



# ESTUDIO INICIAL PARA EL DIAGNÓSTICO PRECOZ DE PROBLEMAS DE DESARROLLO

## Variables relevantes en el uso de juguetes y recursos inteligentes

Initial study for early diagnosis of developmental problems.  
Relevant variables in the use of smart toys and resources

CRISTINA LAORDEN GUTIÉRREZ <sup>1</sup>, PILAR ROYO GARCÍA <sup>1</sup>, CRISTINA SERRANO GARCÍA <sup>1</sup>, SUSANA NÚÑEZ NAGY <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario Cardenal Cisneros, España

<sup>2</sup> Universidad Alcalá de Henares, España

---

### KEYWORDS

*Early detection Keyword  
Developmental disorders  
Smart toys,  
Technology  
Motor development*

---

### ABSTRACT

*This study aims to contribute to the creation of smart, everyday toys that help in the early detection of developmental disorders in children. Three different monitored instruments (tower of cubes, peg board, digital tablet) have been used in order to identify the most relevant variables. The sample is formed by 144 children between the ages of 4 and 5. The results show that the most important variables are: the pressure applied when drawing in the digital tablet, the time spent on the pegboard task, and the acceleration and the shaking level in the building of the tower.*

---

### PALABRAS CLAVE

*Detección Temprana  
Dificultades del desarrollo  
Juegos inteligentes  
Desarrollo motor*

---

### RESUMEN

*Este estudio pretende contribuir a la creación de juguetes cotidianos inteligentes que ayuden en la detección temprana de dificultades del desarrollo. Se utilizan tres instrumentos monitorizados: torre de cubos, tablero de clavijas y tableta digital, con el fin de identificar las variables más importantes. La muestra la forman 144 sujetos de 4 y 5 años. Los resultados indican que las variables más relevantes son: la presión con que realizan los trazos en la tableta digital, el tiempo invertido en la tarea del tablero de clavijas, y la aceleración y el nivel de temblores en la construcción de la torre.*

---

Recibido: 03/ 05 / 2022

Aceptado: 14/ 07 / 2022

## 1. Introducción

El estudio que presentamos es la continuación de la investigación que se lleva a cabo desde 2013 a través de los proyectos EDUCERE1 (2013-2016) y TRASGO2 (2019-2022). El objetivo es la creación de juguetes cotidianos y otros recursos inteligentes que ayuden en la detección temprana de dificultades del desarrollo en entornos cercanos a la infancia como son los centros educativos, los gabinetes psicopedagógicos, pediatría o los propios hogares.

En trabajos anteriores se han presentado resultados del uso de estos juguetes, específicamente de la torre de cubos y del tablero de clavijas, con niños de 2 y 3 años (Giménez Hernández *et al.*, 2018; Rivera *et al.*, 2019; Royo García *et al.*, 2022). En este trabajo se pretende continuar el estudio con una muestra de niños y niñas de 4 y 5 años y, además, incorporar otro recurso inteligente, un cuaderno digital Wacom CDS-810S Slate A4, donde los niños y niñas realizan actividades de preescritura con la intención de detectar automáticamente una serie de variables que nos ayuden a avanzar en el diagnóstico precoz.

Partiendo de la importancia cada vez mayor de los juguetes inteligentes y del concepto de internet de las cosas, se ha constatado la relación entre la ejecución de los niños en la torre de cubos y en el tablero de clavijas y el desarrollo motor. De esta manera, en los estudios anteriores se encontró que el nivel de desempeño en la tarea de los cubos se relaciona, sobre todo, con la motricidad gruesa, la motricidad fina y la locomoción; y el desempeño en el tablero de clavijas se relaciona sobre todo con la motricidad gruesa, la coordinación corporal y el desarrollo motor total (Royo García *et al.*, 2022). A su vez, las variables evaluadas con los sensores de los cubos más relevantes en la construcción correcta de la torre son el número de cubos utilizados, el número de movimientos, y la velocidad y aceleración de los movimientos que los/las niños/as realizan (Giménez Hernández *et al.*, 2018), mientras que las variables más relevantes en la ejecución eficaz del tablero de clavijas son el número de movimientos durante la extracción e inserción de las clavijas, el número de rebotes y el tiempo de la actividad (Royo García *et al.*, 2022).

Las pruebas de evaluación del desarrollo estandarizadas suelen incluir estos elementos que implican la realización de una torre apilando cubos y/o la inserción y extracción de clavijas en un tablero, aumentando su complejidad en función de la edad (por ejemplo, Escalas McCarthy, Merrill-Palmer, Peabody, Test Brunet-Lezine, etc.). También suelen incluir tareas de preescritura, como la copia de trazos, figuras y letras (Inventario de desarrollo Batelle o Escalas MABC-2).

En este estudio, además de utilizar la torre de cubos y el tablero de clavijas sensorizados, se ha introducido la preescritura como elemento a analizar con una tableta digital que permite recoger con precisión los matices de la escritura a través del lápiz y del cuaderno creado al efecto.

Varios estudios han encontrado que los niños con problemas de escritura muestran un déficit en el control de la motricidad fina (Maeland, 1992; Smits-Engelsman & Van Galen, 1997; Smits-Engelsman *et al.*, 2001). Existe evidencia de una correlación entre el control motor fino, la integración visomotora y la escritura. Los componentes motores y perceptuales relacionados con el desempeño deficiente de la escritura pueden incluir el control motor fino, la integración visomotora, la percepción visual, la cinestesia y las modalidades sensoriales (Feder y Majnemer, 2007; Cornhill & Case-Smith, 1996). En este sentido hay que destacar la importancia de la motricidad en los centros escolares y su relación con el desarrollo en general y con la escritura en particular. Así, el profesorado percibe que la motricidad tiene que ver con el desarrollo cognitivo, social y emocional (Moreno *et al.*, 2004).

Es muy importante reducir los problemas en las habilidades previas a la escritura en niños y niñas de educación infantil, ya que los estudios indican que éstas se relacionan con la adaptación saludable de un niño a la escuela, lo que es un precursor del éxito escolar posterior (Ratzon *et al.*, 2007; Rimm-Kaufmann & Pianta, 2000)

Según autores como Asselborn *et al.* (2018) y Zolna *et al.* (2019), las escalas tradicionales para evaluar la calidad de la escritura son subjetivas ya que se basan en el juicio humano, son costosas e ignoran características potencialmente importantes del control motor, como la dinámica de escritura, la presión del lápiz o la inclinación del lápiz. Sin embargo, con la creciente disponibilidad de tabletas digitales, las funciones para medir estas características ignoradas ahora están potencialmente disponibles.

Existen investigaciones que han utilizado estas nuevas tecnologías para entender mejor los problemas de escritura, ya que la utilización de las tabletas digitales hace posible la evaluación no solo del producto final de la escritura (la imagen estática), sino también de su proceso y dinámica. Así, Asselborn *et al.* (2018) utilizando una tableta evaluaron diferentes aspectos de la escritura agrupados en cuatro características: características estáticas (como el espacio entre palabras, densidad de la escritura, tamaño, frecuencia del temblor), características cinemáticas (como velocidad de escritura, aceleración, tiempo en el aire), características de presión (máxima,

1 El proyecto EDUCERE, "Ecosistema de Detección Ubicua, Atención y Estimulación Temprana para niños con trastornos del desarrollo", ha sido financiado por el MINECO (Ministerio de Economía y Competitividad) en la convocatoria del Programa I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad 2013. (TIN2013-47803-C2-1-R).

2 El proyecto TRASGO, "Detección precoz de Trastornos del desarrollo mediante el uso de juguetes y objetos cotidianos", está financiado por el Ministerio de Ciencia, Investigación y Universidades en la convocatoria 2018 de proyectos I+D+i "Retos de investigación" del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad (RTI2018-101962-B-I00).

media y desviación típica de la presión, velocidad de cambio de presión, etc.) y características de inclinación (ángulos de inclinación, velocidad de cambio de inclinación, etc.). Dui *et al.* (2020), desarrollaron una aplicación para tabletas, Play Draw Write, para evaluar los posibles marcadores de disgrafía a través de la cuantificación de tres leyes de la escritura: isocronía, homotecia y equilibrio entre velocidad y precisión. La aplicación se probó entre niños sanos que dominaban la escritura (alumnos de tercer grado) y aquellos en edad prealfabetizada (alumnos de educación infantil) y para ello utilizaron escritura de palabras y dibujos de símbolos. Pagliarini *et al.* (2017) emplearon tabletas para recopilar datos sobre la capacidad de escritura, como la cinemática y la trayectoria de la escritura. Los métodos cuantitativos les permitieron encontrar patrones de posibles problemas de escritura en el futuro a una edad muy temprana. Zolna *et al.* (2017) presentaron un enfoque digital para identificar y caracterizar las dificultades de escritura a través de una tableta gráfica que captura las características dinámicas de la escritura. Concluyen que incorporar información dinámica mediante el uso de tabletas es muy beneficioso para discriminar entre niños con desarrollo típico y con disgrafía. También Guzman & Grajo (2022) utilizaron una herramienta de evaluación de la escritura (TeleWrite) diseñada para medir la velocidad, la precisión y la fluidez de la escritura de los niños de primero a tercer grado.

Las tabletas se están usando también en el diagnóstico clínico de los problemas de disgrafía. Así, Asselborn *et al.* (2018) encontraron que las características más discriminatorias entre niños con y sin disgrafía son: el ancho de banda de las frecuencias de temblores (lo que indica un control motor deficiente), el espacio entre palabras, las frecuencias de velocidad, cambios muy rápidos de velocidad, el tiempo en el aire y la velocidad del cambio de inclinación.

Por todo ello, se considera que es necesaria una evaluación precoz de la preescritura en niños y niñas de educación infantil, a través de un instrumento que permita una evaluación objetiva y cuantificable y que mida los aspectos más relevantes. En este sentido, según Dui *et al.* (2020), las metodologías actuales para la detección de dificultades de escritura en los niños tienen tres debilidades principales: son proclives a la evaluación subjetiva; pueden administrarse solo cuando ya se domina la escritura, retrasando así el diagnóstico y la posible adopción de medidas; y no siempre son de fácil acceso para toda la comunidad. En la investigación de Van Hartingsveldt *et al.* (2011), se realizó una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar la existencia de instrumentos estandarizados psicométricamente sólidos para evaluar la preescritura. En la selección final se incluyeron 39 artículos con información sobre 12 pruebas. Los autores concluyeron que ninguna de las pruebas de evaluación incluía todos los componentes necesarios para evaluar la preparación para la escritura.

También es necesaria una evaluación que sea accesible en el entorno natural de los niños/as. Las actividades previas a la escritura deben evaluarse en el entorno escolar natural del niño donde se puede tener en cuenta la influencia del entorno. Así, una tendencia reciente en la terapia ocupacional es enfocar la evaluación en situaciones de la vida real, haciendo que la evaluación del desempeño sea contextual y significativa (Hocking, 2001).

A su vez, las dificultades en la escritura tienen consecuencias negativas en la autoestima y en el rendimiento académico (Ratzon *et al.*, 2007; Marr & Cermak, 2002; Marr & Cermak (2003), por lo que se considera que la evaluación temprana de las habilidades previas a la escritura es crucial. La etapa de educación infantil es un período importante para esta evaluación temprana. Por ejemplo, es una etapa relevante para el desarrollo de la estabilización de la muñeca en posición de extensión y un agarre dinámico del lápiz. Entre las edades de 3 y 6 años, la mayoría de los niños pasan de un agarre estático de transición con movimientos de la muñeca a un agarre dinámico maduro con movimientos del pulgar y los dedos (Edwards *et al.*, 2002).

## 2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es avanzar en la identificación de las variables evaluadas a través de los tres instrumentos monitorizados (torre de cubos, tablero de clavijas y tableta digital) que resulten más importantes para detectar posibles problemas en el desarrollo.

Concretamente nos proponemos analizar la correspondencia entre los datos recogidos por los sensores de los juguetes y de la tableta digital entre sí, entre dichos datos y la edad de los niños y las observaciones de las docentes sobre el desempeño en actividades de desarrollo motor grueso y fino de los niños y niñas.

## 3. Metodología

### 3.1. Muestra

La muestra se compone de 144 niños y niñas de 4 y 5 años, de los cuales, 73 son niños y 71 son niñas. La edad varía entre los 51 y 75 meses de edad, siendo la edad media de 63,29 meses. Todos ellos realizaron las actividades de la torre de cubos, del tablero de clavijas y de la preescritura con la tableta digital. Además, sus tutoras nos

proporcionaron datos del nivel de madurez motriz de los niños y niñas, tanto de la motricidad gruesa como de la motricidad fina, valoradas a través de la percepción de su desempeño en actividades habituales escolares.

### 3.2. Procedimiento

Después de solicitar a la dirección del centro la autorización para la recogida de datos en las aulas, se envió a las familias el consentimiento informado por escrito para obtener su permiso y poder aplicar las pruebas a los niños y niñas y en el que se explicaba el objetivo del estudio y el proceso de gestión de datos. Además, el proyecto fue aprobado por la Comisión de ética en la Ciencia de la Universidad Autónoma de Madrid y de la Universidad de Alcalá.

La recogida de datos se llevó a cabo entre marzo y abril de 2022. A los niños y niñas se les aplicó las pruebas en un espacio anexo a sus aulas y en dos momentos diferentes, un día se les pasó la prueba de los cubos y clavijas y otro día diferente la prueba de la preescritura con la tableta digital.

**Figura 1.** Torre de cubos y tablero de clavijas.



Fuente: Royo García *et al.*, 2022

### 3.3. Variables e instrumentos

Los instrumentos de evaluación utilizados en este estudio son los siguientes:

- Cubos monitorizados

Los niños y niñas tienen que construir una torre con cinco cubos apilables en los que se han integrado una serie de sensores. Estos sensores proporcionan datos cuantitativos sobre variables medibles de forma automática mientras realizan la tarea, como, por ejemplo, el número de movimientos, la velocidad y aceleración de los movimientos o el nivel de agitaciones o sacudidas (Giménez *et al.*, 2018). Se puede encontrar información detallada sobre la arquitectura y componentes del sistema en Rivera *et al.* (2016). Como se observa en la figura 2, los cubos envían los datos recogidos por los sensores al colector. Cuando la actividad ha terminado, el colector guarda los datos recibidos de los cubos y los datos asociados a la actividad (fecha, hora, responsable de la actividad, datos de identificación del niño, etc.).

**Figura 2.** Arquitectura física de los cubos



Fuente: Rivera *et al.*, 2016.

- Tablero de clavijas monitorizado

Consiste en un tablero en el que existen orificios sensorizados para introducir y extraer clavijas. Así, los niños y niñas tienen que extraer las 10 clavijas que están en los 10 orificios de un lado del tablero e insertarlas en los 10 orificios del otro lado del tablero. El objetivo es medir los tiempos entre inserciones y extracciones de clavijas. Así, se mide automáticamente el tiempo total que tarda en realizar la tarea completa, el tiempo en el que tiene una clavija en la mano (es decir desde que extrae una clavija en un lado del tablero y hasta que la inserta en el otro lado) y al contrario, es decir, el tiempo que transcurre desde que tras insertar una clavija vuelve a extraer otra en el otro lado del tablero. Se puede encontrar información detallada sobre la arquitectura del sistema en Rivera *et al.* (2019).

- Tableta y cuaderno digital

Se trata de la tableta digital Wacom CDS-810S Bamboo Slate A4. Permite recoger con precisión los matices de la escritura a través de un bolígrafo y un cuaderno digital. Se pueden percibir, por ejemplo, cambios sutiles en la presión del bolígrafo, la dimensión de la figura o graña y en la velocidad y aceleración del trazo. En el proyecto TRASGO se ha elaborado ad hoc un cuadernillo A4, que se superpone sobre la tableta. En la primera página se anota el código del niño o niña y en las siguientes páginas los niños y niñas deben copiar en los cuadros inferiores las imágenes (símbolos o letras) de los cuadros superiores. La aplicación Wacom Inkspace captura los trazos y los envía a un dispositivo electrónico a través de la tecnología Bluetooth. Se extraen los datos en formato Wil y se convierten a valores de posición y presión.

- Estimación del desarrollo motor

El nivel de madurez motriz de los niños y niñas, tanto de la motricidad gruesa como de la motricidad fina, se valoró a través de la percepción del desempeño en actividades cotidianas por parte de las tutoras, en una escala de 1 a 10. La observación y percepción del docente es un procedimiento muy utilizado en la evaluación de los alumnos y alumnas puede ser muy útil cuando se trata de conductas estrechamente relacionadas con la función del profesor y en las que cabe esperar, por tanto, una gran precisión perceptiva. Existen trabajos que avalan la observación de los y las docentes para la evaluación de la conducta motriz de los escolares (Herrero-Nivela *et al.*, 2014; Quintana Yañez, 2021).

### 3.4. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS 27. Se llevaron a cabo correlaciones entre las variables monitorizadas de la torre de cubos, del tablero de clavijas y de la tableta digital, y entre éstas y la edad y el nivel de desarrollo motor evaluado a través de la observación de las profesoras. Posteriormente se analizaron las diferencias en las variables monitorizadas de los tres instrumentos inteligentes en función del nivel de desarrollo motor. También se estudiaron las diferencias en función de la edad de los niños y niñas.

## 4. Resultados

En primer lugar, se ponen en relación la edad de los sujetos con las variables monitorizadas en los dos juguetes inteligentes y en la tableta digital. En segundo lugar, se analizan las correlaciones entre dichas variables y el nivel de desarrollo psicomotor fino y grueso observado por las tutoras. Posteriormente se analiza la relación entre las variables evaluadas con los juguetes inteligentes y las evaluadas con la tableta. Por último, se presentan las diferencias encontradas en función de los grupos extremos en el desarrollo psicomotor fino y grueso establecidos a partir del percentil 25 y del percentil 75.

Con respecto a las correlaciones entre la edad y las variables evaluadas por los cubos sensorizados, se encuentra que la edad se relaciona positivamente con la aceleración (concretamente con la variable Máxima aceleración media ( $r=,205$ ;  $p=,05$ )) y negativamente con las sacudidas o temblores que realiza el niño en la construcción de la torre de cubos (concretamente con la variable agitaciones 1 ( $r=-,207$ ;  $p=,05$ )). Esto quiere decir que según aumenta la edad, los niños/as realizan la torre más deprisa y con menos sacudidas. Respecto a las correlaciones entre la edad y las variables evaluadas con el tablero de clavijas, se encuentra que la edad correlaciona negativamente con el tiempo empleado por el niño/a en la tarea de extraer e insertar las 10 clavijas del tablero. Así, se encuentran relaciones negativas con el tiempo que tarda en realizar la tarea en su totalidad (variables Tiempo -> Suma,  $r=-,217$ ;  $p=,05$ ; y Tiempo -> Media,  $r=-,217$ ;  $p=,05$ ), con el tiempo que tarda en dirigir la mano desde que ha insertado una clavija hasta que coge la siguiente (variables Tiempo Mano -> suma,  $r=-,189$ ;  $p=,05$  y Tiempo Mano -> Min,  $r=-,197$ ;  $p=,05$ ) y con el tiempo que tarda en dirigir la mano desde que ha extraído una clavija hasta que la inserta (variables Tiempo Clavija -> suma,  $r=-,188$ ;  $p=,05$ ; y Tiempo Clavija -> Med,  $r=-,207$ ;  $p=,05$ ). La edad también se relaciona con una de las variables evaluadas con la tableta digital, concretamente con la presión que ejercen los niños/as al utilizar el bolígrafo digital ( $r=,199$ ;  $p=,05$ )).

Respecto a las relaciones entre la edad y el nivel de desarrollo psicomotor fino y grueso percibido por la tutora, los resultados indican que a medida que aumenta la edad de los niños y niñas aumenta también el nivel de desarrollo motor fino y grueso observado por la tutora ( $r=,296$  y  $r=,285$ ,  $p=,01$  en ambas).

Respecto a las relaciones entre las variables monitorizadas en los dos juguetes inteligentes y en la tableta y el nivel de desarrollo psicomotor, únicamente se encuentra relación significativa entre el desarrollo motor grueso y la presión que ejerce el niño al realizar los ejercicios de preescritura en la tableta ( $r=,179$ ,  $p=,05$ ).

En lo que se refiere a la relación entre las variables evaluadas con la tableta digital y las evaluadas con los juguetes inteligentes, los resultados indican lo siguiente. La presión ejercida en la tableta se relaciona negativamente con la velocidad en la realización de la torre de cubos (variable Máxima Velocidad,  $r=-,262$ ,  $p=,05$ ). La dimensión de la figura o graña y la velocidad con la que el niño realiza la tarea de preescritura en la tableta se relacionan positivamente con un nivel alto de agitación o sacudidas en la realización de la torre (respectivamente,  $r=,226$ ,  $p=,05$  y  $r=,226$ ,  $p=,05$ ). Por último, la aceleración en la tableta se relaciona con la velocidad, la aceleración y las agitaciones o sacudidas en la realización de la torre de cubos (Máximo tiempo de velocidad máxima,  $r=,185$ ,  $p=,05$ ; Máxima Velocidad,  $r=,247$ ,  $p=,01$ ; Máxima de Aceleración máxima,  $r=,369$ ,  $p=,01$ ; Máxima Agitación 3,  $r=,267$ ,  $p=,01$ ).

Para analizar las diferencias en función del desarrollo psicomotor fino y grueso, se establecieron dos grupos extremos teniendo en cuenta el percentil 25 (grupo de motricidad baja) y del percentil 75 (grupo de motricidad alta).

Los niños/as integrados en el grupo de motricidad fina baja invierten más tiempo en la tarea del tablero de clavijas en relación a los niños con motricidad fina alta. Concretamente, tardan más en realizar la tarea en su totalidad (variables Tiempo -> Suma, Tiempo -> Media), tardan más en dirigir la mano desde que ha insertado cada clavija hasta que coge la siguiente (variable Tiempo Mano -> suma) y tardan más en dirigir la mano desde que han extraído cada clavija hasta que las insertan (variables Tiempo Clavija -> suma, y Tiempo Clavija -> Med) (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Diferencias significativas en función del nivel de motricidad fina

	Nivel de motricidad fina	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	t	Sig (bilater)
Tiempo -> Suma (ms)	Mot Fina Baja	33	21454,7879	3444,83729	599,6692	2,445	,017
	Mot Fina Alta	40	19524,9500	3280,69411	518,7232		
Tiempo -> Med (ms)	Mot Fina Baja	33	1026,3848	165,39277	28,79119	2,443	,017
	Mot Fina Alta	40	933,4010	158,93515	25,12985		
Tiempo Mano -> suma (ms)	Mot Fina Baja	33	9031,7576	1735,57393	302,1246	2,103	,039
	Mot Fina Alta	40	8227,7000	1529,72803	241,8712		
Tiempo Clavija -> suma (ms)	Mot Fina Baja	33	12423,0303	2360,49067	410,9086	2,050	,044
	Mot Fina Alta	40	11297,2500	2314,37943	365,9355		
Tiempo Clavija -> Med (ms)	Mot Fina Baja	33	1253,5212	233,74251	40,68935	2,122	,037
	Mot Fina Alta	40	1136,6208	234,71641	37,11192		

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los niños/as integrados en el grupo de motricidad gruesa alta ejercen una mayor presión al realizar las figuras y grañas en la tableta que los niños/as del grupo de motricidad gruesa baja. (ver tabla 2)

**Tabla 2.** Diferencias significativas en función del nivel de motricidad gruesa

	Nivel de Motricidad Gruesa	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	t	Sig (bilateral)
Presión	Mot Gruesa Baja	34	1,8466	,11874	,02036	-2,256	,027
	Mot Gruesa Alta	33	1,9018	,07664	,01334		

Fuente: Elaboración propia

## 5. Discusión

A partir de los datos encontrados podemos señalar las variables que han resultado más significativas en cada uno de los instrumentos monitorizados usados en este estudio.

En relación con la torre de cubos, destacan la aceleración y el nivel de sacudidas o temblores que realiza el niño durante la tarea. Estas dos variables se relacionan con la edad, de forma que según aumenta la edad, los niños/

as realizan la torre más deprisa y con menos sacudidas, lo que indica que, según cabe esperar, los niños mayores van siendo más precisos y rápidos en la construcción de la torre. La aceleración y el nivel de sacudidas al hacer la torre de cubos se relacionan también con otras variables medidas a través de la tableta digital, concretamente la dimensión y la velocidad de los trazos. La velocidad con la que los niños realizan la torre se relaciona con la aceleración medida en la tableta. En relación a los resultados encontrados en estudios previos con una muestra de niños/as de 2 y 3 años (Jiménez Hernández *et al.*, 2018), parece que la velocidad y la aceleración de los movimientos que realizan los niños en la ejecución de la torre de cubos siguen siendo variables importantes a los 4 y 5 años, mientras que otras variables como el número de cubos que eran relevantes en niños pequeños parece que pierden su relevancia en niños de 4 y 5 años, posiblemente a estas edades ya utilizan todos los cubos.

En relación con el tablero de clavijas, destaca el tiempo que el niño invierte en realizar la tarea, tanto el tiempo total como el tiempo que transcurre desde que extrae una clavija hasta que la inserta en un orificio, y el tiempo que transcurre desde que la ha insertado hasta que recoge otra. Los resultados muestran que a medida que aumenta la edad, los niños invierten menos tiempo en estos procesos. Otro dato indicativo de la importancia del tiempo invertido en el tablero de clavijas es el hecho de que los niños/as del grupo de motricidad fina baja invierten más tiempo en la tarea del tablero de clavijas que los niños con motricidad fina alta. Esto es así tanto en el tiempo total como en los dos tiempos parciales indicados. En este sentido encontramos que en los estudios realizados con niños de 2 y 3 años resultó importante el tiempo empleado, el número de movimientos realizados en la extracción e inserción de las clavijas y el número de rebotes (Royo García *et al.*, 2022), sin embargo, en niños con 4 y 5 años únicamente parece relevante el tiempo empleado.

Respecto a la tableta digital, la variable más destacada es la presión que ejerce el niño al escribir las figuras o graffias. Los datos indican, en primer lugar, que los niños mayores ejercen mayor presión que los pequeños en el bolígrafo digital con el que se ha trabajado en estas tareas. En segundo lugar, en la muestra utilizada en este estudio, cuanto mayor es el desarrollo motor grueso observado por el profesor, mayor es la presión que ejerce el niño con el bolígrafo, encontrando también diferencias significativas entre los niños/as del grupo de motricidad gruesa alta y de motricidad gruesa baja.

En tercer lugar, la presión ejercida en la tableta se relaciona negativamente con la velocidad en la realización de la torre de cubos. Estos datos indican que la presión medida a través de los sensores es una variable importante. Es muy posible que lo que realmente mide se relaciona con el tono muscular necesario en la preescritura, en vez de ser un indicador de la posible hipertonia que se observa de forma directa en algunos niños en el proceso de aprendizaje de la escritura. Además, habría que seguir investigando los posibles motivos de este resultado, por ejemplo, usando diferentes bolis de distinto peso, introduciendo la práctica con el bolígrafo antes de recoger los datos o analizando el momento en el que se produce mayor presión. Estos resultados van en la línea de los encontrados por Asselborn *et al.* (2018) que indican que entre las características importantes del control motor se encuentra la presión del lápiz y que la tecnología permite su medida de una forma objetiva y no sólo como producto final de la escritura si no que permite ser evaluado a través de su proceso y dinámica.

Otras variables que según los datos obtenidos en este estudio resultan de interés son la velocidad, la aceleración y la dimensión de la figura o graffia que el niño traza en la tableta digital, ya que se relacionan significativamente con otras variables medidas por otro de los juguetes sensorizados de este estudio, que es la construcción de la torre de cubos. Estas características dinámicas de la escritura son importantes y nos pueden ayudar a discriminar entre características del desarrollo típico y la disgrafía (Asselborn *et al.*, 2018; Guzmán & Grajo, 2022; Zolna *et al.*, 2017).

## 6. Conclusiones

Los resultados de este estudio, junto con los datos proporcionados por trabajos anteriores parecen indicar que la tecnología puede ayudar a hacer un diagnóstico precoz y objetivo al permitir tener en cuenta variables que son difíciles de medir sin la ayuda tecnológica, como son las variables dinámicas o procesuales (velocidad, presión, aceleración, sacudidas o temblores, atomización temporal de todo el proceso, etc.). Además, permite su monitorización en juguetes y objetos cotidianos, lo que favorece la evaluación en el entorno natural del niño.

Los dos juguetes inteligentes y el recurso tecnológico con los que se ha contado en este estudio parecen contribuir a proporcionar datos en este sentido: la torre de 5 cubos con sensores incorporados ayuda en la recogida de variables que no son observables de forma directa en la construcción de una torre; el tablero de clavijas parece capaz de recoger a través de sus sensores nuevas variables no tradicionales en la actividad de inserción y extracción de las clavijas; y la tableta digital, ante tareas de preescritura, permite recoger datos de todo el proceso y no solo del producto final, y puede permitir realizar una evaluación más precoz de lo habitual ante problemas de desarrollo y, específicamente de escritura.

El propósito de este estudio era identificar las variables relevantes en los tres recursos inteligentes utilizados. En este sentido podemos concluir que las variables que han resultado más significativas en la muestra estudiada (de 4 y 5 años) son:

- en la torre de cubos: la aceleración alcanzada en cada movimiento y el nivel de sacudidas o temblores que realiza el niño durante la ejecución de la torre con los cinco cubos;
- en el tablero de clavijas: el tiempo es la variable más relevante, tanto el tiempo total en la ejecución de la tarea como los tiempos parciales en los que los niños tienen cada clavija en la mano o van a buscar una;
- y en la tableta digital destaca la presión que ejerce el niño al hacer los trazos, siendo la más importante. Otras variables que resultan de interés son la velocidad con la que realiza los trazos, la aceleración en su ejecución y la dimensión que ocupan.

Los estudios previos y los que se están llevando a cabo hasta la fecha parecen indicar que hay variables que mantienen su relevancia en diferentes edades como son la velocidad y la aceleración en la construcción de la torre de cubos o el tiempo empleado en el tablero de clavijas, mientras que otras variables que resultan significativas en los estudios con niños de 2 y 3 años, como el número de cubos utilizados para hacer la torre, dejan de ser relevantes con los niños mayores de 4 y 5 años. Por lo tanto, habría que seguir indagando en las variables que resulten más importantes para el diagnóstico precoz en cada grupo de edad.

Sería necesario, a su vez, contar con una muestra más extensa de cada grupo de edad que contribuya a definir mejor estas variables y a identificar indicadores que ayuden a los profesionales en el diagnóstico precoz, aportando esos datos objetivos que la tecnología pueda proporcionar a este campo de estudio, complementando las evaluaciones actuales en el diagnóstico del desarrollo en los niños y niñas.

## **7. Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a los proyectos I+D+I EDUCERE y TRASGO, en los cuáles se enmarca esta investigación, y a sus miembros integrantes, pertenecientes a la Universidad de Alcalá, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Autónoma de Madrid y al Centro Universitario Cardenal Cisneros.

Así mismo, se desea agradecer la colaboración a los diferentes centros educativos, cuyos alumnos y alumnas han formado parte de la muestra y cuyos profesores y equipo directivo han contribuido al desarrollo de este proyecto.

## Referencias

- Asselborn, T., Gargot, T., Kidziński, L., Johal, W., Cohen, D., Jolly, C. & Dillenbourg, P. (2018). Automated human-level diagnosis of dysgraphia using a consumer Tablet. *Digital Medicine*, 1, 42. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0049-x>,
- Cornhill H. & Case-Smith J. (1996). Factors that relate to good and poor handwriting. *American Journal of Occupational Therapy*, 50, 732-739. <http://dx.doi.org/10.5014/ajot.50.9.732>
- Dui, L.G., Lunardini, F., Termine, C., Matteucci, M., Stucchi, N.A., Borghese, N.A. & Ferrante, S. (2020). A Tablet App for Handwriting Skill Screening at the Preliteracy Stage: Instrument Validation Study. *JMIR Serious Games* 8(4):e20126. <https://doi.org/10.2196/20126>
- Edwards S.J., Buckland D.J. & McCoy-Powlen J.D. (2002). *Developmental and functional hand grasps*. Slack Incorporated.
- Feder K.P. & Majnemer A. (2007). Handwriting development, competency, and intervention. *Developmental Medicine & Child Neurology* 49(4), 312-317. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00312.x>
- Giménez Hernández, M., Serrano García, C.; Royo García, P. & Laorden Gutiérrez, C. (2018). Aproximación a la validación de un juguete inteligente como apoyo en la detección precoz de problemas del desarrollo. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 11 (3), 61-72. <https://doi.org/10.33881/2027-1786.rip.11305>
- Guzmán, J.M. & Grajo, L.C. (2022). The Development and Preliminary Psychometric Properties of the TeleWrite: A Telehealth-Based Handwriting Assessment for School-Aged Children. *Occupational Therapy in Health Care*. <https://doi.org/10.1080/07380577.2022.2025553>
- Herrero Nivelá, M.L., Escolano-Pérez, E., Anguera, M.T. & Acero-Ferrero, M. (2014). Evaluación mediante observación de la motricidad en niños de educación infantil. *Revista INFAD De Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology.*, 5(1), 469-476. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2014.n1.v5.708>
- Hocking C. (2001). Implementing occupation-based assessment. *American Journal of Occupational Therapy*, 55 (4), 463-469. <https://doi.org/10.5014/ajot.55.4.463>
- Lica, M., Ruiz Barriga, D.L. & González Zepeda, A.P. (2010). Relación entre ejecuciones deficientes de motricidad fina con dificultades de escritura: Análisis de un caso. *Revista de Educación y Desarrollo*, 13, 17-23.
- Maeland, A.F. (1992). Handwriting and perceptual-motor skills in clumsy, dysgraphic, and 'normal' children. *Perceptual and Motor Skills*, 75, 1207-17. <https://doi.org/10.2466/pms.1992.75.3f.1207>
- Marr, D. & Cermak, S. (2002). Predicting handwriting performance of early elementary students with the developmental test of visual-motor integration. *Perceptual and Motor Skills*, 95(2), 661-669. <https://doi.org/10.2466/pms.2002.95.2.661>
- Marr, D. & Cermak, S. (2003) Consistency of handwriting in early elementary students. *American Journal of Occupational Therapy*, 57 (2), 161-167. <https://doi.org/10.5014/ajot.57.2.161>
- Moreno, J. A., López, B., Gutiérrez, M. & Fernández, M. R. (2004). Situación actual de la motricidad en la etapa de 0 a 6 años según el profesorado de educación Infantil. *Revista Iberoamericana de psicomotricidad y técnicas corporales*, 16, 17-34.
- Pagliarini, E., Scocchia, L., Vernice, M., Zoppello, M., Balottin, U., Bouamama, S., Guasti, M.T. & Stucchi, N. (2017). Children's first handwriting productions show a rhythmic structure. *Scientific Reports* 7(1) 5516. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05105-6>
- Quintana Yañez, K. (2021). *La observación, una herramienta clave en la práctica de psicomotricidad educativa*. Ministerio de Educación Chile y UMCE. [https://www.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/19/2021/09/LIBRO\\_LA\\_OBSERVACION.pdf](https://www.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/19/2021/09/LIBRO_LA_OBSERVACION.pdf)
- Ratzon, N.Z., Efrain, D. & Bart, O. (2007). A short-term graphomotor program for improving writing readiness skills of first-grade students. *American Journal of Occupational Therapy*, 61, 399-405.
- Rimm-Kaufmann, S.E. & Pianta, R.C. (2000) An ecological perspective on the transition to kindergarten: a theoretical framework to guide empirical research. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(5), 491-511.
- Rivera, D.; García, A.; Alarcos, B.; Velasco, J.R.; Ortega, J.E. & Martínez-Yelmo, I. (2016). Smart Toys Designed for Detecting Developmental Delays. *Sensors*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/s16111953>
- Rivera, D., García, A., Ortega, J.E., Alarcos, B., Van der Meulen, K., Velasco, J.R. & del Barrio, C (2019). Intraindividual Variability Measurement of Fine Manual Motor Skills in Children Using an Electronic Pegboard: Cohort Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, 7(8): e12434, <https://doi.org/10.2196/12434>
- Royo García, P., Serrano García, C., Laorden Gutiérrez C. & Gutiérrez García, A. (2022). *Validación de juguetes inteligentes y su aportación en la detección temprana de problemas en el desarrollo: estudio preliminar*. Editorial Thomson- Reuters Aranzadi
- Smits-Engelsman, B.C. & Van Galen, G.P. (1997). Dysgraphia in children: lasting psychomotor deficiency or transient developmental delay? *Journal of Experimental Child Psychology*, 67(2), 164-184, <https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2400>

- Smits-Engelsman, B.C., Niemeijer, A.S. & Van Galen, G.P. (2001). Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Human Movement Science*, 20(1-2), 161-182. [http://share.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root2/2001/Finemodet/Smits\\_Engelsman\\_2001\\_Human\\_Movement\\_Scie.pdf](http://share.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root2/2001/Finemodet/Smits_Engelsman_2001_Human_Movement_Scie.pdf)
- Van Hartingsveldt, M.J., De Groot, I., Aarts, P. & Nijhuis-Van Der Sanden. M. (2011). Standardized tests of handwriting readiness: a systematic review of the literatura. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(6) 506-515. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2010.03895.x>
- Zolna, K., Asselborn, T., Jolly, C., Casteran, L., Nguyen Morel, M.A., Jola, A. & Dilenbourg, P. (2019). The Dynamics of Handwriting Improves the Automated Diagnosis of Dysgraphia. *Computer Science ArXiv*, 1-19 <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.07576>