



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

INTERFAZ WEB PARA TAREAS DE PREESCRITURA EN EDUCACIÓN INFANTIL

WEB INTERFACE FOR PREWRITING ACTIVITIES IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

Realizado por
MIGUEL SUÁREZ TORRES

Tutorizado por
RICARDO CONEJO MUÑOZ
JOSÉ LUIS TRIVIÑO RODRÍGUEZ

Departamento
DEPARTAMENTO DE LENGUAJES Y CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MÁLAGA, JUNIO DE 2021

Resumen

En este Trabajo de Fin de Grado se ha implementado en JavaScript una interfaz web para la realización de tareas de preescritura diseñada para ser integrada en plataformas como SIETTE. Es la evolución del proyecto TRAZO, una aplicación para Windows con una funcionalidad similar, pero con las limitaciones que una aplicación de escritorio conlleva. Las tareas consisten en completar un modelo que contiene una guía de puntos que el alumno debe seguir. Una vez realizada la tarea, se obtienen los datos y se calculan una serie de indicadores que el sistema evalúa para determinar el resultado y generar una corrección. Además, el sistema genera un registro que guarda la configuración elegida para la tarea, los tipos de movimientos que hay, los movimientos que ha realizado el alumno junto a una marca de tiempo y los propios indicadores. El objetivo es que estos indicadores ayuden a los profesores a detectar posibles problemas en el proceso de aprendizaje de escritura de los alumnos.

Palabras clave:

Interfaz web, preescritura, motricidad, JavaScript, SIETTE.

Abstract

In this Degree Final Project we have implemented in JavaScript a web interface to do pre-writing tasks designed to be integrated in platforms such as SIETTE. It is the evolution of the TRAZO project, a Windows application with similar functionality, but with the limitations that a desktop application entails. The tasks consist of completing a model that contains a guide of points that the student must follow. Once the task is done, the data is obtained and a series of indicators are calculated. The system evaluates these indicators to determine the result and generate a correction. In addition, the system generates a log that saves the settings chosen for the task, the types of movements that exist, the movements that the student has made, along with a time stamp and the indicators themselves. The objective is that these indicators help teachers to detect possible problems in the learning process of students' writing.

Keywords:

Web interface, prewriting, motor skills, JavaScript, SIETTE.

Índice

Introducción	1
1.1 El aprendizaje de la escritura en niños	4
1.2 El framework SIETTE	6
1.3 Objetivos del Trabajo de Fin de Grado	8
1.4 Plan de trabajo.....	8
1.5 Organización de la memoria	9
Aprendizaje de la escritura en niños pequeños	11
2.1 Cómo aprendemos a escribir	11
2.2 La escritura en niños pequeños. Preescritura.....	14
2.3 Tipos de ejercicios en la fase pre-esquemática	16
2.4 Métodos y herramientas.....	19
2.4.1 Papel y lápiz.....	20
2.4.2 Sistemas táctiles de recogida de datos.....	21
2.4.3 Sistemas que recogen y corrigen los ejercicios	22
2.5 Corrección de ejercicios de preescritura.....	31
2.6 Indicadores para la corrección de ejercicios	32
Implementación de una herramienta para la realización y corrección de ejercicios en tabletas.....	35

3.1 Análisis del problema. Requisitos	36
3.1.1 Funcionalidades para el alumno	36
3.1.2 Funcionalidades para el profesor	37
3.2 Indicadores.....	38
3.3 Métodos y algoritmos.....	43
3.4 Registro.....	47
3.5 Arquitectura	49
3.6 La interfaz.....	52
3.6.1 Configuración de una tarea	52
3.6.2 Realización de un ejercicio.....	53
3.7 Integración de la herramienta en SIETTE.....	54
Metodología de diseño	59
4.1 Descripción de la metodología	59
4.2 Ciclo 1. Implementación en JavaScript de la aplicación para dibujar.....	61
4.3 Ciclo 2. Incorporación de la herramienta de configuración.	62
4.4 Ciclo 3. Implementación en JavaScript de la aplicación para la realización de ejercicios	63
4.5 Ciclo 4. Cálculo de indicadores por tramo	64
4.6 Ciclo 5. Integración con SIETTE.....	66
Conclusiones y futuros trabajos	69
5.1 Conclusiones	69
5.2 Futuros trabajos	71
Referencias.....	73

Índice de figuras

Figura 1.1	Etapas de la enseñanza de la escritura.....	6
Figura 1.2	Página web de SIETTE.....	7
Figura 2.1	Ejemplo de ejercicio con trazos horizontales	17
Figura 2.2	Ejemplo de ejercicio con trazos verticales	17
Figura 2.3	Ejemplo de ejercicio con trazos inclinados	18
Figura 2.4	Ejemplo de ejercicio con trazos geométricos.....	18
Figura 2.5	Ejemplo de ejercicio con trazos mixtos.....	19
Figura 2.6	Página web del proyecto TRAZO	24
Figura 2.7	Handwriting Without Tears.....	26
Figura 2.8	Kids Learn To Write.....	27
Figura 2.9	Letter School	28
Figura 2.10	iTrace	29
Figura 2.11	Writing Wizards.....	30
Figura 2.12	Tabla comparativa de los sistemas y aplicaciones.....	30
Figura 3.1	Ejemplo de ejercicio y valor de los indicadores	38
Figura 3.2	Tabla resumen de los indicadores observados y calculados	41
Figura 3.3	Esquema de la relación entre las distintas cualidades y los indicadores	42
Figura 3.4	Tabla resumen de los indicadores por cuarto	43
Figura 3.5	Ejemplo de registro	48
Figura 3.6	Esquema del modelo cliente/servidor	49
Figura 3.7	Diagrama de componentes.....	51
Figura 3.8	Menú de configuración de una tarea	52
Figura 3.9	Página de realización de un ejercicio.....	53
Figura 3.10	Menú de configuración de SIETTE.....	55
Figura 3.11	Página de realización de un ejercicio de SIETTE	55
Figura 3.12	Página de visualización de resultados de SIETTE	56
Figura 3.13	Página de configuración de las funciones de evaluación.....	57
Figura 4.1	Esquema de los distintos ciclos.....	61
Figura 4.2	Ejemplo de trazos realizados en la primera versión.....	61

Figura 4.3	Menú de configuración de una tarea.....	62
Figura 4.4	Ejemplo de trazos realizados sobre una plantilla.....	64
Figura 4.5	Ejemplo de imagen tiempo	65
Figura 4.6	Ejemplo de imagen número-trazo	66
Figura 4.7	Ejemplo de trazo realizado sobre una plantilla.....	67
Figura 4.8	Ejemplo de ejercicio corregido	68

1

Introducción

A pesar del progresivo cambio de la escritura a mano hacia la mecanografía, tener una amplia gama de habilidades de escritura, desde la producción básica de letras, formas y números hasta la escritura de calidad, se ha relacionado de forma positiva con el rendimiento académico. La literatura sobre escritura a mano se centra, principalmente, en niños en edad escolar, y menos en las habilidades de escritura de los niños en edad preescolar. Sin embargo, en la primera parte de la infancia, la preparación para la escritura a mano puede ser beneficiosa por dos razones:

- Las evidencias recientes sugieren que la escritura a mano en los primeros años ayuda al desarrollo de habilidades de lectura.

- Dada la relación entre la escritura a mano y el rendimiento académico, el desarrollo de habilidades de preparación para la escritura a mano puede aumentar la probabilidad de éxito académico en los años posteriores.

Los niños suelen comenzar a experimentar con la escritura a los 2 años. Aunque los primeros garabatos carecen de las características de la escritura convencional, los garabatos más intencionales contienen algunas de las características universales de la escritura, incluida la direccionalidad y la linealidad. Con el tiempo, los niños comienzan a aprender a escribir copiando formas geométricas que incluyen trazos verticales, trazos horizontales, círculos, etc.

Es en esta etapa donde se empiezan a detectar posibles disgrafías en los niños. La disgrafía es un trastorno del aprendizaje que se caracteriza por la dificultad de coordinar los músculos del brazo y de la mano, impidiendo así dominar el instrumento de escritura de la forma correcta para escribir de forma legible, sin que exista un trastorno neurológico o intelectual que lo justifique. Este trastorno puede provocar a los niños que lo padecen un descenso significativo en el ritmo de aprendizaje. Además, estos niños se fatigan mucho más que el resto, puesto que escribir supone un gran esfuerzo para ellos.

Debido al relativamente reciente interés de los adultos por las nuevas tecnologías, los profesores e investigadores comenzaron a preguntarse cómo se podía usar la tecnología en la educación y para escribir en las aulas. Sin embargo, a pesar del crecimiento de la tecnología, su uso no se ha implantado a día de hoy en la mayoría de las aulas de educación primaria y, menos aún, en las aulas de preescolar.

En general, se cree que la tecnología proporciona andamios hasta que se formen hábitos. Una sociedad cada vez más tecnológica ofrece a los niños la oportunidad de interactuar con nuevos y emocionantes dispositivos digitales que pueden extender su aprendizaje en el aula y en el hogar. Si bien la tecnología puede proporcionar una fuente de exploración y dominio, los profesores deben proporcionar un equilibrio de actividades que permita a los niños participar en interacciones auténticas en su entorno.

Las tareas de preescritura consisten principalmente en copiar un modelo o escribir sobre él. La dificultad de estas tareas va aumentando de forma progresiva, pasando de realizar garabatos y copiar formas geométricas simples a copiar formas geométricas más complicadas e incluso letras. Las investigaciones sugieren que los niños pequeños que tienen acceso a la tecnología y la usan en el aula y en el hogar muestran un logro académico más sólido años después (Dinehart, 2015). Los ordenadores motivan a los niños de primaria en el proceso de escritura. Esto no sugiere que la tecnología no pueda usarse para escribir de una manera tradicional. Escribir, por ejemplo, en una tablet con un pen o lápiz seguiría contando con sus beneficios.

Este trabajo es la evolución del sistema TRAZO (Diego-Cottinelli & Barros, 2010) en el que se realizaban los ejercicios en diferentes dispositivos y se corregían de forma automática. Era una aplicación para Windows, sin interfaz web. Con esta nueva versión del sistema, se pondrá a TRAZO accesible a cualquiera a través de Internet.

1.1 El aprendizaje de la escritura en niños

La escritura se considera un acto complejo, un proceso de alfabetización que dura toda la vida. Es decir, no es solo lo que se aprende en los primeros grados, sino una actividad comunicativa continua del individuo en la sociedad, un desempeño de sus competencias comunicativas por medio de la palabra que está siempre en proceso de ser mejorado y ampliado (Marín, 1999).

El objetivo principal de la escritura no es lograr una grafía bella, sino legible y rápida. De ahí que sea preciso adoptar un método adecuado y efectuar una serie de ejercicios que estimulen al alumno para que el aprendizaje se desarrolle con éxito (Perea Ortega & Perea Ortega, 2013-2014).

La enseñanza de la escritura se puede dividir en cuatro etapas (Figura 1.1):

A. Preparación

El objetivo es despertar el interés del niño y prepararle para la escritura. Es necesario facilitar su desarrollo intelectual y psicomotor, realizando actividades que trabajen habilidades como la orientación espacial, la motricidad, la lateralidad, etc. Todos estos conceptos son importantes en el proceso de escritura y los trataremos más adelante. En esta etapa es fundamental que el niño juegue libremente y realice actividades sencillas, experimentando así con su cuerpo y con los sentidos.

B. Aprendizaje

En el proceso de aprendizaje de la escritura, entran en juego dos conceptos fundamentales como son la preescritura y la grafomotricidad, términos que veremos en la sección 2.2. A modo de resumen, podemos decir que la preescritura engloba aquellos trazos y líneas sin significado que el niño

realiza de forma previa a la escritura. La grafomotricidad se refiere a los movimientos que hace el niño para dibujar o escribir.

El dibujo es una de las actividades más importantes de esta etapa, ya que permite al niño familiarizarse con el lápiz, el bolígrafo o cualquier otro instrumento de dibujo y empezar a manejarlos con soltura.

En estos dibujos previos a la escritura, el niño traza líneas o formas sin mucho sentido. Poco a poco va perfeccionando estos dibujos hasta automatizar los movimientos que tiene que realizar con el brazo y la mano. Con la práctica y el tiempo, las líneas y formas irán obteniendo sentido y el niño empezará a formar letras y palabras.

C. Desarrollo

En el desarrollo de la escritura podemos hablar de 4 etapas y 2 tipos. Las etapas, como veremos en la sección 2.1., son: presilábica, silábica, silábico-alfabética y alfabética. Y los tipos de escritura son:

- a. Está basada en ejercicios de copiado, primero, y de dictado, después.

En una primera fase, el niño comienza reproduciendo o copiando trazos o líneas hasta que es capaz de copiar letras, números, palabras... En la segunda fase, la del dictado, la complejidad aumenta y el niño tiene que llevar al papel lo que escucha.

- b. Escritura productiva o creativa

Aquí los ejercicios son de escritura libre o espontánea, es decir, más psicológicos o creativos, como, por ejemplo, las redacciones, exámenes con preguntas de desarrollo, trabajos, etc. El objetivo es que el niño consiga plasmar en el papel sus pensamientos, sentimientos, emociones, conocimientos, etc.

D. Perfeccionamiento

Ahora que se ha formado la escritura del niño, ésta tiene que ir adquiriendo madurez. Se trata de conseguir una escritura legible y de calidad, además de escribir con relativa velocidad. Es aquí donde cada alumno obtiene su estilo personal.

En esta etapa no se requiere un seguimiento tan activo, aunque sí hay que trabajar en los errores específicos, las faltas de ortografía, el uso correcto de la lengua, la organización de las ideas, etc.

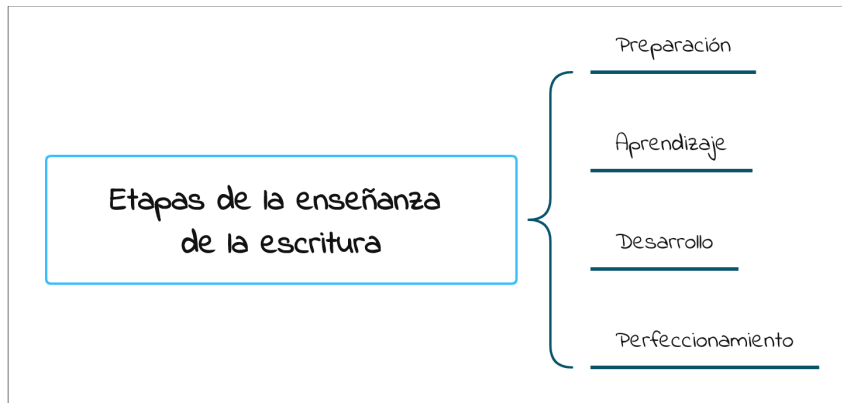


Figura 1.1 Etapas de la enseñanza de la escritura.

1.2 El framework SIETTE

SIETTE (Sistema Inteligente de Evaluación mediante Test para TeleEducación) es un sistema web (Figura 1.2) que permite la creación y mantenimiento de bancos de preguntas y la evaluación automática mediante distintas estrategias. Proporciona control de acceso a las evaluaciones, así como sobre la selección de preguntas y los criterios de finalización (SIETTE, 2020).



Figura 2.2 Página web de SIETTE.

Proporciona una herramienta a los profesores para crear tests o añadir nuevas preguntas a los tests existentes y un simulador para estudiar el funcionamiento de los tests en condiciones controladas, estudiar su efectividad y calibrar los parámetros de un conjunto de preguntas [2]. Incluye desde preguntas de opción múltiple o respuesta múltiple a preguntas abiertas o preguntas matemáticas. También incluye la generación automática de preguntas mediante plantillas. Es capaz de evaluar la corrección de objetos complejos, como programas de ordenador, o tareas complejas que requieren interacciones con el usuario, tales como dibujos o sonidos musicales.

SIETTE utiliza el navegador web como interfaz gráfica de usuario e implementa la Teoría Clásica de Test (TCT), la Teoría de Respuesta al Item (TRI) y permite realizar Tests Adaptativos Informatizados (TAI). El sistema puede usarse como herramienta para el Aprendizaje colaborativo o como módulo de evaluación de un Sistema Tutor Inteligente (STI) y puede conectarse a una Plataforma de TeleEducación (LMS) como Moodle.

1.3 Objetivos del Trabajo de Fin de Grado

El objetivo de este TFG es desarrollar una interfaz web que permita a los niños en edad preescolar realizar tareas de preescritura para que, posteriormente, los educadores puedan evaluar los resultados. Los profesores podrán así seguir la evolución de los alumnos de forma detallada.

La herramienta proporcionará modelos que tendrán que completar los alumnos y mecanismos para incorporar otros nuevos de forma sencilla. Estos modelos consistirán en una guía de puntos que formarán líneas rectas o curvas, formas geométricas, letras del abecedario, etc. Una vez realizada la tarea, el sistema registrará una serie de datos con los que se calculan unos indicadores que permitirán a los educadores evaluar el resultado. Indicadores tales como el tiempo que se ha tardado en completar el modelo, las veces que ha levantado el lápiz de la tablet, qué tanto por ciento del trazo realizado por el alumno está por encima del trazo original, etc.

1.4 Plan de trabajo

En este proyecto se trabaja con la metodología SCRUM, en la que se divide el desarrollo del producto en varias iteraciones que pueden ser evaluadas de forma independiente, añadiendo nuevas funcionalidades de forma incremental.

Durante el desarrollo del proyecto podemos distinguir las siguientes fases:

- Estudio del proceso de aprendizaje de la escritura y, en concreto, de la preescritura en niños pequeños
- Definición de los requisitos del problema y de las funcionalidades del alumno y del profesor

- Definición de los indicadores resultantes de la realización de los ejercicios y de los métodos y algoritmos utilizados para calcularlos
- Diseño de la interfaz de la aplicación
- Desarrollo de la aplicación para la realización de tareas de preescritura
- Integración en el sistema SIETTE y pruebas

1.5 Organización de la memoria

En este capítulo de la memoria se ha expuesto el contexto y la motivación del proyecto y sus principales objetivos. El resto de los capítulos se describen brevemente a continuación:

- Aprendizaje de la escritura en niños pequeños
 En este capítulo se explica el proceso de aprendizaje de la escritura y se detallan varios aspectos importantes en este proceso. También se habla de los métodos y herramientas que se utilizan, además de los distintos sistemas que existen.
- Implementación de una herramienta para la realización y corrección de ejercicios en tabletas
 En este capítulo se analiza el problema y sus requisitos y se enumeran los indicadores que obtendremos de cada tarea y cómo se obtienen. También se explica la arquitectura general del sistema y su interfaz, además de las ventajas de integrarlo en SIETTE.
- Metodología de diseño
 En este capítulo se explica la metodología usada y se definen los ciclos de desarrollo del proyecto, detallando las funcionalidades que se han implementado en cada uno.
- Conclusiones y futuros trabajos

En el último capítulo se resumen las conclusiones que podemos obtener del proyecto y se enumeran una serie de futuros trabajos que se podrían desarrollar para continuar el proyecto.

2

Aprendizaje de la escritura en niños pequeños

2.1 Cómo aprendemos a escribir

El aprendizaje de la escritura y el aprendizaje de la lectura son dos procesos que van de la mano. Es por esto por lo que el concepto de la lectoescritura es tan importante en la educación infantil. La meta de la enseñanza de la lectoescritura es desarrollar las competencias básicas de la comunicación en los alumnos

(Sánchez de Medina Hidalgo, 2019). Podemos enumerar 4 etapas de la lectoescritura:

- Etapa pre-silábica: los niños empiezan a diferenciar letras y números de otros dibujos, aunque todavía no conozcan su significado, y a comprender que cada una representa un sonido. Poco a poco, las grafías que realizan comienzan a tener linealidad y orientación.
- Etapa silábica: aunque los niños siguen sin conocer muy bien el significado de las letras, creen que cada una tiene el valor de una sílaba. De esta forma, puede pensar que la letra “m” siempre se lee “me” o “ma”. Además, empiezan a utilizar algunas letras.
- Etapa silábico-alfabética: es una etapa intermedia, de transición. Los niños pueden usar más de una grafía para cada sílaba.
- Etapa alfabética: los niños ya identifican qué sonido se corresponde con cada letra y son capaces de combinarlas adecuadamente. A partir de este punto, se centrarán en otros problemas como la ortografía.

El objetivo de alfabetizar a los niños empieza con la enseñanza de la lectura y la escritura en sus primeros años de vida. La enseñanza de estos procesos comienza a partir de los 3 o 4 años, coincidiendo con el despertar de la curiosidad de los niños en las letras, y dura, generalmente, hasta los 5 o 6 años (Cómo aprenden los niños a leer y escribir. Pautas para fomentar estos aprendizajes, 2013). Sin embargo, esto es relativo y depende del desarrollo de cada niño. Además, no implica que cuando termine este proceso sepa leer y escribir perfectamente.

Aprender el proceso de la escritura es fundamental, pero antes hay que preparar a los niños para ello realizando ciertas tareas que les ayude en el

desarrollo de habilidades como la orientación espacial, lateralidad, motricidad, coordinación visomotora, memoria auditiva, conciencia fonológica, etc. De todas estas habilidades, nos vamos a centrar en la motricidad.

La motricidad se define como una acción del sistema nervioso central que determina la contracción muscular. En otras palabras, es la capacidad del organismo de realizar diferentes movimientos y gestos, los cuales pueden ser de mayor o menor complejidad y desempeñar distintas funciones, como gatear, correr, sentarse, escribir, etc. (Montagud Rubio, 2019). En los seres humanos, estas acciones motoras no serían nada sin el aspecto psíquico, ya que son creadas con una intención. Esto es lo que llamamos psicomotricidad, una unión entre el cerebro, el sistema nervioso y los músculos. La motricidad se clasifica en dos tipos:

- Motricidad gruesa: hace referencia a los movimientos que implican grandes grupos musculares, en los que se activa todo el cuerpo o una gran parte y que no requieren de mucha precisión, como por ejemplo caminar, saltar, montar en bici, etc. Este tipo de motricidad se empieza a desarrollar en las primeras semanas de vida del bebé y su desarrollo es continuado hasta la etapa adulta. Este desarrollo comienza en la cabeza y en el cuello, luego pasa al torso y finalmente a las extremidades.
- Motricidad fina: hace referencia, en cambio, a los movimientos que implican grupos musculares más pequeños y que sí requieren de precisión, generalmente las manos y los dedos, como por ejemplo agarrar objetos, escribir, tocar un instrumento, etc. El desarrollo de la motricidad fina empieza prácticamente en el primer mes de vida del bebé y también continúa su desarrollo hasta la etapa adulta. Sin embargo, es en la infancia cuando se producen los cambios más significativos.

Aunque son dos conceptos que están unidos, podríamos decir que la motricidad fina, al ser más precisa y exacta, es más compleja, es el perfeccionamiento del control de la motricidad gruesa.

Otro concepto fundamental del que tenemos que hablar en el proceso de lectoescritura son las disgrafías. La disgrafía, como hemos hablado en la introducción, es un trastorno del aprendizaje consistente en ciertas dificultades de coordinación de los músculos de la mano y el brazo, lo que impide a los niños afectados dominar y dirigir el instrumento de escritura de la forma adecuada para escribir de forma legible y ordenada (Los distintos tipos de disgrafía: características y consecuencias para el aprendizaje (VIU, 2014)).

Podemos diferenciar dos tipos de disgrafías, las adquiridas, que se dan en personas que pierden parte de la habilidad de escribir debido a una lesión, traumatismo o accidente cerebral, y las evolutivas, que se caracterizan por presentar dificultades específicas del aprendizaje inicial de la escritura sin una razón aparente (Silva, 2011). Los niños que presentan disgrafías pueden tener consecuencias como un descenso en el ritmo de aprendizaje, exceso de fatiga, frustración...

2.2 La escritura en niños pequeños. Preescritura

La preescritura se entiende como todos aquellos trazos, garabatos y líneas sin significado real, que el niño realiza de forma previa a la escritura de letras, palabras, etc. (Muñoz, 2016). Se trata de una fase de maduración motriz y perceptiva del niño para facilitarle el posterior aprendizaje de la escritura (Sarabia Jiménez, 2008). En el desarrollo de la preescritura hay una serie de habilidades

que son muy importantes, algunas de las cuales ya hemos comentado en la sección

2.1. Entre ellas:

- Orientación espacial (izquierda-derecha, arriba-abajo)
- Lateralidad (predominio de un lado del cuerpo sobre el otro)
- Motricidad fina
- Coordinación visomotora
- Control corporal

Al hablar de preescritura, no podemos dejar de hablar de la grafomotricidad. La grafomotricidad se refiere al movimiento gráfico realizado con la mano al escribir y su meta es que el niño aprenda las habilidades necesarias para expresarse mediante la representación gráfica. La grafomotricidad entra dentro del desarrollo motor fino. El desarrollo grafomotriz del niño tiene como objetivo fundamental completar y potenciar el desarrollo psicomotor a través de diferentes actividades (Pacheco García, 2011). Así se les prepara para el posterior aprendizaje de la escritura.

En el aprendizaje de las habilidades grafomotrices se empieza por el trazo libre hasta coger soltura con las herramientas de escritura. Poco a poco el niño empezará a practicar trazos dirigidos y aprenderá el correcto desplazamiento gráfico, izquierda-derecha y arriba-abajo, o lo que es lo mismo, la orientación espacial.

El desarrollo de la preescritura está muy ligado también al dibujo infantil, que pasa por varias etapas. Lowenfeld (Lowenfeld, 1957) distingue cinco, aunque nos vamos a centrar en las dos primeras:

- Etapa del garabateo. Va desde los 18 meses hasta los 4 años y se divide en 3 fases:
 - Garabateo desordenado. Carecen de sentido y no representan nada. El niño no tiene demasiado interés en los colores.
 - Garabateo controlado. Empieza a representar figuras y a utilizar varios colores.
 - Garabateo con nombre. El niño les da un nombre y un significado a los garabatos, normalmente después de haberlos dibujado.
- Etapa pre-esquemática. Va desde los 4 hasta los 7 años y se centra en los primeros intentos de representar algo en sus dibujos. Lo primero que representan es el cuerpo humano y con pocos detalles. Poco a poco irán añadiendo más elementos. El tamaño va adquiriendo cierta lógica y los colores, un significado.
- Etapa esquemática. Desde los 7 hasta los 9 años.
- Etapa del realismo. Desde los 9 hasta los 12 años.
- Etapa pseudonaturalista. Desde los 12 hasta los 14 años.

2.3 Tipos de ejercicios en la fase pre-esquemática

La aplicación cuenta con cuatro tipos distintos de ejercicios según el trazo que tenga que realizar el alumno: horizontal, vertical, inclinado, geométrico y mixto. A continuación, haremos una breve descripción y veremos un ejemplo de cada uno de ellos.

Horizontal

El ejercicio tiene únicamente trazos rectos horizontales. Pueden ser uno o varios trazos, como vemos en la Figura 2.1.

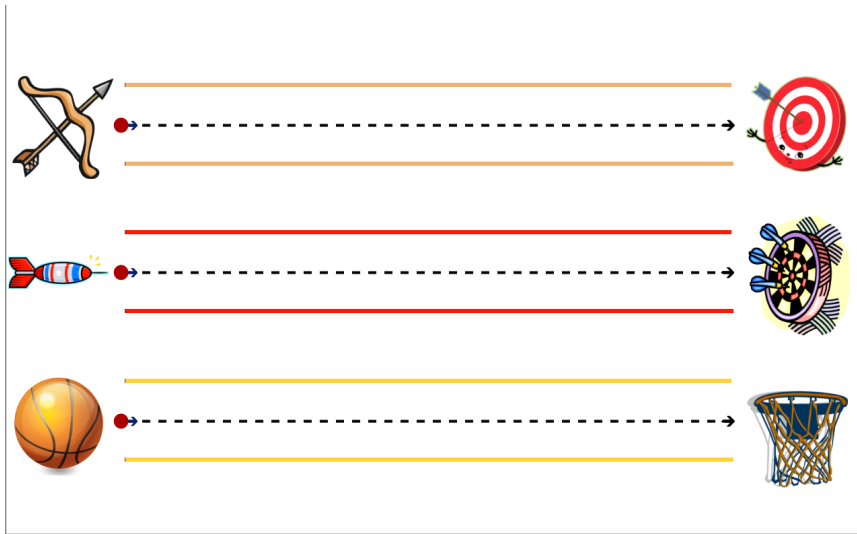


Figura 2.1 Ejemplo de ejercicio con trazos horizontales.

Vertical

Este tipo de ejercicio es prácticamente igual que el anterior. La diferencia es que en este caso los trazos son verticales (Figura 2.2).

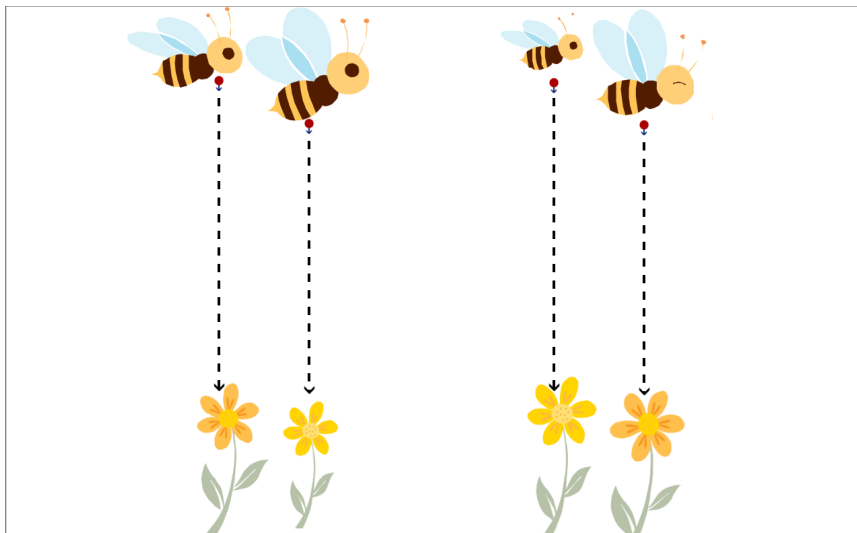


Figura 2.2 Ejemplo de ejercicio con trazos verticales.

Inclinado

En este caso, el modelo tiene uno o varios trazos rectos inclinados, tal y como podemos ver en el ejemplo de la Figura 2.3.

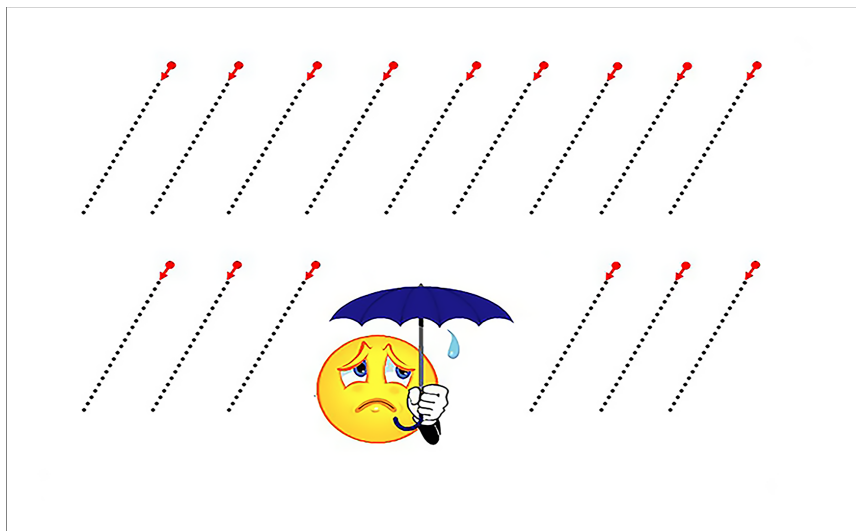


Figura 2.3 Ejemplo de ejercicio con trazos inclinados.

Geométrico

La plantilla está formada por uno o varios trazos con forma geométrica. Por ejemplo, en la Figura 2.4 podemos ver varios trazos curvados.

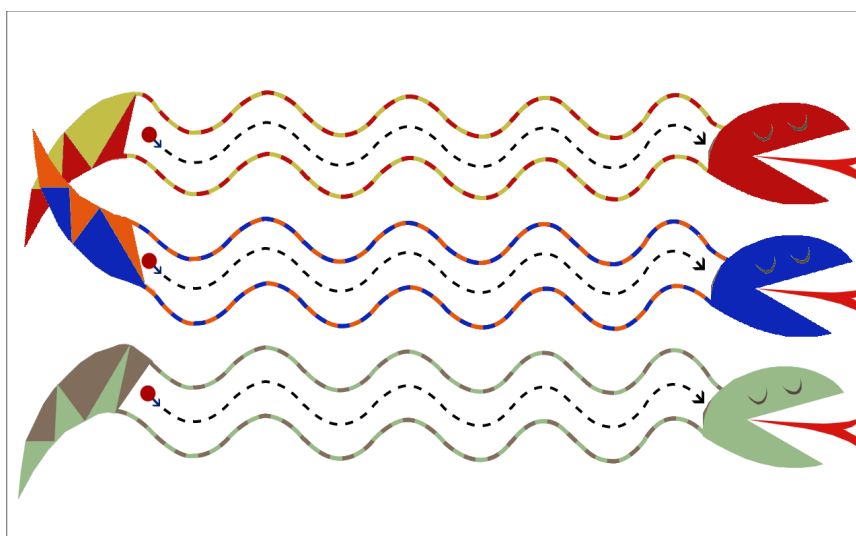


Figura 2.4 Ejemplo de ejercicio con trazos geométricos.

Mixto

Consiste en mezclar en un solo ejercicio varios de los tipos de trazos que acabamos de ver. Por ejemplo, el ejercicio de la Figura 2.5 tiene tanto trazos horizontales como verticales.

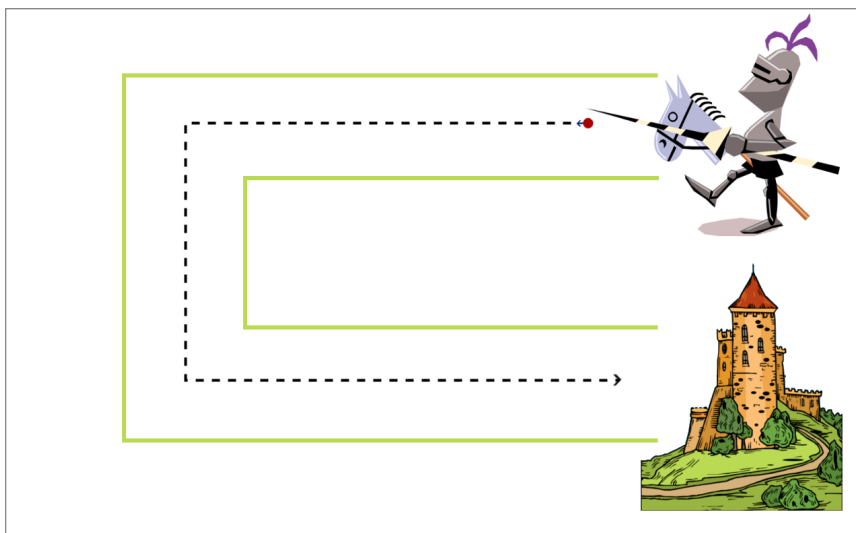


Figura 2.5 Ejemplo de ejercicio con trazos mixtos.

2.4 Métodos y herramientas

En este apartado se van a describir los distintos métodos y herramientas utilizados en el proceso de aprendizaje de la escritura en la actualidad. En la sección 2.3.1 veremos la importancia que siguen teniendo el papel y el lápiz en las aulas a pesar del gran avance de la tecnología. En la sección 2.3.2 hablaremos sobre los sistemas táctiles de recogida de datos y su uso y posibilidades en el ámbito escolar. Por último, en la sección 2.3.3 veremos distintos ejemplos de sistemas que recogen y corrigen ejercicios, los explicaremos brevemente y haremos una comparativa entre ellos.

2.4.1 Papel y lápiz

Debido al avance tecnológico y al uso extendido de smartphones, tablets y ordenadores, cada vez escribimos más con el teclado y menos a mano. No sólo en el ámbito escolar, también en nuestro día a día. De hecho, hay países referentes en educación que ya han empezado a tomar medidas. En Finlandia, por ejemplo, desde el año 2016, la enseñanza de la letra seguida o cursiva dejó de ser obligatoria, quedando como único tipo de letra obligatoria la letra de imprenta. En Estados Unidos, muchas escuelas limitan el tiempo que se dedica a la letra cursiva, dando más importancia a la letra de imprenta o incluso a la mecanografía. El motivo es que les será más útil en su vida laboral.

Aunque esta situación puede dar lugar a pensar que, con el tiempo, la escritura a mano será totalmente desplazada por la escritura con teclado o digital, existen numerosos estudios que señalan que el aprendizaje de la escritura a mano es fundamental en los niños por distintos motivos:

- El desarrollo de la motricidad fina en la primera infancia puede predecir no solo el éxito que se tendrá con la escritura sino un mejor desempeño en la lectura y en matemáticas (Reid Chassiakos, 2018).
- Los niños que pueden escribir de forma rápida y legible tienen más probabilidades de demostrar buenas habilidades para expresar lo que piensan mediante la palabra escrita (Reid Chassiakos, 2018).
- Escribir en cursiva podría ser particularmente eficaz para niños con disgrafías evolutivas y podría ayudar a prevenir la inversión y la reversión de letras (Reid Chassiakos, 2018).
- Escribir en cursiva, escribir en imprenta y escribir con teclado estimulan funciones cerebrales de distintas áreas. Los niños que escriben a mano aprenden a leer más rápido y retienen mejor la información (Stokes, 2011).

- Debido a los procesos motores implicados, en la escritura a mano hay una retroalimentación visual y motora que proporciona al cerebro información como el movimiento que está realizando la mano, lo que supone una respuesta en línea al cerebro sobre la forma de la letra que se está dibujando. Cuando se escribe en el teclado, se localizan y tocan las teclas de este, pero no implica ninguna información al cerebro (Mangen & Balsvik, 2016).
- La activación del giro fusiforme, región del cerebro donde los estímulos visuales se convierten en letras, es diferente en niños que presentan problemas con la escritura a mano (Berninger et al., 2017).

Sin embargo, no podemos ir en contra de la tecnología. Quizás la clave está en combinar las distintas formas de escritura. En este sentido, la idea es enseñar a los niños a ser escritores híbridos (Berninger et al., 2017). Primero se les enseña la escritura a mano o de imprenta, para aprender a leer. Luego, la escritura cursiva, para ortografía y redacción. Finalmente, la escritura con teclado.

2.4.2 Sistemas táctiles de recogida de datos

Los niños de esta generación nacen rodeados de tecnología. De hecho, ya podemos ver a niños manipular un smartphone o una tablet antes de aprender a andar. El uso de dispositivos como las tablets, los ordenadores o las pizarras digitales cada vez está más extendido en las aulas, pero todavía no podemos afirmar que se hayan impuesto a las herramientas tradicionales. Menos aún en las aulas de educación infantil. Los expertos parecen coincidir en que su uso en la educación es muy positivo, pero siempre de una forma limitada y controlando el tiempo de uso. Sobre todo, en el caso de los niños más pequeños, dando prioridad a los juegos y las interacciones con su entorno y los demás niños.

De todos estos dispositivos, podemos decir que la tablet es el más interesante en la etapa de educación infantil, ya que su uso es mucho más natural, permitiendo a los niños usar la pantalla con sus propias manos o incluso con lápices digitales, casi de igual forma que lo harían con papel y lápiz.

La tablet, entre otras cosas, permite:

- trabajar distintos aspectos como la motricidad fina, la coordinación visomotora o la orientación espacial
- realizar tareas de preescritura
- aprender el alfabeto, los números o las figuras geométricas
- realizar operaciones básicas de matemáticas

Además, a los profesores les otorga mayor libertad a la hora de crear o buscar contenidos y les permite personalizar la educación.

En el mercado existen algunas opciones diseñadas específicamente para la educación. Algunas de las más conocidas son la Intel Education Tablet o la OLPC XO-4. Sin embargo, no han tenido mucho éxito y la mayoría de los dispositivos que se usan actualmente en las aulas son tablets convencionales con algunas funciones bloqueadas para hacer un uso exclusivamente educacional.

2.4.3 Sistemas que recogen y corrigen los ejercicios

El avance de la tecnología ha causado que hayan ido apareciendo cada vez más opciones para la realización de tareas de preescritura, de escritura y de lectoescritura, tanto para usar en el ámbito educativo como en el hogar. Aunque todavía no estén totalmente extendidas en el uso escolar, bien realizadas y

enfocadas, pueden ser un gran recurso para los profesores y para los padres. Y para los niños, son opciones que les resultan atractivas, puesto que son distintas a lo que están acostumbrados. Además, de forma inconsciente, aprenden a la vez que se acercan a las nuevas tecnologías y viceversa. En los últimos años, se han desarrollado distintos sistemas y aplicaciones, algunos de los cuales vemos a continuación:

TRAZO

Es un programa destinado a la enseñanza de la escritura (Trazo, 2008). Se centra en la fase de preescritura, en la que los alumnos aprenden los trazos básicos que componen la escritura. El sistema tiene almacenados una serie de ejercicios con distintos trazos y dificultad, que se realizan a través de un tablet-pc o una pantalla táctil. También ofrece la posibilidad de realizarlos en papel y escanearlos. Además, dispone de un mecanismo de corrección automático en función de varios parámetros. Los resultados de los ejercicios se almacenan para que el profesor pueda monitorizar el progreso de los alumnos posteriormente.

El objetivo de TRAZO (Figura 2.6) es hacer del ordenador una herramienta más dentro del aula (Diego-Cottinelli, 2009). Para ello, el sistema debe permitir la realización de ejercicios de formas diversas, es decir, ejercicios sobre papel o bien a través de varios dispositivos electrónicos, como la pantalla táctil, el tablet-pc o la pizarra interactiva.

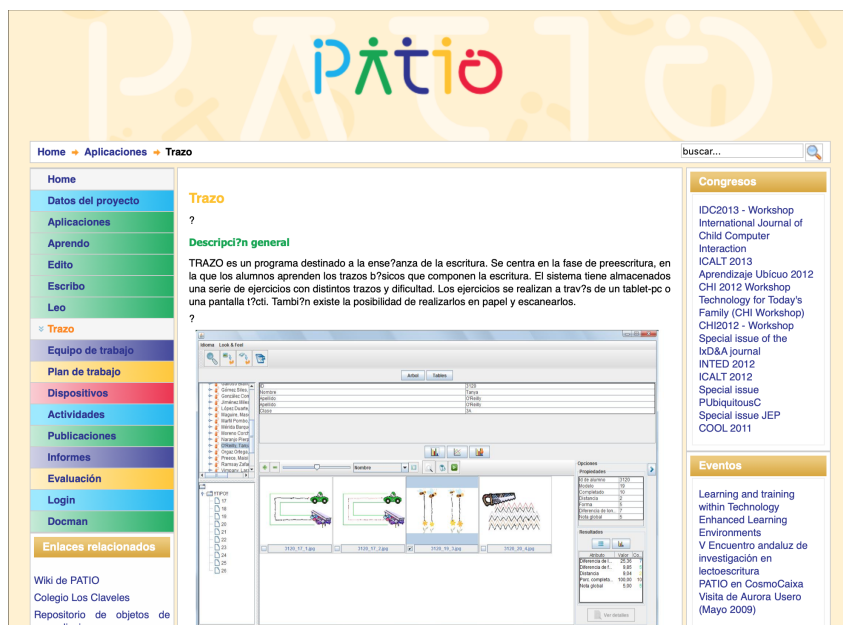


Figura 2.6 Página web del proyecto TRAZO.

Cada uno de estos distintos tipos de ejercicios deben pasar por dos procesos, uno de procesado, que es distinto para cada tipo de ejercicio, y otro de corrección. Después, se almacenan en el sistema y se corrigen de forma automática, comparando el ejercicio realizado con un modelo ya existente que actúa de solución.

TRAZO, como hemos dicho, es una aplicación de escritorio, y como tal, conlleva algunos inconvenientes como el acceso a la aplicación por Internet. Este proyecto tiene como objetivo solventar este problema. Algunos de estos inconvenientes son:

- Las aplicaciones de escritorio requieren la descarga e instalación en cada cliente. Las aplicaciones web, sólo requieren un navegador para acceder a ellas.
- Las aplicaciones de escritorio cuentan con un sistema de actualizaciones que se deben llevar a cabo en cada cliente.

- Para poder instalar y ejecutar una aplicación de escritorio, es necesario que sea compatible con el sistema operativo del cliente. También hay que tener en cuenta la incompatibilidad entre versiones.
- Las aplicaciones web pueden ser integradas en frameworks como SIETTE. Esto tiene una serie de ventajas que veremos más adelante.
- Las aplicaciones web están accesibles en cualquier momento, desde cualquier lugar y desde varios tipos de dispositivos.

Handwriting Without Tears

Handwriting Without Tears se define como un plan de estudios que ofrece un nuevo enfoque integrado impreso y digital para enseñar el agarre del lápiz, la formación de letras y las habilidades de alfabetización que se necesitan para la escritura a mano y la escritura cursiva (Handwriting Without Tears, s. f.).

Usan métodos divertidos, atractivos y apropiados para el desarrollo para permitir que los niños dominen la escritura a mano como una habilidad automática y cómoda (Figura 2.7). El programa proporciona herramientas multisensoriales que suponen una enseñanza innovadora. Además de libros, juegos, vídeos, etc. Handwriting Without Tears pone a disposición de los educadores y de los alumnos fichas y ejercicios para realizar tanto en papel como en tablets, ordenadores o pizarras interactivas. Aunque es un proyecto estadounidense, también cuenta con material en español.



Figura 2.7 Handwriting Without Tears.

Kids Learn To Write

Es una aplicación (Kids Learn To Write, 2017) que ofrece la posibilidad de aprender a la vez que los niños se divierten jugando (Figura 2.8). Abarca distintos tipos de ejercicios de dificultad creciente. El niño empezará trazando líneas rectas y curvas o dibujando formas básicas como círculos o cuadrados. Luego, podrá pasar a los números, las letras del abecedario, diferenciar entre minúsculas y mayúsculas...

La aplicación está disponible para Windows, iOS y Android y es compatible tanto con ordenadores como con tablets. Está disponible en inglés y cuenta con animaciones y efectos de sonido que hacen que resulte más ameno y llamativo al niño. Su objetivo es que aprendan de forma intuitiva las formas, el alfabeto y los números a la vez que desarrollan aspectos como la motricidad fina, la memoria o la coordinación visomotora.



Figura 2.8 Kids Learn To Write.

Letter School

Es una aplicación diseñada para que los niños puedan realizar tareas de preescritura (Figura 2.9). A diferencia de Kids learn to write, no incluye ejercicios donde el niño debe trazar líneas rectas o curvas. Ofrece ejercicios basados en el abecedario, los números y formas básicas y permite ver ejemplos de cómo se deberían realizar.

Letter School (Letter School, 2011) se define a sí misma como una aplicación divertida que encantará a los niños por sus efectos de sonido y sus animaciones. Su objetivo es animarlos a practicar la formación de números y letras a la vez que, de forma inconsciente, desarrollan las habilidades motoras finas, la coordinación visomotora o aprenden a contar.



Figura 2.9 Letter School.

La aplicación está disponible tanto en dispositivos Android como iOS. Aunque es una aplicación gratuita, para tener acceso a todas las funcionalidades es necesario realizar un pago.

iTrace

Otra de las aplicaciones que hay disponibles. Los desarrolladores aseguran que los niños aprenden mejor cuando repiten un mismo ejercicio varias veces. Por eso, en iTrace (iTrace, 2012) hay que realizar el mismo ejercicio tres veces seguidas para poder pasar al siguiente (Figura 2.10).

Las funcionalidades son muy parecidas a las de las aplicaciones anteriores, aunque hay un par de diferencias interesantes: permite seleccionar si el niño es diestro o zurdo y guarda un historial para poder ver los intentos recientes.

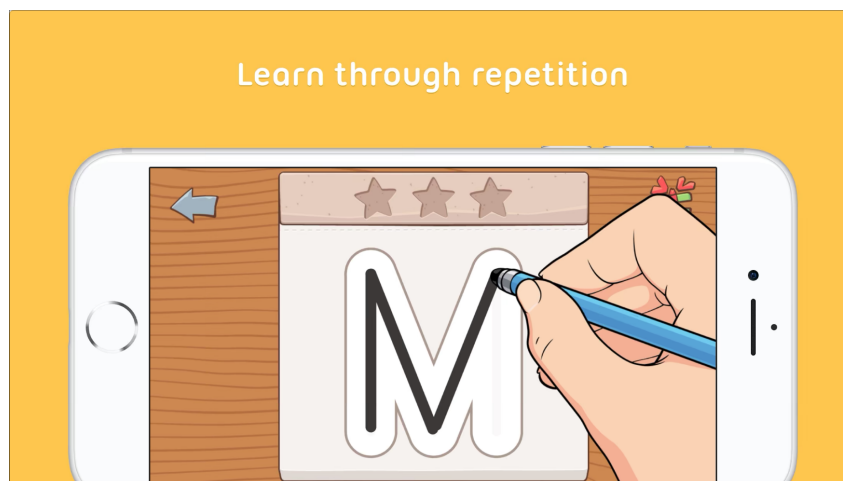


Figura 2.10 iTrace.

La aplicación está disponible en inglés y únicamente para dispositivos iOS. Además, es de pago, aunque ofrece descuentos para centros educativos.

Writing Wizards

Es una aplicación móvil (Writing Wizards, 2017) diseñada para que los niños aprendan a trazar letras, números y palabras guiados por flechas que muestran la dirección del trazo (Figura 2.11). Incluye animaciones y sonidos para hacerlo más atractivo para el niño. A diferencia del resto de aplicaciones que hemos visto, tiene la opción de configurar una tarea, pudiendo cambiar el tamaño de las letras o el grosor, además de añadir nuevas palabras.

La aplicación está disponible tanto en inglés como en español para dispositivos iOS y Android. Aunque es gratuita, hay que realizar un pago para tener la versión completa.

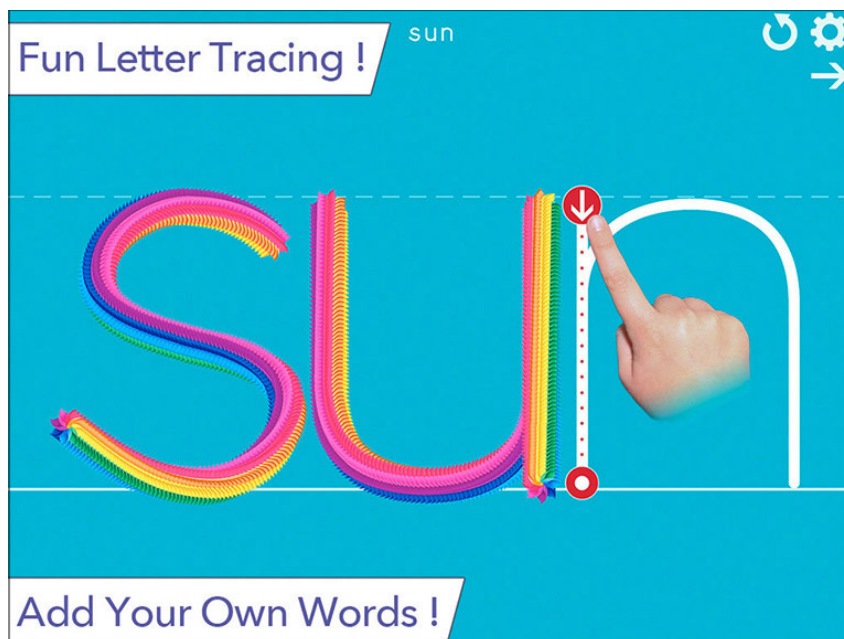


Figura 2.11 Writing Wizards.

En la Figura 2.12, podemos ver una tabla comparativa de los sistemas descritos en base a si están disponibles en distintos sistemas operativos, si permiten la realización de ejercicios en papel, si están disponibles en español, si son gratuitos o si tienen funciones de pago.

Sistemas que recogen y corrigen los ejercicios	Escritorio	Android	iOS	Papel	Español	Versión gratuita	Funciones de pago
TRAZO	✓	✗	✗	✓	✓	Uso educativo	Uso educativo
HWT	✓	✗	✗	✓	✓	Uso educativo	Uso educativo
Learn To Write	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Letter School	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓
iTrace	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Writting Wizards	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓

Figura 2.12 Tabla comparativa de los sistemas y aplicaciones.

2.5 Corrección de ejercicios de preescritura

Según Dinehart (2015), las evidencias de prácticas efectivas de escritura a mano son limitadas en la escuela primaria y casi inexistente a nivel preescolar. Se han descubierto algunos programas, como el programa Escritura a mano sin lágrimas (Donica, 2015), que son beneficiosos para mejorar la motricidad fina y las habilidades de preescritura de un grupo de niños en edad preescolar. Sin embargo, al tratar con un grupo reducido, hace falta más investigación respecto a este tema. No obstante, Dinehart afirma que el trabajo reciente con niños sugiere que la escritura a mano trabaja las habilidades fundamentales que son necesarias para el funcionamiento académico posterior.

Los ejercicios de preescritura se centran mayormente en trabajar la motricidad fina y la grafomotricidad. Lo hacen, sobre todo, mediante fichas y juegos manuales. Las fichas se basan en ejercicios en los que el niño tiene que realizar una serie de trazos de una dificultad que aumenta progresivamente. Empiezan realizando trazos horizontales, verticales y diagonales y luego combinaciones de los anteriores. Esto les ayuda a trabajar la orientación espacial. Luego, realizan trazos curvos hasta conseguir hacer círculos. Por otro lado, los juegos les ayudan a fortalecer los dedos y la mano y a ganar coordinación. Suelen ser ejercicios en los que tienen que agarrar objetos pequeños, soltarlos, lanzarlos, jugar con plastilina, pintar con pintura de dedos, etc.

Es fundamental el papel de los educadores a la hora de hacer el seguimiento y evaluar los ejercicios. Si el niño no disfruta realizando los juegos o no avanza con los ejercicios, la experiencia puede ser frustrante y agotadora. Los educadores, para poder detectar problemas como disgrafías de forma temprana, deben tener en cuenta algunos indicadores como:

- ¿Cuánto tarda el niño en realizar un trazo o en completar una ficha?
- ¿Cuánto ha completado del trazo solución?
- ¿Cuánto ha dibujado fuera del trazo solución?
- ¿Cuántas veces levanta el lápiz del trazo?
- ¿Coge el lápiz con demasiada fuerza o de forma incorrecta?
- ¿Realiza una escritura inclinada?
- ¿Cómo coloca el papel?

La necesidad de conocer todos estos datos para poder modelizar, estudiar y evaluar de forma automática la escritura de niños pequeños, demanda una lista de indicadores y de valores de referencia que permitan saber, según la edad y el tipo de madurez del niño, si su escritura es buena, necesita más entrenamiento, o si está indicando algún tipo de deficiencia en el niño que demande un estudio profesional (como vista deficiente, falta de atención, entre otros). En las siguientes secciones se describe brevemente algunos indicadores propuestos por investigadores de la escritura en niños pequeños, algunos de los cuales son similares a los que se utilizará en nuestro sistema.

2.6 Indicadores para la corrección de ejercicios

Las herramientas que hemos descrito utilizan indicadores para evaluar la corrección del ejercicio realizado por el alumno. Por ejemplo, TRAZO utiliza algunos como la completitud o la proximidad de cada trazo. Nosotros vamos a utilizar una serie de indicadores descritos más adelante que se pueden agrupar en dos clases, observados (*On*) y calculados (*Cn*).

- Observados: se obtienen directamente de la solución dibujada por el alumno.

- Calculados: se obtienen a partir de los observados, realizando distintos cálculos sobre ellos.

Los profesores tendrán a su disposición estos indicadores para poder evaluar una tarea según las cualidades que veremos más adelante y así poder detectar posibles problemas en el aprendizaje del niño, posibles disgrafías o diferentes trastornos como la falta de atención, la hiperactividad, la frustración, etc.

3

Implementación de una herramienta para la realización y corrección de ejercicios en tabletas

3.1 Análisis del problema. Requisitos

Podemos distinguir dos roles dentro de la aplicación: los alumnos y los profesores. La lista de requisitos para ambos es la siguiente:

1. Alumnos:
 - 1.1. Los alumnos podrán realizar una tarea
 - 1.2. Los alumnos podrán finalizar una tarea
2. Profesores:
 - 2.1. Los profesores podrán configurar una tarea
 - 2.1.1. Los profesores podrán seleccionar una plantilla
 - 2.1.2. Los profesores podrán indicar el número de trazos de la plantilla
 - 2.1.3. Los profesores podrán seleccionar el color del trazo
 - 2.1.4. Los profesores podrán seleccionar el grosor del trazo
 - 2.1.5. Los profesores podrán indicar el tamaño de la plantilla
 - 2.2. Los profesores podrán visualizar el resultado de una tarea

3.1.1 Funcionalidades para el alumno

1. Los alumnos podrán realizar una tarea

Debido a que esta herramienta está desarrollada para niños en edad preescolar, de 3 a 6 años, su única función será la de completar la tarea realizando una serie de trazos siguiendo una plantilla previamente seleccionada por el profesor. La interfaz es muy sencilla y solo muestra el lienzo y la plantilla para distraer al niño lo menos posible.
2. Los alumnos podrán finalizar una tarea

Una vez que el niño considere que ha terminado la tarea, podrá pulsar un botón para finalizarla.

3.1.2 Funcionalidades para el profesor

1. Los profesores podrán configurar una tarea

Los profesores podrán configurar cada tarea definiendo una serie de parámetros obligatorios.

1.1. Los profesores podrán seleccionar una plantilla

Para cada tarea deben seleccionar una plantilla previamente almacenada en un directorio. Cada plantilla tiene asociada una plantilla solución. Para agregar nuevas plantillas, habrá que almacenar en el directorio tanto la propia plantilla como la solución. La plantilla solución debe llamarse igual que la plantilla, pero añadiendo “_solución” al final del nombre del archivo.

1.2. Los profesores podrán indicar el número de trazos de la plantilla

Podrán indicar el número de trazos que contiene la plantilla.

1.3. Los profesores podrán seleccionar el color del trazo

Podrán elegir el color del trazo entre varios colores disponibles.

1.4. Los profesores podrán seleccionar el grosor del trazo

Podrán elegir entre 3 grosores de trazo diferentes.

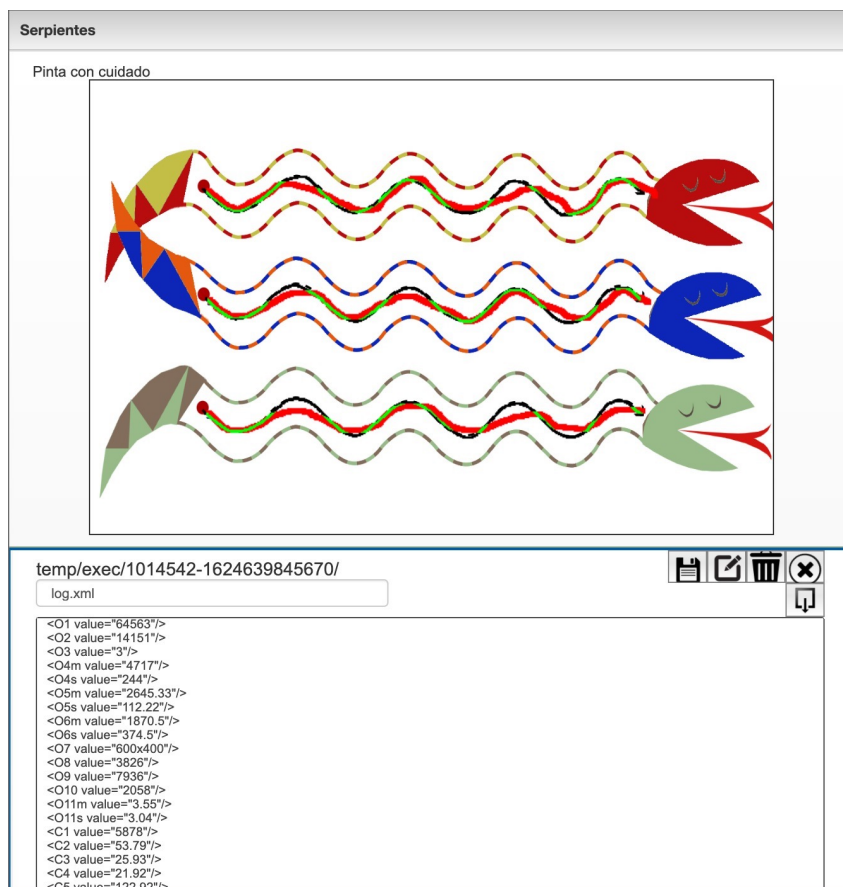
1.5. Los profesores podrán indicar el tamaño de la plantilla

Podrán indicar el tamaño de la plantilla en píxeles.

2.3. Los profesores podrán visualizar el resultado de una tarea

3.2 Indicadores

Como hemos comentado anteriormente, los indicadores se dividen en dos tipos: observados y calculados. A continuación, veremos la definición de cada uno de ellos y para qué sirven. En la Figura 3.1, podemos ver un ejemplo de ejercicio realizado junto con el valor de los indicadores que devuelve. Además, veremos una tabla resumen de todos ellos (Figura 3.2).



The screenshot shows a software interface with the title "Serpientes". Below the title, it says "Pinta con cuidado". The main area contains a drawing of three snakes (red, blue, and green) with wavy lines representing their movement paths. Below the drawing, there is a text area displaying a list of indicators in XML format:

```
temp/exec/1014542-1624639845670/  
log.xml  
<O1 value="64563"/>  
<O2 value="14151"/>  
<O3 value="3"/>  
<O4m value="4717"/>  
<O4s value="244"/>  
<O5m value="2645,33"/>  
<O5s value="112,22"/>  
<O6m value="1870,5"/>  
<O6s value="374,5"/>  
<O7 value="600x400"/>  
<O8 value="3826"/>  
<O9 value="7336"/>  
<O10 value="2058"/>  
<O11m value="3,55"/>  
<O11s value="3,04"/>  
<C1 value="5878"/>  
<C2 value="53,79"/>  
<C3 value="25,93"/>  
<C4 value="21,92"/>  
<C5 value="122,92"/>
```

Figura 3.1 Ejemplo de ejercicio y valor de los indicadores.

Indicadores observados

- Tiempo total (O1)

Es el tiempo que tarda el niño en realizar una tarea, es decir, desde que empieza a dibujar hasta que hace clic en el botón de finalizar. El tiempo

total nos da una visión de la dificultad que ha tenido el niño a la hora de realizar el ejercicio o de su velocidad dibujando.

- Tiempo dibujando (O2)

Es el tiempo que realmente pasa el niño dibujando durante la realización de la tarea. Es un indicador más preciso que el anterior puesto que nos muestra el tiempo que realmente el niño ha estado realizando trazos sin tener en cuenta el tiempo de comprensión del ejercicio o perdido en otras distracciones.

- Número de veces que se ha cortado el trazo (O3)

Indica el número de veces que el niño ha levantado el lápiz de la pantalla para luego seguir dibujando.

- Media y desviación del tiempo de cada trazo dibujado (O4)

Indica la media del tiempo que ha tardado el niño en dibujar cada uno de los trazos y la desviación.

- Media y desviación del número de puntos de cada trazo (O5)

Indica la media del número de puntos de cada uno de los trazos que ha dibujado el niño y la desviación.

- Media y desviación del tiempo de cada intervalo sin dibujar (O6)

Indica la media del tiempo de cada tramo que ha estado el niño sin dibujar y la desviación.

- Tamaño de la imagen (O7)

Es el tamaño de la imagen en píxeles. Nos da una medida del trabajo total que tiene la tarea. Por sí solo no es un indicador del desempeño del niño sino que nos relativiza el resto de indicadores respecto a la actividad concreta.

- Número de puntos solución (O8)

Indica el número de píxeles cubiertos por el trazo de la plantilla solución. Nos da una idea de la complejidad del ejercicio y sirve como referencia para comparar con otros indicadores.

- Número de puntos dibujados (O9)

Indica el número de píxeles que ha cubierto el trazo del niño. Comparado con los puntos de la solución, indica si el niño ha hecho un trazo similar en longitud o si, en cambio, ha dibujado demasiado o muy poco.

- Número de puntos coincidentes (O10)

Indica el número de píxeles que ha dibujado el niño y que, a su vez, están dibujados en la plantilla solución.

- Media y desviación de la distancia de cada punto dibujado al punto más cercano de la solución (O11)

Indica la media de la distancia de cada punto dibujado al punto más cercano de la solución y la desviación.

Indicadores calculados

- Número de puntos que no coinciden entre lo dibujado y la solución (C1)

Indica el número de píxeles que ha dibujado el niño fuera del trazo de la solución.

- Porcentaje de píxeles de la solución que han sido dibujados (C2)

Es el porcentaje del trazo de la plantilla solución que ha completado el niño.

- Porcentaje de píxeles de lo dibujado que coinciden con la solución (C3)

Es el porcentaje de píxeles que ha dibujado el niño que coinciden con los de la solución. Nos permite medir la precisión que ha tenido el alumno dibujando.

- Porcentaje de tiempo dibujando (C4)

Es el porcentaje de tiempo que ha estado el niño dibujando respecto al tiempo total de la tarea. Nos permite evaluar si el niño ha aprovechado el tiempo que ha estado realizando la tarea.

- Píxeles por segundo (C5)

Indica la velocidad a la que ha dibujado el niño.

Observados	Calculados
O1) Tiempo total	C1) N° de puntos que no coinciden entre lo dibujado y la solución
O2) Tiempo dibujando	C2) Porcentaje de píxeles de la solución que han sido dibujados
O3) N° de veces que se ha cortado el trazo	C3) Porcentaje de píxeles de lo dibujado que coinciden con la solución
O4) Media (O4m) y desviación (O4s) del tiempo de cada trazo dibujado	C4) Porcentaje de tiempo dibujando
O5) Media (O5m) y desviación (O5s) del n° de puntos de cada trazo	C5) Píxeles por segundo
O6) Media (O6m) y desviación (O6s) del tiempo de cada tramo sin dibujar	
O7) Tamaño de la imagen	
O8) N° de puntos solución	
O9) N° de puntos dibujados	
O10) N° de puntos coincidentes	
O11) Media (O11m) y desviación (O11s) de la distancia de cada punto dibujado al punto más cercano de la solución	

Figura 3.2 Tabla resumen de los indicadores observados y calculados.

Mediante estos indicadores podremos evaluar tres cualidades: precisión, velocidad y regularidad, tal y como vemos en la Figura 3.3.

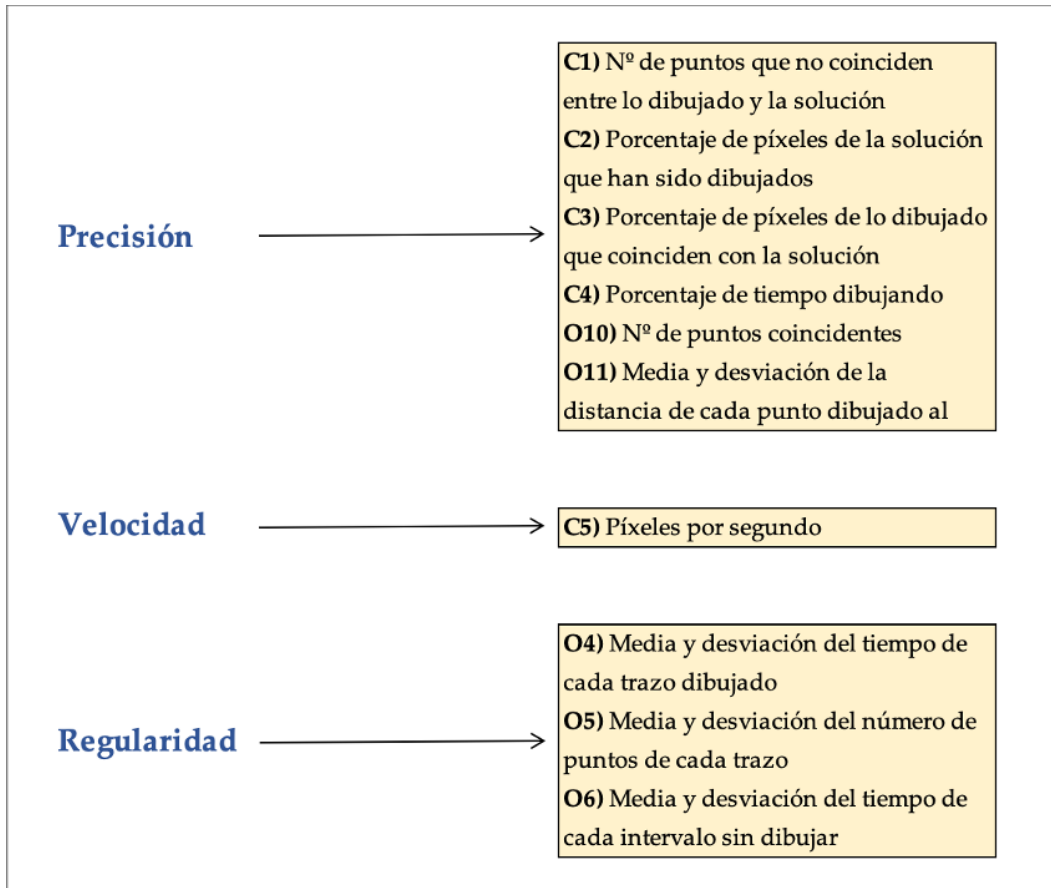


Figura 3.3 Esquema de la relación entre las distintas cualidades y los indicadores.

Una vez realizado un ejercicio, lo dividimos en cuatro tramos iguales de tiempo y en cada uno de ellos calculamos tanto los indicadores observados (Qn_x , donde n es un número del 1 al 4) como los calculados (QCn_x). Una vez obtenidos, los comparamos entre ellos para evaluar la regularidad. En la Figura 3.4 podemos ver una tabla resumen de estos indicadores. En total, tenemos 84 indicadores que se dividen de la siguiente forma:

- 15 indicadores observados
- 5 indicadores calculados

- 12 indicadores observados por cada uno de los 4 tramos o cuartos, es decir, 48 indicadores.
- 4 indicadores calculados por cada cuarto, es decir, 16 indicadores.

Observados por tramo	Calculados por tramo
Qn_2 Tiempo dibujando	QCn_2 Porcentaje de píxeles de la solución que han sido dibujados
Qn_3 N° de veces que se ha cortado el trazo	QCn_3 Porcentaje de píxeles de lo dibujado que coinciden con la solución
Qn_4 Media (O4m) y desviación (O4s) del tiempo de cada trazo dibujado	QCn_4 Porcentaje de tiempo dibujando
Qn_5 Media (Qn_5m) y desviación (Qn_5s) del n° de puntos de cada trazo	QCn_5 Píxeles por segundo
Qn_6 Media (Qn_6m) y desviación (Qn_6s) del tiempo de cada tramo sin dibujar	
Qn_9 N° de puntos dibujados	
Qn_10 N° de puntos coincidentes	
Qn_11 Media (Qn_11m) y desviación (Qn_11s) de la distancia de cada punto dibujado al punto más cercano de la solución	

Figura 3.4 Tabla resumen de los indicadores por cuarto.

Los indicadores se deben valorar de forma conjunta. Analizarlos de forma individual podría llevar a conclusiones erróneas. Por ejemplo, si un niño se dedica a rellenar toda la plantilla sin dejar un solo punto en blanco, el número de puntos coincidentes será igual al número de puntos de la solución y el porcentaje completado será del 100%, por lo que, si no observamos el resto de los indicadores, podría parecer que ha realizado una tarea perfecta.

3.3 Métodos y algoritmos

Para poder hablar de los métodos y algoritmos utilizados, hay que especificar la forma de tratar las imágenes. El primer paso es generar una imagen con el trazo realizado por el niño y otra con el trazo solución. Luego, ambas imágenes son convertidas a una matriz booleana que simula los píxeles de la imagen. Cada celda de la matriz tendrá un valor dependiendo de si el píxel que

representa está en blanco o se ha coloreado. En adelante llamaremos matriz trazo a la generada con el trazo dibujado por el niño y matriz solución a la generada con el trazo solución. Además, se crean dos imágenes más a partir del trazo realizado por el niño que serán necesarias para calcular algunos de los indicadores. Una en la que el color de cada píxel se corresponde con el instante de tiempo en el que es dibujado (imagen tiempo) y otra en la que cada trazo tiene un color distinto (imagen número-trazo). Para ello, es necesario convertir el instante de tiempo o el número de trazo de decimal a hexadecimal.

Indicadores observados

- **Tiempo total (O1)**

Comienza a contar cuando el niño hace el primer clic o la primera pulsación al empezar a dibujar, no al iniciar la tarea. La aplicación captura el evento del clic y guarda una marca de tiempo. Cuando hace clic en el botón terminar, crea otra marca de tiempo y calcula la diferencia para obtener el tiempo total.

- **Tiempo dibujando (O2)**

Cuenta el tiempo que pasa desde que el niño hace clic sobre el canvas hasta que levanta el lápiz o se sale de los límites y lo va acumulando en un contador.

- **Número de veces que se ha cortado el trazo (O3)**

Cada vez que el niño levanta el lápiz de la pantalla y lo vuelve a apoyar para seguir dibujando, lo suma al total. Es decir, se captura el evento de cada clic, excepto del clic inicial, y se van acumulando en un contador.

- Media y desviación del tiempo de cada trazo dibujado (O4)
Almacena en un array el tiempo que pasa el niño dibujando por cada trazo, es decir, desde que hace clic para empezar a dibujar hasta que levanta el lápiz o se sale de los límites. Luego, calcula la media y, a partir de la media y de cada valor del array, calcula la desviación.
- Media y desviación del número de puntos de cada trazo (O5)
A partir de la imagen número-trazo obtenemos a qué trazo pertenece cada punto. Se almacena en un array el número de puntos de cada trazo y luego se calcula tanto la media como la desviación.
- Media y desviación del tiempo de cada intervalo sin dibujar (O6)
Guarda en un array el tiempo de cada tramo que pasa el niño sin dibujar, es decir, desde que termina un trazo, cuando levanta el lápiz o se sale de los límites, hasta que empieza el siguiente. Luego, calcula la media y la desviación.
- Tamaño de la imagen (O7)
El tamaño de la imagen es el resultado de multiplicar el ancho por el alto en píxeles.
- Número de puntos solución (O8)
Cuenta los píxeles que forman parte del trazo solución. Recorre la matriz solución y cada vez que encuentra un punto que no está en blanco, lo suma al total de puntos solución.
- Número de puntos dibujados (O9)

Cuenta los píxeles que forman parte del trazo realizado por el niño. Mismo método que para el número de puntos solución, pero recorriendo en este caso la matriz trazo.

- Número de puntos coincidentes (O10)

Cuenta los píxeles que forman parte de la matriz trazo y la matriz solución a la vez. Recorre la matriz trazo y cada vez que encuentra un punto que no está en blanco, lo compara con ese mismo punto en la matriz solución. Si tampoco está en blanco, lo suma al total de puntos coincidentes.

- Media y desviación de la distancia de cada punto dibujado al punto más cercano de la solución (O11)

Para calcular la distancia media, recorre la matriz trazo y cuando encuentra un punto que está dibujado y no lo está en la matriz solución, empieza a buscar a su alrededor en círculos de radio creciente hasta que encuentra el punto de la solución más cercano. Luego, calcula la distancia.

Indicadores calculados

- Número de puntos que no coinciden entre lo dibujado y la solución (C1)

Relación entre los puntos dibujados y los puntos coincidentes. Calcula la diferencia entre los puntos dibujados y los puntos coincidentes para obtener el número de puntos no coincidentes, es decir, que forman parte del trazo realizado por el niño pero no del trazo solución.

C1 se calcula mediante la expresión $C1 = O9 - O10$.

- Porcentaje de píxeles de la solución que han sido dibujados (C2)
 Relación entre los puntos coincidentes y los puntos solución. Calcula la diferencia entre los puntos solución y los puntos coincidentes y determina el porcentaje del trazo solución que ha completado el niño.
 C2 se calcula mediante la expresión $C2 = O10 / O8 * 100$.
- Porcentaje de píxeles de lo dibujado que coinciden con la solución (C3)
 Relación entre los puntos coincidentes y los puntos dibujados. Calcula qué porcentaje de lo dibujado por el niño coincide con la solución.
 C3 se calcula mediante la expresión $C3 = O10 / O9 * 100$.
- Porcentaje de tiempo dibujando (C4)
 Relación entre el tiempo dibujando y el tiempo total. Calcula el porcentaje del tiempo total que ha pasado el niño dibujando.
 C4 se calcula mediante la expresión $C4 = O2 / O1 * 100$.
- Píxeles por segundo (C5)
 Relación entre los puntos dibujados y el tiempo total. Calcula cuántos píxeles de media dibuja el niño cada segundo.
 C5 se calcula mediante la expresión $C5 = O9 / O1 * 100$.

3.4 Registro

Durante la realización de cada tarea, toda la información relacionada con el ejercicio queda guardado en un fichero de registro o log. El registro almacena la configuración elegida para la tarea (plantilla, grosor del trazo y color), los indicadores mencionados anteriormente y cada acción que realiza el niño en el lienzo o canvas de la tarea.

Hay cuatro tipos de acciones:

- Down: el niño ha pulsado la pantalla para empezar a dibujar
- Up: ha levantado el dedo para dejar de dibujar
- Out: se ha salido de los límites del canvas
- Move: se está moviendo por el canvas

Cada una de estas acciones se almacena junto a la posición en la que se realiza, una marca de tiempo y un contador de tiempo que calcula cuántos milisegundos han pasado desde que empezó la tarea hasta el momento en el que se ha realizado el movimiento.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<session pupil="" exercise="" name="" date="" time="" mode="" width="" height="" type="">
<exercise>
  <imagenOrig path="/siette.htdocs/pxitems/traza_img/22_D.png"/>
  <imagenSol path="https://siette.test.iaia.lcc.uma.es/siette.htdocs/pxitems/traza_img/22_D_solucion.png"/>
  <grosor value="5"/>
  <color value="black"/>
</exercise>
<abstractlog>
  <action action="DOWN" description="1"/>
  <action action="UP" description="2"/>
  <action action="OUT" description="3"/>
  <action action="MOVE" description="4"/>
</abstractlog>
<mouselog>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:35 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="0" action="1" x="108"
y="102"/>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:35 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="4" action="4" x="108"
y="102"/>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:36 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="300" action="4"
x="108" y="103"/>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:36 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="307" action="4"
x="109" y="103"/>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:36 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="322" action="4"
x="109" y="104"/>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:57 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="21752" action="4"
x="440" y="396"/>
  <action time="Sat Jun 05 2021 19:38:57 GMT+0200 (hora de verano de Europa central)" timeCount="21769" action="3"
x="425" y="411"/>
</mouselog>
<indicadores>
  <01 value="22396"/>
  <02 value="16086"/>
  <03 value="5"/>
  <04m value="3217.2"/>
  <04s value="400.96"/>
  <05m value="1610.6"/>
  <05s value="476.16"/>
  <QC3_2 value="5.72"/>
  <QC4_2 value="7.53"/>
  <QC1_3 value="15.17"/>
  <QC2_3 value="24.87"/>
  <QC3_3 value="12.37"/>
  <QC4_3 value="24.53"/>
  <QC1_4 value="26.46"/>
  <QC2_4 value="29.48"/>
  <QC3_4 value="25"/>
  <QC4_4 value="19.07"/>
  <QC1_5 value="500.27"/>
  <QC2_5 value="412.22"/>
  <QC3_5 value="316.13"/>
  <QC4_5 value="209.68"/>
</indicadores>
</session>
```

Figura 3.5 Ejemplo de registro.

Estos registros se podrán almacenar en un servidor para que los profesores puedan recuperar los datos de una tarea concreta de un alumno. En la Figura 3.5 podemos ver un ejemplo de registro.

3.5 Arquitectura

Las aplicaciones web están basadas en el modelo Cliente/Servidor (Figura 3.6). La aplicación es proporcionada por un servidor web y utilizada por usuarios que se conectan desde un navegador. Los clientes generan el tráfico enviando las peticiones al servidor y recibiendo las respuestas. Los servidores reciben las peticiones del cliente y generan las respuestas. Proveen acceso a recursos tanto estáticos como dinámicos y controlan el acceso a estos recursos mediante autenticación y autorización.

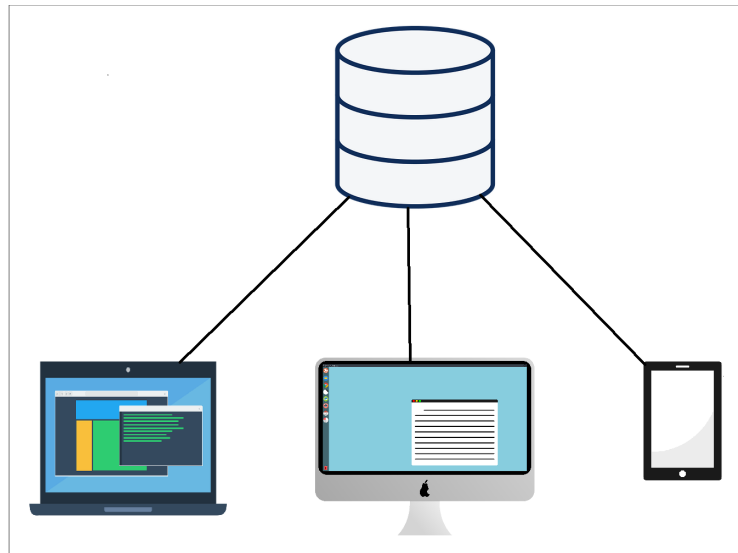


Figura 3.6 Esquema del modelo cliente/servidor.

Una aplicación web está compuesta por la interfaz, a la que los usuarios acceden a través del navegador, la lógica de negocio, que define los procesos que

involucran a la aplicación y la base de datos. Además, se divide en dos o más capas. El modelo más común es el de tres capas:

- Capa de presentación
Recoge la petición del usuario y la envía al servidor. Manda la información a la capa de proceso y recibe el resultado. Luego, lo presenta al usuario.
- Capa de proceso
Recibe los datos de la capa de presentación e interactúa con la capa de datos para realizar operaciones. Envía el resultado a la capa de presentación.
- Capa de datos
Almacena los datos y asegura su integridad.

El modelo Cliente/Servidor cuenta con algunos beneficios como:

- Control centrado en el servidor
Los accesos y los recursos los controla el servidor. Esto, entre otras cosas, mejora la seguridad del sistema, protegiéndolo de posibles accesos no autorizados.
- Escalabilidad
Es posible aumentar la capacidad de clientes y servidores sin afectar el funcionamiento.
- Mantenimiento sencillo
Al tener las responsabilidades claramente separadas, se pueden hacer cambios en un lado sin que afecte al otro.

También tiene algunas desventajas como, por ejemplo:

- Dependencia del servidor

Si el servidor falla, el sistema falla y las peticiones del cliente no se podrán cumplir.

- Congestión en la red

Si se producen a la vez un gran número de peticiones al servidor por parte de los clientes, éste puede colapsar.

SIETTE sigue una arquitectura cliente servidor, y nuestra herramienta está integrada en ella. Los componentes que forman la herramienta implementada en este TFG son los siguientes:

- SIETTE, donde se integra nuestra herramienta
- El editor de las tareas de prescritura
- La tarea de prescritura
- El servidor donde se almacenan los ficheros de registro

En la Figura 3.7 podemos ver la relación entre estos componentes:

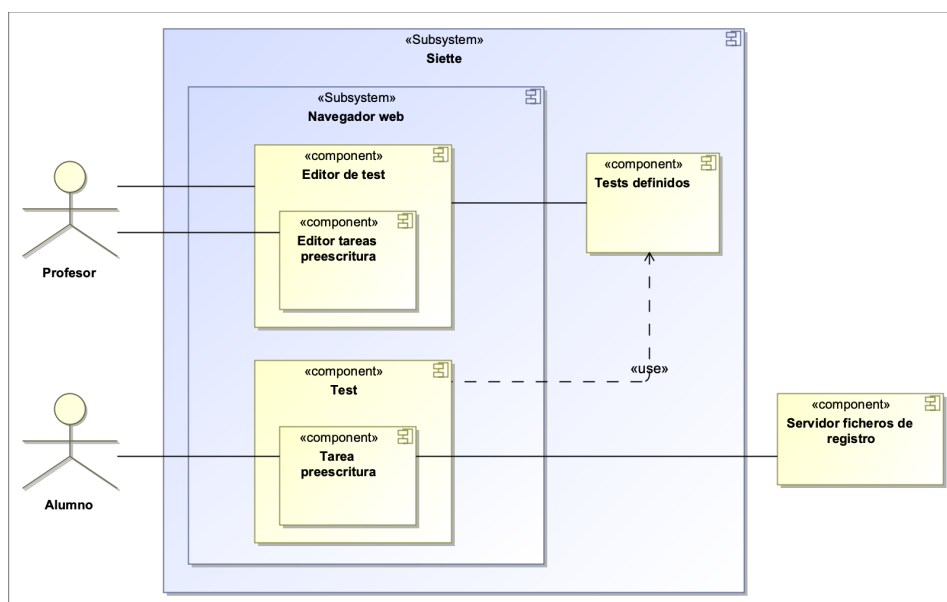


Figura 3.7 Diagrama de componentes.

3.6 La interfaz

La interfaz de la herramienta cuenta con un diseño responsive que permite su correcta visualización en cualquier dispositivo. Es una interfaz sencilla, con el mínimo de elementos necesarios que permiten al niño realizar una tarea con las mínimas distracciones posibles, de forma que solo pueda dibujar y finalizar la tarea.

3.6.1 Configuración de una tarea

La interfaz está dividida en dos partes: el menú de configuración y la previsualización. El menú de configuración (Figura 3.8) está situado en el lateral izquierdo de la pantalla y permite seleccionar una plantilla, el grosor del trazo y el color del trazo. No hay que seleccionar la plantilla solución, puesto que va asociada a la plantilla. Para ello, debe nombrarse igual que la plantilla, añadiendo “_solución” al final del nombre del archivo. También cuenta con un botón para empezar la tarea. Es el profesor el que debe configurar la tarea.

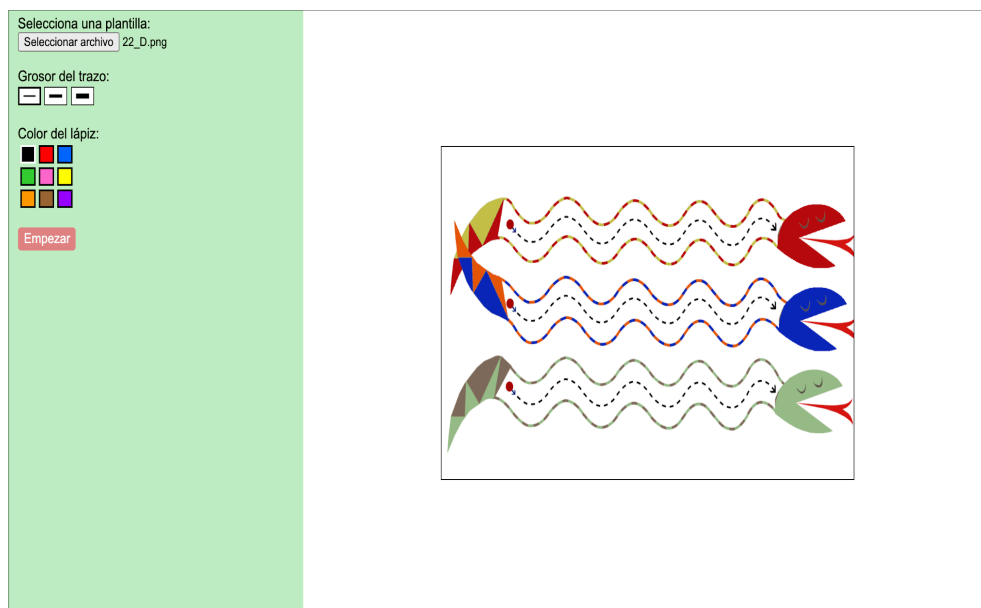


Figura 3.8 Menú de configuración de una tarea.

La previsualización ocupa el resto de la pantalla y, tal y como su propio nombre indica, permite previsualizar la plantilla seleccionada sobre la que posteriormente dibujará el niño.

3.6.2 Realización de un ejercicio

La interfaz de la página de realización de un ejercicio está dividida en dos partes: la cabecera y el cuerpo. La cabecera está compuesta por una línea horizontal de color verde que contiene un botón para terminar la tarea situado en el centro. Por otro lado, el cuerpo está compuesto por el lienzo sobre el que el niño dibujará. Este lienzo tendrá como imagen de fondo la plantilla solución del ejercicio, que servirá de guía al niño, tal y como vemos en la Figura 3.9.



Figura 3.9 Página de realización de un ejercicio.

3.7 Integración de la herramienta en SIETTE

Integrar la herramienta en SIETTE nos otorga una serie de ventajas. Las más importantes son las siguientes:

- Nos proporciona ya toda la estructura. De esta forma, nos permite centrarnos única y exclusivamente en la propia aplicación.
- Nos da la posibilidad de poner la aplicación a disponibilidad de todos los profesores tanto de la Universidad de Málaga como del resto de centros educativos que tienen acceso a SIETTE de una forma rápida y relativamente sencilla.
- Permite a los profesores aprovecharse de todas las posibilidades y herramientas que ofrece SIETTE, un sistema pensado para ellos y que conoce sus necesidades.

Flujo de trabajo

En este caso, deberá ser el profesor el que acceda al sistema y configure una tarea eligiendo la plantilla y su tamaño, el grosor y el color del trazo. Una vez configurada, es el niño el que empezará a dibujar hasta que considere que ha terminado la tarea y pulse el botón para finalizar. Una vez finalizada, se mostrará la corrección del ejercicio y los resultados se almacenarán en el log.

Interfaz de configuración

En el menú de configuración (Figura 3.10), el profesor podrá seleccionar la plantilla, el tamaño de la imagen, el grosor del trazo y el color del trazo. Además, podrá indicar un enunciado para la tarea.

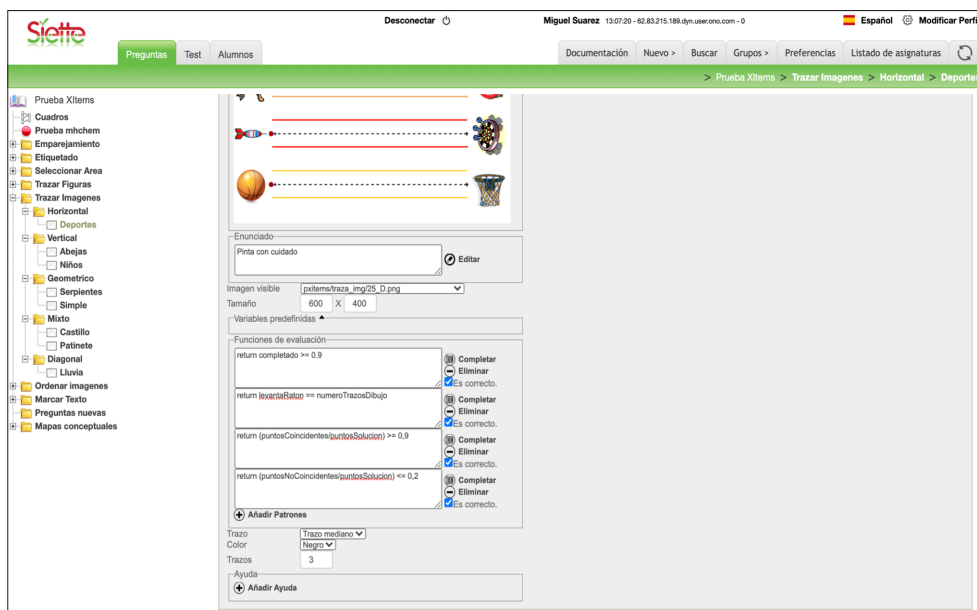


Figura 3.10 Menú de configuración de SIETTE.

Interfaz para resolver ejercicios

Se muestra tanto el enunciado de la tarea como la plantilla sobre la que tiene que dibujar el alumno, además del botón para finalizar la tarea. En la Figura 3.11 podemos ver un ejemplo.

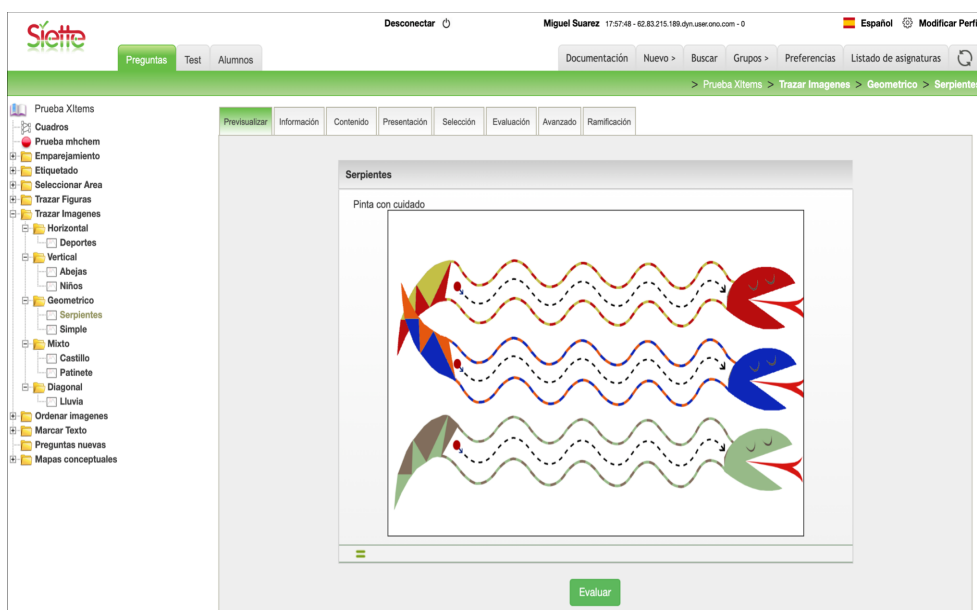


Figura 3.11 Página de realización de un ejercicio de SIETTE.

Visualización de resultados

Una vez finalizada la tarea, podremos ver la imagen de la corrección (Figura 3.12). En la imagen se superponen la plantilla, el trazo solución y el trazo realizado por el alumno. En este último, los píxeles que coinciden con el trazo solución son de color verde y los píxeles que no coinciden son de color rojo. Además, debajo de la imagen está disponible el registro para visualizarlo y descargarlo.

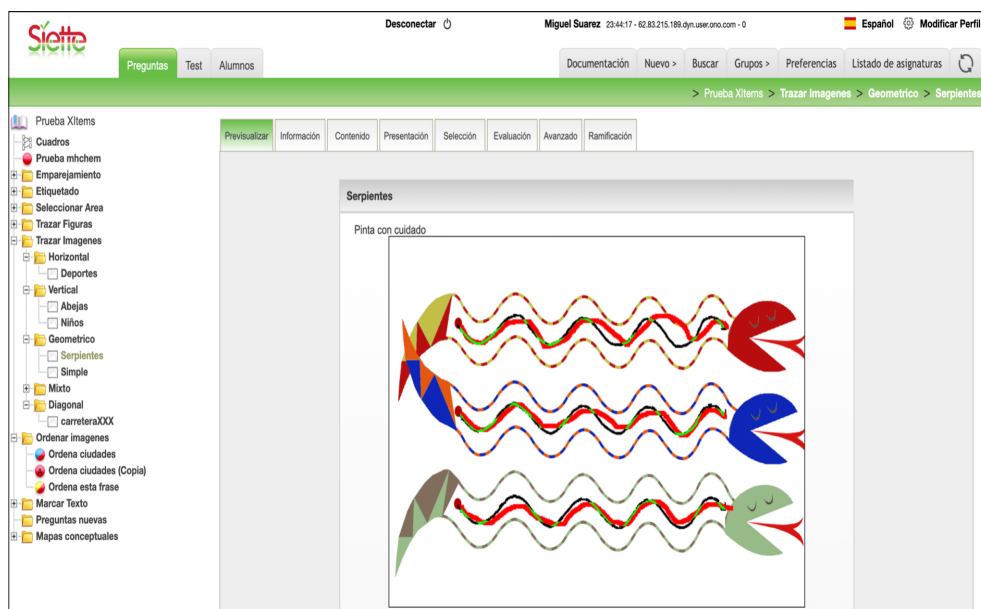


Figura 3.12 Página de visualización de resultados de SIETTE.

Evaluación de la tarea

El paso anterior muestra visualmente la tarea. El proceso de evaluación de la misma consiste en valorar los aspectos positivos de su realización y penalizar aquellos que sean incorrectos. Para ello se usan los indicadores que genera la herramienta sobre el proceso de realización del ejercicio.

En SIETTE, la evaluación se hace en “funciones de evaluación”. Las funciones de evaluación son pequeños programas escritos en lenguaje de script propio de SIETTE que sirven para determinar si la respuesta de un alumno cumple una determinada condición, asignándole en cada caso un valor como correcto o no («Patrones de funciones de evaluación», 2021). Se hace una evaluación basada en restricciones, donde se van dando reglas de elementos que se consideran positivos, que dan nota, y otros negativos, que la quitan.

En nuestro sistema, la respuesta es una cadena de variables que se corresponden con los indicadores generados al realizar la tarea. Se van a considerar únicamente aspectos positivos. Los que no se cumplan directamente no suman nada. En la Figura 3.13 podemos ver las variables, junto con una breve explicación y los valores que pueden tomar, y alguna función de evaluación de ejemplo.

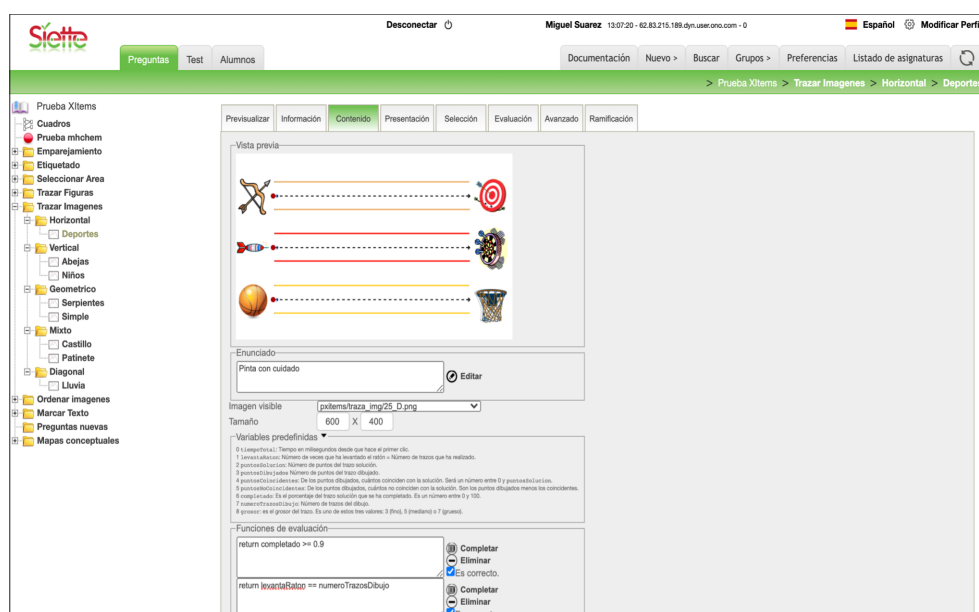


Figura 3.13 Página de configuración de las funciones de evaluación.

4

Metodología de diseño

4.1 Descripción de la metodología

La metodología Scrum es un proceso diseñado para buscar la colaboración eficaz de un equipo de trabajo en un proyecto, empleando una serie de reglas y definiendo unos roles. Esta metodología está basada en un estudio de Takeuchi y Nonaka (1986) acerca de los procesos de desarrollo utilizados en países como Estados Unidos y Japón y fue formalizada para el desarrollo de Software en 1995 por Ken Schwaber. Los fundamentos de Scrum están recogidos en el manifiesto ágil, escrito por varios expertos en el desarrollo ágil en 2001 (Beck et al., 2001).

Scrum define 3 roles (Schwaber & Sutherland, 2017): el dueño del producto, el equipo de desarrollo y el Scrum Master. El dueño del producto es el responsable de maximizar el valor del producto y el trabajo del equipo de desarrollo. El equipo de desarrollo se encarga de desarrollar las iteraciones funcionales del producto. El Scrum Master es el responsable de asegurarse que se está cumpliendo la metodología, ayudando a todos los miembros a entenderla.

El desarrollo del producto se divide en varias iteraciones o Sprints de corta duración, normalmente de unas 2 semanas, aunque pueden durar hasta 4. Al final de cada iteración se hace una entrega parcial. En la Figura 4.1 vemos un esquema de los distintos ciclos de este TFG.

Scrum también define una serie de artefactos: Product Backlog, Sprint Backlog e Incremento o Incremento. El Product Backlog es una lista ordenada de todos los requisitos del producto. Está en continuo desarrollo. El Sprint Backlog es el subconjunto de ítems del Product Backlog seleccionados para el Sprint. El Incremento es la suma de todos los ítems del Product Backlog completados en un Sprint y el valor de los Incrementos de los Sprints anteriores.

Los principales beneficios de Scrum son:

- Trabajo en equipo
- Flexibilidad
- Comunicación con el cliente mediante reuniones
- Provee software funcional de forma incremental mediante entregas parciales
- Reducción de riesgos

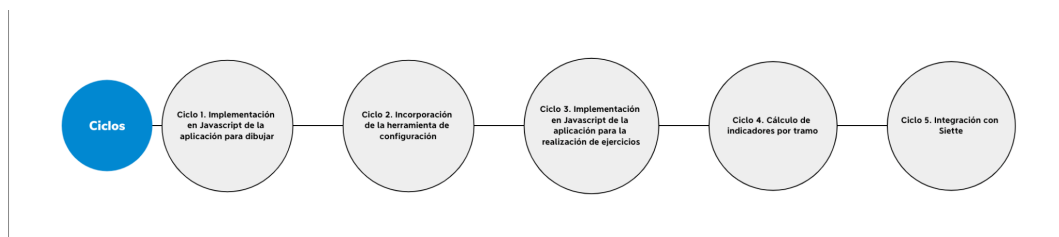


Figura 4.1 Esquema de los distintos ciclos.

4.2 Ciclo 1. Implementación en JavaScript de la aplicación para dibujar

En el primer ciclo se desarrolló una primera versión de la aplicación que permitía dibujar sobre un lienzo en blanco. La aplicación detectaba si el usuario había pulsado con el lápiz sobre el lienzo, si estaba arrastrando el lápiz, si lo levantaba y se salía del lienzo. En función de estos cuatro eventos, realizaba una acción u otra.

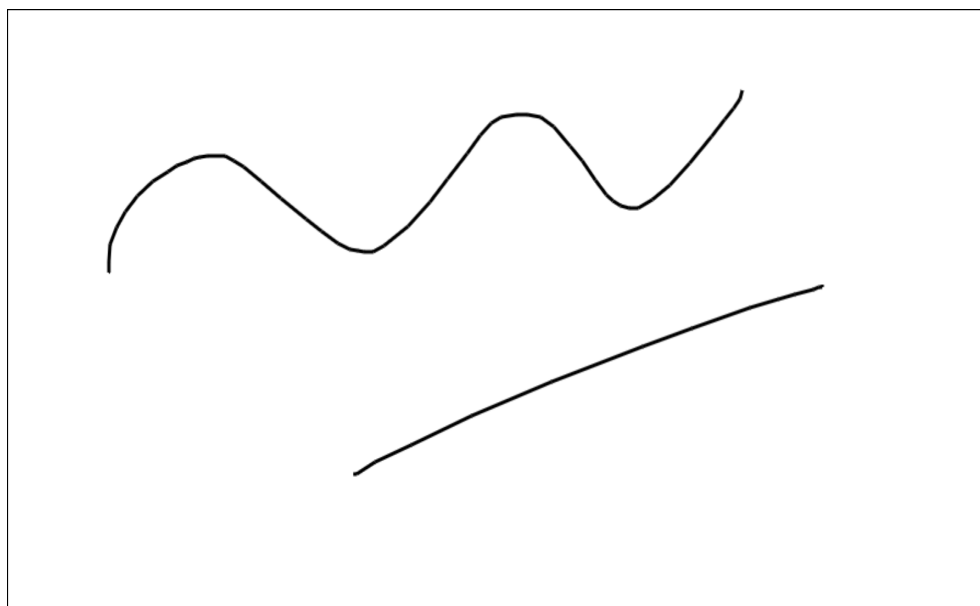


Figura 4.2 Ejemplo de trazos realizados en la primera versión.

Se realizan pruebas utilizando distintos colores y grosores para dibujar. El objetivo era asegurarse de que la herramienta de dibujo funcionaba de la forma más precisa posible, puesto que será la base de la versión final. En la Figura 4.2 vemos un ejemplo de trazos realizados en esta primera versión.

4.3 Ciclo 2. Incorporación de la herramienta de configuración

En el segundo ciclo, se desarrolló la herramienta de configuración, la cual podemos ver en la Figura 4.3. La herramienta consiste en un panel que permite elegir distintas variables como la plantilla que va a servir de guía para dibujar y el grosor o el color del trazo. Además, se incluye la previsualización de la plantilla seleccionada.

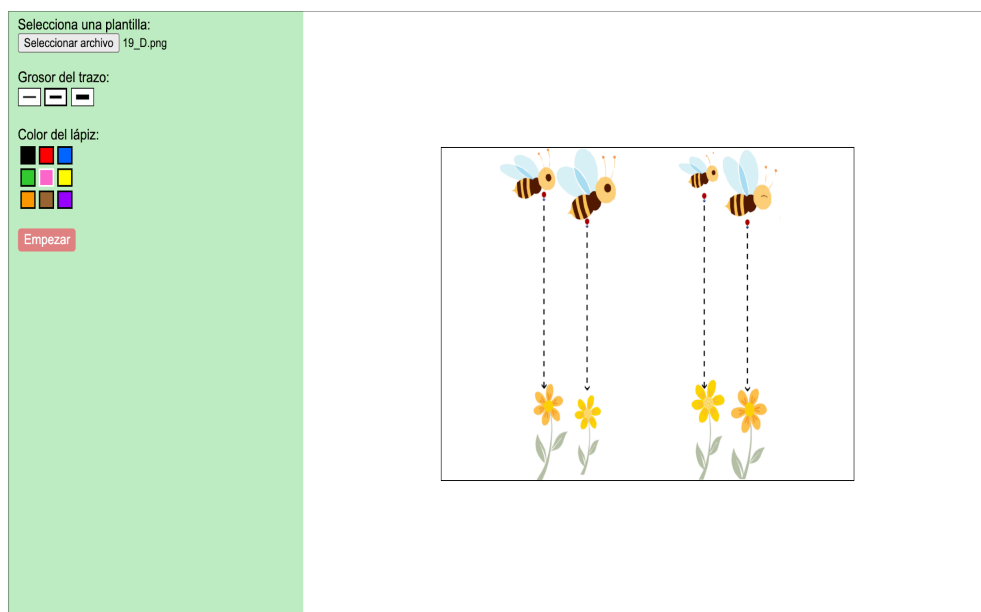


Figura 4.3 Menú de configuración de una tarea.

Estas variables forman parte de un formulario y, mediante un botón, se guardan en la sesión y se redirige al usuario a la herramienta de dibujo. También se incorpora en la aplicación para dibujar un botón para terminar y devolver al

usuario a la herramienta de configuración. Además, ahora se muestra sobre el lienzo la plantilla seleccionada que servirá de guía al niño.

En un primer instante, se incluyó una herramienta de configuración en la aplicación para dibujar donde el niño podía cambiar el grosor y el color del trazo mientras dibujaba. Posteriormente, se decidió eliminar esta herramienta para evitar posibles distracciones del niño y que se centrara simplemente en dibujar.

4.4 Ciclo 3. Implementación en JavaScript de la aplicación para la realización de ejercicios

Una vez desarrolladas la aplicación para dibujar y la herramienta de configuración (Figura 4.4), en el tercer ciclo nos centramos en los indicadores. Una vez que el usuario ha terminado de dibujar, y teniendo en cuenta la plantilla seleccionada en la herramienta de configuración, se calculan tanto los indicadores observados como los calculados, como el número de veces que el usuario ha levantado el lápiz o la distancia media de cada punto dibujado por el usuario al punto más cercano de la solución, y se guardan en el registro.

Como hemos comentado anteriormente, para obtener los indicadores se crean dos matrices booleanas, que nos ayudarán a comparar el trazo realizado en la tarea con el trazo solución:

- Matriz trazo: cada celda indica si el píxel correspondiente en la imagen generada a partir del trazo realizado por el niño ha sido dibujado o no
- Matriz solución: cada celda indica si el píxel correspondiente en la imagen solución ha sido dibujado o no

Además, se crean dos arrays con la información de los píxeles tanto de la imagen creada a partir del trazo del niño (imagen trazo) como de la imagen solución. Los arrays están organizados en bloques de 4, que se corresponden con el código RGBA (rojo, verde, azul y alfa u opacidad) de cada uno de los píxeles.

Analizando y comparando estas cuatro estructuras obtenemos los indicadores observados y calculados, que nos permitirán evaluar una tarea. Estos indicadores se almacenan en un fichero de registros junto con la configuración elegida para la tarea. Además, se almacena cada movimiento realizado por el niño en el lienzo.

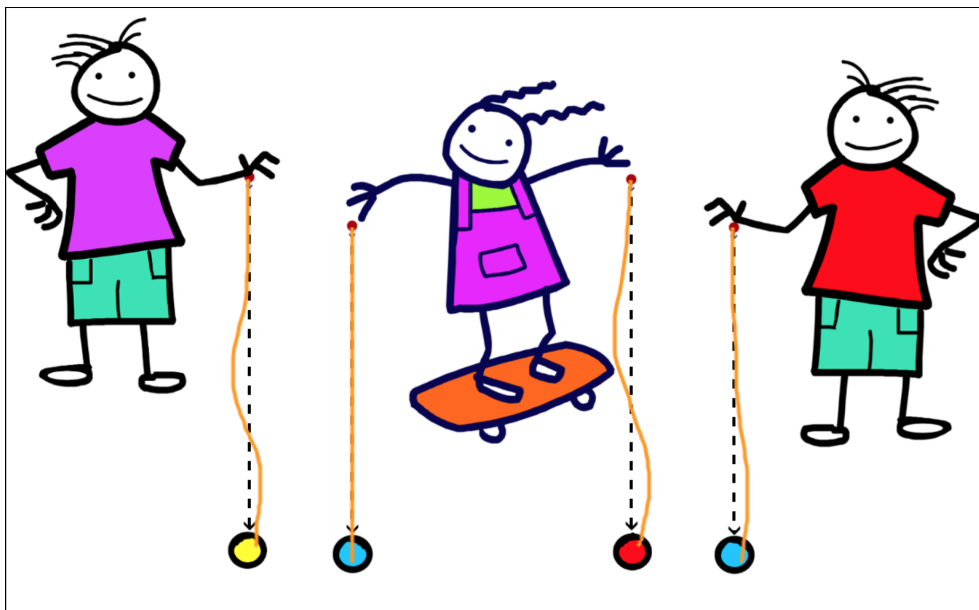


Figura 4.4 Ejemplo de trazos realizados sobre una plantilla.

4.5 Ciclo 4. Cálculo de indicadores por tramo

Ahora que ya tenemos los indicadores observados y calculados, el objetivo de este ciclo es implementar los métodos necesarios para obtener los indicadores por tramo, tanto observados como calculados.

Para calcular estos indicadores, necesitamos crear dos estructuras nuevas. A partir de la imagen tiempo y de la imagen número-trazo que vimos en el apartado 3.3 (Métodos y algoritmos), creamos un array con la información de cada imagen. Al igual que los dos arrays creados en el ciclo anterior, éstos están organizados en bloques de 4, que se corresponden con el código RGBA de cada uno de los píxeles.

En el array creado a partir de la imagen tiempo, el color de cada píxel varía según el instante de tiempo en el que ha sido dibujado. Para obtener el color, tenemos que convertir el instante de tiempo de RGB a hexadecimal y de hexadecimal a decimal.



Figura 4.5 Ejemplo de imagen tiempo.

En cambio, en el array creado a partir de la imagen número-trazo, el color de cada píxel se corresponde con el número de trazo que se esté dibujando. El color del primer trazo será el $(0,0,0,1)$, el del segundo trazo será el $(0,0,1,1)$ y así

sucesivamente. Para obtener el color, realizamos el mismo procedimiento que en el caso anterior.

En las Figuras 4.5 y 4.6 podemos ver un ejemplo de imagen tiempo y de imagen color respectivamente. Aunque en la imagen número-trazo no se aprecie el cambio de color de un trazo a otro, esto se debe a que los colores consecutivos en el código RGBA son prácticamente iguales a la vista.

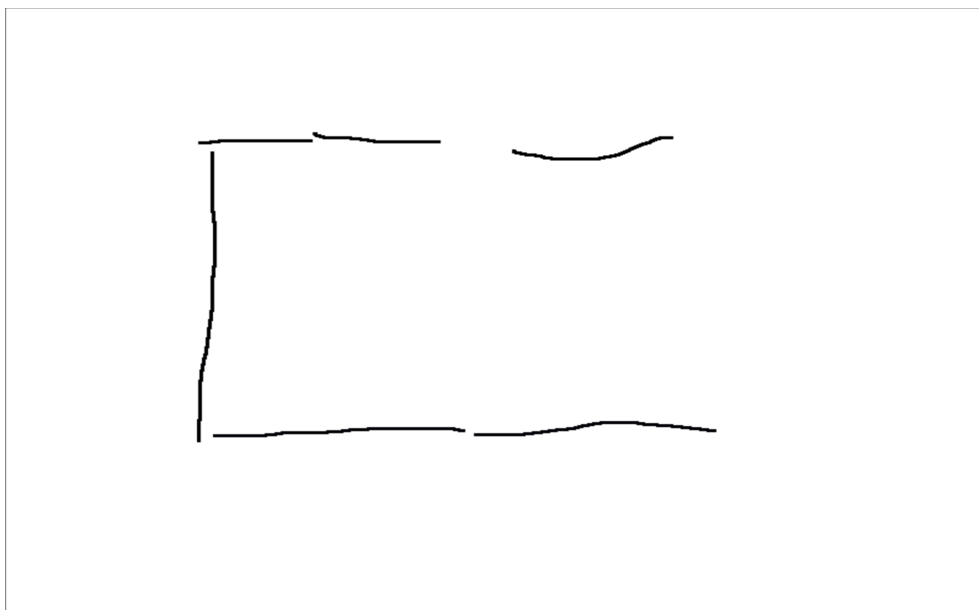


Figura 4.6 Ejemplo de imagen número-trazo.

4.6 Ciclo 5. Integración con SIETTE

Podemos decir que el flujo de trabajo de la aplicación consiste en:

- Configurar la tarea en el menú de configuración
- Guardar los datos en la sesión
- Redirigir a la página de realización de la tarea
- Recoger los datos de la sesión y preparar la tarea
- Realización de la tarea

Sin embargo, a la hora de integrar la aplicación en SIETTE, hay que tener en cuenta que ya te proporciona el propio menú de configuración de la tarea. Por lo tanto, se ha eliminado este menú de la aplicación y, en vez de recoger los datos necesarios para la configuración de la tarea de la sesión, se recogen directamente de SIETTE.

Hasta ahora, una vez realizada la tarea, se redimensionaba la imagen para obtener otra del mismo tamaño que la solución que nos permitiera compararla y corregirla. Es decir, para poder comparar las imágenes y calcular los indicadores, había que esperar a que terminara el proceso de redimensión. Sin embargo, debido a la incompatibilidad con el código de SIETTE, hemos tenido que mostrar una imagen con un tamaño fijo que se determina mediante el menú de configuración de la tarea.

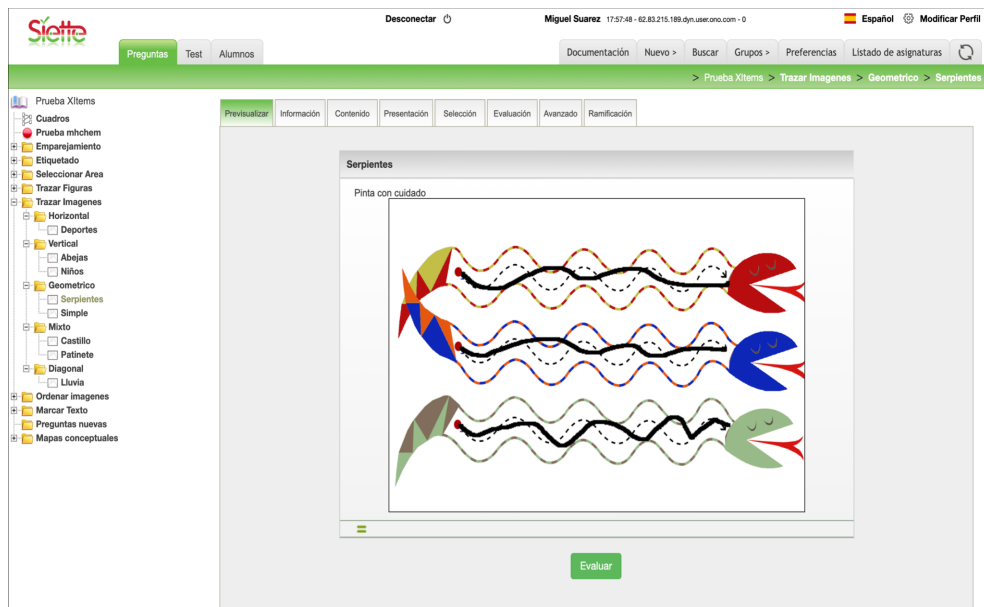


Figura 4.7 Ejemplo de trazo realizado sobre una plantilla

En cuanto a la página de realización de la tarea, se ha eliminado la interfaz, dejando sólo el canvas sobre el que se realiza el ejercicio, que se integra en la interfaz de SIETTE, tal y como podemos ver en la Figura 4.7.

Respecto al código, hay que implementar tres funciones:

- Evaluación: devuelve un array de valores que se corresponden con los indicadores de la tarea realizada ya calculados anteriormente
- Resolver: muestra la corrección del ejercicio realizado
- Solución: muestra la imagen solución

Para mostrar la corrección, se crea una nueva matriz (matriz corrección) con los píxeles dibujados tanto en el trazo realizado como en el trazo solución. Los píxeles dibujados por el niño que están fuera de la solución se pintan de rojo. Los que están dentro del trazo solución, se pintan de verde. A partir de esta matriz, se genera la imagen de la corrección y se muestra en la pantalla. En la Figura 4.8 podemos ver un ejemplo.

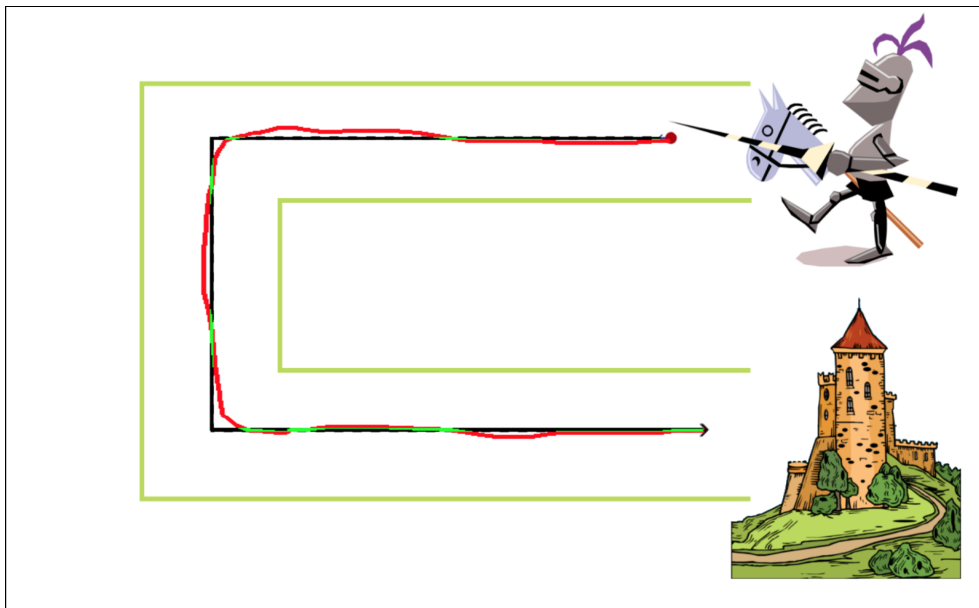


Figura 4.8 Ejemplo de ejercicio corregido

5

Conclusiones y futuros trabajos

En este TFG se ha diseñado una herramienta que permite realizar tareas de prescritura a niños pequeños y proporciona a los profesores una serie de indicadores de la tarea realizada para su evaluación. La herramienta se ha integrado en SIETTE para poder contar con todas sus ventajas y ha sido desarrollada siguiendo una metodología ágil.

5.1 Conclusiones

De la realización de este TFG podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Se ha estudiado el proceso de aprendizaje de la escritura en niños pequeños y sus distintas fases. Además, hemos visto algunos conceptos importantes en este proceso como la motricidad, tanto gruesa como fina, la grafomotricidad o las disgrafías. Este estudio ha permitido diseñar cuales son los ejercicios más adecuados y establecer indicadores que permitan evaluar la corrección de los mismos.
- Tomando como referencia el proyecto TRAZO, se ha desarrollado esta herramienta web en JavaScript disponible para los navegadores más utilizados, como Google Chrome o Safari, que permite recoger la realización de trazos para entrenar la grafomotricidad. Además, incluye un conjunto de indicadores para medir todo el proceso de realización de las tareas.
- Se han implementado 8 plantillas de ejercicios distintas en las que los alumnos podrán realizar diferentes tipos de trazos con los que trabajarán habilidades como la motricidad, la coordinación visomotora, la orientación espacial, etc. Además, se pueden añadir tantas plantillas nuevas como sean necesarias.
- Se han desarrollado los métodos necesarios para calcular hasta 84 indicadores de cada tarea como, por ejemplo, el tiempo que ha tardado el niño en realizar la tarea, el número de trazos que ha realizado o la media y la desviación del número de puntos o píxeles de cada uno de estos trazos. Estos indicadores miden la similitud entre el trazo realizado por el niño y el trazo objetivo del ejercicio. Los indicadores se han organizado en diferentes niveles para permitir medir tanto las características más avanzadas del trazo como propiedades de mayor nivel incluyendo una

componente temporal: la variación del rendimiento del niño a lo largo de la ejecución del ejercicio.

- Se ha implementado un sistema de registro que almacena todos los movimientos que ha realizado el niño y todos los indicadores que se recogen de la tarea para su posterior evaluación. Guardar esta información permitirá, en un futuro, reevaluar cada sesión realizada en caso de que se desee cambiar los criterios de evaluación o se necesitare obtener nuevos indicadores no contemplados en esta versión del software.
- Se ha integrado la herramienta en la plataforma SIETTE, adaptando el código para ello. También se ha adaptado el menú de configuración de la tarea en SIETTE para poder definir una serie de parámetros. Además, se han diseñado las funciones de evaluación que, a partir de los indicadores recogidos de la tarea, calculan el resultado. Esto ha permitido unir la funcionalidad de la herramienta y su capacidad de evaluación de prescripción a la capacidad de evaluación, organización y gestión de sesiones y usuario de SIETTE, produciendo así un valor añadido que va más allá de la suma de cada una de las herramientas por separado.

5.2 Futuros trabajos

Hay varias posibles mejoras que se podrían implementar o funcionalidades que se le podrían añadir a este proyecto como, por ejemplo:

- Posibilidad de generar gráficas que representen el resultado de los ejercicios a partir de la lectura del registro obtenido de la tarea.
- Adaptar la herramienta a nuevos tipos de ejercicios como, por ejemplo, la repetición de letras o números.

- Aunque ya se obtienen una gran cantidad de indicadores, puede surgir la necesidad de obtener nuevos tanto con los tipos de ejercicios actuales como con los posibles nuevos tipos.
- Otra funcionalidad interesante podría ser mostrar al alumno una animación de cómo debería resolver el ejercicio.
- Realizar una batería de pruebas de los ejercicios con un grupo de niños. Esto permitiría recolectar un buen conjunto de datos sobre los indicadores que permitiese realizar un análisis más completo sobre ello y plantear generar funciones evaluativas a partir de diversos estadísticos obtenidos.
- Implementar un editor gráfico en la parte del profesor con el que poder dibujar los ejercicios en lugar de tener que dibujarlos utilizando un software externo y subirlos como una imagen. Esto permitiría además mayor flexibilidad a la hora de crear la imagen solución utilizada en la corrección de cada ejercicio.

Referencias

- Conejo, R., Guzmán, E., Trella, M. (2016). *The SIETTE Automatic Assessment Environment. International Journal of Artificial Intelligence in Education* 26 (1), 270-292.
- Diego-Cottinelli, A. (2009). Mecanismos para el modelado y monitorización de actividades vinculadas a preescritura en educación infantil. TFG. Universidad de Málaga.
- Diego-Cottinelli, A. (2010). Modelado de un entorno tecnológico para apoyar el desarrollo motriz en educación infantil. TFM. Universidad de Málaga.
- Diego-Cottinelli, A.D., & Barros, B. (2010). TRAZO: *a tool to acquire handwriting skills using tablet-PC devices. Interaction Design and Children, Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children, IDC 2010, Barcelona, Spain, June 9-12, 2010.*
- Dinehart, L. H. (2015). *Handwriting in early childhood education: Current research and future implications. Journal of Early Childhood Literacy*, 15(1), 97–118. <https://doi.org/10.1177/1468798414522825>
- Marín, M. (1999). *Lingüística y enseñanza de la lengua*. Aique.
- Perea Ortega, A. J., & Perea Ortega, M. A. (2013–2014). Desarrollo didáctico de la escritura. Cauce. *Revista Internacional de Filología, Comunicación y sus Didácticas*, 36-37.
https://cvc.cervantes.es/literatura/cauce/pdf/cauce36-37/cauce_36-

37_012.pdf

Auzias, M. (1981). Los trastornos de la escritura infantil. Laia.

¿Cómo aprenden a escribir los niños? Fases del aprendizaje de la escritura. (s. f.). elbebe.com. <https://www.elbebe.com/educacion/ninos-aprendizaje-escritura>

Diamond, A. (2013). Executive functions. Annual review of psychology, 64, 135-168.

SIETTE. (2020, 25 febrero). SIETTE.

<https://wiki.siette.org/doku.php?id=:es:start>

Sánchez de Medina Hidalgo, C. M. (2019, diciembre). La importancia de la lectoescritura en educación infantil. Innovación y experiencias educativas, 14.

https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revisita/pdf/Numero_14/CARMEN_SANCHEZ_1.pdf

Cómo aprenden los niños a leer y escribir. Pautas para fomentar estos aprendizajes. (2013, 7 junio). Educapeques.

<https://www.educapeques.com/escuela-de-padres/aprender-leer-y-escribir.html>

Montagud Rubio, N. (2019). Tipos de motricidad (gruesa y fina) y sus características. Psicología y Mente.

<https://psicologiaymente.com/salud/tipos-de-motricidad>

Los distintos tipos de disgrafía: características y consecuencias para el aprendizaje | VIU. (2014, 4 octubre). Universidad Internacional de Valencia. <https://www.universidadviu.es/los-distintos-tipos-de-disgrafia-caracteristicas-y-consecuencias-para-el-aprendizaje>

Silva, C. (2011, 17 diciembre). Clasificación de las disgrafías. La Dislexia.

<http://www.ladislexia.net/disgrafias-clasificacion>

Muñoz, C. (2016, 22 agosto). La importancia de la prelectura y la preescritura.

- ISEP Clínic. <https://isepclinic.es/blog/la-importancia-la-prelectura-la-preescritura>
- Sarabia Jiménez, M. (2008, diciembre). La preescritura en la etapa de infantil. *Innovación y experiencias educativas*, 13.
https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_13/MINERVA_SARABIA_2.pdf
- Pacheco García, M. T. (2011, septiembre). La grafomotricidad en la educación infantil. *Temas para la Educación*, 16.
<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8640.pdf>
- Lowenfeld, V. (1957). *Creative and mental growth*.
- Reid Chassiakos, Y. (2018, 6 mayo). La importancia de la escritura a mano en la era digital. *Healthy Children*.
<https://www.healthychildren.org/Spanish/family-life/Media/Paginas/The-Importance-of-Handwriting-in-the-Digital-Age.aspx>
- Stokes, K. (2011, 29 septiembre). *Why Schools Should Keep Teaching Handwriting, Even If Typing Is More Useful*. *Indiana Public Media*.
<https://indianapublicmedia.org/stateimpact/2011/09/29/why-schools-should-keep-teaching-handwriting-even-if-typing-is-more-useful>
- Mangen, A., & Balsvik, L. (2016). *Pen or keyboard in beginning writing instruction? Some perspectives from embodied cognition*. *Trends in Neuroscience and Education*, 5.
https://www.researchgate.net/publication/304780482_Pen_or_keyboard_in_beginning_writing_instruction_Some_perspectives_from_embodied_cognition
- Berninger, V., Abbott, R., Cook, C. R., & Nagy, W. (2017). *Relationships of Attention and Executive Functions to Oral Language, Reading, and Writing Skills and Systems in Middle Childhood and Early Adolescence*. *Journal of learning disabilities*, 50(4), 434–449.

<https://doi.org/10.1177/0022219415617167>

Trazo. (2008). Patio.

http://patio.lcc.uma.es/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=15&lang=es

Handwriting Without Tears. (s. f.). *Learning Without Tears*.

<https://www.lwtears.com/hwt>

Kids Learn To Write. (2017). [Software]. *Greysprings Software Solution Pvt.*

Ltd. <https://www.greysprings.com/products/tracingapp>

Letter School. (2011). [Software]. *Letterschool Enabling Learning B.V.*

<https://www.letterschool.org>

iTrace. (2012). [Software]. Michael Bogorad. <http://itraceapp.com>

Writing Wizards. (2017). [Software]. *L'Escapadou*.

<https://lescapedou.com/wp/en/writing-wizard-app/>

Donica D. K. (2015). *Handwriting Without Tears®: General Education Effectiveness Through a Consultative Approach*. *The American journal of occupational therapy: official publication of the American Occupational Therapy Association*, 69(6), 6906180050p1–6906180050p8.

<https://doi.org/10.5014/ajot.2015.018366>

Patrones de funciones de evaluación. (2021). En SIETTE.

<https://wiki.siette.org/doku.php?id=es:manual:items:patron:funciones>

The New New Product Development Game. Hirotaka Takeuchi y Ikujiro

Nonaka. *Harvard Business Review*, 1986.

Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W.,

Fowler, ...Thomas, D. (2001). Manifiesto por el Desarrollo Ágil de

Software. *Agile Manifesto*. <http://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto.html>

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). *The Scrum Guide*.

<https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

| uma.es

E.T.S de Ingeniería Informática
Bulevar Louis Pasteur, 35
Campus de Teatinos
29071 Málaga

E.T.S. DE INGENIERÍA INFORMÁTICA