.3 NEE**

Se define con estas siglas a las Necesidades Educativas Especiales, según (Muñoz, 2014), (Romalho, 2012), "conjunto de medidas pedagógicas que se ponen en marcha para compensar las dificultades que presenta un estudiante al acceder al currículo que le corresponde por edad."

Estas necesidades se pueden clasificar atendiendo a sus orígenes en:

a) Las que se derivan directamente de los problemas del estudiante y que pueden ser por diferentes motivos:

- Discapacidades
- Trastornos graves de conducta
- Altas capacidades intelectuales
- Tardía en el sistema educativo

Las medidas que se adoptan para atender a esta problemática son adaptaciones de acceso al currículo o adaptaciones curriculares significativas en varias áreas del currículo, para tratar de garantizar una respuesta educativa de calidad.

b) Y las de carácter interactivo, relativo a las necesidades educativas especiales

Las dificultades que pueden presentar los estudiantes no solo se encuentran en él porque tenga alguno de los problemas nombrados anteriormente, sino que también podemos encontrar estos déficits como consecuencia tanto de, las características del entorno no educativo en el que se desenvuelve, como de la respuesta educativa que se le ofrece.

Cuanto más positivo sea el balance entre los recursos del entorno, más contribuyen los factores ambientales al rendimiento, a través de una interacción compensatoria.

### **○ NEE-TIC**

Para introducir este apartado, hemos de hacer referencia al artículo desarrollado por (González, 2015), en el que se hace referencia a las necesidades y dificultades que una persona con discapacidad puede tener ante distintas herramientas informáticas, pero también todos los beneficios que éstas y lo que las TIC pueden aportar en el campo de la educación y por ende de su desarrollo personal.

Los procesos de inclusión social y escolar de personas con necesidades educativas especiales (NEE) se vinculan con el diseño de adaptaciones de hardware electrónico que ayuden a potenciar y elaborar las capacidades comunicativas de dichas personas tales como las tecnologías de apoyo a la comunicación y el acceso al uso de ordenadores.

Las nuevas tecnologías pueden ejercer un papel fundamental a la hora de lograr incluir a todo el alumnado en el sistema educativo, pues teniendo en cuenta las características de cada estudiante, independientemente de que tenga o no NEE, las TIC permiten mejorar la atención personalizada, logrando acercarse a igualdad de oportunidades para todos y la correcta inclusión en nuestra sociedad. Por tanto, las nuevas tecnologías pueden ayudar a los niños con necesidades educativas especiales a ganar autonomía y a interactuar con su entorno sin ayuda externa; lo que directamente favorece su motivación y autoestima, al verse más capaces de enfrentarse a nuevos retos.

Se pueden aplicar las TIC en las NEE a partir de un hardware adaptado (teclado modificado, digitalizador de voz, *tablets*, ratones modificados, etc.) de un software educativo específico o también de programas que permitan adaptar las actividades de aprendizaje.

Para atender las necesidades específicas de cada estudiante se deben adaptar el uso de las diferentes tecnologías. Así, aquellos estudiantes que presenten problemas para expresar sus ideas y opiniones, consecuencia de una discapacidad psíquica, pueden utilizar dispositivos como el ["GoTalk9+"](#) para facilitar la comunicación (económicamente poco accesible), o también un software gratuito como ["Araword"](#) para poder trabajar estas funcionalidades.

Es más difícil seleccionar una herramienta concreta y adecuada en el caso de una discapacidad intelectual, porque en este colectivo hay una heterogeneidad mayor, por lo que es difícil definir las herramientas adecuadas, sin embargo, el uso de *tablets* suele ser muy beneficioso, por su facilidad de manejo y por ser tan intuitivo. "[Special iApps](#)" desarrolla aplicaciones pensadas especialmente para este tipo de alumnado (Romalho, 2012), (Tiching, 2014).

# Capítulo 3.

## Estado del Arte

En este capítulo se explicarán las diferentes características de nuestros participantes a grandes rasgos, toda esta información está basada en estudios realizados por especialistas en los diferentes campos que a continuación veremos, no obstante también se nombran estudios realizados con la herramienta que se usó.

La conclusión a la que se ha llegado según (Pérez, 2012), es que la educación de un niño con Síndrome es más eficaz cuanto más tempranamente se actúe con ellos aplicando programas de atención temprana, con el fin de conseguir que la capacidad reactiva del cerebro humano pueda desarrollar su autonomía y mejorar sus niveles de actividad y adaptación.

A la hora de trabajar a nivel cognitivo o sensorial con estas personas se ha de tener en cuenta que, su estado de salud es correcto, no tiene hambre, ni está cansado, de ello depende el éxito de nuestro trabajo con ellos. Pero también que el estudiante esté a gusto con la persona que vaya a guiar su aprendizaje, se debe sentir cómodo con ella. Para establecer una relación grata con ellos la paciencia y buenas habilidades del docente son una cualidad imprescindible, de lo contrario aparecerá tensión, ansiedad y bloqueo con lo que su aprendizaje se verá afectado negativamente.

Es necesario tener en cuenta para este estudio los diferentes problemas a nivel cognitivo, que se pueden apreciar en este grupo de personas y que hemos comentado con anterioridad (en concreto la visión y audición) pues está claro que el mal funcionamiento de estos órganos repercute negativamente en los procesos de aprendizaje, recopilación de información y el procesamiento de ésta. Para nuestro trabajo se tuvo en cuenta que la atención es dispersa, tienen dificultades de memoria y que la desarrollan más por imágenes que por conceptos.



## **3.2 Síndrome de Down-IPO**

Las nuevas tecnologías han demostrado tener un gran potencial para el aprendizaje y la inclusión social de las personas con Síndrome de Down, aunque también es viable para personas con cualquier tipo de discapacidad, sobre todo si hablamos para la discapacidad intelectual (Pastor, 2015).

El aprendizaje mediante dispositivos digitales, al basarse en apoyos visuales y sonoros, incrementa la capacidad de almacenamiento y procesamiento de la información de los estudiantes, los acerca a comprender un poco mejor lo abstracto, les fomenta la reflexión pero sobre todo, en algunos casos, corrige los trastornos del lenguaje que existan. Con ellos también se ayuda a mejorar los problemas de visión y audición que padecen estos niños, y se refuerzan tanto la vista como el oído y la motricidad, lo cual resulta muy interesante ya que no solo aprenden sino que se puede llegar a mejorar los problemas de salud.

## **3.3 Eye-tracking-IPO**

Según el artículo escrito por (Spool.J, 2007), nos informa que han surgido técnicas basadas íntegramente en el *eyetracking*, como el "*post experience eyetracked protocol (PEEP)*", que consiste en dejar que el usuario haga el test sin compañía, para después comentar con un evaluador el vídeo obtenido con el *eyetracker*. Con esta técnica no es necesario pensar en voz alta, lo cual tiene la ventaja de que podemos ofrecer por parte del usuario con el sistema una interacción más natural.

## **3.4 Eye-tracking-Discapacidad**

Los recientes avances tecnológicos, hay varios estudios (Lara, 2015), (León, 2012), demuestran que el uso del Eye-tracking con poblaciones clínicas, como en el autismo, es factible. El uso de este dispositivo en niños pequeños, a los que aún no se les ha diagnosticado pero que ofrecen manifestaciones de dicha discapacidad, es importante ya que puede ofrecer una idea de las

manifestaciones, en ellos, de los primeros síntomas, que suelen ser problemas de tipo metodológico.

Los médicos e investigadores del autismo se han beneficiado de la integración del Eye-tracking en el campo de la investigación médica, utilizándola en estos estudios para revelar el funcionamiento anormal del cerebro, sobre todo durante el procesamiento de información social. El Eye-tracking puede ser especialmente útil para el estudio de los niños con el trastorno, ya que al ser una herramienta no invasiva para ellos, la evaluación y cuantificación de las primeras anomalías en el desarrollo emergente se pueden diagnosticar con más facilidad.

Gracias a este estudio hecho por (Lara, 2015), (Salanova, 2014), se ha descubierto que el niño con autismo mira a la boca en vez de a los ojos cuando se le habla. Este descubrimiento es un paso más para la comprensión del modelo de visión. Posteriormente se identificó que esta forma diferente de mirar estaba relacionada también con los problemas para el reconocimiento de las emociones faciales. Se llegó a decidir qué sabemos gracias a este estudio que en muchos casos existe una mala coordinación ojo-mano que suele ser un problema en la lectoescritura. La conclusión a la que llegaron estos expertos fue que con este estudio se puede afirmar *"que los niños con Autismo también presentan diferencias sustanciales, frente al resto de niños, en cómo utilizan la visión y cómo procesan la información visual"*.

# Capítulo 4.

## Metodología

En este apartado se explicará la forma de trabajo que se ha seguido para realizar este Trabajo Fin de Grado, se explicarán los pasos que se siguieron y una breve descripción de las características de cada uno de los participantes.

Como ya se comentó en los apartados anteriores la herramienta a usar para nuestras pruebas ha sido el Eye-Tracking, que también ha sido descrito. Además se utilizó un material educativo docente en formato de ficha para desarrollar el estudio.

En el estudio una de las comparaciones que se llevaron a cabo fue el análisis de dos tipos de pruebas a partir de un conjunto de fichas que dividiremos en :

- A.las que contienen formas, dibujos, colores y un tipo de letra no muy familiar para ellos,
- B.las que tienen el tipo de letra que suelen usar siempre, sin mucho color ni formas ni dibujos.

Estas pruebas servirán para conocer y analizar:

- la información visual,
- la atención que prestan

### 4.1 Planificación

En este apartado se hará una breve descripción de las fases del proyecto.

F1.- Informe previo: para definir las líneas del proyecto, plantear la forma de trabajo y las herramientas a usar.

F2.- Toma de contacto: exposición a las tutoras de las líneas de estudio y trabajo a realizar con los niños Síndrome de Down, para la coordinación del trabajo a realizar; selección de la muestra y elección de los tests/ejercicios a realizar.

F3.- Desarrollo del trabajo: quedó estructurado de la siguiente manera:

1. Elaboración de las pruebas.
2. Elección de los tests/pruebas del estudio experimental y no experimental.
3. Toma de contacto con el software Tobii Studio.
4. Presentación de las pruebas a las tutoras y aprobación.
5. Preparar el espacio de trabajo y la configuración de las herramientas.
6. Realización de las pruebas con la herramienta predefinida a usar.
7. Realización de las grabaciones.
8. Análisis de las pruebas/tests.

Para llevar a cabo el trabajo experimental fue imprescindible la colaboración y asesoramiento de la maestra y la fisioterapeuta de los niños con los que se iba a poner en marcha las pruebas pues aconsejaron sobre el material a emplear.

La maestra trabaja con ellos el aprendizaje de las materias básicas desde que son pequeños y continúa su labor con aquellos niños de más edad que ya tienen conocimientos mínimos en la lectura, la escritura, las matemáticas, etc. Y la fisioterapeuta, por su parte, lo hace para mejorar su desarrollo motriz, la hipotonía, la laxitud de ligamentos y la reducción de fuerza, entre otros.

## **4.2 Equipamiento**

Esta experiencia ha sido realizada en la Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, "una asociación de padres, unidos con un propósito común: la integración social, escolar y laboral de estas personas", en ella se hace una promoción de todas las actividades que suponen una mejora

de las condiciones de vida para las personas con síndrome de Down, tanto en lo educativo como mobiliario adaptado al estudiante para interferir lo menos posible en las condiciones de realización de las tareas correspondientes”.

Para realizar el seguimiento ocular durante la prueba se ha utilizado un equipo de Eye-tracking (Tobii modelo X60), así como el software Tobii Studio versión 3.0.2, que permite el diseño, realización y posterior análisis de los datos proporcionados por el dispositivo Tobii.

### **4.3 Muestra poblacional**

Se compuso de 6 chicos con Síndrome de Down de edades comprendidas entre 8 y 10 años cognitivos, cada uno con sus peculiaridades, sus propias características y atendiendo a esto se separaron en dos grupos de tres participantes, como ya comentamos experimental y no experimental.

Tras redactar y recibir los permisos necesarios para poder llevar a cabo la realización de los tests/pruebas y las grabaciones de los niños, se procedió a organizarlos en dos grupos: Experimental y No experimental.

La decisión de quién iba a formar parte de cada grupo fue hecha por sus tutoras que decidieron quienes estaban más capacitados para poder llegar a entender y resolver los ejercicios experimentales. Intentaron además que coincidieran con los que ya habían realizado los mismos ejercicios pero con una interfaz y herramienta diferente, así no les parecerían tan nuevos, al contrario les resultan familiares.

#### **❖ Experimentales:**

Se explicará en este capítulo a grandes rasgos las características de cada uno de los participantes que formaron parte de este grupo. Resolvieron un total de 9 ejercicios que se componían de 6 ejercicios experimentales y 3 no experimentales.

Ex1: Se trata de un estudiante de 12 años, que tiene bastantes dificultades a la hora de vocalizar, y hablar con muchas paradas debido a sus limitaciones, sin embargo es de los más avanzados en la lectura y escritura. Debemos tener presente que lleva gafas a la hora de elaborar nuestro estudio, ya que como veremos más adelante influye bastante sobre la herramienta a utilizar, una ventaja es que su falta de visión no es extremadamente importante con lo cual sus lentes no son excesivamente gruesas.

Ex2: Una alumna de 15 años, con dificultades también de visión, pero maneja mucho mejor su expresión y lenguaje a la hora de hablar tiene menos dificultades. Es bastante bajita y muy nerviosa.

Ex3: Un estudiante de 17 años, con grandes dificultades de visión, sus lentes son muy gruesas lo que nos dificultará bastante el reconocimiento de sus ojos como veremos más adelante. Sus ojos son bastante pequeños y tiene los párpados caídos. En cuanto al lenguaje y expresión como a Ex1 le cuesta hablar fluidamente, su atención es muy dispersa.

### ❖ **No Experimentales:**

Igual que en el grupo de estudiantes Experimentales se explicará a grandes rasgos las características de cada estudiante/a. Tuvieron que resolver 9 ejercicios de la parte no experimental.

Ex4: Se trata de la alumna más pequeña 8 años, la benjamina del grupo, como es lógico es bastante baja de estatura, por el contrario a los otros compañeros no tiene falta de visión con lo cual no hace uso de lentes, esto nos beneficiará bastante. Es bastante inquieta, y aún está en fase de aprender a leer y expresarse con claridad.

Ex5: Es el estudiante más inquieto y nervioso, es también uno de los más pequeños, 11 años y al igual que Ex4 no tiene falta de visión, su comprensión lectora está bastante avanzada a diferencia de los demás compañeros pronuncia y se desenvuelve bien al hablar dentro de sus limitaciones.

Ex6: Se podría decir que es el estudiante más disciplinado, y de los más mayores tiene 18 años, su lectura es fluida y a la hora de pronunciar y hablar no tiene tantas dificultades. Si tiene falta de visión y sus lentes no son excesivamente gruesas. Es bastante alto dentro de lo que es la estatura media.

## **4.4 Documentación y configuración**

Se llevó a cabo un proceso de documentación, no sólo de la herramienta, qué es y para qué sirve, como ya se ha comentado antes, sino de cuál es la forma más correcta de usarla, pues se debe tener en cuenta la posición de la cabeza así como su distancia al Eye-tracking.

### **◦ Lugar y materiales necesarios**

Se ha desarrollado en el Aula de enseñanza de la Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, como ya se comentó con anterioridad.

El material usado ha sido:

- Eye-tracking.
- Software Tobii Studio que incluía las fichas ha realizar.
- Una cámara web.
- Un ratón.
- Un monitor de 22".
- Un portátil en el cual estaba instalado el software.

Para la realización de la prueba tuvimos que tener en cuenta varias recomendaciones a la hora del uso de esta herramienta:

- La distancia de los ojos de la persona al Eye-tracking, debe ser aproximada ~ 65 cm.
- El Eye-tracking debe ser colocado de manera que el ángulo de la mirada no excederá ~ 42° a cualquier punto de la pantalla.

Es muy importante tener la distancia correcta a la pantalla de lo contrario el rastreador ocular que contiene no puede realizar un seguimiento en toda la zona. Si el Eye-tracking está demasiado cerca del sujeto de ensayo se corre el riesgo de perder parte de la mirada y por lo tanto mucho de los datos.

Para este estudio es sumamente importante ver las reacciones de los participantes y grabar la conversación entre el líder de la prueba, así como pensar en voz alta. Por ello, en este caso, es posible utilizar la cámara que tenga el ordenador donde se vaya a hacer o una externa, también se puede conectar un micrófono o utilizar el que trae para grabar la imagen del participante y el sonido.

### o **Tiempo de la prueba**

La tutora citó a cada uno de los estudiantes en el horario y fecha que mejor se adecuaba al programa de actividades en el centro que tienen. Se citó a dos estudiantes por día, en diferente horario, cada uno de ellos realizó la prueba individualmente solo con la compañía de sus tutoras, y la productora de este estudio.

En la fase de intervención se ha sentado a los estudiantes lo más cómodos posibles, para evitar posibles movimientos innecesarios causados por incomodidad, que harían perder el reconocimiento de los ojos por esta herramienta. Lo más habitual es sentarlos a una distancia de 65 cm según se indicaba en los pasos a seguir para un buen funcionamiento, aunque dependiendo de la persona ha sido un poco más o menos según el reconocimiento de los ojos o de la calibración según fuese más o menos buena, esto ocurrió también con la inclinación lo recomendado es de 42°, pero por la poca altitud de estos estudiantes se tuvo que modificar en algunos casos.

Cabe destacar que en algunos casos excepcionales normalmente, en los estudiantes con menos altura, la inclinación máxima que trae la herramienta no fue suficiente para que la calibración se realizará correctamente, con lo cual se tuvo que hacer uso de otros soportes para obtener una mayor inclinación



Una vez realizado este paso, se pasa a la calibración de la herramienta consta de un mapa con varios puntos a los que se le indica al estudiante que tiene que seguir con la mirada a medida que se van moviendo, una vez la calibración sea aceptable se procederá a la fase de realización de tests. En esta fase el estudiante ve en el monitor una serie de tests que irán siendo explicados por la productora con ayuda de los tutores, y se comienza con la resolución de estos, no existía limitación de tiempo. Una vez se han resuelto estos tests se pasa a la fase de análisis de los resultados obtenidos.

## **4.5 Tests**

Los tests de usuario de pensamiento tradicionales son bastante útiles para detectar problemas de usabilidad de un sistema de información, en ellos se plantea una tarea a un participante y se le pide que todo lo que piense o se cuestione lo haga en voz alta. Una vez hallados estos problemas, un técnico puede analizar las causas de los mismos y dar soluciones.

El usuario, con sus reacciones ante los problemas y sus comentarios ayuda así al análisis del problema. En ocasiones sus reacciones pueden dar lugar a confusión por ser ambiguas, ya que no suelen ser muy concretas ni específicas. Además pueden causar confusión porque normalmente no representan sus pensamientos como tales, por tanto para resolver esto han ido apareciendo tecnologías y técnicas que puedan extraer los datos con más exactitud y objetividad. Una de ellas es el Eye-tracking.

Para poner en marcha estos tests se ha contado con el asesoramiento de dos profesionales que trabajan a diario con niños de Síndrome de Down. Se les presentó este proyecto y, aunque les pareció correcto, para ampliar este estudio la maestra proporcionó otro tipo de fichas, en las que se empleaba el tipo de letra que han usado para enseñarles a leer y escribir. Hay que recordar que estos niños necesitan familiarizarse con el entorno y material de aprendizaje, por eso era importante emplear

un grafismo que les fuera familiar y por tanto más reconocible para ellos, ya que está demostrado que hay determinados tipos de letra que asimilan mejor.

Según estudios realizados por (Gonzalez, Sigut, Sanabria, Guerra, Noda, Bruno, Hernández, Hernández, 2006), han concluido que la elección del tipo de letra es un factor clave para la enseñanza a una persona con Síndrome de Down. Ahora bien, el tipo de letra a elegir es lo que crea controversias, pues no hay una conclusión al respecto. Sin embargo, la característica que debe cumplir el tipo de letra que se elija es que: no esté trazada enlazada, porque hace más difícil leer la palabra entera. A ellos les cuesta unir las letras y ver la palabra como un todo, de hecho muchas veces escriben sin separación entre una letra y otra.

Son varios tipos de letras los que se postulan como las más idóneas, aunque también es verdad que cuentan cada una de ellas con inconvenientes. Por este motivo la investigación continúa para tratar de hallar el tipo de letra óptimo con el que enseñar a este colectivo.

Estos tipos de letra son:

- A. la letra Script, actualmente es la más usada, ya que varios estudios demuestran que es una buena opción porque es fácil de trazar. Sin embargo las letras **b** y **d** podrían confundirse y la **p** y **q** también.
- B. la letra Cursiva o Enlazada, esta tiene la ventaja de que se escribe con más rapidez, según estudios realizados, y al estar enlazada la perciben como una palabra y no como un conjunto de letras, por lo que pocas veces puede crear confusiones perceptivas. Las letras se diferencian bien entre sí y facilitan la enseñanza de la lectura, la familiarización y memorización de las letras en los inicios del aprendizaje para luego enseñar más fácilmente la escritura de las palabras. El inconveniente que presenta es que los rasgos de las letras resultan difíciles para el dominio y aprendizaje de su trazado, pues conlleva muchos cambios de dirección.

Utilizando las fichas tradicionales de la maestra se podía hacer, además, una comparación entre los resultados que se obtenían usando unas fichas u otras así como un

análisis de las diferencias con las pruebas que se habían realizado con anterioridad para una tesis doctoral. Por este motivo se separó a los niños y los tests en dos grupos, **experimentales y no experimentales**. Se seleccionaron un total de 9 tests para que se resolvieran durante la prueba.

Cabe destacar que las fichas fueron dadas en papel, y para llegar a la elaboración de estos recursos de manera digital se elaboraron mediante una herramienta llamada TANGO:H.

### ❖ **Tests Experimentales**

El grupo de tests experimentales estaban basados en las fichas que había proporcionado con anterioridad la Tutora de este Proyecto, y que ya habían sido usados para otro estudio basado en analizar la capacidad de reacción con otra herramienta llamada TANGO:H basada en Kinect. Veamos algunos ejemplos:

En la figura 4.5.1,4.5.2 y 4.5.3 se muestra un ejemplo de los test/fichas que se le pasaron al estudiante. Las actividades que se plantean en estas dos primeras imágenes son quizás las más fáciles dentro de este grupo. Para realizar las pruebas se seleccionó a los participantes teniendo en cuenta su nivel de conocimientos hasta ese momento, y se le aplicaron por tanto las actividades que más se les ajustaban, aumentando o disminuyendo el nivel de dificultad.

Respecto a la figura 4.5.3, esta es la más complicada que dentro de todo el material de ejercicios con el que se cuenta.



Figura 4.5.1: Ejemplo de test experimental básico

Se puede observar en la figura 4.5.1, que se le pide al estudiante-a que indique el número de sílabas que contiene la palabra "limpio" y se le dan una serie de opciones para que elija cuál es la correcta. Se les facilita mucho de esta manera la respuesta, y de esta forma no tienen que hacer tanto uso de su memoria, simplemente dar una respuesta que puede ser hasta intuitiva.

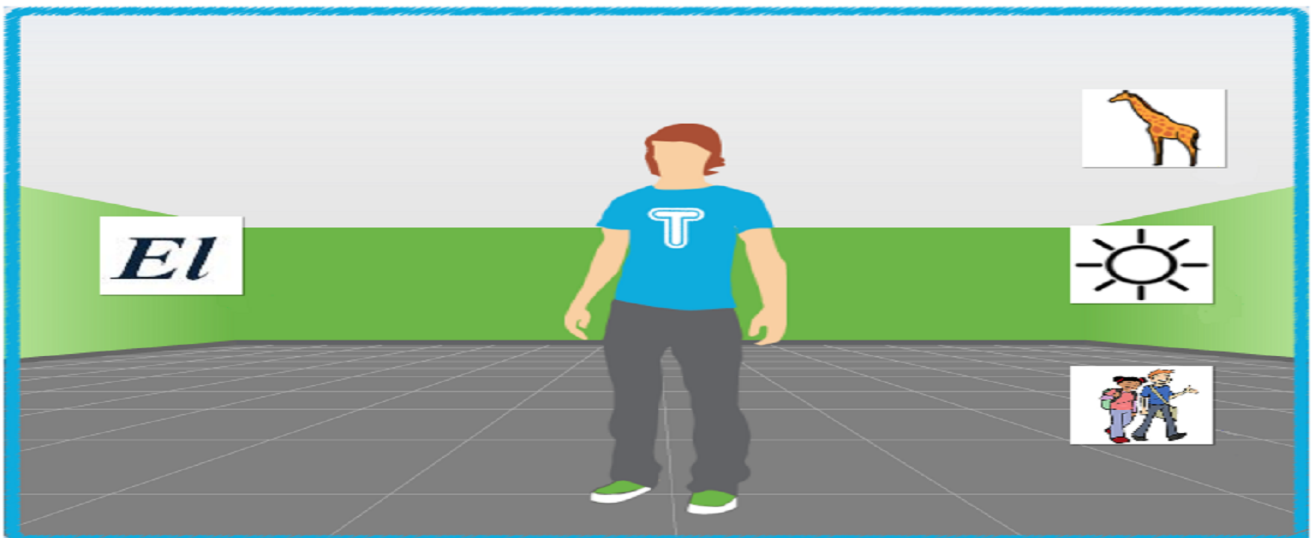


Figura 4.5.2: Ejemplo de test experimental medio

En la figura 4.5.2 como se puede observar, se trata de relacionar el artículo con la imagen del animal de manera que concuerde en género y número. El participante simplemente debe reconocer primero el género y número

del artículo. Posteriormente identificará que animales aparecen en las imágenes y debe detectar cuál es su género y número también. Una vez realizados estos pasos el participante tendrá que elegir la imagen que concuerde con el artículo.



Figura 4.5.3: Ejemplo de test experimental avanzado

En la figura 4.5.3 se aprecia que la dificultad es mayor ya que tiene que decir el nombre de los animales en voz alta, retener de quien se trata y además ordenarlos alfabéticamente. Esto implica obligarlos hacer uso de su memoria pues, como se ha comentado con anterioridad, también tienen serios problemas a la hora de retener información tanto a largo como corto plazo, sin embargo su memoria visual es mayor.

#### ❖ Tests no Experimentales

El grupo de tests no experimentales estaba compuesto por un conjunto de fichas elaboradas por su maestra como se comentó al comienzo de este capítulo, realizadas con la misma letra que usan para enseñarles, así como con formas y figuras bastantes familiares. Se exponen algunos ejemplos:

En la figura 4.5.1 y 4.5.2 se puede observar que el tipo de letra utilizado es la cursiva. Son dos ejercicios relativamente sencillos no es necesario hacer mucho uso de la memoria.



Son dos pelotas.



Sirve para escribir.

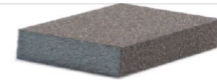


Es un gato.

Figura 4.5.4: Ejemplo de test no experimental básico

Se aprecia en esta figura 4.5.4 que está compuesta de imágenes. Se trata de descubrir que dibujo corresponde a que frase y sólo hay una respuesta negativa. Tal y como ocurría con las fichas del grupo experimental hay diferentes grados de dificultad. Se pone en práctica la memoria visual.

En mi habitación  
hay una litera.



Fui al médico  
porque me duele  
la garganta.



Pasé una lija por  
la madera.



Figura 4.5.5: Ejemplo de test experimental básico medio

En esta figura 4.5.5 se les pide que relacionen las frases con las imágenes que vemos. Este ejercicio sí necesitará más memoria ya que tendrán que identificar los dibujos y posteriormente leer la frase y relacionar.

amargo      gris      alto      chiquitita

El chico es .....

La nube es .....

La hormiga es .....

El café es .....

Figura 4.5.6: Ejemplo de test experimental básico.

Puede apreciarse que se trata de un ejercicio con un grado mayor de dificultad. Como se ve, la letra cambia ya no es la cursiva. También requiere ejercitar la memoria, aunque no se pondrá en práctica mucho la visual, tendremos que hacerles ejercitar la memoria a corto plazo en este tipo de ejercicios pues tienen que completar la frase con la palabra que se les da y que concuerde en género y número.

### ❖ Experimentales:

Se explicará en este capítulo a grandes rasgos las características de cada uno de los participantes que formaron parte de este grupo. Resolvieron un total de 9 ejercicios que se componían de 6 ejercicios experimentales y 3 no experimentales.

Ex1: Se trata de un estudiante de 12 años, que tiene bastantes dificultades a la hora de vocalizar, y hablar con muchas paradas debido a sus limitaciones, sin embargo es de los más avanzados en la lectura y escritura. Debemos tener presente que lleva gafas a la hora de elaborar nuestro estudio, ya que como veremos más adelante influye bastante sobre la herramienta a utilizar, una ventaja es que su falta de visión no es extremadamente importante con lo cual sus lentes no son excesivamente gruesas.

Ex2: Una alumna de 15 años, con dificultades también de visión, pero maneja mucho mejor su expresión y lenguaje a la hora de hablar tiene menos dificultades. Es bastante bajita y muy nerviosa.

Ex3: Un estudiante de 17 años, con grandes dificultades de visión, sus lentes son muy gruesas lo que nos dificultará bastante el reconocimiento de sus ojos como veremos más adelante. Sus ojos son bastante pequeños y tiene los párpados caídos. En cuanto al lenguaje y expresión como a Ex1 le cuesta hablar fluidamente, su atención es muy dispersa.

### ❖ No Experimentales:

Igual que en el grupo de estudiantes Experimentales se explicará a grandes rasgos las características de cada estudiante/a. Tuvieron que resolver 9 ejercicios de la parte no experimental.

Ex4: Se trata de la alumna más pequeña 8 años, la benjamina del grupo, como es lógico es bastante baja de estatura, por el contrario a los otros compañeros no tiene falta de visión con lo cual no hace uso de lentes, esto nos beneficiará bastante. Es bastante inquieta, y aún está en fase de aprender a leer y expresarse con claridad.

Ex5: Es el estudiante más inquieto y nervioso, es también uno de los más pequeños, 11 años y al igual que Valeria no tiene falta de visión, su comprensión lectora está bastante avanzada a diferencia de los demás compañeros pronuncia y se desenvuelve bien al hablar dentro de sus limitaciones.

Ex6: Se podría decir que es el estudiante más disciplinado, y de los más mayores tiene 18 años, su lectura es fluida y a la hora de pronunciar y hablar no tiene tantas dificultades. Si tiene falta de visión y sus lentes no son excesivamente gruesas. Es bastante alto dentro de lo que es la estatura media.



# Capítulo 5.

## Resultados

En este capítulo se explicará de la manera más breve y concisa los resultados que se pudieron obtener ayudándonos de las diferentes herramientas que nos proporciona el Tobii, para realizar el análisis.

### 5.1 Calibración

Los sistemas basados en Eye-trackers requieren de un proceso previo de calibración, aunque esto no resulta un problema excesivamente grave al tratarse de un proceso bastante sencillo y rápido. Sin embargo, sí existe un problema con el porcentaje de participantes cuyos ojos no pueden ser calibrados – normalmente entre el 10% y el 20%– y que por tanto no pueden participar en el estudio (Karn, 2003), (Spool, 2007), encareciendo este tipo de pruebas. El uso de gafas o lentes de contacto, por ejemplo, son potencialmente causa de problemas para la correcta calibración (Muñoz, 2014).

### 5.2 Mapas de calor

Haremos una breve explicación de los resultados obtenidos y el porqué ayudándonos de las figuras que se muestran a continuación, en las que podemos observar que los mapas de calor se muestran mediante un esquema de colores diferentes para representar ya sea la cantidad o la duración de las fijaciones en las diferentes partes de una imagen. Los colores cálidos como el rojo o el amarillo indican las áreas que fueron consultadas por el usuario durante más tiempo. Por otra parte se encuentran las zonas más frías, se representan con colores azules y violetas se suelen usar para colocar los elementos que no se tiene especial interés en que el usuario vea. Pero nos serán útiles para ilustrar los resultados al escribir el informe de usabilidad.

Estos se pueden utilizar como punto de partida para obtener una idea general acerca de cuáles son los elementos de diseño atrajeron la atención de los participantes y de los elementos que no se parecían en absoluto. Se dividirán esos resultados en dos partes estudio experimental y no experimental.

A parte de estas pruebas se recogieron datos observando la prueba se explicarán a continuación y se hará una breve comparación entre la observación y los resultados del Eye-tracking.

### ❖ Estudio experimental:

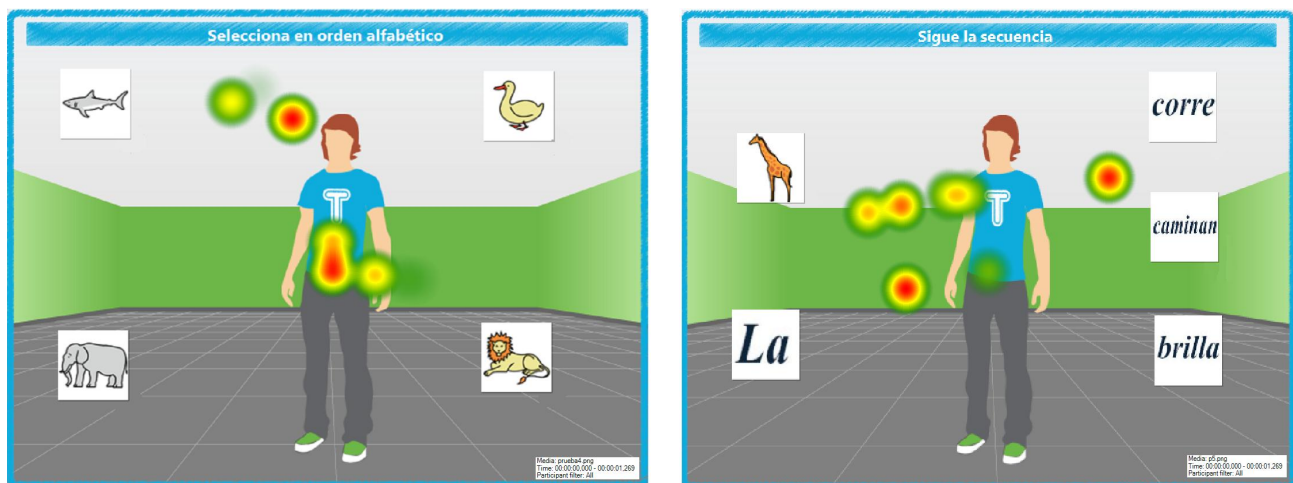


Figura 5.2.1: Mapas de calores Experimental

Ex1: A la hora de resolver las fichas de relacionar palabras y completar frases, según estos mapas se puede decir que la atención se fija más en los espacios que en las letras, palabras a relacionar. Sin embargo, en las

fichas de relacionar con dibujos su atención la fija más en los dibujos que en los espacios. Por lo tanto la conclusión a la que se llega es que para sacar más partido de la atención del estudiante habrá que trabajar con dibujos o formas que le llamen la atención, para mantener su interés activo.

Se pudo observar que el niño es muy tranquilo, no parece presentar mucho interés por la herramienta, no mostró nerviosismo, y sólo cuando la respuesta no la tenía clara, se ha apreciado cierta tensión en él. Durante el desarrollo de la prueba no se ha interactuado con el estudiante, sólo puntualmente durante el test para aclararle algunos conceptos.

Tanto los resultados obtenidos por la herramienta y los obtenidos mediante las observaciones podemos decir que coinciden ya que como el mapa nos indica y hemos observado tiene una atención muy buena.

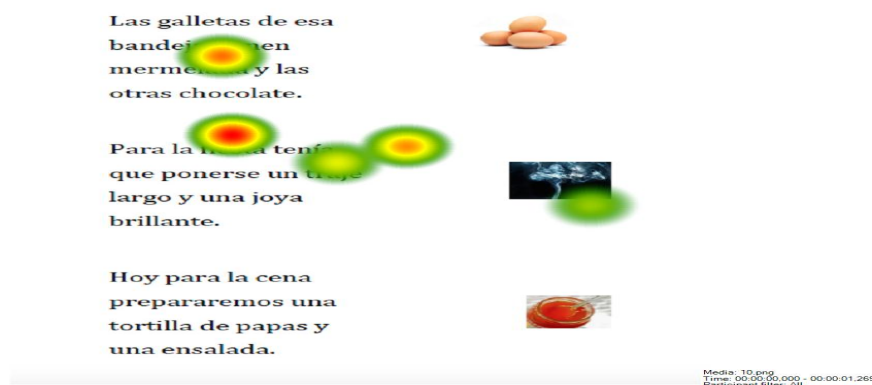
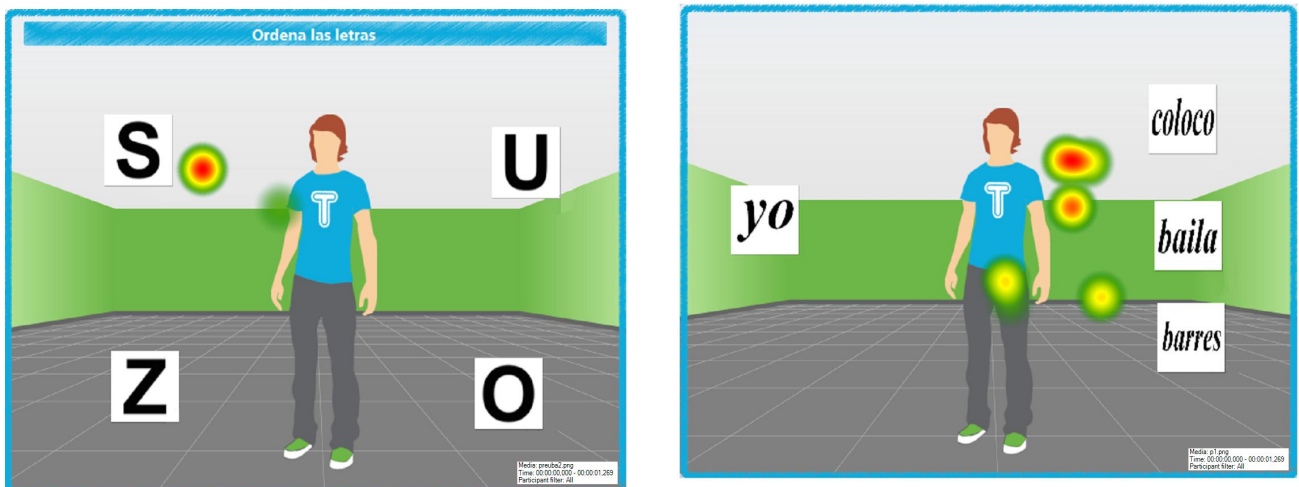


Figura 5.2.2:Mapas de calores Experimental1

Ex2: esta estudiante a la hora de resolver la ficha experimental, se fija primero en el muñeco del fondo de la pantalla y luego en las letras y palabras que nos aparecen, por lo tanto lo primero que capta su atención es un dibujo.

En las fichas no experimentales su atención se centra más en el texto que en los dibujos que aparecen. He de comentar que estas fichas no llevan una letra para ella reconocible, por lo que se presupone que al desconocerla fija más su atención en el texto, ya que le cuesta leer dicha letra.

Durante la realización se ha apreciado que fija su mirada en el monitor y por lo tanto su atención se centra únicamente en la prueba y los tests que debe realizar. Al ponerle la nueva herramienta delante y explicarle lo que debía hacer se pudo observar una actitud de nerviosismo pero también de curiosidad ante un hecho novedoso como el que se le presentaba. Muestra mucha inseguridad a la hora de la realización de tests, titubea mucho, pero su atención no se dispersa en ningún momento. Cuando tiene dudas hace preguntas en voz alta, y esto produce una situación de tensión mucho mayor. El dato positivo se podría decir que tiene realmente interés.

Tanto las observaciones realizadas como los mapas concluyen en que la atención se centra bastante en la realización de la prueba aunque también queda claro que al ponerse nerviosa y en el caso de que no sepa la respuesta, centra la mirada en el monitor pero no lo hace ni en el resultado ni en las palabras sino en los espacios en blanco o en el muñeco.

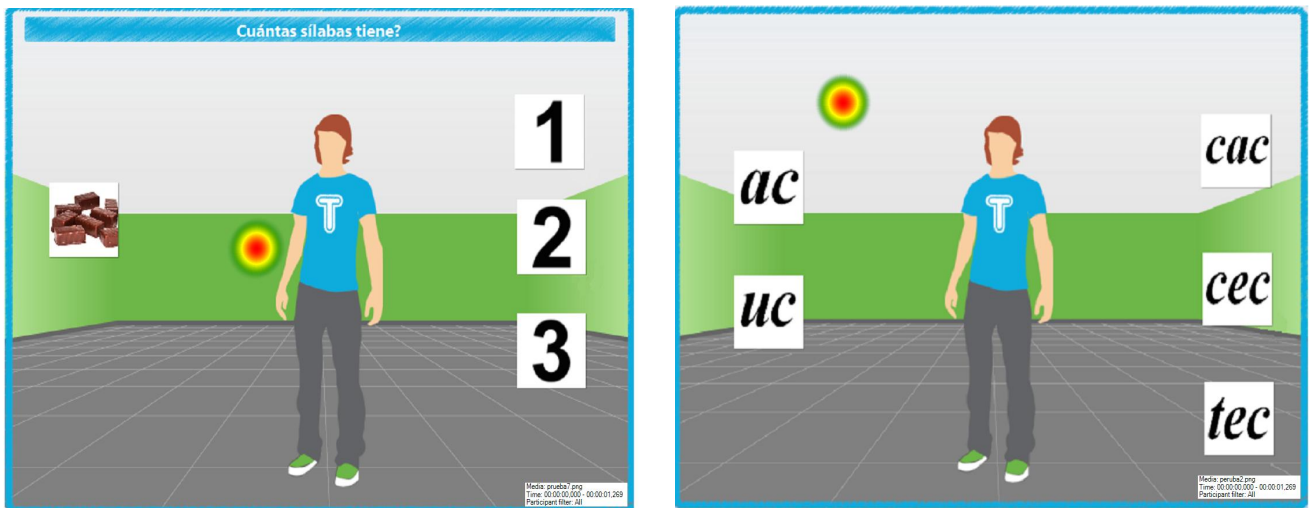


Figura 5.2.3: Mapas de calores Experimental2

Ex3: a la hora de resolver las fichas experimentales no fija su atención en un lugar específico, no fija sus ojos en un objeto o texto solamente. Sus gafas son demasiado gruesas y al Eye-tracking le cuesta reconocer sus ojos.

En las fichas no experimentales no obtuvimos datos con lo cual tampoco mapas ya que por el problema que las lentes graduadas no se reconocieron sus ojos.

Se observa que está muy disperso y expresa con mucho interés las ganas de enfrentarse a una herramienta y a un medio al que no está acostumbrado y es totalmente nuevo. Esto le produce mucha distracción y falta de atención, muestra inquietud y nervios. El hecho de estar nervioso sumado a que tiene los párpados muy caídos hace que pestañee demasiado, es su reacción ante la tensión o el desconocimiento de la respuesta. No se hacen casi interacciones de la tutora con él durante el test.

Los resultados obtenidos por la herramienta son los mismos que los observados, pues esta situación de nerviosismo y parpadeo que se puede observar también se ve reflejada en los mapas ya que no han podido recoger datos.

En determinados casos, a los tests en color se les ha prestado menos atención. Para el Ex1, Ex2 el dibujo de fondo de un color no muy llamativo, curiosamente ha recibido mucha atención, y sin embargo las imágenes que

aparecen en algunos tests no han recibido nada de atención, el estudiante Ex3 a diferencia del resto fija su atención fuera de este fondo siempre, por el contrario el resto lo hace en alguna ocasión. Este estudiante, además, mira en repetidos tests al mismo punto fijando la mirada durante mucho tiempo.

### ❖ Estudio no experimental:

Lo primero que se hizo fue seleccionar 9 fichas de las proporcionadas por el docente, para posteriormente empezar con el análisis. Como en el otro caso también se hará una descripción de lo que se observó durante la prueba.

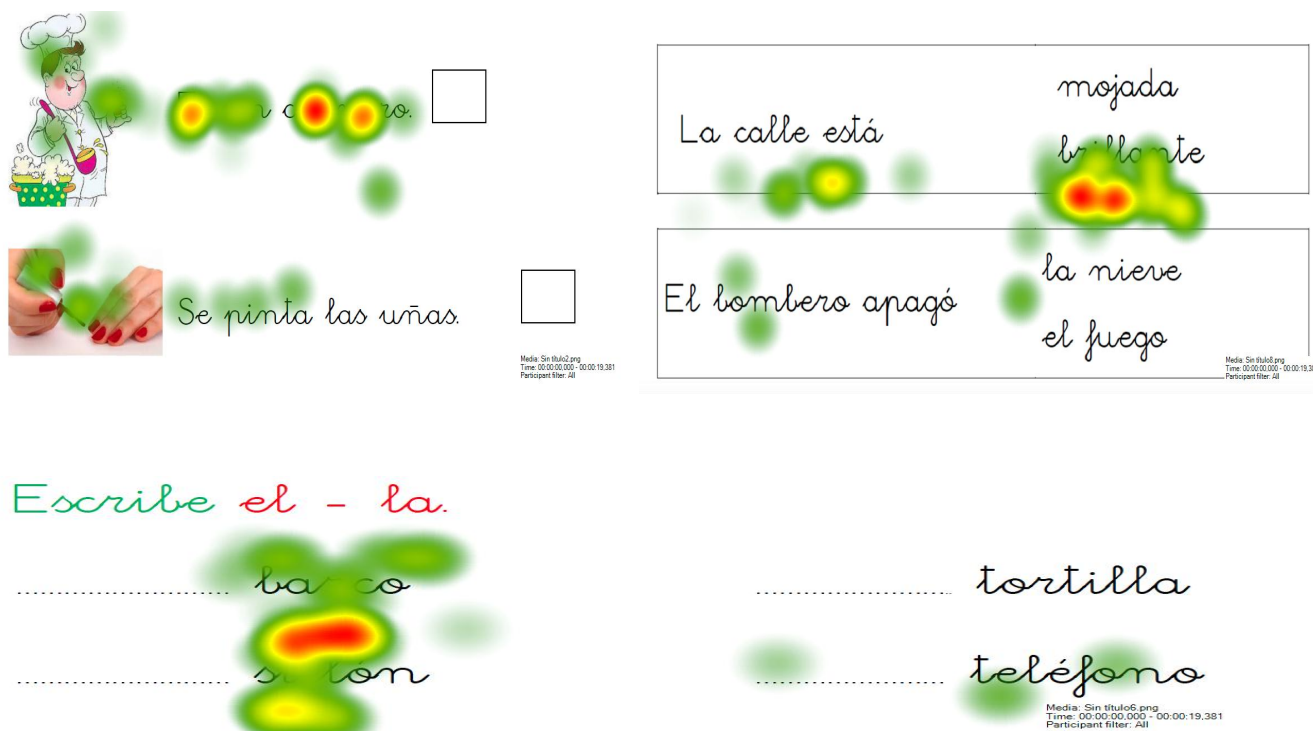


Figura 5.2.4: Mapas de calores No Experimental

Ex4: Su atención se fija mucho más en los dibujos que en las frases que tiene que relacionar, aunque también se puede observar que pone especial atención a la hora de leer determinadas palabras que le generan una dificultad mayor como pueden ser las palabras que contienen la letra "r".

Se ha podido observar que tarda mucho en resolver cualquiera de los tests, ya que, para poder resolverlos tiene que realizar la lectura de éstos varias veces hasta que entiende lo que debe resolver.

Por otro lado aunque se le explica que tiene que estar muy atenta al monitor y a lo que en él se reproduce, su atención se observa que es muy dispersa, se distrae con mucha facilidad. Al principio su actitud nos muestra cierto interés por la herramienta, pues atiende a lo que se le explica, pero a medida que comienza la prueba y la realización de los tests comienza a perder interés por esta. Esta situación lleva consigo movimientos de cabeza que hacen que la mirada se pierda y no vaya directa al monitor. Para evitar estos movimientos de cabeza y que su atención se centre, su tutora se colocó tras ella sujetándole levemente la cabeza en la dirección del monitor al que tenía que mirar. A partir de ese momento presta más atención.

En el caso de esta alumna había un factor externo que estaba causando, al menos en parte, su distracción y es que en la sala donde se realizaba la prueba se encontraba una compañera, una vez que ésta se ausentó su atención mejoró. No realizó ningún comentario en voz alta que no tuviera que ver con la lectura y respuesta de los tests.

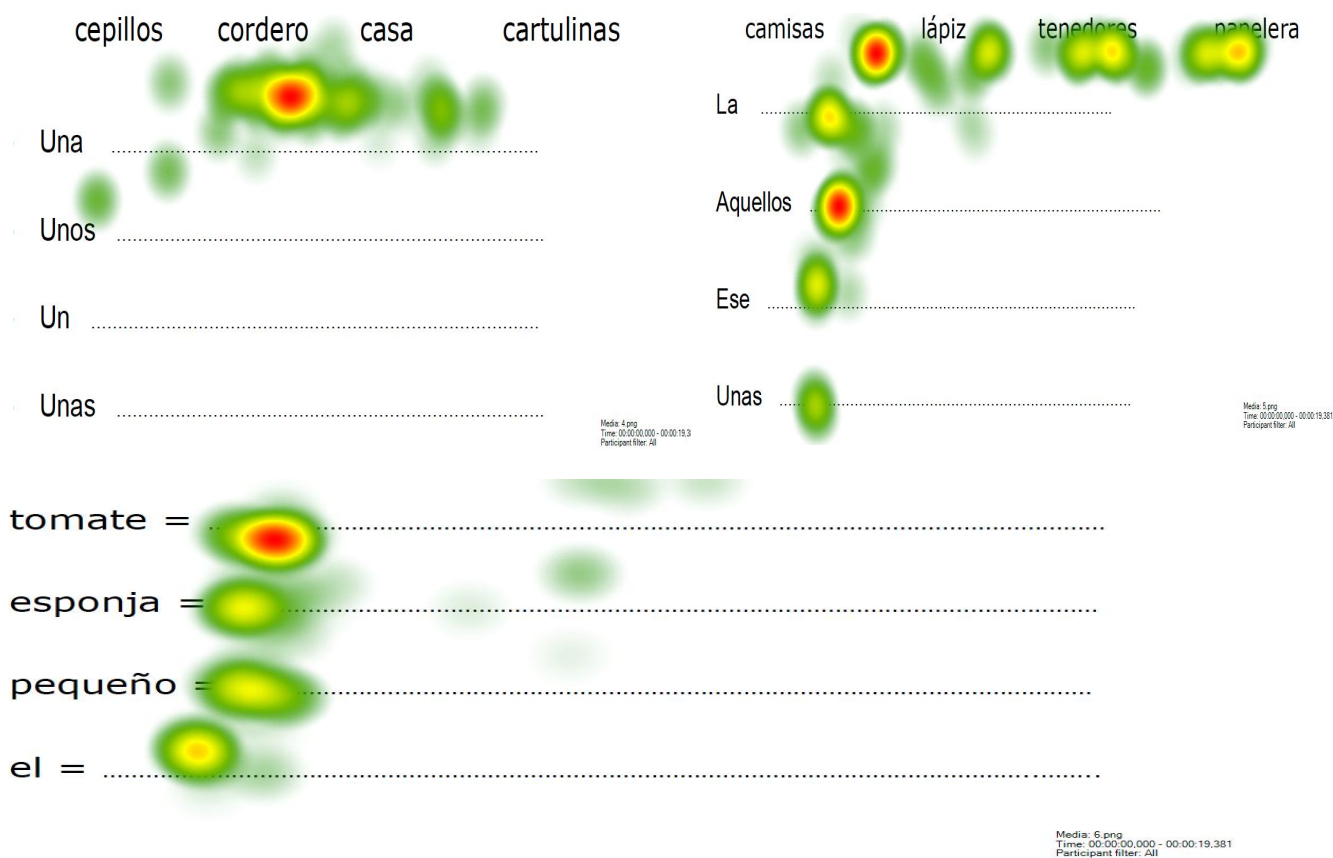


Figura 5.2.5: Mapa de calores No Experimental1

Ex5 y Ex6 : Se fijan mucho en las palabras que tienen que relacionar, su atención la concentran ahí, pero sobre todo en los espacios en blanco que es donde deben colocar la palabra leída al principio. Al estar, esta ficha escasa de dibujos y formas, los buscan. Así que se puede observar que su atención no se concentra en las palabras y podría decirse que es bastante dispersa.

Sin embargo, la observación que podemos hacer de **Ex5** es que, aunque es bastante inquieto, al ver la herramienta y explicarle lo que se iba a realizar, le llamó bastante la atención y expresó inquietud por empezar y realizarlo lo mejor posible. Esto nos ayudó bastante ya que al tener este interés se centró en el monitor y la prueba que tenía que realizar.

Su motivación por resolverlos era cada vez mayor, y aunque esto también influye en su nerviosismo, ayudó a la resolución cada vez más rápida de los tests.

Se le tuvieron que hacer varias puntualizaciones en determinados tests porque no los entendía bien y aunque no preguntó abiertamente se pudo observar como su nerviosismo aumentaba ante una situación que era nueva para él y que no acababa de entender. Al equivocarse en algunas respuestas su tutora preguntó si creía que la respuesta era la correcta y en esos momentos se pudo observar una mayor fijación hacia el monitor.

Por el contrario **Ex6**, quizás el estudiante más disciplinado, al explicarle la prueba se observó como su cara cambió y su motivación hacia la realización de la prueba aumentó. No se observa ninguna distracción durante esta, no hizo falta explicarle en profundidad lo que se iba a realizar, ni tampoco realizó ninguna pregunta durante el desarrollo de la misma.

Si comparamos los dos grupos de fichas de trabajo, la principal característica es que, en el experimental los estudiantes se fijan más veces y durante más tiempo en los dibujos y formas de las imágenes. Apenas prestan atención a las letras o palabras que aparecen. En el no experimental, por el contrario se mantiene su atención más prolongadamente en las palabras y espacios en blanco que contienen la imagen.



Los estudiantes de ambos grupos no siguen unos patrones generales a la hora de mantener la secuencia de seguimiento de la mirada.

### 5.3 Tiempo de Respuesta

En las siguientes gráficas se representan los tiempos de respuesta desde que se le explica el tests, lo analiza y da la respuesta, de los diferentes estudiantes.

#### ❖ Experimentales

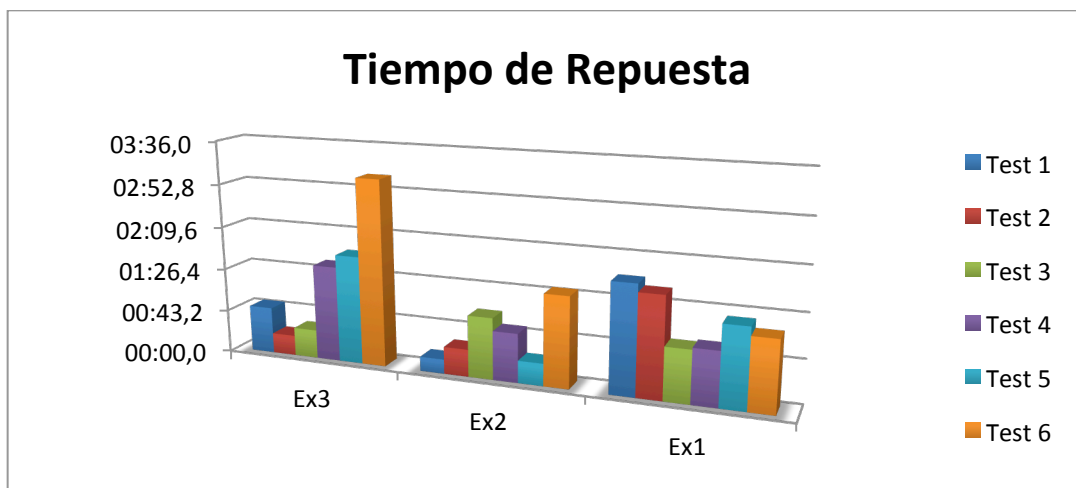


Figura 5.3.1: Tiempo de respuesta

En estas gráficas se puede apreciar el tiempo de respuesta en minutos y segundos. Cabe explicar que la atención va ligada también al tiempo de respuesta con lo cual se puede hacer un análisis más concreto sobre esta.

Si la comparamos con el tiempo de repuesta, para Ex1 se observa que al comparar el tiempo de los primeros "tests" con el resto, es un poco elevado. Si nos vamos a los mapas de calor expuestos anteriormente, veremos que hay una falta de atención importante en el contenido de la imagen que será el que nos dé la respuesta. Tarda considerablemente porque busca respuestas en los espacios en blanco o en el dibujo. En el resto de "tests" hay que mencionar que el tiempo disminuye considerablemente cuando se trata de los "tests" no experimentales, a los cuales estaban más habituados a realizar. Por lo tanto,

en el mapa se observa mayor atención en el contenido también. Esto es un dato a tener en cuenta ya que se puede concluir que es importante el uso de la letra y formato al que está acostumbrado si queremos respuestas más eficientes.

Por el contrario Ex2, Ex3 en los tests 1, 2, 3 pertenecientes al grupo experimental, tardan mucho menos en dar una respuesta que en los 4, 5 y 6 pertenecientes al no experimental. Se puede concluir, que gracias a la motivación que presentaban, pusieron especial atención en resolverlos, y por lo tanto su tiempo de respuesta fue menor. Estos resultados son muy relativos y varían según el estudiante.

### ❖ No Experimentales

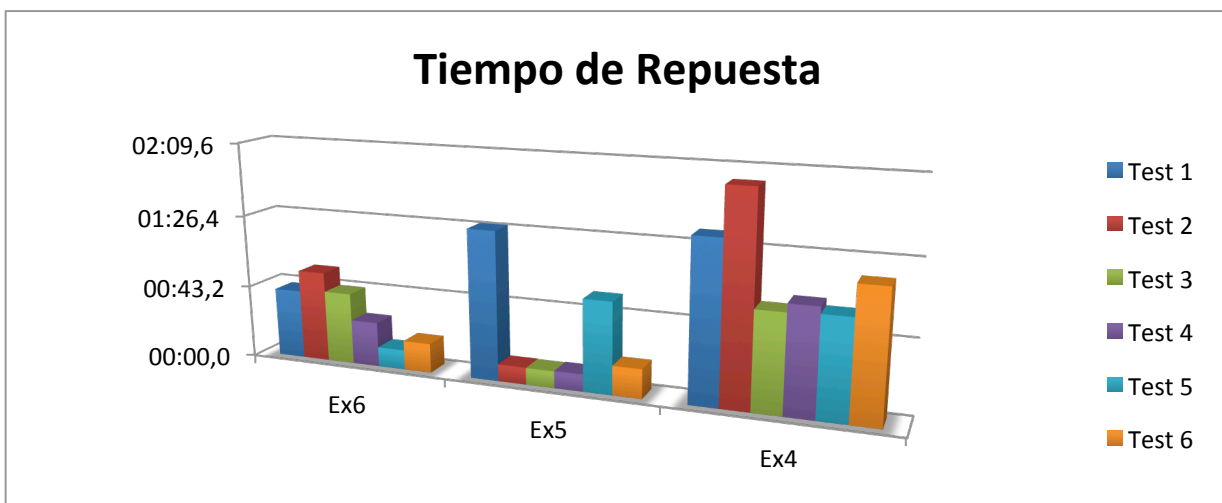


Figura 5.3.2: Tiempo de respuesta2

El tiempo de respuesta es menor que en el caso del estudio experimental, también tiene bastante relación los resultados obtenidos con los mapas de calor mostrados.

Si nos fijamos en Ex5, podemos ver una diferencia considerable con el resto de estudiantes, esto se debe a la buena concentración y motivación. También están estos resultados influidos por ser los "tests" con los que suelen trabajar ellos y ya les eran familiares.

Se podría concluir que estos materiales digitales, aparte de ayudar a profundizar e investigar más sobre las dificultades de atención, nos indican después del análisis de todos que son más productivos dependiendo del tipo de estudiante, ya que les llama la atención y les motiva enfrentarse a un nuevo medio, y herramienta.

# Capítulo 6.

## Conclusiones y líneas futuras

Como ha quedado expresado ya, tanto en la introducción como a la largo de este TFG, la motivación principal del mismo ha sido la de investigar y profundizar más sobre el diseño de materiales educativos digitales en niños con Síndrome de Down, a través de la utilización de la herramienta Eye-tracking. Ésta aplicada al campo de la enseñanza-aprendizaje tiene la finalidad, entre otras, de comprobar donde el estudiante fija su mirada y, por lo tanto, su atención.

Otro objetivo que se pretendía con este estudio de investigación era, estudiar la efectividad del diseño de materiales educativos digitales frente a otros de tipo tradicional. Esto no pudo llevarse a cabo debido a problemas laborales tanto de la maestra como de la fisioterapeuta de los niños con síndrome de Down a los que se les aplicó el estudio. La comparación con el método tradicional, por tanto, ha quedado inconclusa y el campo de la investigación en este aspecto sigue abierto sin que se haya llegado a una conclusión efectiva.

La idea para este proyecto nace a raíz del desarrollo de una Tesis de Interacción Gestual de Niños con Síndrome de Down en la Universidad de La Laguna. En principio este TFG ayudaría a comparar la interacción gestual con otro tipo de modalidad interactiva, Eye-tracking, para tratar de dilucidar cuál, en principio, tiene más eficacia.

Se presentaron algunos problemas como que la herramienta no reconoce la pupila de las personas con gafas graduadas de lente gruesa, de manera que no nos realizaba las trazas y no nos graba el recorrido de la visión. Por este motivo hubo casos en los que no pudimos analizar la atención mediante la herramienta para posteriormente hacer la comparación correspondiente, así que hubo que hacerlas a través de la observación.

Por otra parte, este proyecto sirvió para familiarizarme con un software y una herramienta totalmente nueva, así como para conocer y manejar otros recursos innovadores e interesantes de la rama de la informática que pueden aplicarse también al aprendizaje de personas con alguna discapacidad.

En conclusión, podemos determinar que el campo de la investigación sobre la aplicación de nuevas herramientas como el Eye-tracking en el campo de la enseñanza a personas con discapacidad, más concretamente Síndrome de Down, sigue abierta a ser ampliada y mejorada.

A pesar de los beneficios que reporta el Eye-tracking, debo comentar que, ha de perfeccionarse para evitar los inconvenientes que planteamos anteriormente.

# Capítulo 7.

## Summary and Conclusions

As it has been expressed both in the summary and the entire document, the main reason that motivated the development of this project has been to research and also get a deepest knowledge about the design of digital educational materials intended to children with Down syndrome, using the Eye-tracking tool. This tool is applied to the field of teaching and learning and aims to check where the final user stares at and hence his attention.

The other sought aim with this research study was to investigate the effectiveness of the design of digital educational materials as compared with other traditional type. This couldn't be carried out because of labor problems both the teacher of children with Down syndrome and their physiotherapist. (The present study was applied to these children). The comparison with the traditional method, therefore, has left unfinished and the field of research in this area remains open without having reached a successful conclusion.

The idea of this Project arose from the development of a gestural interaction thesis of children with Down syndrome at the University of La Laguna. In principle, this end-of degree Project would help to compare the gestural interaction with other interactive mode, Eye-tracking, in order to figure out what it has more effectiveness.

Some problems appeared. The tool didn't recognize the pupil of people with prescription glasses of thick lens, this provoked that couldn't do the traces and record the tour of the vision. This was the reason so there were cases that we couldn't analyze the attention through the tool to make the appropriate comparison, so we had to be done through observation.

Furthermore, this project helps me to familiarize with

a software and totally new tool as well as to know and to handle other innovative and interesting sources of the computer sector that they can be applied to learning of disable people, too.

To sum up, we can determine what the research field about the application of the new tools like the "Eyetracking" in the field of the disable people education, more specifically Down syndrome, remains open to be expanded and improved.

Despite of the benefits of the "Eyetracking", I must comment that has to be perfected in order to avoid the inconveniences that we raise, previously.

# Capítulo 8.

## Presupuesto

Este proyecto no ha tenido ningún gasto en cuanto a materiales físicos (hardware) se refiere. Tampoco han surgido gastos adicionales por licencias o software, ya que todo lo utilizado para sacar este proyecto adelante es propiedad de la Universidad de La Laguna.

De todas formas se hará una estimación total del proyecto en función de las horas empleadas en la investigación y estudio posterior.

La investigación y estudio del sistema ha sido realizado en su totalidad por el estudiante de manera autónoma, si tenemos en cuenta que hemos tenido que desplazarnos a la asociación Down para realizar nuestras pruebas tendríamos que añadir gastos en desplazamiento por ejemplo.

### 8.1 Presupuesto

Concepto	Precio
Horas de trabajo	$260 \times 10 \text{€} = 2500 \text{€}$
Desplazamiento	$5 \text{km} \times 4 \text{ días} = 20 \text{km}$ $20 \times 0.71 = 14.20 \text{€}$
TOTAL	2514,2 €

Tabla 8.1. Tabla de presupuestos.



## 8.2 Presupuesto estimado

También se hará una estimación del presupuesto, por si quiere ser desarrollado por alguna entidad diferente a la Universidad de La Laguna, en la cuál tendrían que comprar tanto la parte hardware, como la software.

Concepto	Precio
Eye-Tracking	30.000 €
Tobii Studio versión 3.0.2	119 €
Horas de trabajo	260x10€= 2500 €
Desplazamiento	5km x 4 días = 20km 20 x 0.71 =14.20 €
TOTAL	32633,20 €

Tabla 8.2. Tabla de presupuesto Estimado.

# Bibliografía

- [1] Abreu-Mendoza, R. A., & Arias-Trejo, N. (2015). Numerical and area comparison abilities in Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 41, 58-65.
- [2] Bacino CA, Lee B. (2016). Cytogenetics. In: Kliegman RM, Stanton BF, St. Geme, Schor NF, eds. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 20th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2016:chap 81.
- [3] Bergstrom, J. R., & Schall, A. (Eds.). (2014). *Eye tracking in user experience design*. Elsevier.
- [4] Castillo García, A. (2013). Potenciando el alcance del análisis publicitario con la técnica del Eye Tracking: desarrollo de un software para la evaluación del impacto publicitario. *Redmarka: revista académica de marketing aplicado*, (11), 125-136.
- [5] C. Gonzalez, J. Sigut, H. Sanabria, D. Guerral, M. Noda, A. Bruno, B. Hernández, A. Hernández, L. M. (2006). Diseño e implementación de interfaces accesibles para acercar las matemáticas a niños con síndrome de Down. *Current Developments in Technology-Assisted Education*. (2006). Pp1090-1095
- [6] Damm Muñoz, X. (2014). Representaciones y actitudes del profesorado frente a la integración de niños con NEE.
- [7] Díaz, M. F. L. (2014). Nuevas Fronteras en la evaluación cognitiva y del lenguaje: el uso de tecnología de punta para el rastreo ocular 3-10.
- [8] DR.Mandal, A. (2015). Historia Síndrome de Down. *News Medical*.
- [9] González, C. S. J. M. del C. (2015). Atención a la diversidad y TIC: ayudas, apoyos y adaptaciones.

- [10] Jacob, R. J., & Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Mind*, 2(3), 4.
- [11] Lazar, J., & Kumin, L. (2013). Investigating input technologies for children and young adults with Down syndrome. *Universal access in the information society*, 12(1), 89-104.
- [12] León, A., & Rodríguez Garrido, C. (2012). Valoración de signos de alarma en autismo entre los 9 y los 16 meses de edad. *Psicología Educativa*.
- [13] Pastor, C. A., Vila, R. R., & Bravo, C. B. retos de la educación especial en el mundo digital. Antonio Sánchez Palomino César Bernal Bravo José Juan Carrión Martínez Jesús m. Granados González, 114.
- [14] Pérez Chávez, D. A. (2014). Síndrome de Down. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 45, 2357.
- [15] Ramírez, E., Domínguez, A. B., & Clemente, M. (2007). Cómo valoran y usan las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) los profesores de alumnos con Necesidades Educativas Especiales (NEE). *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (9).
- [16] Romalho, Mod. M. J. A. P. (2012). Incidencia del uso de las TIC en las aulas de NEE.
- [17] Saunders, K. J. (1993). Reduced accommodation in children with Down syndrome. *Investigative ophthalmology & visual science*, 34(7), 2382-2387.
- [18] Solana, V. (2007). Eye-tracking en interacción persona-ordenador. *No solo usabilidad*, (6).
- [19] Solana, V., & Guerrero-Bote, V. (2010). Usabilidad de los tag-clouds: estudio mediante eye-tracking. *Scire: representación y organización del conocimiento*, 16(1), 15-33.