



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

DEPARTAMENTO DE LENGUAJES Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo de ejercicios para la  
evaluación y enriquecimiento de las  
funciones ejecutivas en niños pequeños

*Ángel Fernández Temiño*

*Málaga*

*2019*





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
INFORMÁTICA  
INGENIERÍA DE SOFTWARE

**DESARROLLO DE EJERCICIOS PARA LA  
EVALUACIÓN Y ENRIQUECIMIENTO DE LAS  
FUNCIONES EJECUTIVAS EN NIÑOS PEQUEÑOS**

**DEVELOPMENT OF EXERCISES FOR THE  
EVALUATION AND ENRICHMENT OF EXECUTIVE  
FUNCTIONS IN YOUNG CHILDREN**

Realizado por  
**ÁNGEL FERNÁNDEZ TEMIÑO**

Tutorizado por  
**BEATRIZ BARROS**

Departamento  
**(Nombre del Departamento)**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
MÁLAGA, JUNIO, 2019

Fecha defensa:

Fdo.: El Secretario del Tribunal

D/D<sup>a</sup>.: \_\_\_\_\_, con DNI  
\_\_\_\_\_, estudiante del Grado/Máster en \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, de la Universidad de Málaga.

DECLARO QUE:

El Trabajo Fin de Grado/Máster denominado: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría, inédito (no ha sido difundido por ningún medio, incluyendo internet) y original (no es copia ni adaptación de otra), no habiendo sido presentado anteriormente por mí ni por ningún otro autor o autora, ni en parte ni en su totalidad. Así mismo, se ha desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros, para lo cual se han indicado las citas necesarias en las páginas donde se usan, y sus fuentes originales se han incorporado en la bibliografía. Igualmente se han respetado los derechos de propiedad industrial o intelectual que pudiesen afectar a cualquier institución o empresa.

Para que así conste, firmo la presente declaración en Málaga, a \_\_\_\_ de  
\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Fdo.: D/D<sup>a</sup> \_\_\_\_\_



**Resumen:**

Las Funciones Ejecutivas (FE) son cruciales en diferentes aspectos del desarrollo de la persona como el trabajo, la educación, la salud y las relaciones sociales. En este trabajo se desarrolla una tarea llamada “trazo”, que consiste en realizar el trazo de una figura lo más lentamente posible, con la finalidad de mejorar la FE de la inhibición, además este TFG forma parte del proyecto *TechCat*. El resultado es la valoración de la tarea del alumno según los parámetros solicitados por los psicólogos.

Para obtener nuestro objetivo, se ha utilizado HTML, CSS y Javascript, con ayuda de la librería “Raphael” y su posterior integración en Siette. Nuestro programa incorpora dos interfaces: alumno y profesor.

El profesor tendrá acceso al configurador de la tarea del alumno, pudiendo elegir entre una serie de figuras y seleccionar las características de estas. También podrá modificar la función de evaluación de la tarea.

El alumno realizará el trazo de cada figura elegida por el profesor y una vez finalizado el test podrá visualizar su calificación. Todo este procedimiento se ha realizado utilizando tablets para integrar el uso de ellas en el aula educativa. Por otra parte, se han realizado las pruebas de campo con alumnos del colegio “La Reina” para probar su efectividad.

**Palabras claves:**

Funciones Ejecutivas, FE, educación, trazo, desarrollo, inhibición, TechCat, psicólogo, parámetros, HTML, CSS, Javascript, Raphael, Siette, interfaces, alumno, profesor, configurador, tarea, figura, test, calificación, evaluación, Tablet, integrar, aula educativa.

**Abstract:**

Executive Functions (EF) are crucial in different aspects of a person's development such as work, education, health and social relations. In this work is developed a task called "trazo", which is to make the stroke of a figure as slowly as possible, in order to improve the EF of inhibition, in addition this TFG is part of the TechCat project. The result is the assessment of the student's task according to the parameters requested by psychologists.

In order to obtain our objective, HTML, CSS and Javascript have been used, with the help of the "Raphael" library and its subsequent integration in Siette. Our program incorporates two interfaces: student and teacher.

The teacher will have access to the configurator of the student's task, being able to choose between a series of figures and to select the characteristics of these. He can also change the task evaluation function.

The student will draw each figure chosen by the teacher and once the test is finished he will be able to visualize his grade. All this procedure has been carried out using tablets to integrate the use of them in the educational classroom. On the other hand, field tests have been carried out with students from the "La Reina" school to test the program's effectiveness.

**Key words:**

Executive Functions, EF, education, stroke, development, inhibition, TechCat, psychologist, parameters, HTML, CSS, Javascript, Raphael, Siette, interfaces, student, teacher, configurator, task, figure, test, qualification, evaluation, Tablet, integrate, educational classroom.





<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1 La función ejecutiva .....	13
1.2 Objetivos del TFG .....	14
1.3 El proyecto TECHCAT.....	15
1.4 Plan de Trabajo .....	15
1.5 Organización de la Memoria.....	16
<b>2 CONTEXTO DEL TRABAJO.....</b>	<b>18</b>
2.1 ENRIQUECIMIENTO DE LA FUNCIÓN EJECUTIVA.....	18
2.1.1 Que es la función ejecutiva .....	18
2.1.2 Taxonomía de las funciones ejecutivas.....	19
2.1.3 Sistemas informáticos para el enriquecimiento de las funciones ejecutivas..	22
2.2 DESARROLLO DE SW PARA NIÑOS.....	26
2.3 DISPOSITIVOS.....	28
<b>3 TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>30</b>
3.1 Javascript .....	30
3.2 SIETTE.....	31
3.3 Html.....	32
3.4 CSS .....	33
<b>4 ANALISIS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>34</b>
4.1 TAREA DE INHIBICIÓN: Dibujar una figura.....	35
4.2 Diseño DE LA TAREA DIBUJAR UNA FIGURA .....	35
<b>5 SOLUCIONES TECNOLOGICAS PROPUESTAS.....</b>	<b>42</b>
5.1 Arquitectura general.....	42

5.2	Implementación de las tarea de DIBUJA UNA FIGURA .....	43
5.3	Integración de la tarea en SIETTE .....	48
5.4	Ejecución de la tarea en SIETTE .....	48
5.5	Escritura del log.....	49
<b>6</b>	<b>METODOLOGÍA DE DISEÑO .....</b>	<b>50</b>
6.1	DESCRIPCION DE LA METODOLOGÍA.....	50
6.2	CICLOS DE DESARROLLO .....	50
6.2.1	CICLO1. Implementación del círculo y funcionamiento local .....	51
6.2.2	CICLO 2. Incorporación de tamaños en las figuras, y nuevas formas y un menú de selección.....	52
6.2.3	CICLO3. Integración de la tarea en siete y la funcionabilidad en tablets.....	53
6.2.4	CICLO 4. Previsualizador y su integración en siete.....	54
6.2.5	CICLO5. Versión final y prueba con usuarios reales .....	54
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>58</b>

---

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 LA FUNCIÓN EJECUTIVA

Las funciones ejecutivas (FE) son actividades mentales complejas, necesarias para planificar, organizar, guiar, revisar, regularizar y evaluar el comportamiento necesario para adaptarse eficazmente al entorno y para alcanzar metas (Bauermeister, 2008). En los últimos años, se han venido desarrollando diferentes modelos teóricos para explicar el sistema ejecutivo: su estructura, su correlato neurofisiológico, los componentes psicológicos y las variables implicadas (Diamond, 2016). Las FE son cruciales en diferentes aspectos del desarrollo de la persona como el trabajo, la educación, la salud y las relaciones sociales.

En la última década se han desarrollado estudios que demuestran que el desarrollo de las FE, y en especial la inhibición, experimentan cambios notables entre los 3 y los 6 años (Acción psicológica, 2014). Los profesionales de la psicopedagogía que trabajan con estas edades tanto en escuelas como en hospitales y centros de atención temprana (psicólogos, pedagogos, neurólogos, profesores de Educación Infantil, de pedagogía terapéutica, logopedas o estimuladores de atención temprana, entre otros) reclaman instrumentos que permitan la evaluación y entrenamiento de las FE (La evaluación psicopedagógica a debate. Reflexiones y experiencias de profesionales de titulaciones educativas, 2018).

Dentro de dichas funciones encontramos la capacidad de anticipación, la fijación de metas y el inicio y mantenimiento de la acción, la toma de decisiones

y la inhibición de la conducta, la planificación en base a la memoria, la capacidad de modificar nuestras estrategias o la de elaborar conceptos e ideas abstractas.

Por todo lo expuesto, actualmente existe un gran interés por un lado en la identificación temprana del disfuncionamiento ejecutivo y por otro en programas de enriquecimiento de FE que permitan intervenir y minimizar el impacto en el desarrollo futuro de las pacientes.

## **1.2 OBJETIVOS DEL TFG**

El objetivo general de este trabajo fin de grado es definir un conjunto de tareas para la evaluación de la inhibición para ser integradas en una plataforma web de modo que en un futuro puedan realizarse experimentos en diversos entornos (escuelas, centros de logopedia, hospitales, etc.).

Este objetivo se divide en los siguientes subobjetivos:

- 1) Definir una o más tareas para el enriquecimiento de una o más funciones ejecutivas.
- 2) Estudiar la estructura software para una tarea de enriquecimiento de funciones ejecutivas: interfaz, funcionamiento, elementos a almacenar en el log de cada tarea, indicadores relacionados.
- 3) Implementación y prueba de una, así como del log de uso del sistema para posteriores estudios u análisis de datos.
- 4) Integración de la tarea en alguna plataforma o framework web tales como siette.
- 5) Prueba de la tarea y escritura del manual

### **1.3 EL PROYECTO TECHCAT**

El siguiente trabajo forma parte del Proyecto TECHCAT, este aúna los esfuerzos de un grupo multidisciplinar de investigadores para afrontar el reto de encontrar soluciones tecnológicas que ayuden a observar, diagnosticar y mejorar los procesos asociados al enriquecimiento cognitivo de EF en niños pequeños, integrando los últimos avances en Tecnologías de la Información, Neuropsicología y Educación.

TECHCAT pretende “contribuir al avance científico internacional sobre el enriquecimiento cognitivo de los sistemas ejecutivos hacia las funciones ejecutivas, en edades tempranas, aportando un conjunto de recursos tecnológicos, técnicas y sistemas de apoyo de gran interés para la comunidad científica y con un impacto directo en la sociedad” ([techcat.iaia.lcc.uma.es](http://techcat.iaia.lcc.uma.es)).

### **1.4 PLAN DE TRABAJO**

Este trabajo se plantea como una extensión de un software existente, de forma que no es un desarrollo aislado. En este proyecto, se trabaja con metodologías ágiles tipo SCRUM en el que cada alumno/investigador desarrolla y muestra/presenta su trabajo al equipo que va evaluando los progresos en el marco del framework en que se va a integrar el software desarrollado.

El Trabajo se realizará con las siguientes fases:

- 1) Estudio y definición de una tarea para el enriquecimiento de una o más funciones ejecutivas.
- 2) Estudiar la estructura software para una tarea de enriquecimiento de funciones ejecutivas.

- 3) Desarrollar la implementación de una tarea, así como del log de uso del sistema.
- 4) Integración de la tarea en alguna plataforma o framework web.
- 5) Realización de una serie de pruebas y la escritura del manual.

## 1.5 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

Este capítulo de la memoria muestra los principales objetivos del proyecto, la definición de la función ejecutiva, el plan de trabajo y el contexto de trabajo en el proyecto Techcat. Los restantes capítulos de la memoria serán descritos a continuación:

- Contexto de trabajo:

Este capítulo explica aspectos y términos importantes relacionados con el enriquecimiento de la función ejecutiva y el desarrollo de los niños. Con ello podemos ver algunos de los diferentes sistemas informáticos para el enriquecimiento de las funciones ejecutivas ya existentes. Dichos conceptos son importantes para entender la finalidad de este proyecto. Finalmente se describe la importancia que tiene el desarrollo de software en los niños y con ello algunos de los dispositivos que podemos enfocar a la hora del desarrollo del software.

- Tecnologías

En este capítulo describiremos todas las tecnologías utilizadas para el desarrollo de nuestra tarea.

- Análisis del problema

Este capítulo explica una tarea genérica la cual vamos a describir, especificando las instrucciones para el niño y cual es la entrada y la salida. Gracias a esta tarea podemos fundamentar la nuestra, la cual describiremos, realizaremos un ejemplo de funcionamiento y mostraremos el diseño de la interfaz del profesor y del alumno. Explicaremos la evaluación de la tarea y la descripción del log.

- Solución de las tecnologías propuestas:

En este capítulo explicaremos la arquitectura general del sistema, incluyendo la descripción de la implementación de la tarea y la funcionalidad de los elementos de ella. En este apartado también incluiremos la integración y la ejecución de la tarea en Siete y como se realiza la escritura del log.

- Metodología del diseño

Aquí se describe la metodología que se ha seguido y las distintas evaluaciones a las que se ha sometido el sistema. El proceso ha constituido de varios ciclos en los que se han reconocido nuevas necesidades y errores del sistema. Finalmente se muestra la versión final y la prueba con usuario reales.

- Conclusiones

En este capítulo realizamos un resumen de los objetivos alcanzados con el proyecto, así como las restricciones que dispone el sistema. Asimismo, se proponen varias opciones para el perfeccionamiento del mismo.

---

## 2 CONTEXTO DEL TRABAJO

### 2.1 ENRIQUECIMIENTO DE LA FUNCIÓN EJECUTIVA

#### 2.1.1 Que es la función ejecutiva

Las funciones ejecutivas son un conjunto de procesos que tienen que ver con la gestión de uno mismo y de sus recursos para lograr una meta. Es un término genérico para las habilidades basadas en la neurología que involucran el control mental y la autorregulación. (Joyce Cooper-Kahn and Laurie Dietzel)

Las funciones ejecutivas incluyen procesos cognitivos básicos como el control de la atención, la inhibición cognitiva, el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Las funciones ejecutivas de orden superior requieren el uso simultáneo de múltiples funciones ejecutivas básicas e incluyen la planificación y la inteligencia fluida (por ejemplo, el razonamiento y la resolución de problemas).

Las funciones ejecutivas se desarrollan y cambian gradualmente a lo largo de la vida de un individuo y por su puesto pueden mejorarse a lo largo de la vida de la persona. De igual manera, estos procesos cognitivos pueden verse afectados negativamente por una variedad de eventos que afectan a un individuo. Para medir las funciones ejecutivas se utilizan tanto las pruebas neuropsicológicas (por ejemplo, la prueba de Stroop) como las escalas de calificación (por ejemplo, el Inventario de clasificación de comportamiento de la función ejecutiva). Por lo general, se realizan como parte de una evaluación más exhaustiva para diagnosticar trastornos neurológicos y psiquiátricos.

## **2.1.2 Taxonomía de las funciones ejecutivas**

Algunas de las principales funciones ejecutivas y más importantes son las siguientes (<https://psicologiaymente.com/inteligencia/funciones-ejecutivas>, Oscar Castellero Mimenza):

### **1. Razonamiento**

Es la capacidad del ser humano de utilizar las distintas informaciones para resolver problemas, extraer conclusiones y aprender de manera consciente, estableciendo conexiones entre ellas, que puedan generar una idea lógica.

### **2. Planificación**

Esta función ejecutiva nos permite mediante la elección de objetivos y de medios, elaborar planes de actuación que nos llevarán a alcanzar una meta concreta.

También se puede definir como la capacidad de “pensar en el futuro”, que en cada individuo se presenta de manera diferente.

La planificación se anticipa a la toma de decisiones.

### **3. Fijación de metas**

Una meta es aquello que una persona puede lograr, por tanto, es una fuente básica de motivación. Esta habilidad implica el establecimiento de objetivos específicos, nos permite decidir cómo utilizar nuestras energías y dirigir nuestros actos para alcanzar una meta concreta.

#### **4. La toma de decisiones**

Es un proceso que nos permite evaluar y realizar una elección entre las diversas alternativas que se nos puedan presentar, por medio del razonamiento y la voluntad.

#### **5. Inicio y finalización de tareas**

Iniciar y finalizar una tarea implica una actividad cognitiva importante.

Una tarea debe de iniciarse en un momento concreto y debe de ser completada dentro de un periodo definido.

#### **6. Organización**

Es la capacidad que tienen las personas para unificar y estructurar la información de que disponen de manera eficaz para alcanzar ciertas metas y objetivos.

#### **7. Inhibición**

Es una de las funciones ejecutivas más relevantes. Se trata de una habilidad que nos permite regular respuestas o secuencias de conductas que anteriormente fueron automatizadas o aprendidas y, generar respuestas mediadas mediante la atención y el razonamiento. Que se seamos capaces de resistir impulsos concretos, finalizar una acción e impedir que informaciones inocuas interfieran en nuestra conducta, cambiándolas por respuestas más razonadas y más adaptadas a las distintas situaciones.

## **8. Monitorización**

Esta habilidad se refiere a la capacidad de mantener la atención sobre la tarea que se está llevando a cabo. Hace referencia a la supervisión necesaria para la ejecución del plan de acción establecido en la planificación de acciones, conductas o pensamientos dirigidos al logro de una meta y regular qué y cómo estamos lo que estamos haciendo.

## **9. Memoria de trabajo verbal y no verbal**

La memoria de trabajo es la capacidad de mantener en la mente los elementos que son relevantes para la tarea en curso a medida que ésta se va realizando.

Es la capacidad que tiene el sujeto para almacenar la información de manera que el sujeto pueda operar con ella más adelante.

La memoria no verbal se puede definir como la capacidad para codificar, almacenar y recuperar recuerdos acerca de caras, figuras e imágenes, melodías, sonidos y ruidos, olores, sabores y sensaciones.

La memoria de trabajo verbal es una función ejecutiva que hace posible al humano reflexionar, autodirigir la conducta, formularse preguntas y resolver problemas.

## **10. Anticipación**

Esta capacidad permite prever de antemano los resultados de una acción, hecho o circunstancia que estaba previsto que sucediera con posterioridad (antelación, anticipo) y/o sus consecuencias.

## 11. Flexibilidad

La capacidad de ser flexible nos permite cambiar nuestro modo de actuar o pensar ante posibles cambios ambientales o modificar acciones en curso.

En otras palabras, la flexibilidad cognitiva es la capacidad de darnos cuenta de que lo que estamos haciendo no funciona, o ha dejado de funcionar y, por tanto, debemos reajustar nuestra conducta, pensamiento y opiniones para adaptarnos al entorno y a las nuevas situaciones.

### 2.1.3 Sistemas informáticos para el enriquecimiento de las funciones ejecutivas

En esta sección vamos a analizar algunos ejemplos de estos sistemas informáticos (Do "Brain-Training" Programs Work? Psychological Science, Vol 17, Issue 3, pp. 103 – 186):

- **Nintendo.** ([www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

La Edad Cerebral de Nintendo fue el primer producto que incorporó el concepto de entrenamiento cerebral al mercado. Su lema, "Entrena tu cerebro en minutos al día", apela a la idea de que la mejora cognitiva requiere poco esfuerzo. En los aproximadamente 10 años transcurridos desde su lanzamiento, Brain Age y su secuela, Brain Age 2, han vendido un total de 34 millones de copias, lo que los convierte en el cuarto y quinto paquete de software más vendido para la consola portátil 3DS de Nintendo (Nintendo Corp., 2015).

La página web del reciente título de 3DS de Nintendo, Brain Age: El entrenamiento de concentración, describe su entrenamiento como "un nuevo método de entrenamiento.... basado en la ciencia reciente del

cerebro... una forma eficiente de entrenamiento que siempre lleva las capacidades de la memoria de trabajo al límite" ("Edad cerebral: Entrenamiento de concentración", 2012). La misma página incluye un recuadro que describe el resultado de una resonancia magnética estructural, con la afirmación de que después de 2 meses, "el entrenamiento de la memoria de trabajo había aumentado el volumen de la corteza cerebral (principalmente en la corteza prefrontal)". Junto a esta afirmación hay una imagen cerebral con manchas de color etiquetadas como "aumento del volumen de la corteza cerebral debido al entrenamiento", y a continuación se muestra la imagen "Se dice que el volumen de la corteza cerebral es involucrado en la inteligencia. Este juego contiene muchos tipos de 'entrenamiento diabólico' basado en las actividades utilizadas en ese experimento."

- **Lumos Labs.** ([www.lumosity.com/en/](http://www.lumosity.com/en/))

Tal vez el producto de entrenamiento cerebral más difundido y comercializado es Lumosity, de Lumos Labs. Uno de los primeros anuncios comerciales mostraba a un hombre que se encontró con un viejo amigo en la calle pero que no podía recordar su nombre, lo que implica que el entrenamiento de Lumosity mejorará la memoria diaria. Al igual que Nintendo, Lumos Labs enfatiza la supuesta base neurocientífica de sus productos, así como sus beneficios potenciales para la memoria y la atención. En su reciente queja contra Lumos Labs, la FTC observó al menos dos afirmaciones implícitas de mejora en los resultados de imágenes cerebrales en estudios de intervención no controlados (FTC, 2016b, pp. 9-10). Los anuncios de la empresa suelen basarse en la metáfora "el cerebro como músculo" y en las afirmaciones generales (por

ejemplo, "estimular la mente"; "mantener la mente activa"; "divertirse, equilibrarse"). entrenamiento") que el ejercicio mental a través de la luminancia mejorará función mental.

El sitio web de Lumosity explicó que los juegos del producto se basan en tareas bien establecidas en la psicología cognitiva. Afirmaba, por ejemplo, que "desde hace décadas, los investigadores han creó tareas que miden las capacidades cognitivas". La tarea de ir/no ir "ayuda a los psicólogos a evaluar control de impulsos", y la tarea de Thurstone Punched Holes "se desarrolla como una prueba cognitiva".

- **Posit Science.** ([www.brainhq.com](http://www.brainhq.com))

La Ciencia Positiva está clasificada por SharpBrains (2015) como operando en el espacio "consumidor" del mercado de la salud digital-cerebral. For example: La compañía de seguros United Services Automobile Association (USAA) ofrece el programa en línea de forma gratuita a sus miembros, un versión anterior de su sitio web de comercialización del programa por afirmando que "en tan sólo 10 minutos al día, el programa Drivesharp puede fortalecer la capacidad de su cerebro para Concéntrese en lo que ve mientras conduce y procese lo que ve. Este puede permitirle reaccionar más rápidamente ante imprevistos situaciones" ("Drivesharp Online Training", 2015). Philips Lifeline, un servicio de alerta médica, proporcionó un servicio de descuento para el producto BrainHQ de Posit Science a sus clientes porque "los ensayos médicos a gran escala muestran que resulta en Velocidad de procesamiento un 131% más rápida y un 50% menos de fallos por culpa, y] 10 años de mejora en el rendimiento de la memoria" ("Philips Brain Fitness Powered by BrainHQ", 2015). A diferencia de

Lumos Labs y Nintendo, Posit Science proporciona material científico detallado y citas extensas de la literatura científica. Sin embargo, su comercialización utiliza conceptos generales similares ("neurociencia", "neuroplasticidad"), recurre a las credenciales científicas de sus fundadores y afirma la eficacia de sus productos para mejorar el funcionamiento cotidiano.

- **Cogmed.** ([www.cogmed.com](http://www.cogmed.com))

Cogmed está clasificado por SharpBrains (2015) como operando en el espacio "profesional". Al igual que Posit Science, Cogmed generalmente no hace publicidad directa al usuario final. En cambio, su software de memoria de trabajo se distribuye a los usuarios a través de profesionales de la salud y escuelas, donde el personal es formado por Cogmed y supervisado por "entrenadores". La compañía (ahora propiedad de Pearson) proporciona en su sitio web un informe descargable que detalla sus "afirmaciones y pruebas", con citas de docenas de publicaciones. En general, describe el software como "una solución informática para los problemas de atención causados por la mala memoria de trabajo" ("Cogmed Solutions Help", 2015). Por lo tanto, considera que el producto está destinado a remediar los déficits, no a mejorar el funcionamiento ya normal. Sin embargo, en un párrafo con el título "¿De quién es Cogmed?" la empresa incluye en este grupo a cualquier persona que "no lo esté haciendo tan bien como podría", académica o profesionalmente, dada su inteligencia y sus esfuerzos" ("Frequently Asked Questions", 2015). Además, al igual que la de Nintendo y Lumos, Cogmed's marketing se refiere a "neurociencia", "neuroplasticidad". "principales neurocientíficos cognitivos" y "memoria de trabajo".

Por otra parte, el sitio web afirma que "el concepto de neuroplasticidad, la idea de que el cerebro puede reorganizarse y cambiar, es lo que permite a Cogmed cambiar eficazmente la forma en que el cerebro funciona para funcionar a su máxima capacidad" ("How Is Cogmed Different," 2015). Al igual que el de Posit Science, el sitio web de Cogmed proporciona material científico detallado y citas a la literatura científica, a la vez que hace afirmaciones sobre la eficacia de sus productos.

## **2.2 DESARROLLO DE SW PARA NIÑOS**

Dada la gran importancia de las computadoras y la tecnología de Internet en la vida de los niños debemos tener en cuenta para diseñar sitios web que sean apropiados y atractivos para los niños, los diseñadores deben entender las características que diferencian a los niños de los adultos y utilizar estrategias de diseño específicas que faciliten un diseño funcional y atractivo basado en las preferencias y necesidades de la audiencia objetivo.

De esta manera llegamos a desarrollar un sitio web de acuerdo a nuestros objetivos principales. Buscar la retroalimentación de los niños durante el proceso de diseño, Los niños son fundamentalmente diferentes a los adultos y pueden tener respuestas profundamente diferentes al contenido de los medios de comunicación. Según KimWimpsett, diseñador web y autor de una serie de artículos sobre diseño web para cNET. Los niños piensan y aprenden de manera diferente que los adultos, y los sitios web que les gustan también son diferentes. Los principios básicos de diseño Web siguen siendo válidos (por ejemplo, mantener las páginas rápidas y sencillas), pero los creadores Web

orientados a los niños se enfrentan a problemas únicos cuando diseñan sitios específicamente para un público joven. (Wimpsett, 1998).

Con un uso apropiado de la animación, las recompensas y los desafíos motivaremos el uso continuo de un sitio web y con ello, las ganas de mejorar de ellos mismos. También han dejado claro que no les gusta esperar mucho tiempo para que se carguen las páginas. Los niños tienen un período de atención más corto que los adultos y quieren una reacción inmediata cuando hacen clic en algo. (Fishler, 1998). Con esta página web pretendemos entretener a los niños mientras se les educa. Permitimos que los niños "dejen su marca" en la web para aumentar su propio interés y motivación para seguir jugando. Un investigador lo ha comparado con dejar una huella en la arena (Fishler, 1998). Los niños aprenden fácilmente como utilizarla y hacemos que las actividades sean totalmente interactivas. Un buen sitio para niños es aquel que está construido alrededor de un marco sólido de actividades significativas. (Harel, 2001).

Nos planteamos que las instrucciones necesarias estén bien escritas y sean fáciles de entender. Las instrucciones siempre se deben dar en forma de oraciones cortas y claras, esto es especialmente importante cuando los niños son los usuarios finales.

(Designing for Kids in the Digital Age: Summary of research and recommendations for designers, Jennifer Borse, Erica Robles, Nancy Schwartz)

## 2.3 DISPOSITIVOS.

La tecnología es una fuerza impulsora en la educación, que abre muchas puertas y prepara a los estudiantes para lo que está por venir (Kirsty Kelly, Coordinadora del Programa de la Escuela Internacional Canadiense en Singapur). Permite una mayor diferenciación, aprendizaje individualizado, integración en el mundo real y evaluaciones variadas.

Las escuelas de hoy están cambiando y la incorporación de los avances digitales en el aula era inevitable y necesaria. Para preparar a los estudiantes para su futuro, la educación debe utilizar las herramientas y técnicas más avanzadas disponibles. Entre ellas se encuentran:

(<https://www.globalcitizen.org/en/content/8-high-tech-gadgets-that-are-making-classrooms-sma/>)

- **Pizarras inteligentes**

Un paso más allá de los proyectores interactivos es la amplia gama de "pizarras inteligentes" que se utilizan en las aulas. Algunas pizarras inteligentes funcionan como una pizarra, lo que permite a una persona escribir en ellas con marcadores reales o digitales. Las pizarras inteligentes superan a sus simples antepasados grabando lo que está escrito o convirtiendo una línea de marcador digital en un elemento visual tangible.

Otras versiones, como la pizarra Promethean son efectivamente pantallas gigantes de computadora digitales táctiles. Estas pantallas son tan ilimitadas como la imaginación. Los estudiantes pueden manipular imágenes, guiar una exploración en línea o controlar una cámara en el círculo polar.

- **Mesas inteligentes**

El primo más robusto de la pizarra inteligente, las mesas smart están reorientando la información para todas las edades. Estas pantallas digitales toman la información de la pared y la colocan en las mesas. Los líderes del sector, como "SMART Table" de SMART Technologies, centran su innovación en hacer que la pantalla sea más resistente que la de sus primos montados en la pared y en soportar interacciones más simultáneas. Por ejemplo, la SMART Table 442i permite manejar 40 puntos de contacto únicos al mismo tiempo. Es perfecto para una habitación llena de estudiantes jóvenes.

- **Tablets.**

(<https://okdiario.com/tecnologia/ventajas-tablets-educacion-2630380>)

Como ya sabemos los centros educativos cada vez se están integrando más las nuevas tecnologías, este es el caso de las tablets y esto es debido a que estos dispositivos tecnológicos ofrecen una importante serie de ventajas, entre las que podíamos destacar las siguientes: cuentan con un peso y tamaño menor que los ordenadores, ofreciendo comodidad a la hora de trasportarlas y la autonomía de su batería permite al alumno usarla durante muchas horas sin necesidad de ser cargada, a esto le añadimos que son más fáciles de utilizar y no se requieren numerosos conocimientos. Es una manera más interactiva y divertida del aprendizaje con lo cual aumenta el interés del alumno.

---

## 3 TECNOLOGÍAS

### 3.1 JAVASCRIPT

Javascript (JS) es un lenguaje de scripting, utilizado principalmente en la Web. Se utiliza para mejorar las páginas HTML y se encuentra comúnmente incrustado en el código HTML. JavaScript es un lenguaje interpretado. Por lo tanto, no necesita ser compilado. JavaScript hace que las páginas web sean interactivas y dinámicas. Esto permite que las páginas reaccionen a los eventos, muestren efectos especiales, acepten texto variable, validen datos, creen cookies, detecten el navegador del usuario, etc.

Las páginas HTML están bien para mostrar contenido estático, por ejemplo, una simple imagen o texto. Sin embargo, la mayoría de las páginas hoy en día raramente son estáticas. Muchas de las páginas de hoy tienen menús, formularios, presentaciones de diapositivas e incluso imágenes que permiten la interacción del usuario. Javascript es el lenguaje empleado por los desarrolladores web para proporcionar dicha interacción. Dado que JavaScript trabaja con páginas HTML, un desarrollador necesita saber HTML para aprovechar todo el potencial de este lenguaje de scripts. Mientras que hay otros lenguajes que pueden ser usados para scripts en la Web, en la práctica es esencialmente todo Javascript.

Hay dos maneras de utilizar JavaScript en un archivo HTML. El primero consiste en incrustar todo el código JavaScript en el código HTML, mientras que el segundo método utiliza un archivo JavaScript separado que se llama desde un elemento Script, es decir, encerrado por etiquetas Script. Los archivos JavaScript se identifican por la extensión.js. Aunque JavaScript se utiliza

principalmente para interactuar con objetos HTML, también se puede hacer para interactuar con otros objetos no HTML como plugins del navegador, propiedades CSS (Cascading Style Sheets), la fecha actual o el propio navegador. Para escribir código JavaScript, todo lo que necesita es un editor de texto básico como Notepad en Windows, Gimp en Linux o BBEdit.

([javascript.info](http://javascript.info))

### **3.2 SIETTE**

La evaluación de los estudiantes es un tema muy importante en los entornos educativos. Siette es una herramienta basada en la web para ayudar a los maestros e instructores en el proceso de evaluación. Siendo sus bases teóricas son la Prueba Adaptativa por Computadora y la Teoría de Respuesta de Artículos. Con SIETTE, los profesores de todo el mundo pueden definir sus exámenes, y sus alumnos pueden realizarlos en línea. Las pruebas se generan de acuerdo con las especificaciones de los profesores y son adaptables, es decir, las preguntas se seleccionan de forma inteligente para ajustarse al nivel de conocimientos del alumno. De esta manera, obtenemos estimaciones más precisas de los conocimientos de los estudiantes con pruebas significativamente más cortas. Mediante el uso de la computadora, se pueden almacenar bases de datos de preguntas más grandes, se pueden realizar algoritmos de selección de manera eficiente y las preguntas pueden incluir contenido multimedia. El uso de applets de Java permite la inclusión de contenido ejecutable en preguntas y/o respuestas, para que el alumno pueda interactuar con el sistema a través de este applet. De esta manera, se añaden nuevas posibilidades a las Pruebas

Adaptativas por Ordenador, como el uso de preguntas tradicionales de opción múltiple junto con preguntas cuya respuesta es evaluada por el propio applet.

(SIETTE: Sistema Inteligente de Evaluación mediante Test para TeleEducación, Ricardo Conejo; Eduardo Guzmán)

### **3.3 HTML**

HTML es la abreviatura de Hypertext Markup Language. HTML se utiliza para crear documentos electrónicos (llamados páginas) que se muestran en la World Wide Web. Cada página contiene una serie de conexiones a otras páginas llamadas hipervínculos. Cada página web que usted ve en Internet está escrita usando una versión de código HTML u otra. En nuestro caso es el archivo fuente donde vamos a realizar nuestro sistema.

El código HTML asegura el formato adecuado del texto y las imágenes para que su navegador de Internet pueda mostrarlas tal y como deben verse. Sin HTML, un navegador no sabría cómo mostrar texto como elementos o cargar imágenes u otros elementos. HTML también proporciona una estructura básica de la página, sobre la que se superponen las hojas de estilo en cascada para cambiar su apariencia. Uno podría pensar en HTML como los huesos (estructura) de una página web, y CSS como su piel (apariencia).

(<https://www.computerhope.com/jargon/h/html.htm>)

### 3.4 CSS

CSS significa Cascading Style Sheets con énfasis en "Estilo". Mientras que el HTML se utiliza para estructurar un documento web (definiendo cosas como titulares y párrafos, y permitiéndole incrustar imágenes, vídeo y otros medios), el CSS viene a través de él y especifica los diseños, colores y fuentes de las páginas de estilo de su documento, todos ellos determinados con el CSS. Piensa en HTML como la base (cada casa tiene una), y CSS como las opciones estéticas (hay una gran diferencia entre una mansión victoriana y una casa de mediados de siglo moderno).

(<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>)

---

## 4 ANALISIS DEL PROBLEMA

Una Función Ejecutiva es “Retraso en la gratificación”. Hace referencia a la capacidad del ser humano de inhibir su conducta y sus apetencias actuales con la esperanza de obtener una ventaja o beneficio mayor o más apetecible en un futuro. Se trata de un elemento claramente vinculado a la motivación y al establecimiento de meta y es esencial para la autorregulación o el autocontrol. (Oscar Castellero Mimenza)

Para explicar la siguiente tarea utilizaremos esta situación es la que usó para observar la capacidad de demora de la gratificación en niños. “Imaginemos que somos niños y nos ponen delante una golosina o una chuchería, nos dicen lo buena que está y que nos la podemos comer si así queremos. Sin embargo, la persona que nos la ofrece nos dice que tiene que salir un momento, y que si cuando vuelva no nos la hemos comido nos dará otra más además de la que ya está presente. Al salir la persona de la habitación, seguimos teniendo delante la golosina en cuestión. ¿Qué hacemos? ¿comerla ahora o esperar y tener una mayor recompensa más tarde?” (Walter Mischel)

Dentro de este grupo de tareas que enriquecen la inhibición, está la tarea de “pintar una figura” objeto de este TFG.

## **4.1 TAREA DE INHIBICIÓN: DIBUJAR UNA FIGURA**

Desde el punto de vista de dibujar una figura lo podemos explicar fácilmente, esta tarea consiste en realizar el trazo de un dibujo sobre una plantilla con el objetivo de completarlo lo más lentamente posible.

Desde el lugar del alumno, como entrada encontramos una serie de figuras que van apareciendo una detrás de otra, pudiéndose completarse o simplemente pulsando en el botón de siguiente pregunta. Encima de cada figura podemos encontrar una instrucción que te dice donde empezar y terminar el trazo y la manera de cómo hacerlo. Una vez realizada todas figuras encontramos como salida de la tarea una serie de parámetros, como son: el tiempo tardado, el porcentaje del dibujo realizado y el numero de veces que se ha roto el trazo, mostrando al alumno su calificación. La calificación tiene una valoración de 1 a 5 estrellas en función de los parámetros de evaluación.

## **4.2 DISEÑO DE LA TAREA DIBUJAR UNA FIGURA**

Nuestra tarea consiste en trazar una figura lo mas lentamente posible desde un punto indicado hasta un final. Estas figuras pueden ser desde una ralla hasta una estrella, con las opciones de modificar tanto el tamaño o el grosor del contorno de la figura para así aumentar la dificultad a la hora de realizar el trazo.

Es muy sencillo explicar el funcionamiento de esta tarea, el profesor estará encargado de elegir previamente a través de una interfaz donde podrá optar entre diferentes características (figura, grosor, tamaño y color). Una vez seleccionado cada una de las diferentes opciones, aparecerá la figura

previsualizada según los parámetros elegidos en la pantalla del alumno. El alumno podrá comenzar la prueba pulsando sobre “Comenzar test” y aparecerá la figura sobre la cual tiene que realizar el trazo lo más lentamente posible. En la parte inferior de la pantalla podremos encontrar el botón de siguiente y de esta manera poder optar al siguiente paso. Cada vez que complete una tarea se producirá un evento acústico de finalización como es “TaDa”. Al realizar todas las pruebas, aparecerá un pop-up con el nombre del alumno y su puntuación en base de estrellas.

Vamos a enseñar la interfaz que dispone el profesor para la tarea:

En esta imagen podemos ver como modificar el enunciado superior de cada figura que aparece en la pantalla del alumno antes de realizar el ejercicio.

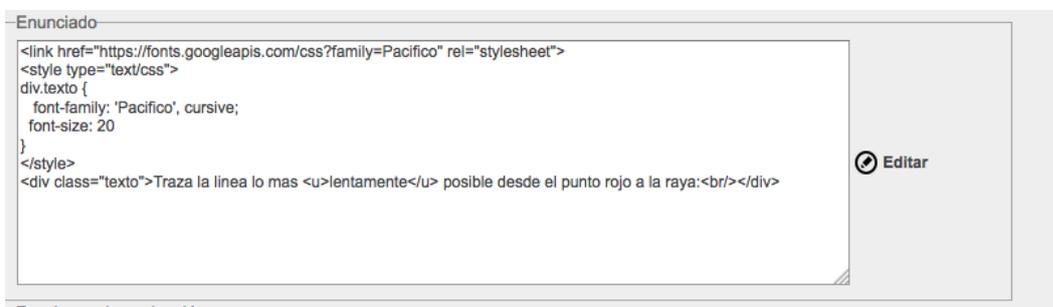


Figura 1. Editar enunciado profesor

Aquí podemos observar la función de evaluación, donde indicamos como se evalúa la tarea realizada por el niño. Para llevar acabo la evaluación utilizamos los atributos de precisión (porcentaje de la figura realizada), tiempo (tiempo tardado en realizar el trazo) y el numero de veces que se ha roto el trazo para conseguir el resultado total.



Figura 2. Función de evaluación

Para poder realizar toda la selección de atributos necesitamos un menú para escoger la figura, añadir el tipo de trazo y sus características.

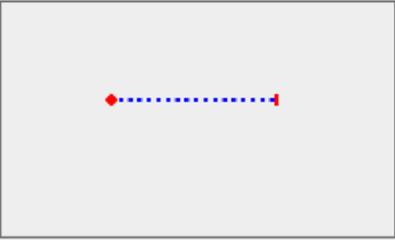


Figura 3. Menu figuras

Siendo la ventana completa, con menos precisión, la siguiente:

Previsualizar Información **Contenido** Presentación Selección Evaluación Avanzado Ramificación

Imágenes



Enunciado

```
<link href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Pacifico" rel="stylesheet">
<style type="text/css">
div.texto {
font-family: 'Pacifico', cursive;
font-size: 20
}
</style>
<div class="texto">Traza la línea lo mas <u>lentamente</u> posible desde el punto rojo a la raya:<br></div>
```

Editar

Funciones de evaluación

<pre>precision = answer[0]; trazo = answer[1]; tiempo = answer[2]; if (precision &gt; 90 &amp;&amp; trazo &lt; 4 &amp;&amp; tiempo &gt; 10) {</pre>	<input checked="" type="checkbox"/> Editar <input checked="" type="checkbox"/> Modificar <input type="checkbox"/> Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Es correcto.
<pre>precision = answer[0]; trazo = answer[1]; tiempo = answer[2]; if (precision &gt; 50 &amp;&amp; trazo &lt; 8 &amp;&amp; tiempo &gt; 5) {</pre>	<input checked="" type="checkbox"/> Editar <input checked="" type="checkbox"/> Modificar <input type="checkbox"/> Eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Es correcto.
<pre>precision = answer[0]; trazo = answer[1]; tiempo = answer[2]; if (precision &gt; 0) {</pre>	<input checked="" type="checkbox"/> Editar <input checked="" type="checkbox"/> Modificar <input type="checkbox"/> Eliminar <input type="checkbox"/> Es correcto.

Añadir Patrones

Tipo de patrón: Funciones de evaluación

Velocidad de realización: Lento

Figura: Línea

Trazo: Trazo mediano

Tamaño: Mediana

Color: Azul

Escala (1-100%): 50

Ayuda

Añadir Ayuda

Guardar cambios Eliminar Duplicar pregunta Ayuda

Figura 4. Editor del profesor

En esta sección vamos a mostrar la interfaz del alumno:

Primero debemos comenzar el test.

A continuación va a realizar el siguiente test:

Trazos	
Trazos	
Temas seleccionados	Trazos
Criterio de evaluación	Porcentual
Tiempo total	No
Número mínimo de preguntas:	1
Número máximo de preguntas:	10
Núm. preguntas por página	1
Permitir marcha atrás	No
Mostrar soluciones...	No
Ayuda	No

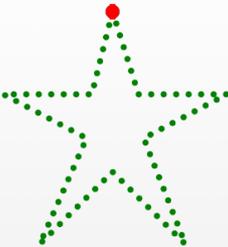
Comenzar test

Figura 5. Comenzar test

Una vez iniciada la prueba nos encontramos con una serie de preguntas (figuras) que debemos completar con el trazo y pasar a la siguiente figura hasta finalizar el test completo.

Pregunta número 1:

Dibuja la estrella lo mas rápidamente posible empezando y terminando por el punto rojo, sin interrumpir el trazo



Siguiente pregunta

Figura 6. Alumno-Estrella



Siguiente pregunta

Figura 7. Alumno Círculo

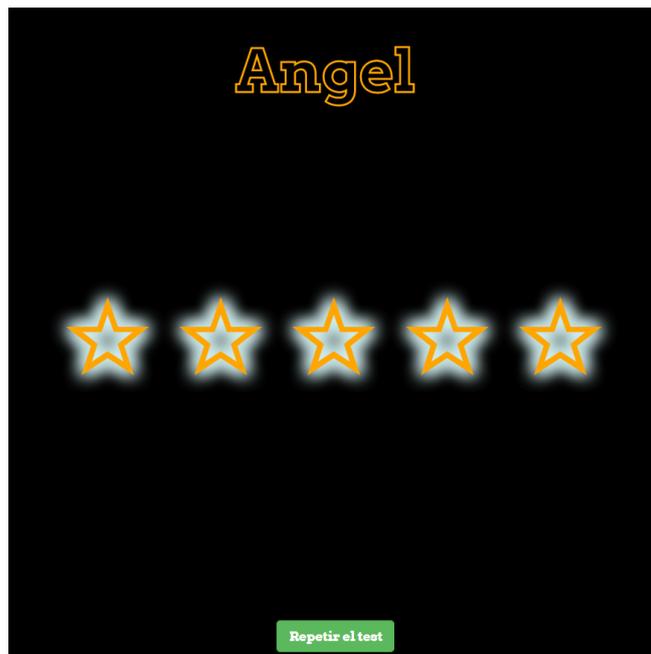


Figura 8. Finalización del test

### **Evaluación de la tarea**

La tarea será evaluada según los datos especificados por los psicólogos, entre estos datos se encuentran, el porcentaje de la figura recorrida, el número de veces que se ha roto el trazo y el tiempo tardado en realizar el trazo.

## Descripción del log

Todo el proceso del niño esta guardado en un log, el cual lo podemos dividir en 3 partes:

1. El inicio costa de una descripción de la sesión en la que se encuentran una serie de datos como son: el nombre del alumno, la hora y el día en el que se ha realizado, el nombre de la tarea, descripción de la figura seleccionada por el profesor y con ello todos los parámetros elegidos. Después de todo esto podemos ver la descripción de cada una de las posibles acciones y como se van a identificar dentro del código, es decir, dentro de la figura => 1, fuera de la figura => 2, trazo correcto sobre la línea de la figura => 3, romper el trazo => 4, finalizar el juego sin terminar => 5, finalizar el juego => 6 y pulsar fuera de la zona de dibujo => 7.
2. En la siguiente parte del log podemos encontrar todas las acciones realizadas por el alumno con cada uno de los códigos explicados anteriormente, las coordenadas x e y donde se ha pulsado dentro del canvas y el tiempo en el que se ha realizado la acción.
3. Para finalizar, encontraremos los datos necesarios para la evaluación (porcentaje del dibujo realizado, número de veces que se ha roto el trazo y el tiempo tardado en realizarlo).

---

## 5 SOLUCIONES TECNOLOGICAS PROPUESTAS

### 5.1 ARQUITECTURA GENERAL

Este trabajo fin de grado esta enfoca a la realización de un programa capaz de realizar una evaluación y un enriquecimiento de las funciones ejecutivas en niños pequeños. Haciendo posible una Tablet como un elemento más en el aula educativa, como es el papel y el lápiz. Integrando este sistema en una plataforma web para mayor facilidad en la actualización en futuras mejoras. Nuestro sistema está enfocado desde dos ángulos diferentes:

- Profesor:

En este caso, desarrollamos un menú en el cual podemos seleccionar cada uno de los parámetros con los que va a aparecer la figura posteriormente, al lado de este menú encontramos un previsualizador, un pequeño rectángulo simulando la pantalla del Tablet, de esta manera podemos ver cómo sería el acabado final de cada una de nuestras opciones. El profesor realiza una selección de figuras para que el alumno las realice.

- Alumno:

Desde el enfoque del alumno podemos encontrar una interfaz muy sencilla, con una pequeña explicación previa a la realización del dibujo, la podemos encontrar en la parte superior de este que permita captar la atención del alumno. Una vez realizado el trazo del dibujo completo, el alumno continuará a la siguiente tarea y si no es completada podrá saltar al siguiente ejercicio pulsando el botón “siguiente pregunta”.

## 5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS TAREAS DE DIBUJAR UNA FIGURA

Para la realización de esta tarea vamos a desarrollarla en una página HTML desarrollando todas las operaciones utilizando el javascript de ella, siendo el elemento principal, canvas. En esta página html vamos a integrar el uso de una librería, "Raphael", para obtener las coordenadas x e y en las cuales están dibujadas las figuras en la pantalla y un audio "taDa" para premiar la finalización de la tarea del alumno.

Partimos de un pequeño esqueleto, el cual permitía dibujar en un html canvas utilizando el ratón, de esta manera, utilicé el esqueleto para ver como recogía los eventos del canvas y las coordenadas x e y del ratón. (<https://stackoverflow.com/questions/2368784/draw-on-html5-canvas-using-a-mouse>)

```
<html>
<script type="text/javascript">
var canvas, ctx, flag = false,
    prevX = 0,
    currX = 0,
    prevY = 0,
    currY = 0,
    dot_flag = false;

var x = "black",
    y = 2;

function init() {
    canvas = document.getElementById('can');
    ctx = canvas.getContext("2d");
    w = canvas.width;
    h = canvas.height;

    canvas.addEventListener("mousemove", function (e) {
        findxy('move', e)
    }, false);
    canvas.addEventListener("mousedown", function (e) {
        findxy('down', e)
    }, false);
    canvas.addEventListener("mouseup", function (e) {
        findxy('up', e)
    }, false);
    canvas.addEventListener("mouseout", function (e) {
        findxy('out', e)
    }, false);
}
```

Figura 9. Elementos Utilizados 1.

```

function findxy(res, e) {
  if (res == 'down') {
    prevX = currX;
    prevY = currY;
    currX = e.clientX - canvas.offsetLeft;
    currY = e.clientY - canvas.offsetTop;

    flag = true;
    dot_flag = true;
    if (dot_flag) {
      ctx.beginPath();
      ctx.fillStyle = x;
      ctx.fillRect(currX, currY, 2, 2);
      ctx.closePath();
      dot_flag = false;
    }
  }
  if (res == 'up' || res == "out") {
    flag = false;
  }
  if (res == 'move') {
    if (flag) {
      prevX = currX;
      prevY = currY;
      currX = e.clientX - canvas.offsetLeft;
      currY = e.clientY - canvas.offsetTop;
      draw();
    }
  }
}
}

```

Figura 10. Elementos Utilizados 2.

Podemos ver claras diferencias en el código presentado, donde por ejemplo la forma de recoger las coordenadas actuales ha sido modificada. También he incluido que las coordenadas dibujadas las guardamos en un array para su posterior evaluación y la impresión de cada una de las acciones realizadas por el usuario en el log. Entorno a la recogida de las coordenadas del ratón y sus eventos, añadimos la funcionalidad de recoger los eventos táctiles.

Ahora vamos a explicar cada uno de los elementos de nuestra página:

- Variables:
  - canvas: recoge el elemento del html.
  - ctx: contexto del canvas.
  - flag/dot\_flag: es el boolean que autoriza pintar sobre el canvas en cada momento.

- `prevX/prevY/currX/currY`: guardan las coordenadas de cada momento y las anteriores del puntero.
- `arrayCoordenadas`: guardamos las coordenadas de cada punto del canvas en el que se ha dibujado.
- `svgPath`: en nuestro código podemos encontrar diferentes path en svg para dibujar cada una de las figuras en diferentes tamaños en un canvas hipotético.
- `pointsOriginal`: es un array de coordenadas `x,y` en las cuales esta dibujado el `svgPath` en un canvas hipotético.
- `points`: es un array con todas coordenadas `x,y` del array `pointsOriginal` transformadas al tamaño adecuado de la página web.
- `copiaPoints`: es la copia del array `points` que utilizaremos para ir eliminando cada uno de los puntos una vez realizado correctamente el trazo sobre ellos.
- `dibujo`: es el `path2D` creado a través del `svgPath` el cual dibujamos en el canvas.
- `pointsCer`: es un array con cada uno de los puntos mas cercanos a la coordenada dibujada por el usuario, lo utilizaremos para ver qué tipo de acción ha realizado el usuario y mostrarlo en el log.
- `pointsCercanos`: igual que el anterior es un array de los puntos mas cercanos a la coordenada dibujada, que se utilizara para el recuento final del porcentaje trazado del dibujo por el usuario.
- `porcentajeTotal`: porcentaje total del dibujo realizado por el usuario.

- `aciertosTotales`: variable que aumentará con cada acierto en el trazo del dibujo del niño.
- `inicialX/inicialY/finalX/finalY`: coordenadas en las cuales se van a dibujar un círculo rojo y pequeño para el inicio del trazo y un rectángulo vertical para finalizar el trazo, si es una figura solamente dispondremos del círculo.
- `totalTime`: tiempo total en segundos tardado en realizar el dibujo.
- `firstTime`: tiempo inicial en el que usuario empieza a realizar el trazo en milisegundos.
- `lastTime`: tiempo final en el que usuario ha finalizado el trazo en milisegundos.
- `contTrazoRoto`: número de veces que se ha roto el trazo.
- `action`: la acción que haya realizado el usuario para guardarla en el log.
- `Windowheight/ windowwidth/ windowheightOld/ windowwidthOld`: son el tamaño de la pantalla, estos atributos los utilizaremos para conseguir un porcentaje de modificación y adaptar al canvas al tamaño de la web determinada.
- `modificacionW/ modificacionH`: Los porcentajes que han sido modificados según al caso hipotético o al anterior para volver a dibujar el canvas y el dibujo adaptados al nuevo tamaño.
- `canvasWOld/ canvasHOld` : lo utilizamos para guardar el tamaño del canvas anterior y poder realizar la conversión al nuevo.

- Funciones:
  - `init()`: iniciará el sistema estableciendo así los primeros valores y escribiendo en el log los valores de los parámetros que han sido seleccionados por el profesor y escribiendo en el log las diferentes acciones posibles por el usuario. También añadimos al canvas los listeners para poder dibujar en él, tanto con el ratón como la posibilidad de usar el táctil.
  - `redimensionar()`: redimensiona y adapta nuestro sistema según el tamaño de nuestra pantalla o si modificamos el tamaño de la página web.
  - `redraw()`: vuelve a dibujar el canvas y la figura en tamaños adecuados cuando se ejecute el `redimensionar()`. Además, guardamos los puntos correctos de la figura en la variable `points`.
  - `draw()`: se encargará de dibujar entre las dos coordenadas globales (`prevX, prevY`) hasta (`currX, currY`).
  - `findxy(string movimiento, MouseEvent)`: analizamos el evento que ha realizado el usuario y escribimos en el log la acción que se ha realizado.
  - `dentro(a,b)`: función booleana que comprueba dentro de un rango de valores, según el grosor de la línea de nuestro dibujo, si se encuentra en el o no.
  - `deleteElement(lista, elemento)`: elimina el elemento dentro de una lista de elementos.
  - `getDistance(punto, punto)`: calcula la distancia entre dos puntos.
  - `minimoArray(array, punto)`: calcula el punto más cercano dentro de un array a un punto dado.

- `mostrarCoordenadas()`: es la acción final una vez que se ha llegado al punto final indicado. Esta función se encarga de calcular el total de porcentaje del dibujo completado por el alumno y de escribir en el log los últimos datos necesarios.

### **5.3 INTEGRACIÓN DE LA TAREA EN SIETTE**

El código implementado se ha integrado en *siette*, tarea que ha realizado otro programador. La tarea realizada en este TFG al respecto ha sido implementar los métodos con los argumentos y estructura según han pedido los desarrolladores de *siette*, tanto para el juego como para el programa que configura éste para diferentes sesiones de trabajo. Así mismo, en el juego desarrollado se ha implementado el proceso de generación de *logs*, que en nuestro caso escribía en la consola y cuando se integró en *siette*, pasó a escribirse en otro servidor utilizando el código desarrollado en (Mayo, 2019).

Esta integración ha permitido gestionar la entrada de los usuarios en el juego, generar la salida gamificada (con estrellas que indican el nivel alcanzado) y, como ya se ha comentado, generar un log detallado del proceso de enriquecimiento de los niños para posteriores estudios en el proyecto TECHCAT.

### **5.4 EJECUCIÓN DE LA TAREA EN SIETTE**

La ejecución de la tarea en *siette* es muy fácil e intuitiva para cada uno de los alumnos y profesores. De cara al alumno, simplemente tienen que acceder a la página web entrar en ella con nuestro usuario y contraseña, buscar la

asignatura TechCat y pulsar sobre ella. Una vez dentro nos encontraremos con una serie de pruebas en el cual seleccionaremos la tarea "trazos" y nos redirigiremos a la página para poder comenzar el test. Simplemente pulsando en comenzar test y ya iniciaríamos la tarea. De cara al profesor sería exactamente lo mismo, pero como mostramos anteriormente la interfaz del profesor es diferente a la del alumno.

## 5.5 ESCRITURA DEL LOG

Para tener un registro de la actividad que ha realizado nuestro usuario realizamos la escritura de un archivo log, el cual estará organizado de la siguiente manera:

- Primero: definimos el archivo xml, con su encoding, abrimos la sesión escribiendo el nombre del usuario, la fecha y el ejercicio. Guardamos cual es el ejercicio a realizar, y mostramos todas las coordenadas x e y, las cuales forman el dibujo. Acto seguido definimos todas las acciones posibles que el usuario puede realizar con un código asignado a ellas.
- Segundo: aquí realizamos el registro de los movimientos del usuario asignándole el código de la acción y las coordenadas donde ha pulsado.
- Ultimo: terminamos la sesión y mostramos el porcentaje total, el numero de veces que se ha roto el trazo y el tiempo tardado en realizar el trazo.

---

## **6 METODOLOGÍA DE DISEÑO**

En este apartado mostramos la metodología que se ha seguido y las distintas evaluaciones a las que se ha sometido el sistema. El proceso ha constituido de varios ciclos en los que se han reconocido nuevas necesidades y errores del sistema. Finalmente se muestra la versión final y la prueba con usuario reales.

### **6.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

Para desarrollar este TFG se ha utilizado una metodología ágil llamada Scrum, de esta forma trabajábamos a partir de iteraciones o Sprints. Nuestra planificación se ha diseñado por semanas, y después de cada fecha de entrega se iba revisando el trabajo validado de la semana anterior. En función de esto, se planifican las actividades que invertiremos en nuestros recursos en el siguiente Spring. Como no se sabía de un principio como se iba a valorar la tarea realizada por el alumno, a la espera de los parámetros necesarios por los psicólogos, se iban afrontando las diferentes exigencias propuestas, de ahí que se revisara cada entregable. Podemos destacar que el desarrollo de este proyecto a sido de manera incremental.

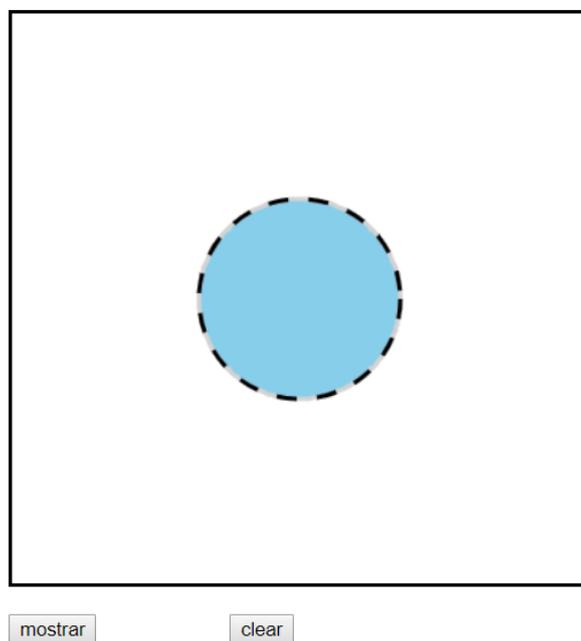
### **6.2 CICLOS DE DESARROLLO**

Durante el desarrollo de nuestro TFG podemos encontrar 5 ciclos los cuales describiremos a continuación:

### 6.2.1 CICLO1. Implementación del círculo y funcionamiento local

En el primer ciclo de la implementación nos encontramos con la capacidad de poder dibujar sobre el canvas. Con dos funcionalidades, un botón para mostrar cuanto porcentaje del dibujo has completado y otro botón para limpiar el canvas.

Lo más problemático que me he encontrado al realizar esta implementación ha sido como obtener todas las coordenadas del dibujo plantilla realizado sobre el canvas, para la posterior corrección del trazo posterior. Tras mucha búsqueda por la web, tuve que utilizar una librería que solo funcionaba con el string path del SVG, lo cual para dibujarlo sobre el canvas tenía que convertirlo a un path2D y obtener las coordenadas correctas sobre este a la hora de dibujarlo.



*Figura 11. Círculo inicial.*

En el siguiente ciclo nos disponemos a añadir nuevas figuras y crear un menú para seleccionar los diferentes tamaños, colores y dificultades de cada figura.

## 6.2.2 CICLO 2. Incorporación de tamaños en las figuras, y nuevas formas y un menú de selección.

En este segundo ciclo incluiremos las diferentes figuras y sus parámetros configurables, además de un menú en otro HTML en el cual elegiremos los diferentes parámetros y los pasaremos a nuestra pagina principal utilizando el objeto storage de la sesión actual. Lo más problemático de este ciclo fue como dibujar cada una de las figuras y situarla en un espacio concreto deseado del canvas.



**Mejora tus habilidades cognitivas**

Selecciona una figura:

Raya  Curva  Circulo  Triangulo  Rectangulo  Estrella

Selecciona nivel de dificultad

Principiante  Intermedio  Avanzado

Selecciona el tamaño de la figura

Pequeña  Mediana  Grande

Selecciona el color

Negro  Azul  Rosa  Verde

Figura 12. Primer Menu

En el próximo ciclo nos disponemos a adaptar todos los elementos para la posterior integración en la plataforma siete y la funcionalidad en tablets.

### 6.2.3 CICLO3. Integración de la tarea en siete y la funcionalidad en tablets.

En este ciclo adaptamos el menú para la integración y además modificamos la salida de la forma necesaria para la evaluación del alumno. También adaptamos nuestro programa principal siendo funcional en tablets.

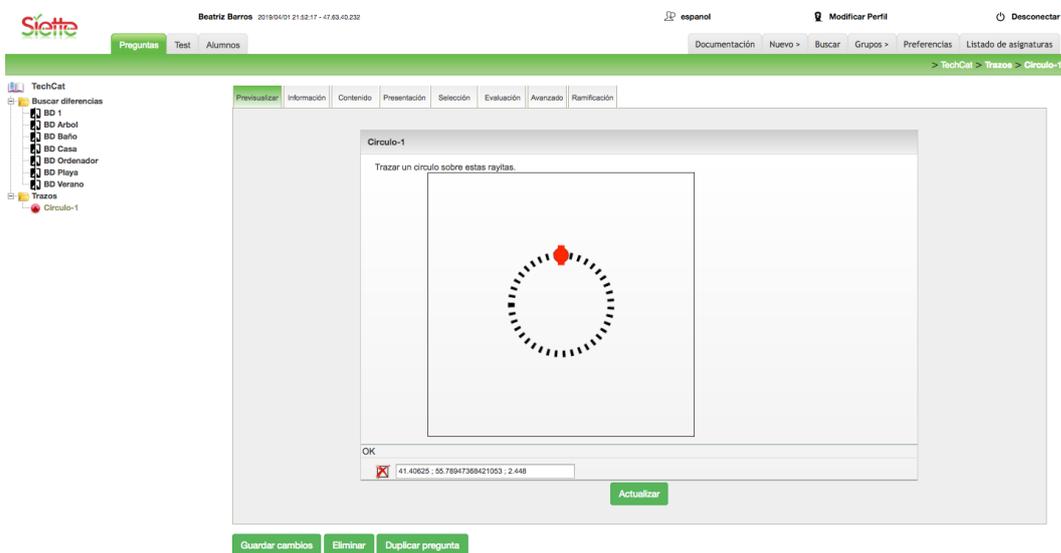


Figura 13. Primera versión integrada en siete.

Para el siguiente ciclo, los psicólogos nos aconsejaron que lo más adecuado era la realización de la plantilla de la figura mediante puntos no mediante rallas. Realizamos un previsualizador en el menú para ver cómo quedaría según las opciones seleccionadas.

#### **6.2.4 CICLO 4. Previsualizador y su integración en siete**

En este paso desarrollamos un previsualizador para el menú, para que el profesor pudiera comprobar como quedaría la tarea, con la finalidad de ahorrar tiempo a la hora de preparar la actividad. Modificamos como se realiza la plantilla de la figura, es decir, ahora la guía son puntos no rallas.

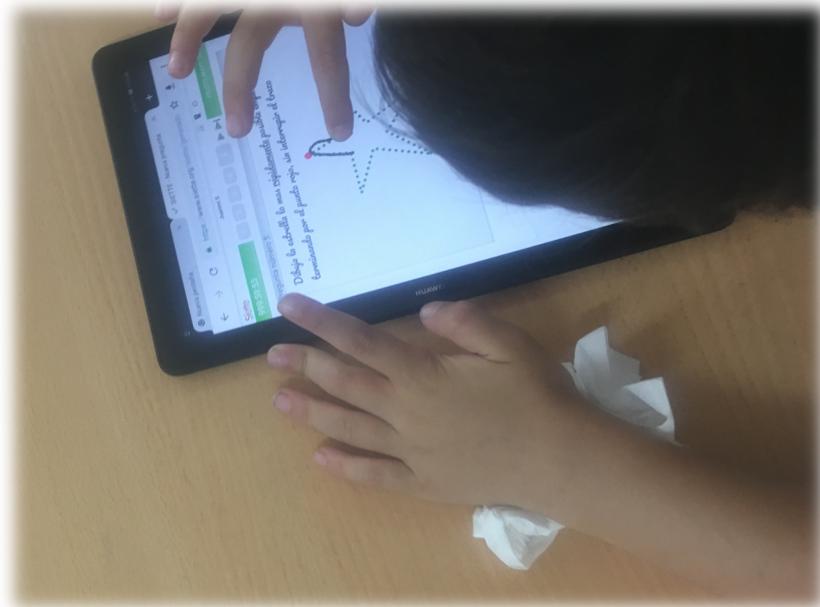
Para el ciclo posterior queremos afrontar la adaptabilidad del sistema a todo tipo de pantallas, limpieza del código y las pruebas con los usuarios finales.

#### **6.2.5 CICLO5. Versión final y prueba con usuarios reales**

Ultimo ciclo de nuestra implementación, por fin logramos abordar el problema de la adaptabilidad, de este modo hacer que fuera funcionable en todo tipo de dispositivos y su posterior integración en siete.

La complejidad en este caso se la llevo la adaptabilidad del sistema. Estuve probando y comprobando las diferentes posibilidades desde la rectificación del css, como los diferentes atributos según unos porcentajes predeterminados para cada pantalla. Hasta llegar a la conclusión que la manera más efectiva, era la realización de un canvas hipotético con todas las opciones de la figura configurables sobre un tamaño de pantalla predeterminado, en el cual cuando cargamos nuestro sistema, lo que hacemos es hacer una regla de tres para ver el porcentaje que ha sido modificado y adaptar ese caso hipotético al cual nos estamos enfrentando en cada momento.

Después de hablar con un colegio y que aceptase formar parte de nuestro proyecto, aquí podemos encontrar una serie de pruebas realizadas con usuarios reales.



*Figura 14. Usuario real 1*



*Figura 15. Usuario real 2*

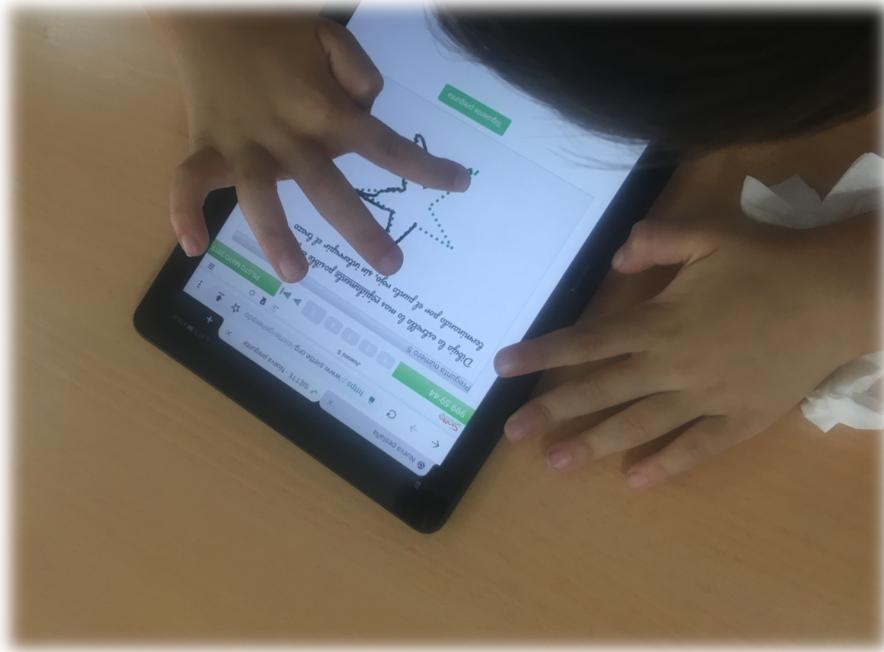


Figura 16. Usuario real 3

---

## 7 CONCLUSIONES

En este trabajo fin de grado se ha definido una tarea para la evaluación de la inhibición consistente en un juego sencillo para dibujar figuras, que incorpore mecanismos de seguimiento del proceso de resolución y genere datos para evaluar los resultados desde el punto de vista educativo. Para conseguir este objetivo, se han realizado las siguientes tareas:

- 1) Estudiar la estructura software para la tarea desarrollada como el estudio de cómo funciona un canvas en javascript y su interacción con los usuarios, mecanismos de escritura de ficheros primero en la consola y posteriormente en disco y generación de indicadores para evaluar los resultados.
- 2) Se ha implementado un juego sencillo que dibuja figuras y controla la velocidad de resolución, con datos que son de interés para los psicólogos y educadores interesados en la función ejecutiva.
- 3) Se han seguido los pasos requeridos por los desarrolladores de siete para poder integrar el juego desarrollado en esa plataforma.
- 4) Se ha probado y evaluado el juego con usuarios reales.

Como futuros trabajos, se plantea el desarrollo de otras tareas para entrenar y evaluar la inhibición, por ejemplo, chapas (los usuarios tendrán que ordenar de menor a mayor las chapas en movimiento). Otro posible futuro trabajo sería incorporar mecanismos que permitan visualizar los logs generados en formato gráfico.

---

## 8 REFERENCIAS

- *Techcat* (consulta 2019) <http://info.iaia.lcc.uma.es/techcat/techcat.html>
- *Técnicas y programas de estimulación cognitiva* (consulta 2019) <https://www.bitbrain.com/es/blog/tecnicas-programas-estimulacion-cognitiva>
- *Diamond, Adele* (2013). "Executive functions" *Annual review of psychology*
- *Chan RC, Shum D, Touloupoulou T, Chen EY* (March 2008). "Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues". *Archives of Clinical Neuropsychology*
- *Funciones ejecutivas: nociones del desarrollo desde una perspectiva neuropsicológica* (ene./jun. 2014) *Acción psicol. vol.11 no.1 Madrid*
- *La evaluación psicopedagógica a debate. Reflexiones y experiencias de profesionales de titulaciones educativas* (2018) AFOE
- *What Is Executive Functioning?* (consulta 2019) <http://www.ldonline.org/article/29122/>
- *SIETTE: Sistema Inteligente de Evaluación mediante Test para TeleEducación*, Ricardo Conejo; Eduardo Guzmán
- *Las 11 funciones ejecutivas del cerebro humano*, <https://psicologiaymente.com/inteligencia/funciones-ejecutivas> (consulta 2019), Oscar Castellero Mimenza
- *Simons,D., Walter R. Boot, Charness,N, , Gathercole,S. , Christopher F. Chabris, Hambrick, D. Stine-Morrow, E.* (2016) Do "Brain-Training" Programs Work? *Psychological Science*, Vol 17, Issue 3, pp. 103 – 186
- *Designing for Kids in the Digital Age: Summary of research and recommendations for designers*, Jennifer Borse, Erica Robles, Nancy Schwartz
- [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es) (consulta 2019)

- *www.lumosity.com/en/ (consulta 2019)*
- *www.brainhq.com (consulta 2019)*
- *www.cogmed.com (consulta 2019)*
- *8 ventajas de usar tablets en la educación (consulta 2019)*  
*<https://okdiario.com/tecnologia/ventajas-tablets-educacion-2630380>*
- *8 High-Tech Gadgets That Are Making Classrooms Smarter (consulta 2019)*  
*<https://www.globalcitizen.org/en/content/8-high-tech-gadgets-that-are-making-classrooms-sma/>*
- *HTML (consulta 2019) <https://www.computerhope.com/jargon/h/html.htm>*
- *La demora de la gratificación y la capacidad de resistir impulsos (consulta 2019)*  
*<https://psicologiaymente.com/psicologia/demora-gratificacion>*
- *<https://stackoverflow.com/questions/2368784/draw-on-html5-canvas-using-a-mouse> (consulta 2019)*
- *CSS (consulta 2019) <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>*



## Listado de Figuras

Figura . Ventana de entrada del sistema SIETTE.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Dasdfasdfasd .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.2. fVista.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>