



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

**TESIS DOCTORAL**

PROGRAMA DE DOCTORADO

EN PSICOLOGÍA

# **EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN ADOLESCENTES CON TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN CON HIPERACTIVIDAD (TDAH)**

Doctorando: Antonio del Pino González

Directores: Dra. Dulce Nombre de María Romero Ayuso

Dr. Pascual González López

Granada, 2025



# **EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN ADOLESCENTES CON TRASTORNOS POR DÉFICIT DE ATENCIÓN CON HIPERATIVIDAD (TDAH)**



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

**Doctorando:**

Antonio del Pino González

**Directores:**

Dra. Dulce Nombre de María Romero Ayuso

Dr. Pascual González López

PROGRAMA DE DOCTORADO EN PSICOLOGÍA

Granada, 2025

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Antonio del Pino González  
ISBN: 978-84-1195-964-3  
URI: <https://hdl.handle.net/10481/110031>



*A Juanita del Pino.*

*Madre y Maestra*

IN MEMORIAM.

*"Gratias ago omnibus qui iter meum sustinuerunt"*



## **Agradecimientos**

Hay quien define el agradecimiento como un sentimiento que surge en la persona que recibe algo valioso. Pocas veces una definición se ajusta de forma tan precisa a este epígrafe.

La realización de esta Tesis no ha sido solo un conjunto de conocimientos, experimentos, análisis, revisiones.... Sobre todo, ha sido un proceso lleno de interacciones. Interacciones con personas que han ido aportando vida en lo que comenzó siendo un proyecto. Lo importante no ha sido solo concluir la Tesis, sino todo aquello y aquellos que me han ido enriqueciendo en este camino.

En primer lugar, agradecer a los componentes del grupo, Nono, Sonia, Coti, Curro, Nuria... por las horas de análisis, estudio y sobre todo su apoyo. Otro enorme agradecimiento en forma de disculpa a mi pareja, por todos los “eventos” a los que no hemos podido asistir por... “tengo mucho lío con la Tesis”, por los paseos en solitario mientras yo me quedaba revisando datos, por las noches de luz encendida y agobios con el “no llego, no llego...”. Por todo esto y más, gracias.

A Pascual, a quien agradezco y a la vez felicito por su perseverancia y modélico estilo de dirección. Un Director al que una metedura de pata en la investigación siempre le parecía un simple error que podía resolverse con una sonrisa y mucho ánimo. Sus comentarios hacían que no importase rehacer lo trabajado, solo era cuestión de perseverar. Gracias por tus correcciones, por tu modelo de enseñanza... y tu paciencia.

Entre los mejores recuerdos de esta Tesis, están todas tardes que pasé con mi madre revisando artículos mientras ella devoraba uno tras otro los libros de su e-book. En esas silenciosas y ahora, añoradas tardes, para hacer más llevadera la traducción de los textos, de vez en cuando rompía el silencio para preguntarme qué era lo que estaba estudiando. Pero, la que hasta entonces



consideraba Torre de la Vela decidió marcharse una fría mañana de Febrero, dejándome solo con mis artículos y con ganas de abandonar. Fue entonces cuando Dulce, mi Directora, después de darme dos días de duelo, decidió que era el momento de seguir investigando y sin darme opción a renunciar, volvió con su habitual forma de trabajar a hacer que me olvidase de horarios o fines de semana. Sé que fue la mejor intervención terapéutica para retomar y normalizar mi vida. Gracias a Dulce, que no dispone de reloj cuando se trata de investigar, pude recomponerme y no sólo retomar la Tesis, sino el ánimo. Agradecer su dedicación, el alto nivel de exigencia y toda la atención y el apoyo que me ha prestado como alumno es un gesto que se queda corto.

Y ahora, cuando escribo estas líneas me doy cuenta de lo afortunado que he sido no sólo con la investigación, sino con la gente que ha estado presente en esta etapa. Gracias.

## ÍNDICE

|                                                                                   |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Resumen.....</b>                                                               | <b>19</b>        |
| <b>Abstract.....</b>                                                              | <b>21</b>        |
| <b><i>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</i></b>                                       | <b><i>25</i></b> |
| <b>1. Contexto teórico .....</b>                                                  | <b>27</b>        |
| 1.1. Antecedentes y justificación de su relevancia .....                          | 27               |
| 1.2. Definición de TDAH y criterios diagnósticos .....                            | 29               |
| 1.3. Criterios diagnósticos del TDAH .....                                        | 35               |
| 1.4. Descripción de las FE.....                                                   | 39               |
| <b>2. Evaluación de las FE.....</b>                                               | <b>45</b>        |
| 2.1. Pruebas generales .....                                                      | 45               |
| 2.2. Pruebas de FE Básicas .....                                                  | 46               |
| 2.3. Pruebas de FE Avanzadas .....                                                | 47               |
| <b>3. Relación entre TDAH y FE .....</b>                                          | <b>51</b>        |
| <b><i>CAPÍTULO 2 MOTIVACIÓN Y ESTADO DEL ARTE .....</i></b>                       | <b><i>53</i></b> |
| <b>1. Punto de partida: Multiple Errands Test (MET) .....</b>                     | <b>55</b>        |
| <b>2. Introducción a la RV .....</b>                                              | <b>56</b>        |
| 2.1. Antecedentes .....                                                           | 56               |
| 2.2. La RV, definición y aplicaciones .....                                       | 57               |
| 2.3. Evolución de las aplicaciones de RV en la evaluación de las FE en TDAH ..... | 59               |
| 2.4. Aplicaciones actuales de la RV en la evaluación de las FE .....              | 63               |
| <b>3. Justificación de la elección de la RV .....</b>                             | <b>65</b>        |
| <b><i>CAPÍTULO 3. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....</i></b>                              | <b><i>69</i></b> |
| <b>1. Objetivos .....</b>                                                         | <b>71</b>        |
| 1.1. Objetivo general .....                                                       | 71               |
| 1.2. Objetivos específicos .....                                                  | 71               |
| <b>2. Hipótesis.....</b>                                                          | <b>72</b>        |

|                                                                      |                   |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><i>CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.....</i></b>                           | <b><i>73</i></b>  |
| <b>1. Diseño del estudio.....</b>                                    | <b>75</b>         |
| <b>2. Participantes.....</b>                                         | <b>75</b>         |
| <b>3. Instrumentos.....</b>                                          | <b>75</b>         |
| 3.1. SmartAction-VR. ....                                            | 76                |
| 3.2. Pruebas y cuestionarios estandarizados.....                     | 84                |
| <b>4. Procedimiento.....</b>                                         | <b>88</b>         |
| <b>5. Análisis de datos.....</b>                                     | <b>89</b>         |
| <b>6. Consideraciones éticas .....</b>                               | <b>90</b>         |
| <b><i>CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....</i></b>                            | <b><i>91</i></b>  |
| <b>1. Características de la muestra.....</b>                         | <b>93</b>         |
| <b>2. Resultados obtenidos en las pruebas neuropsicológicas.....</b> | <b>94</b>         |
| <b>3. Resultados en la ejecución de SmartAction- VR.....</b>         | <b>97</b>         |
| <b>4 Correlaciones y usabilidad de la herramienta virtual.....</b>   | <b>100</b>        |
| <b><i>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN.....</i></b>                             | <b><i>107</i></b> |
| <b>6.1. Fortalezas de la Investigación .....</b>                     | <b>123</b>        |
| <b>6.2. Limitaciones del estudio .....</b>                           | <b>125</b>        |
| 6.2.1. Limitaciones relacionadas con la muestra.....                 | 126               |
| 6.2.2. VE y generalización .....                                     | 126               |
| 6.2.3. Dependencia tecnológica.....                                  | 126               |
| 6.2.4. Necesidad de estudios longitudinales.....                     | 126               |
| <b>6.3. Implicaciones clínicas de la investigación .....</b>         | <b>127</b>        |
| 6.3.1. Precisión en la evaluación de las FE .....                    | 127               |
| 6.3.2. Impacto en la intervención terapéutica.....                   | 127               |
| 6.3.3. Perspectivas futuras de rehabilitación .....                  | 128               |
| 6.3.4. Posibilidades de desarrollo.....                              | 128               |
| <b><i>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....</i></b>                          | <b><i>131</i></b> |

|                                                                |                   |
|----------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><i>CAPÍTULO 8. PROYECCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</i></b> | <b><i>137</i></b> |
| <b>8.1. Trabajos futuros derivados de la esta Tesis. ....</b>  | <b>140</b>        |
| <b>8.2. Publicaciones científicas de este estudio. ....</b>    | <b>141</b>        |
| <b>8.3. Introducción de mejoras en las herramientas. ....</b>  | <b>142</b>        |
| <b><i>Referencias .....</i></b>                                | <b><i>143</i></b> |
| <b><i>ANEXOS.....</i></b>                                      | <b><i>173</i></b> |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 . Síntesis de la evolución histórica del concepto de TDAH (Hasta el año 2000) ..... | 34  |
| Tabla 2. Resumen de las pruebas más empleadas en la evaluación de las FE.....               | 50  |
| Tabla 3. Tabla de instrucciones de la tarea del SmartAction-VR.....                         | 83  |
| Tabla 4. Características de la muestra (n=76).....                                          | 93  |
| Tabla 5. Desempeño en medidas de funcionamiento ejecutivo .....                             | 97  |
| Tabla 6. Rendimiento en SmartAction-VR.....                                                 | 99  |
| Tabla 7. Relaciones entre resultados de SmartAction-VR y pruebas cognitivas y funcionales . | 103 |
| Tabla 8. Escala de usabilidad del sistema (SUS) de SmartAction-VR.....                      | 106 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Ilustración 1 Dormitorio..... | 79 |
| Ilustración 2 Cocina.....     | 79 |
| Ilustración 3 Sala.....       | 79 |
| Ilustración 4. Calle.....     | 79 |
| Ilustración 5. Papelería..... | 79 |





## TABLA DE GRÁFICAS

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfica 1. Tiempo TMT-A .....                                          | 94  |
| Gráfica 2. Tiempo TMT-B.....                                           | 94  |
| Gráfica 3. Errores TMT-B .....                                         | 94  |
| Gráfica 4. Dígitos directos .....                                      | 95  |
| Gráfica 5. Dígitos inversos .....                                      | 95  |
| Gráfica 6. Interferencia Stroop .....                                  | 95  |
| Gráfica 7. Errores Mapa del Zoo .....                                  | 95  |
| Gráfica 8. Escala W-ADL.....                                           | 96  |
| Gráfica 9. Atención ejecutiva .....                                    | 96  |
| Gráfica 10. Procesamiento sensorial.....                               | 96  |
| Gráfica 11. Autorregulación emocional.....                             | 96  |
| Gráfica 12. Resolución de problemas .....                              | 96  |
| Gráfica 13. Control inhibitorio .....                                  | 96  |
| Gráfica 14. EPYFEI Total.....                                          | 96  |
| Gráfica 15. Errores SmartAction-VR .....                               | 99  |
| Gráfica 16. Precisión.....                                             | 99  |
| Gráfica 17. Errores comisión .....                                     | 99  |
| Gráfica 18. Acciones nuevas.....                                       | 100 |
| Gráfica 19. Olvido de acciones .....                                   | 100 |
| Gráfica 20. Perseveraciones.....                                       | 100 |
| Gráfica 21. Errores estimación espacial.....                           | 100 |
| Gráfica 22. Interpretación de Percentiles SUS de SmartAction- VR ..... | 105 |



## Resumen

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un trastorno neuropsiquiátrico caracterizado por síntomas persistentes de inatención, hiperactividad e impulsividad, que impactan negativamente en la vida académica, social y familiar de los individuos. Además, se asocian con alteraciones en Funciones Ejecutivas (FE) como la planificación, el control inhibitorio y la memoria de trabajo. Tradicionalmente, la evaluación de las FE en niños y adolescentes con TDAH se ha realizado mediante pruebas neuropsicológicas estandarizadas, las cuales presentan limitaciones en términos de Validez Ecológica (VE). Con el fin de superar estas limitaciones, se desarrolló la herramienta SmartAction-VR, que utiliza la Realidad Virtual (RV) para simular tareas cotidianas y evaluar el rendimiento cognitivo en un entorno más cercano a la vida diaria. **Método:** El estudio transversal se realizó entre noviembre de 2021 y diciembre de 2022, con la participación de 76 niños y adolescentes de entre 9 y 17 años (Media = 12.7), divididos en dos grupos: 40 con diagnóstico de TDAH y 36 neurotípicos (NT). La evaluación consistió en una sesión dividida en dos partes: pruebas cognitivas tradicionales y tareas virtuales con SmartAction-VR. Los análisis estadísticos incluyeron pruebas t de Student, U de Mann-Whitney y correlaciones de Spearman entre el rendimiento en RV y en pruebas cognitivas tradicionales. **Resultados:** En el TMT-B, el grupo con TDAH mostró un tiempo de ejecución significativamente mayor en comparación con niños neurotípicos, y cometieron más errores. En la prueba de dígitos, los niños con TDAH tuvieron puntuaciones más bajas en dígitos directos y dígitos inversos. En el Mapa del Zoo, cometieron más errores y tardaron más en las tareas virtuales de SmartAction-VR, el grupo con TDAH cometió más errores, mostró menor precisión, más errores por comisión y más acciones nuevas. Además, se hallaron correlaciones significativas entre los errores en SmartAction-VR y medidas cognitivas, como flexibilidad cognitiva y control

inhibitorio. En cuanto a la usabilidad, no hubo diferencias significativas entre los grupos, lo que refleja una alta aceptación de la herramienta. **Conclusiones:** Los resultados apoyan el uso de SmartAction-VR como una herramienta válida y ecológicamente precisa para evaluar funciones ejecutivas en niños y adolescentes con TDAH. Su alta aceptación sugiere que es viable para emplear en diferentes entornos.

**Palabras clave:** TDAH, Funciones ejecutivas, Realidad Virtual, Validez Ecológica, Evaluación neuropsicológica.

## Abstract

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder characterized by persistent symptoms of inattention, hyperactivity, and impulsivity, which significantly affect the academic, social, and family life of those who have it. Additionally, it is associated with impairments in executive functions (EF) such as planning, inhibitory control, and working memory. Traditionally, EF evaluation in children and adolescents with ADHD has been carried out using standardized neuropsychological tests, which have limitations in terms of ecological validity. To overcome these limitations, the SmartAction-VR tool was developed, utilizing Virtual Reality (VR) to simulate daily tasks and assess cognitive performance in a more realistic setting. **Method:** The cross-sectional study was conducted between November 2021 and December 2022, with 76 children and adolescents aged 9 to 17 years (Mean = 12.7), divided into two groups: 40 diagnosed with ADHD and 36 neurotypical. The evaluation consisted of a session divided into two parts: traditional cognitive tests and virtual tasks using SmartAction-VR. Statistical analyses included Student's t-tests, Mann-Whitney U tests, and Spearman correlations between VR performance and traditional cognitive tests. **Results:** In the TMT-B, the ADHD group had a significantly longer execution time compared to the neurotypical group and made more errors. In the digit test, children with ADHD scored lower on both forward and backward digits. In the Zoo Map task, they made more errors and took longer to complete it. In SmartAction-VR tasks, the ADHD group made more total errors, showed lower accuracy, more commission errors, and more new actions. Significant correlations were found between errors in SmartAction-VR and cognitive measures such as cognitive flexibility and inhibitory control. Regarding usability, no significant differences were found between groups, indicating high acceptance of the tool. **Conclusions:** The results support the use of SmartAction-VR as a valid and ecologically accurate

tool for assessing executive functions in children and adolescents with ADHD. Its high acceptance suggests that it is viable for use in various environments.

**Keywords:** ADHD, Executive functions, Virtual reality, Ecological validity, neuropsychological assessment.

## **LISTADO DE ABREVIATURAS**

**AVD**- Actividades de la vida diaria.

**DSM-5** - Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, Quinta Edición

**FE**- Funciones Ejecutivas

**MBD** - Disfunción cerebral mínima

**MT** - Memoria de Trabajo

**NT**- Neurotípico

**RV** - Realidad Virtual

**TDAH** - Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad

**VE**- Validez Ecológica.





## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**



## **1. Contexto teórico**

### **1.1. Antecedentes y justificación de su relevancia**

El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) está catalogado como un trastorno del neurodesarrollo, cuyos síntomas se presentan antes de los 12 años, según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales DSM-5 (*American Psychiatric Association, 2013*). Estos síntomas claves son la inatención, la hiperactividad y la impulsividad, aunque también se presentan dificultades en la ejecución de las Funciones Ejecutivas (FE). Estas dificultades pueden manifestarse como problemas para planificar y realizar una acción, atender a determinados estímulos, anticipar las posibles consecuencias de cada acción y falta de control inhibitorio (Soutullo-Esperón & Mardomingo-Sanz, 2010).

Según la revisión sistemática realizada por Polanczyk et al. (2007) la prevalencia global del TDAH fue del 5,29%. Sin embargo, esta estimación puede variar de forma significativa en función de los criterios diagnósticos, las fuentes de información y el país de origen de los estudios. Según Li et al. (2023) la prevalencia estimada del TDAH en EE. UU. fue del 10,08 % al 10,47 % entre niños y adolescentes de 4 a 17 años entre 2017 y 2022. Las investigaciones realizadas en Europa muestran que entre el 5 y el 7% de los niños son diagnosticados con TDAH (Montagna et al., 2020). Estudios recientes cifran la prevalencia del TDAH en niños, en el 7,6% de la población pediátrica (Entre 3 y 12 años), mientras que entre los adolescentes (De 12 a 18 años) puede oscilar entre 4,8-7% (Salari et al., 2023).

En los últimos años, las investigaciones sobre TDAH han experimentado un notable interés entre los profesionales de la salud y de la educación. Muestra de ello es la cantidad de estudios que se vienen realizando sobre el mismo (Alhraiwil et al., 2015). Este interés viene motivado, en nuestra opinión, por el enorme impacto que ha provocado tanto a nivel social, como de los

profesionales de la psiquiatría, psicología y educación y por supuesto de las familias ya que se producen disfunciones de comportamiento en todos estos ámbitos.

El TDAH no se limita únicamente a una manifestación de comportamientos problemáticos, sino que a menudo se refiere a problemas subyacentes en las FE, aquellas habilidades cognitivas que nos permiten planificar, organizar y regular nuestro comportamiento (Tamm y Nakonezny, 2015). Estas incluyen la capacidad para inhibir respuestas impulsivas, mantener la atención en una tarea y cambiar flexiblemente entre tareas. La importancia de la evaluación de las FE en niños con TDAH es crucial puesto que aportan elementos fundamentales para el diagnóstico y tratamiento adecuado del TDAH (Holmes et al., 2010).

Por otro lado, una evaluación precisa puede identificar comorbilidades tales como trastornos de aprendizaje, trastornos de ansiedad o del estado de ánimo. Lo que nos proporcionaría la posibilidad de realizar un tratamiento integral al delimitar los aspectos a tratar e intervenir de forma más adecuada las áreas que presentan más dificultad los niños con TDAH. Además, mediante la evaluación continua de las FE podemos obtener una medida objetiva del progreso a lo largo del tiempo, lo que es muy útil para ajustar el tratamiento y proporcionar retroalimentación a los niños y sus familias. Mejorar nuestra comprensión del TDAH no sólo mejorarán los resultados clínicos y educativos, sino que también respaldarán intervenciones más específicas y efectivas para las personas afectadas por esta compleja condición (Musullulu, 2025).

Por todo ello, podemos considerar la evaluación de FE en niños con TDAH como una herramienta esencial para la evaluación, la identificación de comorbilidades, la planificación de tratamientos personalizados y el seguimiento del progreso en la intervención y los respectivos reajustes.

## 1.2. Definición de TDAH y criterios diagnósticos

La evolución del concepto del TDAH ha estado ligada históricamente a las particularidades y características detectadas en el comportamiento de algunos niños (Taylor, 2011). Estas características peculiares están referidas a los niveles de hiperactividad, impulsividad y falta de atención que presentaban en más de un área de la vida, y que ha dado origen a lo que hoy conocemos como trastorno por TDAH. En consecuencia, las diferentes definiciones que se han venido dando a este constructo han estado vinculadas al momento histórico en el que se produce, a los conocimientos previos y sobre todo al desarrollo de las técnicas de evaluación de las que se disponía en cada momento.

Para encontrar una primera aproximación en la literatura del TDAH tenemos que remontarnos al artículo del médico Alexander Crichton. En su artículo, *Inquietud Mental* publicado en 1798 (Martínez-Badía y Martínez-Raga, 2015), describió todas las características que se presentan en la persona distraída. Definición que encajaba de forma muy aproximada con los criterios de TDAH para el subtipo de falta de atención descrito en el DSM-IV (APA, 2000) (Palmer & Finger, 2001). Cincuenta años más tarde, en 1845 Heinrich Hoffmann publica *Struwwelpeter* (Pedro Melenas) (Rey, 2012). En este libro infantil aparecen dos perfiles claramente identificables, de hiperactividad y problemas de atención. Más adelante, en 1904, William James publica "*On the Energy of Children*" donde describió a los niños como "*seres de energía*", refiriéndose a los niños que por su comportamiento eran muy difíciles de controlar y dirigir por su excesiva energía, que se manifestaba como inquietud, impulsividad y falta de atención (Kleinman, 2024). Tredgold (1908), sugirió que algunas formas de daño cerebral, resultantes de una lesión en el nacimiento o de una anoxia leve, aunque no detectados en el momento podrían presentarse como problemas de conducta o dificultades de aprendizaje en los primeros años de la escuela.

En cuanto a la definición de TDAH parece que hay consenso en señalar a Still (1902) como el primero en hacerlo, quien en un principio asoció el comportamiento de estos niños a un defecto de control moral “*puede estar en la base física del defecto moral*” (Still, 1902, p. 1166). Por su parte, Boncour tras las observaciones que realizó en diversas escuelas de Francia describió un tipo particular de alumno con dificultades de aprendizaje debido a su incapacidad para fijar su atención (Boncour, 1905). Este comportamiento provocaba un bajo rendimiento educativo y dificultades en las relaciones sociales (Navarro y García-Villamizar, 2010).

Más adelante, en 1917, tras una pandemia de encefalitis que se extendió en Europa y el Continente Americano (Venegas-Francke, 2019) se propusieron unas nuevas teorías que definieron como “*Disfunción Cerebral Mínima*” (MBD) (Kessler, 1980), dado que fueron detectados muchos casos de niños que una vez que superaron la enfermedad presentaban distracción, hiperactividad, dificultades en el control de impulsos y déficits cognitivos.

En la década de los años 30, médicos pediatras como Winnicott (Segal, 2005) se interesaron por un grupo de niños excesivamente excitables y nerviosos a los que llamó “*niños hipercinéticos*” cuyo comportamiento desordenado e inquieto los llevaba a precisar de atención continua para que no provocasen problemas en el ámbito familiar y escolar.

En 1932 se publica un estudio de Kramer y Pollnow (Rothenberger et al., 2005), sobre el trastorno hipercinético en niños. Estos autores describen un síndrome caracterizado por inquietud, distracción y trastornos del desarrollo del habla. Aparece entonces el término “*daño cerebral mínimo*” (Sandberg, 1996), aunque este término no fuera definido por ningún autor.

Unos años más tarde, Kramer-Pollnow en 1934 (Rothenberger et al., 2005) describieron la “*enfermedad hipercinética*” que se caracterizaba por síntomas de inquietud extrema, distracción y

trastorno del habla, además presentaban comportamiento agresivo, impulsividad y dificultades de aprendizaje, una condición de inquietud motora persistente que aparece entre los 2 y los 4 años de edad. En ese mismo año, Kahn y Cohen (1934) informaron de casos que se presentaban con síntomas de hiperactividad, impulsividad, torpeza y signos neurológicos leves cuyo origen podría estar provocado por un impulso orgánico derivado de un defecto en la organización del tronco encefálico, que podría ser causado por un traumatismo, una lesión de nacimiento o una anomalía congénita.

Kanner, en 1935, propuso la hiperactividad como una entidad diagnóstica, describiéndolo como un síndrome semejante al subtipo hiperactivo de TDAH, inquieto en extremo e hipercinético, que siempre está en movimiento, nunca puede quedarse quieto, siempre debe estar haciendo algo. También, describió un síndrome caracterizado por soñar despierto, falta de atención y falta de concentración, muy parecida a la definición del DSM-IV de trastorno por déficit de atención (Winnicott, 2016).

Charles Bradley y Emma Pendleton demostraron en 1937 (Vitiello, 2013) la eficacia de la Benzedrina, en el tratamiento del TDAH. Este hecho provocó que se iniciase la investigación del uso de dexanfetamina y metilfenidato en el tratamiento de la hiperactividad, aunque el uso de estos psicoestimulantes para los niños con TDAH no se generalizó hasta los inicios de la década de los años 60. Es este periodo cuando se empieza a cuestionar el constructo de “*daño cerebral*” como la única causa de la hiperactividad infantil (Strauss y Kephart, 1955).

A partir de la década de los 50 comienza a extenderse el término de “*disfunción cerebral mínima*” (MBD), dejando a un lado el constructo de “daño cerebral”. De esta forma se establecía la posibilidad de un origen funcional, que incluiría niños con hiperactividad y disfunción atencional, y que además podrían presentar trastornos del aprendizaje y/o problemas motores



leves. Se citaban nuevas teorías neuroquímicas o neurofisiológicas como base añadida de este espectro de comportamientos (Clemens, 1962). Emplear el término (MBD) suponía anteponer los factores orgánicos en la etiología del TDAH frente a las teorías que tradicionalmente lo asociaban a una crianza deficiente en base a las teorías psicoanalíticas predominantes en esa época.

En 1968 aparece por primera vez el término “*Trastorno reacción hiperkinética de la infancia*” en el DSM-II, Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales en 1968 (APA, 1968). Este término daba mayor importancia a la hiperactividad, considerándola como la característica clave del síndrome, en lugar de un daño o disfunción cerebral mínimo. Paralelo a este nuevo constructo se elaboran pruebas y cuestionarios para valorar el TDAH y se llevan a cabo investigaciones centradas en el seguimiento de los casos tratados con psicoestimulantes.

Los trabajos de Douglas (1972) prueban que son varios los síntomas claves que componen este trastorno, entre los que se encuentran la falta de atención, la hiperactividad y la impulsividad. Estas investigaciones provocaron la modificación del término en el DSM-III (APA, 1980), que pasó denominarse “*Trastorno por Déficit de Atención con y sin hiperactividad*” con lo que se reforzaban los aspectos atencionales del trastorno, sobre los de la hiperactividad.

El DSM-III definió el TDA con hiperactividad como un trastorno tridimensional caracterizado por falta de atención, impulsividad e hiperactividad inapropiadas para el desarrollo, con síntomas y puntos de corte para operacionalizar el diagnóstico. Las características esenciales son signos de inatención e impulsividad percibidas como anormales desde un punto de vista del desarrollo.

En 1987 el DSM-III fue revisado y editado como DSM-III-R (APA, 1987). Para el TDAH establecieron 14 síntomas, en relación con la atención, a la hiperactividad e impulsividad, y

requiriendo ocho síntomas para un diagnóstico cuyos síntomas debían haber aparecido antes de los siete años. A partir de esta fecha, ya en la década de los 90, los grupos de trabajo del CIE-10 y los del DSM-IV comienzan a trabajar de forma conjunta para elaborar criterios comunes del TDAH.

En las ediciones resultantes se pueden establecer criterios semejantes, aunque con diferencias aún notables no solo en la nomenclatura (Trastorno hiperactivo y TDAH), sino en sus criterios diagnósticos. Aunque las ediciones más recientes de ambos sistemas son casi compatibles, siguen existiendo diferencias significativas entre la definición de Trastorno hiperactivo (HD) y los criterios de TDAH, en sus criterios diagnósticos, definición de omnipresencia, papel de la falta de atención e inclusión de comorbilidad. EL CIE-10 establece la presencia de los síntomas comportamentales en al menos dos escenarios además de la observación directa de estos comportamientos (OMS, 1992) mientras que el DSM -IV no precisa de la observación directa, entre otras diferencias.

Como síntesis de la evolución histórica del concepto de hiperactividad podemos seguir la propuesta de González & García-Villamizar (2010) (Tabla 1).

**Tabla 1 . Síntesis de la evolución histórica del concepto de TDAH (Hasta el año 2000)**

| AÑO                                   | AUTOR                         | REFERENCIA                                                                 |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>PRIMERAS EXPLICACIONES MÉDICAS</b> |                               |                                                                            |
| 1902                                  | Still                         | Defecto del control moral.                                                 |
| 1908                                  | Tredgold                      | Enfermedad neuropática.                                                    |
| 1909                                  | Dupré                         | Manifestación de un desequilibrio motor congénito.                         |
| 1922                                  | Hoffman                       | Secuelas de la encefalitis letárgica.                                      |
| 1936                                  | Blau                          | Lesiones en el lóbulo frontal.                                             |
| 1938                                  | Levin                         | Lesiones en el lóbulo frontal.                                             |
| 1957                                  | Laufer, Denhoff<br>y Solomons | Déficit en el área talámica del SNC.                                       |
| <b>TRASTORNO HIPERCINÉTICO</b>        |                               |                                                                            |
| 1867                                  | Maudsley                      | Perturbaciones conductuales.                                               |
| 1877                                  | Ireland                       | Perturbaciones conductuales.                                               |
| 1957                                  | Laufer, Denhoff<br>y Solomons | Déficit en el área talámica del SNC.                                       |
| 1899                                  | Clouston                      | Perturbaciones conductuales.                                               |
| 1901                                  | Demoor                        | Corea mental.                                                              |
| 1905                                  | Boncour                       | Escolar inestable.                                                         |
| 1913                                  | Durot                         | Pionero en diferenciar síntoma y síndrome.                                 |
| 1914                                  | Heuyer                        | La hiperactividad como síndrome.                                           |
| 1923                                  | Vermeulen                     | Pionero en introducir variables de tipo neurocognitivo.                    |
| 1930                                  | Kramer y Pollnow              | Trastorno Hipercinético.                                                   |
| 1934                                  | Kahn y Cohen                  | Síndrome de impulsividad orgánica.                                         |
| 1947                                  | Strauss y Lehtinen            | Síndrome de daño cerebral infantil.                                        |
| 1956                                  | Hoff                          | Trastorno Hipercinético.                                                   |
| 1960                                  | Chess                         | Trastorno Hipercinético.                                                   |
| 1968                                  | DSM-II                        | Reacción Hipercinética de la infancia.                                     |
| 1972                                  | Douglas                       | Trastorno por Déficit de Atención con y sin Hiperactividad.                |
| 1980                                  | DSM-III                       | Trastorno por Déficit de Atención con y sin Hiperactividad.                |
| 1987                                  | DSM-III-TR                    | Déficit de Atención con Hiperactividad                                     |
| 1992                                  | CIE-10                        | Trastorno de la Actividad y de la Atención (en Trastornos Hipercinéticos). |
| 1994/2000                             | DSM-IV                        | TDAH.                                                                      |

(Tomado de Revista de Historia de la Psicología, 2010, vol. 31, núm. 4, diciembre). (González & García-Villamizar, 2010).

En la actualidad, la definición de Trastorno de Déficit de Atención con/sin Hiperactividad corresponde a una descripción de los síntomas clínicos externos que se observan en el niño y que podríamos definirlo, “*por la coincidencia de síntomas derivados de una baja capacidad*

*atencional, de una falta de control de la impulsividad y de una manifiesta inquietud”* (Artigas-Pallarés y Narbona, 2011, p. 368).

Por todo ello, consideraremos el TDAH como un conjunto de disfunciones cognitivas donde se presentan problemas de atención y problemas de hiperactividad con o sin impulsividad, lo que afecta de una forma directa a su comportamiento en diversos entornos y en particular a su rendimiento escolar (Portela et al., 2016).

### **1.3. Criterios diagnósticos del TDAH**

El diagnóstico del TDAH se basa en criterios específicos establecidos en diversas clasificaciones, siendo los dos sistemas de clasificación más empleados por los clínicos actualmente, el DSM-5 (Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, 5ª edición) y el CIE-11 (Clasificación Internacional de Enfermedades, 11ª edición). A pesar de que ambos sistemas comparten muchos aspectos en común, como hemos comentado existen diferencias entre ellos, tales como la edad de comienzo de los síntomas, el número de contextos en los que se presenta, la existencia o no de subtipos y la presencia de comorbilidad.

Los criterios de diagnóstico del TDAH según el DSM-5 (APA, 2013), son:

A). Patrón persistente de falta de atención y/o hiperactividad-impulsividad que interfiere con el funcionamiento o el desarrollo, caracterizado por, al menos seis de los siguientes síntomas:

#### **Inatención:**

- A menudo no presta mucha atención a los detalles o comete errores por descuido en las tareas escolares, en el trabajo o durante otras actividades.
- A menudo tiene dificultad para mantener la atención en tareas o actividades de juego.
- A menudo parece no escuchar cuando se le habla directamente.

- A menudo no sigue las instrucciones y no termina las tareas escolares, las tareas domésticas o los deberes en el lugar de trabajo (no debido a un comportamiento de oposición o a la falta de comprensión de las instrucciones).
- A menudo tiene dificultades para organizar tareas y actividades.
- A menudo evita, no le gusta o se muestra reacio a participar en tareas que requieren un esfuerzo mental sostenido (como las tareas escolares o en casa).
- A menudo pierde cosas necesarias para tareas o actividades (por ejemplo, juguetes, tareas escolares, lápices, libros o herramientas).
- A menudo se distrae fácilmente con estímulos extraños.
- A menudo es olvidadizo en las actividades diarias.

**Hiperactividad e impulsividad:**

- A menudo se inquieta o se da golpecitos con las manos o los pies o se retuerce en el asiento.
- A menudo abandona el asiento en situaciones en las que se espera que permanezca sentado.
- A menudo corre o trepa en situaciones en las que no es apropiado (en adolescentes o adultos, puede limitarse a sentimientos subjetivos de inquietud).
- A menudo no pueden jugar o realizar actividades de ocio tranquilamente.
- A menudo "está en movimiento" o actúa como "impulsado por un motor".
- A menudo habla en exceso.
- A menudo deja escapar respuestas antes de haber completado las preguntas.
- A menudo tiene dificultades para esperar su turno.
- A menudo interrumpe o se entromete en los demás (por ejemplo, se entromete en conversaciones o juegos).

B). Varios síntomas de falta de atención o hiperactividad-impulsividad estaban presentes antes de los 12 años.

C). Varios síntomas de falta de atención o hiperactividad-impulsividad están presentes en dos o más entornos (p. ej., en el hogar, la escuela o el trabajo; con amigos o familiares; en otras actividades).

D). Existe evidencia clara de que los síntomas interfieren o reducen la calidad del funcionamiento social, académico u ocupacional.

E). Los síntomas no ocurren exclusivamente durante el curso de la esquizofrenia u otro trastorno psicótico y no se explican mejor por otro trastorno mental.

F). Los síntomas no se explican mejor por otro trastorno mental (p. ej., trastorno del estado de ánimo, trastorno de ansiedad, trastorno disociativo, trastorno de la personalidad, intoxicación o abstinencia de sustancias).

En función de los resultados se podrán clasificar las siguientes presentaciones:

- Presentación predominante con falta de atención: Si se cumple el Criterio A1, pero no se cumple el criterio A2 (hiperactividad-impulsividad) durante los últimos 6 meses.
- Presentación predominante hiperactiva/impulsiva: Si se cumple el Criterio A2 (hiperactividad-impulsividad) y no se cumple el Criterio A1 (inatención) durante los últimos 6 meses.
- Presentación combinada: Si se cumplen el Criterio A1 (inatención) y el Criterio A2 (hiperactividad-impulsividad) durante los últimos 6 meses.

Los síntomas deben estar presentes durante al menos 6 meses y ser inconsistentes con el nivel de desarrollo. Deberían impactar negativamente el funcionamiento social, académico u

ocupacional. El diagnóstico debe realizarse con cautela, teniendo en cuenta otras posibles explicaciones de los síntomas y garantizando que se emplean métodos de evaluación adecuados.

Estos criterios son para el diagnóstico de TDAH, que puede presentarse predominantemente con síntomas de falta de atención, predominantemente con síntomas de hiperactividad-impulsividad o una combinación de ambos.

Por su parte, el CIE-11 (OMS, 2022) establece igual que el DSM-5, que el TDAH se caracteriza por un patrón persistente de inatención y/o hiperactividad-impulsividad que interfiere con el funcionamiento o el desarrollo del individuo. También coincide en que los síntomas deben estar presentes al menos durante seis meses. Ambos, exigen que los síntomas hayan empezado antes de los 12 años, que afecten significativamente el funcionamiento en la escuela, la casa u otros entornos, y que no se deban a otros trastornos mentales (como depresión, ansiedad o problemas del aprendizaje).

Las diferencias entre estos dos sistemas se encuentran principalmente en que el CIE-11 no divide el TDAH en subtipos, sino que considera que cada persona puede presentar diferentes grados de inatención y/o hiperactividad-impulsividad, son necesidad de clasificarlos en categorías específicas.

Otra diferencia, radica en que el CIE-11 es más flexible en su aplicación dado que en lugar de contar síntomas estrictamente, este sistema da más importancia al impacto que tienen en la vida del niño o del adolescente y el grado de desproporcionalidad en relación a la edad o etapa de desarrollo. El enfoque del CIE-11 favorece un diagnóstico dimensional más que categórico dado que los síntomas se valoran en función de su impacto funcional más que por un umbral numérico.

#### **1.4. Descripción de las FE**

En los últimos años se ha incrementado el número de investigadores que han centrado su estudio en encontrar la relación entre déficits en los bajos resultados académicos que obtenían los niños con TDAH y déficits en las FE (Salazar et al., 2021). En esta misma línea, Barkley (2012) expone que “la triada de síntomas primarios” sumados a los problemas en la gestión de sus capacidades cognitivas orientadas a una meta, las llamadas FE, dejan un panorama problemático en lo académico (Vásquez, et al., 2011).

La mayoría de los investigadores coinciden en que las FE están relacionadas con una variedad de procesos mentales que incluyen la memoria de trabajo, la inhibición, la atención, la planificación, el autocontrol, la autorregulación y la iniciación (Goldstein y Naglieri, 2014).

Podemos considerar las FE como un complejo conjunto de habilidades cognitivas, que permiten al individuo generar, regular, supervisar, ejecutar y reajustar las conductas más adecuadas para lograr alcanzar metas complejas a través de un abordaje novedoso y creativo (Verdejo- García et al., 2010).

A lo largo del tiempo, se han propuesto diferentes modelos conceptuales para explicar su funcionamiento, estructura y relación con procesos cognitivos superiores como la atención, la planificación o la autorregulación. Entre otros modelos propuestos, encontramos como uno de los modelos pioneros el propuesto por Norman y Shallice, conocido como Sistema Atencional Supervisor (SAS). Este modelo propone la existencia de un sistema de control ejecutivo que se activa en situaciones novedosas, complejas o no automatizadas, y regula la acción mediante procesos como la inhibición de respuestas automáticas, la planificación y la toma de decisiones (Norman & Shallice, 1986). Este modelo tuvo gran influencia en el estudio de pacientes con daño en el lóbulo frontal. Barkley, desde una perspectiva clínica, introdujo un modelo en el que la



inhibición conductual es el déficit central en los pacientes con TDAH, afectando en cascada otras FE como la memoria de trabajo, el lenguaje interno, la regulación emocional y la reconstitución del comportamiento (Barkley, 1997; 2012). Este modelo ha sido ampliamente aplicado en entornos educativos y terapéuticos. Desde una perspectiva experimental, Miyake y Friedman propusieron un modelo de componentes múltiples, basado en estudios de análisis factorial. Estos autores identificaron tres FE centrales, “inhibición”, “flexibilidad cognitiva” y “actualización de la memoria de trabajo”. Este modelo ha sido especialmente útil para el diseño de tareas cognitivas y su evaluación empírica (Miyake et al., 2000). Stuss y Alexander plantearon un enfoque neuroanatómico, asociando distintas FE con áreas específicas del lóbulo frontal. Proponían que áreas como la corteza dorsolateral estaría relacionada con la planificación y la memoria de trabajo, mientras que la corteza orbitofrontal se vincularía con el control emocional y social (Stuss & Alexander, 2000).

Diamond define las FE *“como un conjunto de procesos de alto nivel que permiten a las personas controlar, regular y dirigir su pensamiento y comportamiento. Estas habilidades son fundamentales para el aprendizaje, la resolución de problemas, la toma de decisiones y el manejo de situaciones novedosas”* (Diamond, 2013; p. 135-168). Identifica tres componentes principales de las FE:

- Memoria de trabajo: La capacidad de retener y manipular información en la mente durante un corto período. Es crucial para realizar tareas como resolver problemas matemáticos, seguir instrucciones y planificar.
- Control inhibitorio: Incluye el autocontrol (la capacidad de resistir impulsos o tentaciones) y la atención selectiva (focalizarse en lo relevante mientras se ignora lo irrelevante). Este componente permite comportarse de manera adecuada y controlar las emociones.

- Flexibilidad cognitiva: La habilidad de adaptarse a demandas cambiantes, alternar entre diferentes tareas o perspectivas y generar soluciones creativas frente a nuevos desafíos.

Diamond enfatiza que estas funciones son interdependientes y se desarrollan desde la infancia, alcanzando su madurez en la adultez temprana.

Otros autores proponen que las FE tienen componentes cognitivos tanto "fríos" como "calientes". Los fríos requieren lógica y pensamiento crítico situaciones relativamente abstractas, no descontextualizadas y no emocionales (Nyongesa et al., 2019). Los componentes calientes serían requeridos en contextos donde se precisa de interpretación personal, por lo que se requiere de motivación, emoción y recompensas a largo plazo (Zelazo et al., 2010). Diversos estudios mantienen que el elemento emocional es imprescindible para que las FE actúen en el mundo real, dado que emoción y cognición están estrechamente relacionadas (Damasio et al., 1990).

En nuestra investigación, asumimos la definición dada por Piñas et al. (2012) de las FE como un conjunto de herramientas de ejecución y habilidades cognitivas que permiten el establecimiento del pensamiento estructurado. Por lo que hace posible planificar y ejecutar en función de objetivos planteados, anticipar y establecer metas, seguimiento de horarios a través del diseño de planes y programas, desarrollo y cierre de las actividades académicas o laborales, desarrollo del pensamiento abstracto y operaciones mentales, autorregulación y monitorización de las tareas y su organización en el tiempo y en el espacio. Permiten establecer metas, preparar y prevenir, seguir procesos rutinarios y planificar las acciones, por lo que:

- Requieren de autorregulación.
- Se puede dar monitorización de las tareas.
- Va paralelo al desarrollo del pensamiento abstracto.

- Incluye una organización de espacios y de tiempos.
- El lóbulo frontal del cerebro tiene una gran implicación en las FE. Éste incluye:
  - La corteza motora primaria.
  - El giro frontal superior.
  - El giro frontal medio.
  - El giro frontal inferior.

Siguiendo a Tirapu-Ustárrroz (2007; 2020) podemos plantear que las FE son funciones que integran diferentes componentes que consideramos pueden ser los siguientes: velocidad de procesamiento, memoria de trabajo, inhibición verbal y motora, ejecución dual, fluidez verbal, flexibilidad cognitiva, planificación, *branching* (ramificación) y toma de decisiones.

- **Velocidad de procesamiento:** Este constructo se refiere a la capacidad de una persona para procesar información de manera rápida y eficiente. Este aspecto cognitivo es fundamental en diversas funciones mentales, como la atención, la memoria, y la toma de decisiones (Salthouse, 1993).
- **Memoria de trabajo:** Se entiende la memoria de trabajo como un sistema cognitivo responsable de retener y manipular temporalmente la información necesaria para diversas tareas mentales. Desempeña un papel crucial en funciones cognitivas como la atención, la resolución de problemas y la toma de decisiones (Pappa et al., 2021).
- **Inhibición verbal y motora:** La inhibición verbal y motora puede considerarse como la capacidad de controlar y suprimir respuestas verbales y acciones motoras inapropiadas o irrelevantes en función de las demandas del entorno. Estas FE son fundamentales para regular el comportamiento, mantener la atención y realizar tareas que requieren un control cognitivo preciso (Bernardi et al., 2016).

- **La ejecución dual:** Se refiere a la capacidad de trabajar simultáneamente con el bucle fonológico y la agenda visuoespacial en la memoria de trabajo (Falbo et al., 2016). Esta habilidad implica la capacidad de procesar y manipular información tanto verbal (a través del bucle fonológico, que se encarga del almacenamiento temporal de información auditiva) como visual-espacial (mediante la agenda visuoespacial, que se encarga del almacenamiento temporal de información visual y espacial) al mismo tiempo. En el contexto de la memoria de trabajo, la ejecución dual es fundamental para realizar tareas que requieren el procesamiento activo de múltiples tipos de información de manera simultánea, lo que pone a prueba la capacidad cognitiva de manejar y coordinar diferentes tipos de datos en paralelo (Milla-Cano et al., 2020).
- **Fluidez verbal:** La fluidez verbal es una función cognitiva clave para evaluar el lenguaje y el funcionamiento ejecutivo. La fluidez verbal juega un papel crucial en la comprensión de las capacidades cognitivas y los posibles deterioros en diferentes poblaciones dentro del campo de la neuropsicología. (Xing et al., 2024).
- **Flexibilidad cognitiva:** Se entiende como la capacidad de adaptarse y cambiar entre diferentes tareas, reglas o conjuntos mentales. Implica procesos mentales que permiten a los individuos ajustar su pensamiento en respuesta a demandas o condiciones cambiantes. Desempeña un papel crucial en diversos aspectos de la cognición, el aprendizaje y el rendimiento académico (Eréndira et al., 2022).
- **Planificación:** La planificación entendida como el conjunto de los procesos cognitivos involucrados en el establecimiento de metas, la organización de pasos para lograr esas metas y la ejecución efectiva de esos pasos. Es una función ejecutiva crucial que implica el establecimiento de objetivos, la organización y la ejecución, y su evaluación en

neuropsicología proporciona información sobre los fundamentos cognitivos y neuronales de esta capacidad, con importantes implicaciones para la comprensión y el manejo de diversas afecciones neurológicas (Kotitsa, 2020).

- **Branching o ramificación:** Se refiere a la capacidad de un individuo para realizar una tarea, abandonarla temporalmente y luego volver a retomarla desde el mismo punto en que se dejó. Esta habilidad es crucial para el funcionamiento ejecutivo, ya que implica la gestión efectiva de la atención y la memoria de trabajo, permitiendo que una persona maneje múltiples tareas o cambie de enfoque sin perder el hilo de lo que estaba haciendo. Puede entenderse como la capacidad de cambiar de tareas y volver a tareas previas (Tirapu-Ustárriz, 2020)
- **Toma de decisiones:** Abarca un amplio espectro de funciones cognitivas y patrones de comportamiento dado que se considera como la capacidad de seleccionar una respuesta entre varias posibilidades alternativas. El sujeto debe tener en cuenta y valorar cada una de las opciones de acción, y las consecuencias de la elección de cada una de las opciones que se presentan por lo que debe evaluar riesgos y recompensas. (Damasio et al., 1991).

Por otro lado, Brown (2006) sostiene que el síndrome de TDAH afecta todas las llamadas FE del cerebro. Estas funciones incluyen:

1. La activación, requerida para organizar las tareas y materiales, estimar tiempo, establecer prioridades de las tareas e iniciar la actividad.
2. La focalización, necesaria para focalizar y sostener la atención, así como cambiar de foco de interés.
3. La regulación del esfuerzo, lo que incluye la gestión del estado de alerta, la tolerancia a la fatiga y la velocidad de procesamiento.

4. La gestión emocional, que le permite al sujeto manejar la frustración y controlar las emociones.

5. La memoria de trabajo encargada de retener información entrante y evocar la información almacenada hasta conseguir el desarrollo de una tarea.

6. El control de la acción, que permite el monitoreo del comportamiento, aprender de los errores e inhibir respuestas automáticas e impulsivas.

## **2. Evaluación de las FE**

La evaluación de las FE es un componente esencial en el abordaje clínico y neuropsicológico del desarrollo infantil y adolescente, especialmente en el diagnóstico del TDAH. Dado que estas funciones se manifiestan de forma diversa a lo largo del desarrollo y en distintos contextos, su evaluación requiere herramientas adaptadas a la edad y con validez ecológica. En este apartado presentamos una selección de pruebas comúnmente empleadas para valorar distintos componentes de las FE, organizadas en tres grupos principales: pruebas generales, pruebas básicas específicas para distintos subprocesos ejecutivos, y pruebas avanzadas que aportan una evaluación más amplia y funcional.

### **2.1. Pruebas generales**

**ENFEN:** Evaluación Neuropsicológica de las FE en niños. Es una batería de aplicación individual, que evalúa el nivel de madurez y el rendimiento cognitivo en actividades relacionadas con las FE. Su ámbito de aplicación es en niños de 6 a 12 años. La duración puede variar, pero se estima que es de veinte minutos. Los baremos son por puntuación directa y decatipos por grupos de edad. Está compuesta por las siguientes pruebas: fluidez fonológica y semántica, construcción de senderos, senderos color, construcción de anillas y resistencia a la interferencia (Portellano et al., 2009).

## **2.2. Pruebas de FE Básicas**

### **○ Pruebas para evaluar la inhibición de la respuesta / Control inhibitorio**

- Test de tapping de Luria: El procedimiento general consiste en golpear una vez cuando el examinador golpea dos y golpear dos cuando el examinador golpea una. El rendimiento mejora en precisión y rapidez de los 3-6 meses hasta los 7 años, edad en la que se alcanza el techo. (Soprano, 2003).

- Test de golpeteo: Puede considerarse como una variante del test de tapping de Luria. Cuando el examinador golpea con su puño, el niño golpea con su palma y viceversa. Tiene normas para niños de 5 a 12 años. (Soprano, A. M., 2003).

- Tareas 'noche-día': se le muestra al sujeto una tarjeta de fondo negro con estrellas y se le pide que diga 'día' y luego una tarjeta de fondo blanco con un sol brillante y se le pide que diga 'noche'. Requieren que los sujetos recuerden dos reglas e inhiban la respuesta natural. El éxito comienza a lograrse a partir de los 5/6 años. (Soprano, 2003).

- Test Stroop de colores y palabras: Indaga la capacidad del sujeto para clasificar información de su entorno y para reaccionar selectivamente a esa información. Exige prestar atención selectiva. Aplicable de los 7 a los 80 años. (Soprano, 2003).

### **○ Pruebas para evaluar la fluidez verbal / Lenguaje / Acceso léxico**

- Test de fluidez verbal (oral y escrita): Se solicita producir palabras de una clase dada (fluidez semántica) o comenzar por una letra dada (fluidez fonémica), dentro de un período limitado de tiempo. Normas de 5-12 años. (Soprano, 2003).

### **○ Pruebas para evaluar la impulsividad / Control de la impulsividad**

- Test de emparejamiento de imágenes: Prueba de elección múltiple para medir la impulsividad. Tiene en cuenta una doble dicotomía: lento/rápido,

preciso/impreciso. Normas para sujetos de entre 7 años y 6 meses y 14 años y 5 meses. (Soprano, 2003).

- Laberintos del WISC III y Porteus: Evaluación de planificación, control de la impulsividad y coordinación visomotora. Aplicable desde los 3 años hasta adultos. (Soprano, 2003).

- **Prueba para evaluar la planificación / FE**

- Laberintos de Porteus y laberintos del WISC III: Además de control de impulsividad, se considera una medida de la capacidad de planificación. (Soprano, 2003).

- **Prueba para evaluar la flexibilidad cognitiva / Creatividad**

- Test de usos de objetos: Evaluación de la inflexibilidad en el pensamiento y creatividad en niños. Los sujetos deben escribir los usos que pueden tener cinco objetos comunes. (Soprano, 2003).

### **2.3. Pruebas de FE Avanzadas**

- BRIEF-2: Es una escala que evalúa todo tipo de FE compuesta por dos cuestionarios, uno para padres y otro para docentes, que evalúa el funcionamiento ejecutivo en el hogar y la escuela. Su finalidad es evaluar las FE mediante 9 escalas clínicas (inhibición, supervisión de sí mismo, flexibilidad, control de las emociones, iniciativa, memoria de trabajo, planificación y organización, supervisión de la tarea y organización de materiales), tres índices generales (regulación conductual, regulación emocional, regulación cognitiva) y un índice global de Función Ejecutiva. Además, incluye tres escalas de validez (infrecuencia, inconsistencia y negatividad). Su aplicación es individual, respondido por padres, madres, profesores o cuidadores de la persona evaluada (entre 5 y 18 años). Se puede demorar alrededor de 10 minutos en el cuestionario. La baremación es realizada en puntuaciones T



de población general diferenciados por edad, sexo e informante (familia, escuela) (Gioia, et al., 2016).

- D-KEFS: Lo conforman nueve pruebas, que evalúan la flexibilidad de pensamiento, la inhibición, la resolución de problemas, la planificación, el control de los impulsos, la formación de conceptos, el pensamiento abstracto y la creatividad en ambas modalidades, verbal y espacial. Su administración es individual, y es aplicable a niños y adultos (Soprano, 2003).
- Escalas Magallanes de impulsividad computarizadas: destinadas a evaluar el estilo cognitivo de reflexividad-impulsividad pero a través de una computadora. Su intervalo de edad es de 6-11 años (Soprano, 2003).
- Torre de Londres: usado para detectar problemas en el área de la planificación. Consta en una base de madera con tres varillas de distinta longitud y tres esferas de colores (rojo, azul y verde) para insertar en ellas. Los modelos que copiar (un ejemplo y 12 ítems) aparecen en tarjetas coloreadas, que se colocan de una en una enfrente del niño. La prueba la estandarizaron en niños de 7,0 a 13,11 años (Soprano, 2003).
- Torre de Hanoi: Consiste en que al sujeto se le presentan tres ejes verticales, en el primero de los cuales se colocan otros tantos discos de diferente tamaño, dispuestos piramidalmente. El objetivo final es reproducir la configuración original y transferir los discos desde el primero de los ejes hasta el más alejado. La memoria de trabajo es una función esencial para realizar correctamente esta tarea (Soprano, 2003).
- Torre NEPSY: (incluida en la batería NEPSY) Consiste en colocar tres pequeñas esferas de colores (rojo, azul y amarillo) en clavijas según el modelo que aparece en la lámina,

debe planificar la secuencia de movimientos antes de realizar la tarea. Posee normas para edades de 5-12 años (Soprano, 2003).

- Test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST): Requiere habilidad para desarrollar y mantener las estrategias de solución de problemas que resultan adecuadas para conseguir un objetivo a través de condiciones que implican cambios de estímulos. Consiste en descubrir una regla de clasificación a través de emparejamiento de tarjetas que varían en función a categorías (forma, color y número) y debe adaptar sus respuestas de acuerdo con los cambios de criterio del examinador cuando haya 10 respuestas consecutivas correctas. Se utilizan respuestas de retroalimentación positiva y negativa. Es aplicable a sujetos de entre 6 años y 6 meses hasta 89 años (Soprano, 2003).

En la Tabla 2 se muestran las pruebas más empleadas en la evaluación de las FE.

**Tabla 2. Resumen de las pruebas más empleadas en la evaluación de las FE**

| PRUEBA                                                | RANGO DE EDAD      | COMPONENTE EVALUADO                                                              |
|-------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ENFEN                                                 | 6-12 años          | Madurez y rendimiento cognitivo                                                  |
| Test de tapping de Luria                              | 6 meses-7 años     | Velocidad de ejecución                                                           |
| Test de golpeteo                                      | 5- 12 años         | Velocidad de procesamiento y habilidad motora.                                   |
| Tareas “noche-día”                                    | ≤ 5 años           | Control de inhibición                                                            |
| Test Stroop de colores y palabras                     | De 7 a 80 años     | Atención selectiva                                                               |
| Test de fluidez verbal: (oral y escrita)              | 5-12 años          | Fluidez lingüística. Habilidades fonológicas                                     |
| Test de emparejamiento de imágenes                    | De 7 a 14 años     | Impulsividad                                                                     |
| Laberintos de Porteus y laberintos del WISC III       | ≤ 3 años           | Planificación e impulsividad                                                     |
| Test de usos de objetos                               | ≤ 5 años           | Fluidez y flexibilidad                                                           |
| BRIEF-2                                               | De 2 a 6 años      | Control inhibitorio, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y planificación. |
| D-KEFS                                                | A partir de 5 años | Planificación y control de impulsos.                                             |
| Escalas Magallanes de impulsividad computarizadas     | De 6 a 11 años     | Flexibilidad cognitiva y control inhibitorio.                                    |
| Torre de Londres                                      | De 7 a 14 años     | Planificación, resolución de problemas.                                          |
| Torre de Hanoi                                        | ≤ 5 años           | Planificación, organización y atención.                                          |
| Torre NEPSY                                           | De 5 a 12 años     | Planificación.                                                                   |
| Test de clasificación de tarjetas de Wisconsin (WCST) | ≤ 6 años           | Flexibilidad cognitiva                                                           |

### 3. Relación entre TDAH y FE

Como ya hemos comentado, para Barkley (1997) el TDAH viene determinado por la conjunción interdependiente de diversas FE, cuyo resultado explicaría los síntomas del trastorno (Ishii et al., 2003). A nivel neuropsicológico, se ha comprobado que el lóbulo frontal realiza una serie de funciones relacionadas con el proceso de inhibición (Tirapu- Ustárrroz & Muñoz Céspedes, 2005). Estas funciones se van desarrollando con el paso del tiempo desde la infancia, por lo que, si existiesen problemas de impulsividad, falta de atención e hiperactividad, podrían perdurar a lo largo del tiempo propiciando dificultades de rendimiento escolar y de adaptación social. El equipo de investigación dirigido por Romero Pérez et al. (2005) realizó, para la Junta de Andalucía, un seguimiento de los resultados académicos de los alumnos diagnosticados con TDAH arrojando lo siguientes datos:

- El 25% de los TDAH presentan serios problemas en una o más de las áreas siguientes: expresión oral, habilidades de escucha, comprensiones lectoras y matemáticas.
- El 40% de los TDAH sin tratamiento mantienen sus síntomas durante toda la escolarización e incluso después y el 35% de los TDAH son marginados en la escuela.
- Entre el 70% y el 80% realiza mal sus trabajos escolares
- El 45% de los alumnos con TDAH son suspendidos.
- El 30% tienen que repetir cursos.
- Y entre el 5% y el 10% no acaban su escolarización

El estudio en profundidad de las FE permite comprender mejor la relación que tienen con las dificultades que presentan los niños con TDAH. Estas dificultades se manifiestan en los ámbitos escolares, sociales y familiares, dado que este trastorno implica, por definición, alteraciones en el funcionamiento ejecutivo.



## **CAPÍTULO 2 MOTIVACIÓN Y ESTADO DEL ARTE**



### **1. Punto de partida: Multiple Errands Test (MET)**

Dada la importancia de las FE para la autonomía personal, escolar, laboral y social, es fundamental contar con herramientas que evalúen estas capacidades de forma ecológicamente válida. Este enfoque nos permitió seleccionar como base de nuestro diseño MET (Multiple Errands Test) una herramienta que en los últimos años se ha estado consolidando como una de las pruebas más representativas para evaluar FE en entornos naturales. MET evalúa la función ejecutiva en contextos reales, con tareas reales. Fue desarrollada en la década de los 90 en el siglo pasado por Shallice y Burgess (1991). Estos investigadores pretendían detectar dificultades en la ejecución de tareas múltiples en pacientes con lesiones cerebrales frontales. Estas lesiones no siempre se podían detectar y diagnosticar mediante las pruebas neuropsicológicas tradicionales. Entendían que las FE constituían un conjunto de procesos cognitivos necesarios para el control y la autorregulación del comportamiento en situaciones nuevas, complejas o no rutinarias (Lezak, 1995). Por este motivo decidieron desarrollar una nueva prueba consistente en solicitar al paciente la realización de diversas tareas cotidianas (comprar uno o varios productos o pedir información), siguiendo instrucciones específicas, en un entorno real (un centro comercial, hospital o entorno simulado). Estas tareas se diseñaron con restricciones y reglas que exigían al evaluado planificar, organizar, tomar decisiones, mantener objetivos en su memoria, inhibir conductas automáticas y adaptarse a imprevistos. Desarrollaron esta prueba con la finalidad de que fuese capaz de evaluar la capacidad de manejar múltiples demandas simultáneamente, priorizar información, resolver problemas, y auto monitorizar el propio desempeño, habilidades asociadas al funcionamiento ejecutivo. Sus resultados permiten observar errores de omisión, violación de reglas, repeticiones innecesarias y estrategias disfuncionales, lo que proporciona una evaluación rica y cualitativa del desempeño ejecutivo en contextos rutinarios y en entornos complejos.



Diversos estudios han demostrado la Validez Ecológica (VE) del MET, en comparación con otras pruebas ejecutivas de laboratorio o de lápiz y papel, lo que avala su utilidad para predecir el funcionamiento de las tareas cotidianas (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003). Esta característica lo convierte en una herramienta especialmente valiosa en contextos clínicos, de rehabilitación neuropsicológica y evaluación de la capacidad funcional.

MET ofrece una aproximación integral y funcional a la evaluación de las FE, al simular los desafíos reales que enfrenta un individuo en su vida diaria. Su uso permite detectar déficits que otras pruebas más estructuradas no detectarían, promoviendo intervenciones personalizadas y centradas en cada paciente.

## **2. Introducción a la RV**

### **2.1. Antecedentes**

En los últimos años, la RV ha tenido un auge en investigación muy notable de aplicación efectiva en una amplia gama de disciplinas científicas. En lo que respecta a la neuropsicología clínica, se están desarrollando multitud de nuevas aplicaciones de la RV para superar las limitaciones de los paradigmas clásicos (Krohn et al., 2020).

La aparición de la RV se produjo en las décadas de 1950 y 1960. Los investigadores introdujeron el concepto de "realidad artificial". Entre estos primeros pasos de experiencias inmersivas está "Sensorama" de Morton Heilig en 1962 (Branda, 2015). El Sensorama combinaba imágenes, audio, efectos del viento y dispersión de olores para estimular todos los sentidos del sujeto. En 1965, Ivan Sutherland desarrolló "Ultimate Display", una visión sobre un hipotético dispositivo de visualización de computadora en el que los usuarios podrían interactuar con mundos generados por computación, indistinguibles de la realidad (Elor et al., 2020). Estos primeros desarrollos sentaron las bases para la línea de tiempo de la RV como un campo tecnológico

distinto. En 1968, Ivan Sutherland, presentó el primer sistema multimedia inmersivo con pantalla montada en la cabeza (HMD): un casco de RV inmersivo que permitía a los usuarios mirar de forma interactiva un entorno tridimensional (3D) entorno virtual (Steinicke F., 2016). Aunque el término “Realidad Virtual” se le atribuye a Jaron Lanier, quien diseñó algunos de los primeros hardware de RV de nivel empresarial bajo su firma VPL Research a fines de la década de 1980 (Sousa-Ferreira et al., 2021).

Estas investigaciones comenzaron a popularizarse y a diversificar sus aplicaciones en todos los campos, arquitectura, aviación, entrenamiento militar, medicina, entre otros. En la década de los 90, Albert Rizzo integró la RV en el campo de la neuropsicología. Este avance supuso la transformación de la evaluación y rehabilitación cognitiva que hasta entonces se venía realizando. Su propuesta era aprovechar las capacidades inmersivas de la RV, para que los terapeutas pudieran realizar intervenciones más personalizadas y efectivas para personas con discapacidades neurológicas (Rizzo & Bouchard, 2019).

## **2.2. La RV, definición y aplicaciones**

El desarrollo que se está produciendo en los últimos años ha hecho posible que el uso de la RV en la evaluación psicológica esté cada vez más consolidado. Esto se debe fundamentalmente a que permite generar experiencias inmersivas y controladas, adecuadas al estudio de distintos procesos psicológicos (Seivane et al., 2022). Autores como Climent et al. (2014) establecen que la RV reproduce entornos tridimensionales con los que el paciente interactúa de forma dinámica, con una sensación de inmersión en el entorno similar a la presencia y exposición a un entorno real.

La RV representa un entorno digital generado por medios informáticos que permite la interacción del usuario con espacios tridimensionales simulados. Aunque frecuentemente se emplean dispositivos de visualización montados en la cabeza (HMDs), que posicionan pantallas

estereoscópicas cerca de los ojos para crear una sensación de inmersión, existen también sistemas alternativos como los entornos CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), que proyectan imágenes en las paredes de una sala envolvente sin necesidad de visores individuales. La experiencia inmersiva se complementa mediante sensores de seguimiento de movimiento y puede incorporar estímulos multisensoriales tales como visuales, auditivos, hápticos e incluso olfativos para aumentar la sensación de presencia en el entorno virtual. Para Berni & Borgianni (2020) la RV se puede considerar una interfaz hombre-máquina de alta gama, en la que se combinan tecnologías como gráficos por computadora, procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, inteligencia artificial, redes, sistemas de sonido y otros para producir simulación e interacción por computadora. Todo esto produce una sensación de estar presente a través de múltiples retroalimentaciones sintéticas.

Esta tecnología introduce a los participantes en un entorno virtual altamente realista, permitiéndoles interactuar y explorar mundos virtuales de una manera que hace difícil distinguir entre realidad y simulación, a diferencia de las interfaces de usuario tradicionales. La RV se genera mediante la integración de componente de software y de hardware. Los elementos principales de los sistemas de RV incluyen:

- Dispositivos de visualización: Existen en el mercado diferentes dispositivos de visualización, tales como CAVE (que ya hemos mencionado), pantallas estereoscópicas de escritorio, Fulldome, pantallas móviles en modo RV, monitores 3D, RV en proyección. Para nuestro estudio hemos empleado las gafas de RV que sirven como interfaz entre el usuario y el entorno virtual, proporcionando imágenes estereoscópicas que simulan la percepción de profundidad.

- Sistemas de seguimiento: el seguimiento preciso del movimiento es esencial para mantener la conciencia espacial y permitir interacciones naturales dentro de entornos virtuales.

Los sistemas de seguimiento, como sensores infrarrojos, cámaras o giroscopios, monitorean los movimientos del usuario en tiempo real, garantizando una navegación e interacción perfectas.

- **Dispositivos de entrada:** La entrada del usuario se facilita a través de una variedad de controladores, guantes o dispositivos de seguimiento de movimiento, lo que permite a los participantes manipular objetos virtuales, navegar por entornos y participar en experiencias interactivas. Estos dispositivos de entrada traducen acciones físicas en comandos digitales, por lo que se produce una sensación de presencia en el entorno virtual.

- **Infraestructura computacional:** Se requiere una combinación de hardware de alto rendimiento (GPU, CPU, sistemas de seguimiento) y algoritmos optimizados de software para generar entornos inmersivos, procesar interacciones en tiempo real y mantener una tasa de fotogramas constante en aplicaciones de RV. Las GPU, CPU y técnicas de renderizado especializadas de alto rendimiento desempeñan un papel crucial a la hora de optimizar el rendimiento y minimizar la latencia, lo que garantiza una experiencia de usuario fluida y receptiva.

### **2.3. Evolución de las aplicaciones de RV en la evaluación de las FE en TDAH**

Como sabemos, las FE desempeñan un papel fundamental en la regulación del comportamiento y la adaptación a entornos dinámicos en las actividades de la vida diaria. Dada su importancia, la evaluación de las FE ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Se ha pasado de los métodos neuropsicológicos tradicionales a herramientas innovadoras basadas en RV, cuyo objetivo es mejorar la VE y la precisión en la medición de estas funciones.

El estudio de las FE tuvo sus primeros avances con investigaciones pioneras centradas en el control cognitivo, un constructo fundamental en la regulación de la conducta y la toma de decisiones. Estas investigaciones permitieron identificar los procesos neuropsicológicos

subyacentes a la planificación, la inhibición de respuestas y la flexibilidad cognitiva. Shallice y Burgess (1991; 1996) fueron los primeros en analizar la supervisión de tareas múltiples, demostrando que las pruebas neuropsicológicas tradicionales no capturan adecuadamente la complejidad del funcionamiento ejecutivo en situaciones cotidianas. Sus hallazgos reforzaron la necesidad de desarrollar métodos de evaluación más ecológicos, lo que posteriormente impulsó la exploración de herramientas innovadoras como la RV.

A finales de los años 90, Barkley (1997) consolidó la perspectiva de las FE en el TDAH al proponer que este trastorno se caracterizaba principalmente por un déficit en el control inhibitorio, lo que impactaba en el funcionamiento de otras FE, como la memoria de trabajo y la regulación emocional. Más adelante, Brown (2006) amplió este modelo al destacar la interacción entre la planificación, la autorregulación emocional y la flexibilidad cognitiva en niños con TDAH.

Con el desarrollo de las Nuevas Tecnologías del siglo XXI, se hizo evidente la necesidad de mejorar las pruebas neuropsicológicas tradicionales. En esta línea, Soprano (2003) subrayó la importancia de emplear pruebas específicas para evaluar deficiencias en planificación, inhibición de respuestas y memoria de trabajo. Servera-Barceló (2005), por su parte, aplicó el modelo de autorregulación de Barkley al TDAH, vinculando el déficit en FE con la impulsividad, enfatizando la relación entre las FE y la autorregulación conductual. Este enfoque permitió una comprensión más profunda de cómo los déficits en las FE contribuyen a las manifestaciones clínicas del TDAH.

A medida que se profundizaba en las investigaciones de las FE a lo largo de la vida, Rosselli et al. (2008) evidenciaron que los niños con TDAH presentaban un retraso madurativo en estas habilidades en comparación con sus pares neurotípicos. En la misma línea, Rubiales et al. (2010) examinaron la inhibición cognitiva y motora en niños con TDAH, encontrando que estos

presentaban mayores dificultades para suprimir respuestas automáticas, lo que afectaba su desempeño académico y social.

Navarro y García-Villamizar (2011) exploraron el funcionamiento ejecutivo en el TDAH desde una perspectiva ecológica, comparando los perfiles diferenciales entre los tipos combinado e inatento. Sus hallazgos sugieren que diferentes subtipos de TDAH pueden estar asociados con patrones específicos de déficits en las FE. Con el avance en la comprensión de las FE, las metodologías tradicionales de evaluación han sido cuestionadas por su escasa VE. Parsons (2015), por su parte, argumentó que pruebas como la prueba de Stroop o la Torre de Hanoi no reflejan con fidelidad las demandas del mundo real, lo que limitaba su utilidad en la evaluación de niños con TDAH.

Schoemaker et al. (2012) evaluaron las FE en niños en edad preescolar con TDAH y trastornos de conducta disruptiva, encontrando que ambos grupos presentaban déficits en la memoria de trabajo y el control inhibitorio, lo que indica la necesidad de evaluaciones tempranas y estrategias de intervención adaptadas.

En respuesta a estas limitaciones, la RV comenzó a consolidarse como una herramienta de evaluación en el ámbito neuropsicológico. Rizzo et al. (2006) desarrollaron el Virtual Classroom, un entorno simulado que permitía evaluar la atención sostenida y la respuesta a distractores en un contexto similar a un aula real. Parsons et al. (2007) confirmaron la eficacia de este método al comprobar que los niños con TDAH presentaban mayores errores y distracciones en comparación con niños sin este trastorno.

Posteriormente, Climent y Banterla (2011), introdujeron Nesplora Aula una prueba de RV diseñada para medir la atención, la impulsividad y la velocidad de procesamiento en niños con

TDAH. Su eficacia fue respaldada por Díaz-Orueta et al. (2014), quienes demostraron que esta herramienta permite diferenciar con precisión a niños con y sin TDAH.

En los años siguientes, diversos estudios profundizaron en la aplicación de la RV en la evaluación del TDAH. Areces et al. (2018) llevaron a cabo un análisis sobre los perfiles atencionales y cognitivos de niños con TDAH, encontrando diferencias significativas en la atención sostenida y el control inhibitorio. En la misma línea, Zulueta et al. (2018) evaluaron el impacto de la RV en la precisión diagnóstica del TDAH, concluyendo que los entornos virtuales pueden mejorar la evaluación al proporcionar escenarios más realistas y controlados.

El uso de la RV no solo ha sido explorado como herramienta de evaluación, sino también como una estrategia de intervención. Bashiri et al. (2017) realizaron una revisión sistemática sobre la aplicación de la RV en la rehabilitación de niños con TDAH, destacando mejoras en el control inhibitorio y la atención sostenida. Los estudios sobre intervención han continuado en esta línea, tales como los de Rodrigo-Yanguas et al. (2021) que implementaron un programa de intervención basado en RV en adolescentes con TDAH, observando una reducción en los niveles de impulsividad.

Romero-Ayuso et al. (2021) realizaron un metaanálisis sobre intervenciones basadas en RV en niños y adolescentes con TDAH. Sus hallazgos indicaron que la RV puede mejorar la atención sostenida y reducir los errores por omisión, aunque señalaron la necesidad de continuar investigando su impacto en la impulsividad. También, González-Bracamonte et al. (2023) realizaron una revisión sistemática en la que concluyeron que la RV puede ser tan efectiva como las metodologías tradicionales para mejorar el funcionamiento ejecutivo en niños con TDAH.

Más recientemente, Romero-Ayuso et al. (2024) analizaron la herramienta SmartAction-VR para evaluar las FE en niños y adolescentes con TDAH, evidenciando que éstos presentaban mayores errores en memoria de trabajo y control inhibitorio.

En resumen, la evaluación de las FE en niños con TDAH ha experimentado una evolución notable, pasando de pruebas neuropsicológicas convencionales a herramientas basadas en RV. Estas últimas han demostrado ser más precisas y ecológicamente válidas, permitiendo evaluar el rendimiento cognitivo en entornos dinámicos y controlados.

### **2.4. Aplicaciones actuales de la RV en la evaluación de las FE**

El uso de la RV en la evaluación neuropsicológica ha sido aplicado en varios estudios, que han demostrado la sensibilidad de las medidas basadas en RV para detectar el deterioro cognitivo (Georgiev et al., 2021). Las investigaciones en este campo demostraron que las evaluaciones basadas en RV podrían proporcionar un enfoque ecológico válido para evaluar las funciones cognitivas en comparación con las pruebas tradicionales de lápiz y papel (Kourtesis et al., 2021).

En este contexto, la RV ha emergido como una herramienta innovadora que permite evaluar las FE en entornos más dinámicos, inmersivos y ecológicamente válidos. Su correcto funcionamiento es esencial para la autonomía y adaptación en la vida cotidiana dado que están implicadas en las actividades de la vida diaria (AVD). Las AVD están relacionadas con lo familiar, lo cotidiano y lo esencial para la independencia personal, incluyendo aspectos como la organización del tiempo, la planificación de tareas y la capacidad de adaptación a diferentes situaciones (Romero-Ayuso, 2007). Alteraciones en las FE, como las observadas en niños con TDAH, pueden provocar dificultades significativas para desenvolverse de manera independiente y efectiva en el entorno cotidiano. Las pruebas de evaluación tradicionales no siempre permiten medir con precisión cómo estos déficits afectan el funcionamiento diario. Sin embargo, la RV no



solo posibilita la creación de escenarios realistas, sino que también ofrece una evaluación más precisa del desempeño ejecutivo en contextos funcionales, facilitando la identificación de déficits en las FE y su impacto en las actividades de la vida diaria (AVD). Siguiendo a Delgado y Sánchez (2023), la RV busca crear herramientas que tengan una correlación más directa con el desempeño en las AVD, proporcionando una medida más precisa y funcional del impacto de los déficits ejecutivos en la vida real. La RV para Pieri (Pieri et al., 2021) es una de las herramientas más prometedoras en el campo de la neuropsicología. Las críticas históricas a los test convencionales por su baja sensibilidad funcional (Rizzo et al., 2001; Parsons & Rizzo, 2008; Krohn et al., 2020) impulsaron la búsqueda de entornos virtuales capaces de reproducir demandas reales con control experimental. Shallice y Burgess (1991) mostraron que pacientes con FE alteradas podían obtener buenos resultados en laboratorio y fracasar en su día a día; de esa discrepancia surgió MET, más tarde trasladada a RV para evaluar tareas domésticas y comunitarias (Burgess et al., 2006; Pérez-Salas, 2008). El salto tecnológico ha permitido diseñar escenarios dinámicos, seguros y ajustables que reducen tiempo de evaluación y riesgo para el paciente (Botella et al., 2009).

A partir de ese momento, el uso de la RV en la evaluación neuropsicológica comenzó a ser reconocida por su capacidad para simular escenarios del mundo real, manteniendo al mismo tiempo un alto grado de control experimental. Este sistema permite la creación de escenarios de prueba dinámicos e individualizados que pueden conducir a evaluaciones más precisas y eficientes en términos de tiempo sin sensación de riesgo para los individuos (Botella et al., 2009).

Aunque, Suchy et al. (2024) han demostrado que las pruebas tradicionales de evaluación de las FE predicen mejor el rendimiento en AVD que las pruebas naturalistas, el constructo VE está sujeto a controversias. Estos mismos autores han analizado la conceptualización de este constructo en diferentes artículos y han encontrado una variabilidad de definiciones que dificultan

la interpretación clínica de las pruebas descritas como ecológicamente válidas. Es por esto, que creemos necesaria la precisión y consenso del término “validez ecológica” para mejorar la interpretación de las evaluaciones neuropsicológicas.

En la actualidad se están desarrollando y aplicando varias herramientas de RV para evaluar las FE, como “Aula Nesplora” (Climent & Banterla, 2011) , “La Oficina Virtual” (Climent et al., 2014), “Búsqueda del Tesoro” (Méndez-Encinas et al. 2023) y “EPELI” (Seesjärvi et al., 2023). Estas herramientas proporcionan información sobre procesos cognitivos como la atención sostenida y selectiva pero que, a pesar de su facilidad de uso, cuentan con limitaciones, tales como situar al niño en actividades que no son habituales en su vida diaria o incluso producirse resultados afectados por el nivel intelectual de los niños (Fernández et al., 2012). Estas limitaciones fueron la razón por la que se decidió desarrollar una herramienta capaz de superarlas. En posteriores capítulos se desarrollará de forma más extensa este apartado.

Entendemos que la RV surge como respuesta a una actualización en la evaluación y rehabilitación de las FE dentro de la psicología clínica. Por este motivo debe ser continuamente valorada y analizada para superar las barreras y limitaciones que aún persisten. A medida que la tecnología avanza y se hace más accesible, está llamada a desempeñar un papel cada vez más importante en la práctica clínica, ofreciendo evaluaciones y tratamientos más personalizados y eficaces para las personas con trastornos de la FE.

### **3. Justificación de la elección de la RV**

La elección de la RV como herramienta de evaluación neuropsicológica en este estudio no se debe a una corriente actual en el uso de nuevas tecnologías en entornos clínicos. Esta elección responde a una necesidad metodológica previamente planteada, la de superar las limitaciones que presentan los instrumentos tradicionales en la evaluación de las FE en estos contextos.

Investigaciones actuales han demostrado que las pruebas tradicionales, como las de papel y lápiz o las digitales no inmersivas, presentan dificultades para captar la complejidad del funcionamiento ejecutivo en entornos naturales (Parsons, 2015; Chaytor et al., 2006). En los últimos años, los avances en tecnología de RV han ido progresivamente adaptándose a las distintas disciplinas en el campo de la investigación y la evaluación (Javvaji, et al., 2024). En concreto, han demostrado ser de utilidad en el campo de la neurociencia y la neuropsicología (Parsons, 2015).

La posibilidad de crear tareas adaptadas a entornos cotidianos permite una observación más precisa de los procesos de planificación, toma de decisiones, control inhibitorio y memoria de trabajo, todas ellas habilidades esenciales para el desarrollo de la autonomía personal (Burgess et al., 2006).

La progresiva globalización y accesibilidad de la tecnología ha favorecido su integración en contextos que antes eran exclusivos de los laboratorios o la investigación. El menor coste de los dispositivos y su universalización y el desarrollo de gafas de VR más asequibles han contribuido a la expansión de estas herramientas en entornos educativos y clínicos (Aznar-Díaz et al., 2018; Javvaji et al., 2024). Así, la RV ha dejado de ser una tecnología elitista y se presenta como una solución accesible en la práctica profesional diaria.

Otra razón clave para incorporar la RV es su capacidad para registrar de forma continua y objetiva múltiples variables durante la evaluación, como el tipo y número de respuestas, el número de errores, la precisión motora y las estrategias empleadas por la persona evaluada. Esta recopilación de datos ya sea mediante grabación o sensores, permite un análisis más exhaustivo del rendimiento cognitivo, complementando la información cualitativa con métricas cuantitativas precisas (Bohil et al., 2011; Rizzo et al., 2004). Como ya se ha comentado, la RV ofrece la posibilidad de emplear una gama infinita de estímulos dinámicos, interacciones dentro de un

entorno ecológicamente válido y un alto grado de observación objetiva que permite la recogida de datos cognitivos y conductuales de un sujeto (Bohil et al., 2011).

Desde el punto de vista de la motivación, varios estudios han demostrado que la RV inmersiva mejora la participación del usuario, especialmente en niños y adolescentes, gracias a la naturaleza lúdica e interactiva de los entornos virtuales (Makransky et al., 2018; Kim et al., 2018). Esta característica es muy valiosa en entornos clínicos con niños, donde la falta de cooperación o el desinterés pueden comprometer la validez de los resultados obtenidos con pruebas tradicionales. La inmersión total en un entorno virtual reduce las distracciones externas y fomenta la participación y la atención sostenida (Makransky et al., 2018).

El uso de la RV facilita la evaluación funcional del rendimiento en las actividades de la vida diaria (AVD), un aspecto fundamental para establecer relaciones entre el rendimiento cognitivo y el grado de independencia personal. Como señalan Burgess et al. (2006), cuanto mayor sea la VE de una prueba, mayor será su capacidad predictiva respecto al funcionamiento real del individuo en contextos naturales. En este sentido, la RV permite la construcción de evaluaciones centradas en tareas significativas que replican exigencias de la vida real, como organizar la lista de la compra, gestionar el tiempo o resolver conflictos en entornos sociales. Las pruebas de evaluación diseñadas en RV han demostrado ser herramientas de alta eficacia en la evaluación de las funciones cognitivas que requieren de VE (Rizzo et al., 2004; Parsons, 2015). La RV se ha convertido en una herramienta prometedora para la evaluación neuropsicológica, ofreciendo un enfoque más ecológico en comparación con las evaluaciones tradicionales con lápiz y papel o computarizadas (Negut et al., 2016).

Por lo tanto, la decisión de incorporar la RV como herramienta de evaluación se basa en su solidez metodológica, su creciente accesibilidad tecnológica, su aplicabilidad clínica en

diferentes perfiles y edades, y su capacidad para mejorar tanto la calidad de los datos recopilados como la experiencia de la persona evaluada. La RV se presenta como un complemento enriquecedor de las pruebas tradicionales que permite un análisis más profundo del funcionamiento ejecutivo desde una perspectiva más funcional y contextual, alineada con las necesidades reales de la población clínica.

## **CAPÍTULO 3. OBJETIVOS E HIPOTESIS**



## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

- Diseñar un sistema de RV que permita evaluar las FE con VE en niños y adolescentes con TDAH.

### **1.2. Objetivos específicos**

1.2.1. Analizar el perfil de ejecución de niños y adolescentes con TDAH en tareas virtuales diseñadas con SmartAction-VR, prestando especial atención a los tipos y frecuencias de errores cometidos (comisión, omisión y acciones nuevas).

1.2.2. Explorar las correlaciones entre el rendimiento en SmartAction-VR y las pruebas neuropsicológicas clásicas de FE, con el fin de establecer la validez convergente de la herramienta virtual.

1.2.3. Determinar la validez discriminante entre niños con TDAH y niños neurotípicos utilizando el sistema de SmartAction-VR.

Estos objetivos específicos se alinean con el objetivo más amplio, fruto de la colaboración entre el equipo del grupo LoUISE (<https://www.uclm.es/centros-investigacion/i3a/secciones-investigacion/louise>) de la Universidad de Castilla-La Mancha ,con el desarrollo de los escenarios de RV, y el grupo de Neurociencia Cognitiva de la Universidad de Granada, especialmente a través del Laboratorio TecNOTLab (<https://blogs.ugr.es/diveraccion/>), que tiene entre sus líneas de investigación el desarrollo de tecnología para la evaluación e intervención en el ámbito neuropsicológico y las actividades de la vida diaria.



## **2. Hipótesis**

Las hipótesis del estudio son las siguientes:

2.1. Se espera encontrar que el patrón de errores será diferente para niños y adolescentes con TDAH y neurotípicos:

- Los niños y adolescentes con TDAH tendrán más errores de comisión y mayores errores en la secuenciación de las tareas.
- Los niños y adolescentes con TDAH tendrán más errores de omisión y, por dependencia, preguntarán con mayor frecuencia al investigador.
- Los niños y adolescentes con TDAH emplearán más tiempo en realizar las tareas que los niños del grupo neurotípico.

2.2. Se espera encontrar correlaciones significativas entre el rendimiento en SmartAction-VR y los resultados obtenidos en pruebas neuropsicológicas tradicionales de FE (Trail Making Test, Stroop, Dígitos directos e inversos y Prueba del Mapa del Zoo). Estas correlaciones reflejarían la validez convergente de la herramienta SmartAction-VR en la evaluación de procesos como la atención ejecutiva, la planificación, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio.

2.3. En relación con la evaluación de SmartAction-VR por parte de los usuarios, esperamos encontrar un alto grado de aceptabilidad en el uso de esta. Esperamos que, al ser un contexto virtual y lúdico, los niños y adolescentes se sientan cómodos realizando la tarea y su uso sea bien aceptado lo que provocaría una predisposición positiva para la realización de las tareas virtuales.

## **CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA**



### **1. Diseño del estudio**

El diseño de investigación que utilizamos en nuestro estudio fue un estudio transversal (Hulley et al., 2013).

### **2. Participantes**

La muestra se obtuvo de noviembre de 2021 a julio de 2022, mediante muestreo no probabilístico por conveniencia y se dividió en dos grupos: el grupo de TDAH y el grupo neurotípico. Los criterios de inclusión para el grupo TDAH fueron tener edad entre nueve y 17 años, con diagnóstico clínico de TDAH, según CIE-11 (6A05 trastorno por déficit de atención e hiperactividad). Los criterios de inclusión para el grupo neurotípico fueron tener una edad entre nueve y 17 años y no padecer ninguna enfermedad o trastorno de conducta. Para ambos grupos, los sujetos fueron excluidos si tenían otra enfermedad concomitante, un cociente intelectual  $<80$  o un grado moderado o grave de trastorno del espectro autista (TEA). Los participantes incluidos en el grupo de TDAH fueron reclutados por pediatras de un hospital local y de varios centros de atención primaria. La muestra neurotípica se reclutó mediante convocatoria realizada en centros educativos de educación infantil y primaria y en la Universidad donde se realizó el estudio.

### **3. Instrumentos**

Para el estudio se utilizaron, la herramienta de RV SmartAction-VR y por otro lado herramientas específicas de evaluación de las FE. Entre estas últimas se incluyeron cuestionarios de recopilación de datos, para evaluar y recopilar información precisa sobre variables sociodemográficas y clínicas relevantes. Se registraron las variables sociodemográficas de edad, sexo y nivel educativo de los participantes. Además, se registró información sobre el diagnóstico primario de los participantes del grupo TDAH (según la Clasificación Internacional de Enfermedades, CIE-10) y si estaban recibiendo tratamiento farmacológico.

### **3.1. SmartAction-VR.**

SmartAction-VR es una innovadora herramienta de RV diseñada con Unity y que se aplica mediante el uso de las gafas Oculus Quest 2. Ha sido desarrollada en colaboración con el Instituto de Investigación en Informática de Albacete, perteneciente a la Universidad de Castilla-La Mancha. Más específicamente, ha sido creada en el Laboratorio de Interacción con el Usuario e Ingeniería del Software (LoUISE). El diseño de la herramienta de RV se realizó en base al paradigma del Multiple Errands Test (MET) (Burgess et al., 2006; Burgess 2015). Para su diseño se mantuvieron varias reuniones (en las que participó el autor de la Tesis) con el equipo de desarrollo de la UCLM para concretar los escenarios y los objetos que podría haber en los mismos. La finalidad principal de SmartAction-VR era la de evaluar habilidades cognitivas instrumentales a través de escenarios virtuales que simulan tareas de la vida cotidiana. Para ello, los psicólogos y terapeutas ocupacionales que formaban parte del equipo encargado de aplicar la herramienta proponían al equipo de ingenieros los objetos que debían estar en los diferentes espacios y si estos deberían formar parte de las tareas o deberían ser distractores, como, por ejemplo, un balón en la habitación o una pantalla de ordenador que podía encenderse para distraer al niño.

SmartAction-VR fue concebida para superar las limitaciones de las pruebas estandarizadas tradicionales en la evaluación de FE. Las pruebas convencionales suelen llevarse a cabo en entornos clínicos o educativos con estímulos limitados y no siempre reflejan la complejidad de las situaciones del mundo real. En este sentido, el uso de RV permite una evaluación más ecológica y personalizada, proporcionando un entorno interactivo y altamente controlable donde los participantes pueden responder de manera más natural y espontánea.

Los objetivos que se propusieron en el diseño de la herramienta fueron los siguientes:

- Incrementar la VE de las evaluaciones: La simulación de escenarios cotidianos permite medir el desempeño de los participantes en tareas similares a las que enfrentarían en su vida diaria. Mejorar la precisión de la evaluación: La herramienta permite registrar múltiples tipos de errores y tiempos de ejecución con mayor detalle que las pruebas tradicionales.
- Facilitar el acceso a la evaluación neuropsicológica: Al ser una solución basada en tecnología de bajo coste, como las gafas Oculus Quest 2, se pueden aplicar evaluaciones sin necesidad de laboratorios altamente equipados.
- Fomentar la motivación de los participantes: Los entornos inmersivos y gamificados mejoran la experiencia del usuario y reducen el sesgo de aburrimiento o fatiga en pruebas prolongadas.
- Desarrollar una herramienta flexible y adaptable: El modularidad de los escenarios permite adaptar la herramienta a diferentes niveles de dificultad y tipos de evaluación según el perfil de cada niño.

Para garantizar que SmartAction-VR cumpliera su objetivo de evaluar FE en un contexto ecológico y relevante para adolescentes, se llevó a cabo un proceso de adaptación del “MET” a través de la selección y diseño de escenarios clave. Se identificaron actividades de la vida cotidiana que requerían la activación de FE esenciales, como la planificación, la organización, la memoria de trabajo y la inhibición de respuestas automáticas.

Los escenarios incluidos en la herramienta han sido diseñados para representar actividades que requieren planificación y toma de decisiones en un entorno dinámico:

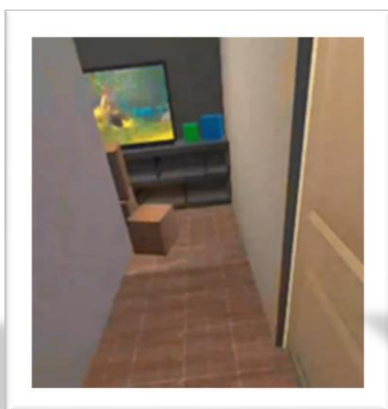
- Sala: Punto de inicio y finalización, donde se proporciona la información inicial y se concluye la actividad (Ilustración 1).
- Dormitorio: Espacio donde los participantes deben preparar la mochila con los materiales escolares requeridos, promoviendo la memoria de trabajo y planificación (Ilustración 2).
- Cocina: Los participantes deben seguir instrucciones para preparar un sándwich o una comida de pasta, lo que evalúa su capacidad de organización y ejecución de tareas en secuencia (Ilustración 3).
- Calle: Un entorno que simula el tránsito urbano, en el que los participantes deben desplazarse respetando las normas de seguridad vial, lo que evalúa la atención y la toma de decisiones (Ilustración 4).
- Librería: Los niños deben comprar libros y material escolar con un pago exacto, lo que permite evaluar el control de impulsos, la memoria de trabajo y la capacidad de planificación (Ilustración 5).

Cada uno de estos escenarios fue elegido para representar un desafío cognitivo diferente, asegurando que la evaluación abarque múltiples aspectos de las FE en situaciones variadas y representativas del entorno cotidiano de los niños y adolescentes.

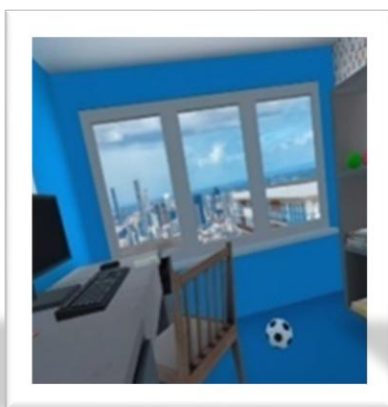
Una característica importante a destacar de SmartAction- VR es la capacidad para crear nuevos escenarios a demanda de los terapeutas dado el perfil de los usuarios o las necesidades de evaluación que puedan surgir.

Además, se introdujeron distractores en todos los escenarios, ya que estos son elementos clave para evaluar la capacidad de los participantes para mantener la atención y evitar interferencias. Los distractores pueden ser tanto objetos llamativos (PC, juguetes, etc.), como sonidos ambientales o animales con los que se puede interactuar pero que no forman parte de la

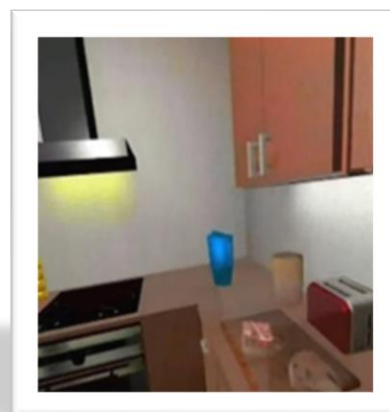
tarea principal. La presencia de estos elementos permite medir el control inhibitorio y la capacidad de focalización del usuario, aspectos esenciales en la evaluación de las FE.



*Ilustración 1. Sala*



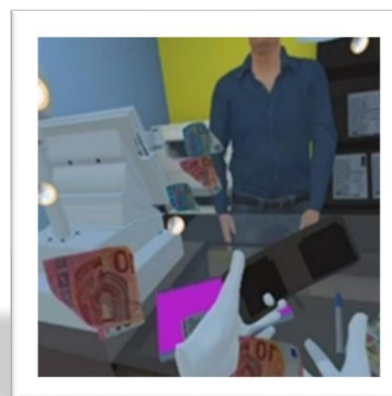
*Ilustración 2. Dormitorio*



*Ilustración 3. Cocina*



*Ilustración 4. Calle*



*Ilustración 5. Papelería*

Asimismo, la herramienta requiere un espacio físico mínimo de 4x4 metros para su correcta ejecución. Este requerimiento es fundamental para proporcionar suficiente libertad de movimiento sin cables y evitando colisiones con objetos del mundo real y garantizando que la interacción con



el entorno virtual sea fluida y segura. Un espacio reducido podría limitar la inmersión del usuario, afectando la naturalidad de sus respuestas y comprometiendo la validez de la evaluación. SmartAction-VR representa un avance significativo respecto a otras herramientas de evaluación neuropsicológica.

A continuación, se presentan algunas de las principales ventajas y diferencias de SmartAction-VR frente a otras soluciones:

1. Mayor diversidad de escenarios y tareas: A diferencia de pruebas convencionales o herramientas previas, SmartAction-VR incluye cinco escenarios altamente interactivos.
2. Evaluación integral de errores cognitivos: Se analizan trece tipos de errores durante la ejecución de las tareas, ofreciendo una visión más detallada de las dificultades cognitivas del usuario.
3. Mayor control de variables: El entorno virtual permite controlar los estímulos y distractores de manera precisa.
4. Optimización del tiempo de evaluación: La evaluación con SmartAction-VR se completa en un tiempo que oscila entre 16 y 20 minutos, con lo que se intenta evitar la sensación de cansancio en los niños optimizando el proceso sin perder calidad en la recolección de datos.
5. Potencial para entrenamiento cognitivo: Además de la evaluación, SmartAction-VR permite entrenar FE en un entorno seguro.

En SmartAction-VR, la puntuación de cada niño se determina mediante el seguimiento de errores en tareas virtuales, que incluyen:

1. Errores de omisión: Acciones incompletas necesarias para lograr una meta, como olvidar materiales escolares al comprar o empacar una mochila.
2. Errores de comisión: Acciones innecesarias durante una tarea, como utilizar distractores o manipular objetos sin propósito.
3. Olvido de acciones: No realizar alguna de las acciones que se daban en las instrucciones.
4. Pregunta-comentario, pedir ayuda: Verbalizaciones buscando ayuda o interacción con los examinadores.
5. Errores por infringir las reglas: ignorar las instrucciones de la tarea, como no obedecer las señales de tráfico en los pasos de peatones.
6. Errores de precisión: no interactuar con precisión con los objetos.
7. Perseveraciones: Repetición excesiva de acciones.
8. Errores de sustitución: Reemplazar un elemento por otro.
9. Nuevas acciones: Realizar acciones innecesarias o no solicitadas.
10. Errores de gestualidad: Gestos o movimientos ineficaces en las acciones.
11. Errores de estimación espacial: estimaciones inexactas de distancia o ubicación de objetos en el entorno virtual.
12. Olvido de material: No recordar elementos imprescindibles para la mochila o la merienda.

Finalmente, se establecieron tres variables principales: tiempo de ejecución (cuanto menor, mejor), errores totales (cuanto menor, mejor) y precisión, que corresponde al número de acciones

realizadas correctamente dividido por el número total de errores (cuanto mayor, mejor). Con estas tres variables se puede establecer un análisis más completo y preciso del sistema de evaluación utilizado, permitiendo evaluar mejoras en el sistema siguiendo las técnicas de investigación de otros autores (Schmitter-Edgecombe, et al., 2021).

Se puede acceder a una breve grabación de video de SmartAction-VR en este enlace: <https://youtu.be/dpBu4RJJvDc?si=yfRxwLfaLS-yl-lt> .

Las instrucciones para la tarea se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Tabla de instrucciones de la tarea del SmartAction-VR**

A continuación, verás que estás en el pasillo de un apartamento, donde hay tres puertas, una corresponde a la cocina, otra a tu habitación y otra es la puerta de la calle. En la calle hay diferentes comercios y entre ellos verás una papelería. Tu misión es completar tres tareas:

1. Prepara la mochila para el instituto/universidad.
2. Compra el material necesario que no tengas en la sala.
3. Prepara un sándwich de jamón y queso. Y déjalo en el mostrador.
4. En la mochila debes introducir los objetos de la siguiente lista:
  - Libro de matemáticas.
  - Libro de idiomas
  - Libro de inglés.
  - Libro de Geografía e Historia.
  - Cuaderno de inglés.
  - Marcador rojo.
  - Bolígrafo azul.
  - Libro titulado "El Sueño de Berlín".

Algunos de ellos los encontrarás en tu habitación, pero hay otros que no encontrarás y tendrás que comprarlos en la librería.

Puede realizar las tres tareas en el orden que prefiera. Tienes 20 minutos para completarlos. Al cabo de los 20 minutos, deberás volver al pasillo del apartamento donde verás una televisión encendida. Cuando hayas terminado, avísanos diciendo: ¡He terminado!

La tarea tiene una serie de reglas que debes seguir:

Ten cuidado con los semáforos y los automóviles, siga las normas de tránsito y no cruces si el semáforo no está en verde para los peatones. Para caminar por la calle, solo debes presionar el botón superior del controlador sostenido con tu mano izquierda, siguiendo la línea del láser rojo. Para volver a casa sigue la línea láser roja y acércate o párate cerca de un triángulo verde que verás en la calle. Para usar el monedero para pagar en la librería, presiona el botón superior del controlador sostenido por tu mano izquierda. Debes dejar el dinero en el mostrador y con el dinero exacto. Una vez que hayas pagado, el librero empaquetará tu compra en una bolsa, y tú solo deberás llevarla. No tienes que poner el material en la mochila, solo comprarlo.

### **3.2. Pruebas y cuestionarios estandarizados.**

Además de la herramienta virtual, se seleccionaron las siguientes pruebas neuropsicológicas en base a la capacidad de cada una de estas pruebas para evaluar las áreas clave del funcionamiento cognitivo y ejecutivo asociados con el TDAH:

- ***Subprueba de Flexibilidad Cognitiva de la Batería de Evaluación Neuropsicológica NEPSY-II:*** Esta prueba evalúa la capacidad de un niño para cambiar de manera eficiente y flexible de una tarea a otra, un proceso conocido como "cambio de configuración cognitiva". Se utilizó el subtest específico "Atención Auditiva y Flexibilidad Cognitiva" (5-16 años), que evalúa la capacidad para cambiar rápidamente de tarea e inhibir respuestas incorrectas. La subprueba consta de dos partes: 1) Subprueba de Atención Auditiva: Evalúa la capacidad del niño para procesar información auditiva, discriminar sonidos y prestar atención a estímulos auditivos específicos; 2) Subtest de Flexibilidad Cognitiva: Evalúa la capacidad del niño para cambiar su forma de pensar y adaptarse a nuevas situaciones (Crespo & García-Navarro, 2014).
- ***Prueba de Stroop:*** Esta prueba neuropsicológica evalúa la capacidad de una persona para procesar información y filtrar información irrelevante en situaciones de conflicto. Un mayor tiempo o número de errores indica una capacidad reducida para inhibir la respuesta automática de leer la palabra en lugar de nombrar el color de la tinta (Stroop, 1935).
- ***Pruebas de spam de dígitos:*** Esta prueba mide la capacidad de un sujeto para retener y manipular información en su memoria de trabajo. Al sujeto se le presenta

una secuencia de dígitos en un orden determinado y se le pide que los repita hacia adelante y hacia atrás. Evalúa la memoria de trabajo (Rosas et al., 2014).

- ***Prueba del Mapa del Zoo:*** una subprueba de la evaluación del comportamiento del síndrome disejecutivo (BADS), una batería estandarizada de pruebas diseñadas para evaluar las FE. La prueba Mapa del Zoo mide específicamente la capacidad del sujeto para planificar, organizar y resolver problemas mediante una tarea visoespacial. Evalúa la capacidad del niño para generar y mantener un plan, actualizar el plan a medida que se presenta nueva información, inhibir información y respuestas irrelevantes, cambiar entre tareas y monitorear su propio desempeño (Rozenblatt, 2011).
- ***Prueba de creación de senderos (TMT):*** Esta prueba de evaluación neuropsicológica se utiliza para evaluar la función cognitiva, la atención visual, la capacidad de planificación y la velocidad de procesamiento en individuos. También se observan posibles errores en la secuencia de conexiones que podrían indicar dificultades en la atención visual y en la capacidad de seguir instrucciones (Crespo & García-Navarro, 2014).
- ***Escala de Actividades de la Vida Diaria de Waisman (AVD-W)*** : Este cuestionario fue completado por padres o tutores para informar sobre el desempeño de los niños y adolescentes a su cargo en las AVD. Consta de 17 ítems y evalúa tanto las AVD básicas como las instrumentales, así como la capacidad para realizar tareas. La puntuación de cada ítem se realiza en una escala de 0 a 2, de la siguiente manera: 0 = no realiza ninguna actividad; 1 = realiza actividades con ayuda; 2 = realiza actividades de forma independiente o por sí solo; las puntuaciones más altas indican

un mejor desempeño. La AVD-W presenta una buena consistencia interna en diferentes poblaciones clínicas, con un valor alfa de Cronbach entre .77 y .94 (Maenner et al., 2013).

- ***EPYFEI (Evaluación del Procesamiento Sensorial y Función Ejecutiva en la Infancia)***: Este cuestionario está diseñado para evaluar el procesamiento sensorial y el funcionamiento ejecutivo en niños/a partir de 3 años. Su objetivo es comprender cómo los niños procesan la información sensorial y cómo ésta se relaciona con sus capacidades ejecutivas. La escala final consta de 34 ítems, agrupados en cinco factores o dimensiones: 1) Atención, memoria de trabajo e inicio de acciones; 2) Procesamiento sensorial global, particularmente información táctil, propioceptiva y vestibular; 3) Autorregulación emocional y conductual; 4) Organización, ejecución, supervisión y resolución de problemas en las actividades de la vida diaria; y 5) control inhibitorio. El EPYFEI proporciona un instrumento para distinguir a los niños con trastornos del neurodesarrollo de aquellos con un desarrollo típico. Los resultados psicométricos confirman su consistencia interna, confiabilidad test-retest, validez de constructo y validez discriminatoria (Romero-Ayuso et al., 2018).

Además, para analizar la herramienta SmartAction-RV hemos estudiado la experiencia de los participantes utilizando los dos conocidos cuestionarios siguientes:

- ***Cuestionario de enfermedad del simulador pediátrico (Peds-SSQ)***: Esta herramienta de evaluación se utiliza en el ámbito sanitario con los niños para recoger información sobre su situación en cada momento. Consta de 13 ítems relacionados con los posibles síntomas que pueden aparecer tras el uso de la RV,

divididos en cuatro categorías: vista cansada, dolor de cabeza y/o cuello, mareos o náuseas. Los participantes indican el grado de afectación de cada síntoma en una escala numérica del 0 al 6, siendo 0 la ausencia del síntoma y 6 la sensación más alta (Tichsen & Foeller, 2020).

- ***Escala de Usabilidad del Sistema (SUS)***: El SUS (Brooke, J., 1996) es una herramienta utilizada para evaluar la usabilidad de un sistema, producto o servicio tecnológico. Consta de 10 ítems relacionados con la usabilidad del sistema. Sin embargo, en nuestra investigación consideramos que los ítems 5 y 6 del cuestionario original (5. “Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas” y 6. “Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema”) eran demasiado complejas para algunos niños. Por esta razón se suprimieron estos dos ítems, y en este caso, el factor correcto se ajustó y por tanto, para obtener el valor se debe multiplicar por 3,125. Los usuarios que interactúan con el sistema indican en qué medida están de acuerdo o en desacuerdo con cada una de estas afirmaciones mediante una escala de respuesta tipo Likert de cinco puntos (1= totalmente en desacuerdo y 5= totalmente de acuerdo). Se resta un punto a la puntuación indicada por los participantes en los ítems impares. En el caso de ítems pares, al valor cinco se le resta el valor indicado por el participante. Los nuevos valores obtenidos se suman y multiplican por 3,125 (como ya hemos explicado), que corresponde a la puntuación total. Un valor  $\geq 80.3$  indica que les ha encantado la herramienta y la recomendarían a sus amigos; valores entre 68 y 72 indican que es una buena herramienta, pero podría ser mejor; una puntuación  $< 51$  indica que la usabilidad es pobre (Brooke, 1996).



#### **4. Procedimiento**

Las evaluaciones fueron realizadas por dos especialistas en Psicología (Una de las cuales fue la co-directora de la Tesis y otro, el doctorando) y cuatro terapeutas ocupacionales. Todos los evaluadores habían sido informados del procedimiento y los objetivos de esta herramienta. Para ser evaluados, los participantes del grupo TDAH debían venir sin haber tomado el tratamiento farmacológico para el TDAH al menos 24 horas antes de realizar la evaluación.

Los pasos seguidos para la evaluación fueron iguales para todos los participantes, con el objetivo de garantizar que todos pasaran por el mismo proceso y que los resultados fueran comparables. Todas las sesiones fueron individuales y en ella cada niño completó dos cuestionarios, el Peds-SSQ y el QFSC-ADL. Después de completar los cuestionarios, el evaluador les leyó en voz alta la tarea que debían hacer en la siguiente parte de la evaluación. Para asegurarse de que la habían entendido bien, se les pidió que repitieran con sus propias palabras lo que se les había indicado. Así se comprobó que realmente sabían qué tenían que hacer antes de empezar. Previo al comienzo de la prueba, se dedicaban unos minutos para explicar los controles, los gestos y los movimientos de las gafas de RV para que el niño se familiarizase con el sistema. Tras esto, se colocaban en el centro de la sala donde se desarrollaba la actividad, y se les indicó que comenzaran cuando estuvieran listos. El desarrollo de las sesiones era grabado en vídeo, para poder analizarlo de forma precisa. Posteriormente, estos vídeos fueron visionados por un grupo de profesionales, cuatro terapeutas ocupacionales y dos psicólogos. Cada uno de ellos hizo su análisis de forma individual, evaluando la ejecución de cada participante durante la tarea virtual. Luego, en sesiones conjuntas, todo el equipo se reunió para comparar las observaciones que había realizado de cada uno de los niños y llegar a un acuerdo interjueces. En los casos en los que hubo diferencias o dudas sobre cómo interpretar alguna acción, se volvió a ver el vídeo hasta que todos

estuvieron de acuerdo final. Todas las acciones, comentarios y preguntas, así como los errores cometidos de los participantes fueron recogidos en un formulario elaborado en Access (Anexo 1) y que permitía emitir un informe individualizado (Anexo 2) .

Una vez finalizada la tarea, se pidió al participante que completara nuevamente el Peds-SSQ y el SUS. Mientras los participantes realizaban la evaluación, sus padres completaron el cuestionario W-ADL.

### **5. Análisis de datos**

Se realizó un análisis estadístico de los datos recogidos en el estudio. Inicialmente, se llevó a cabo un análisis descriptivo utilizando frecuencias y porcentajes para las variables categóricas y medidas de tendencia central como Medianas y Rangos intercuartílicos para las variables cuantitativas, ya que éstas no cumplían los criterios de normalidad determinados por la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para evaluar las diferencias entre los grupos con TDAH y neurotípicos en cuanto al rendimiento en las pruebas cognitivas (NEPSY-II, prueba de Stroop, prueba del Mapa del Zoo, prueba de Dígitos y Trail Making Test (TMT) - Spanish Version) y la herramienta SmartAction-VR, se utilizaron pruebas no paramétricas como la prueba U de Mann-Whitney. Esta prueba permitió comparar el rendimiento entre grupos, teniendo en cuenta las distribuciones no normales. Además, se calcularon los tamaños del efecto utilizando el coeficiente d de Cohen para determinar la magnitud práctica de las diferencias observadas. Para analizar las relaciones entre las variables cognitivas y funcionales y el rendimiento en la tarea virtual SmartAction-VR, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, apropiado para variables no paramétricas.

Por último, se evaluó la usabilidad de la herramienta SmartAction-VR mediante la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), analizando las diferencias en las puntuaciones medias entre los

dos grupos mediante la prueba U de Mann-Whitney. El nivel de significación estadística para todos los análisis se fijó en  $p < .05$ . Se utilizó IBM SPSS versión 28 para todos los procedimientos.

## **6. Consideraciones éticas**

Se obtuvo la aprobación del Comité de Ética del Hospital Virgen de las Nieves de Granada (código: 22/07/2019 /PEIBA/Reporte 7/19). Se realizó una reunión previa con los padres de cada participante, para explicarles el proyecto y los objetivos, solicitándoles el consentimiento informado para participar. Todos los padres dieron su consentimiento informado por escrito. Los datos de los participantes fueron anonimizados antes del análisis de los datos. Todos los datos del estudio han sido tratados de acuerdo con la vigente Ley de Protección de Datos Personales.

## **CAPÍTULO 5. RESULTADOS**



En este capítulo presentamos los resultados obtenidos por los grupos de niños con TDAH y neurotípicos. Para poder darle una visión más estructurada se han dividido en tres secciones para una mejor interpretación de los datos conforme a los objetivos del estudio y a la naturaleza de las herramientas utilizadas.

### 1. Características de la muestra.

La muestra final estuvo compuesta por 76 niños y adolescentes, de los cuales 40 se incluyeron en el grupo TDAH y 36 en el neurotípico. Por sexo, el 60.5% ( $n = 46$ ) de la muestra eran chicos. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en la distribución por sexo ( $p = .075$ ) ni en cuanto a la edad media de niños con TDAH (12.38) y neurotípicos (13.06) ( $t = -1.39$ ,  $p = .169$ ). En cuanto al grupo TDAH, el 63.4% ( $n = 26$ ) de los participantes tomaba metilfenidato, mientras que el 36.6% ( $n = 14$ ) no tenía prescrito ningún tratamiento farmacológico (Tabla 4).

**Tabla 4. Características de la muestra ( $n=76$ )**

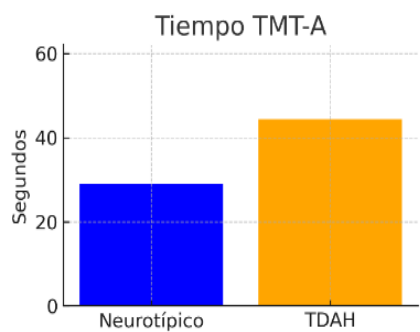
|                                  | <b>TDAH<br/>(<math>n=40</math>)</b> | <b>Neurotípico<br/>(<math>n=36</math>)</b> | <b><i>ji-cuadrado/<br/>t student</i></b> | <b><i>p</i></b> |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
|                                  | <b>n° (%)</b>                       | <b>n° (%)</b>                              |                                          |                 |
| <b>Género</b>                    |                                     |                                            |                                          |                 |
| Chicas                           | 12 (40 %)                           | 18 (50%)                                   | 3.172a                                   | .075            |
| Chicos                           | 28 (60 %)                           | 18 (50%)                                   |                                          |                 |
| <b>Edad media (DE)</b>           | 12.38 (2.46)                        | 13.06 (1.77)                               | -1.391 <sup>b</sup>                      | .169            |
| <b>Tratamiento farmacológico</b> |                                     |                                            |                                          |                 |
| Sí                               | 26 (63.4 %)                         | -                                          |                                          |                 |
| No                               | 14 (36.6%)                          | -                                          |                                          |                 |

<sup>a</sup>Prueba de Chi-cuadrado de Pearson; <sup>b</sup>t-prueba; TDAH: Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad

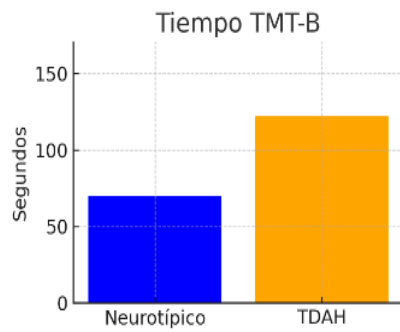
## 2. Resultados obtenidos en las pruebas neuropsicológicas

Los resultados evidencian claras diferencias entre el grupo de niños con TDAH y el grupo neurotípico en las pruebas neuropsicológicas.

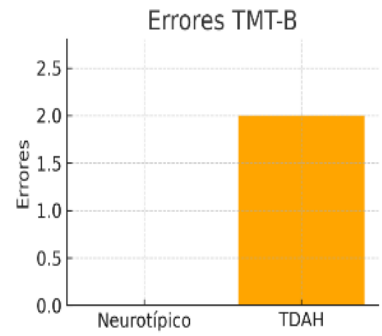
El grupo con TDAH tardó significativamente más tiempo en completar tanto la prueba de atención sostenida TMT-A ( $U = 279$ ,  $p < .001$ ), con una Mediana grupo neurotípico de 29 frente a 44,35 del grupo TDAH (Gráfica 1), así como la de atención alternante TMT-B ( $U = 175.5$ ,  $p < .001$ ) (Gráfica 2); Mediana del grupo neurotípico, 70 frente a 122 del grupo TDAH. Además, este grupo cometió más errores en TMT-B ( $U = 335$ ,  $p < .001$ ) frente a los neurotípicos (Gráfica 3).



Gráfica 1. Tiempo TMT-A

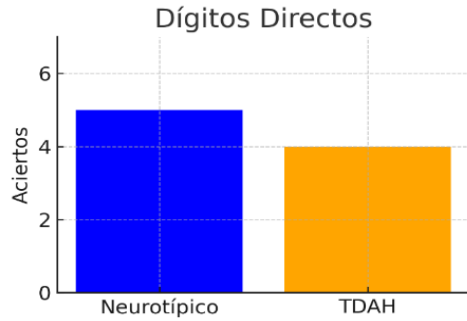


Gráfica 2. Tiempo TMT-B

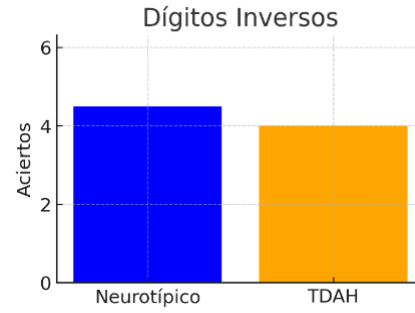


Gráfica 3. Errores TMT-B

En la prueba de memoria de trabajo de Dígitos en orden directo, el grupo neurotípico presentó mejores puntuaciones ( $U = 419$ ,  $p = .001$ ) con una Mediana de 5 frente al 4 del grupo TDAH (Gráfica 4). También en la prueba de Dígitos en orden inverso se obtuvieron diferencias significativas en neurotípicos, una Mediana de 4.5 y el grupo con TDAH 4 ( $U = 491$ ,  $p = .014$ ) (Gráfica 5).

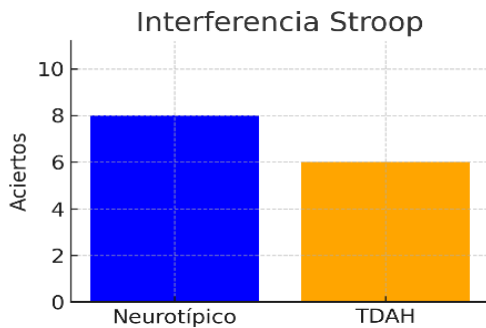


Gráfica 4. Dígitos inversos

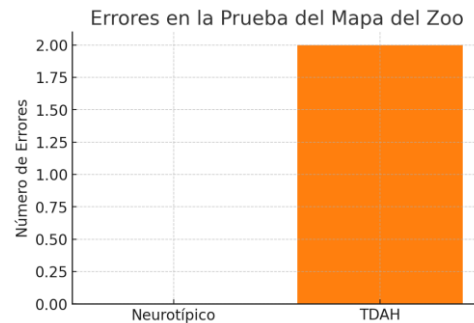


Gráfica 5. Dígitos directos

En la prueba de interferencia (Stroop), se observaron diferencias significativas con mejor desempeño del grupo neurotípico frente al grupo con TDAH ( $U = 502.5$ ,  $p = .034$ ; Mediana neurotípicos 8 y Mediana de TDAH 6) (Gráfica 6). En tareas de planificación evaluadas mediante la Prueba del Mapa del Zoo, el grupo con TDAH mostró un número significativamente superior errores ( $U = 78$ ,  $p = .001$ ), obtenido el grupo de neurotípicos una Mediana de 0, mientras que la Mediana del grupo TDAH fue de 2 (Gráfica 7).



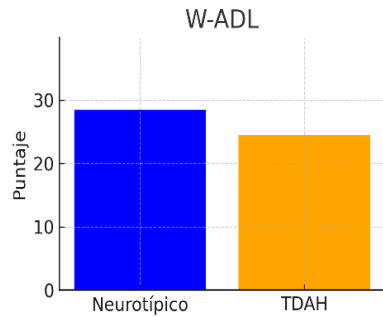
Gráfica 6. Interferencia Stroop



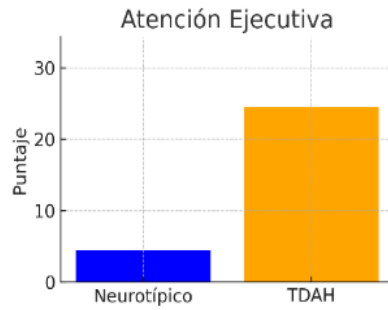
Gráfica 7. Errores Mapa del Zoo

En cuanto al funcionamiento adaptativo, el grupo con TDAH mostró puntuaciones significativamente inferiores en W-ADL ( $U = 520$ ,  $p = .037$ ) (Gráfica 8) y en atención ejecutiva ( $U = 87.5$ ,  $p < .001$ ) (Gráfica 9), así como en procesamiento sensorial ( $U = 431$ ,  $p < .001$ ) (Gráfica 10).

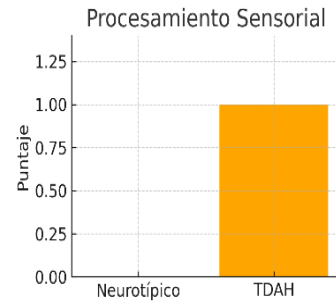




Gráfica 8. Escala W-ADL

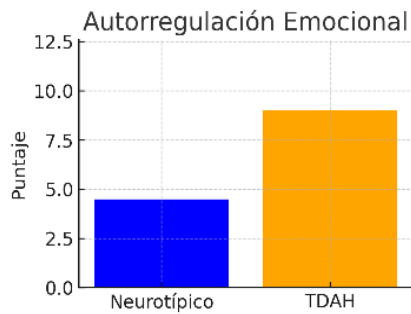


Gráfica 9. Atención ejecutiva

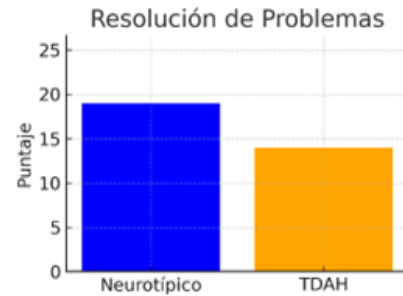


Gráfica 10. Procesamiento sensorial

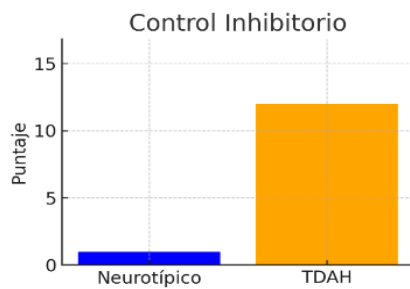
El grupo con TDAH también mostró puntuaciones más bajas en autorregulación emocional ( $U = 440$ ,  $p = .004$ ) (Gráfica 11), resolución de problemas ( $U = 304.5$ ,  $p < .001$ ) (Gráfica 12), control inhibitorio ( $U = 248$ ,  $p < .001$ ) (Gráfica 13), y puntuación EPYFEI Total ( $U = 159$ ,  $p < .001$ ) (Gráfica 14).



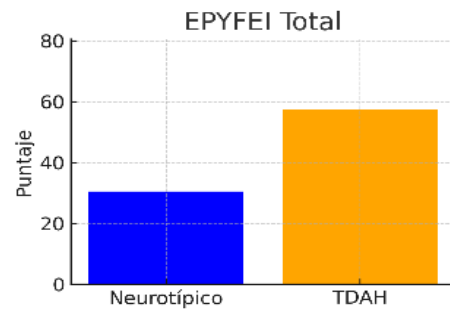
Gráfica 11. Autorregulación emocional



Gráfica 12. Resolución de problemas



Gráfica 13. Control inhibitorio



Gráfica 14. EPYFEI Total

**Tabla 5. Desempeño en medidas de funcionamiento ejecutivo**

| Variable                     | Grupo TDAH<br>(n=40) |                | Grupo Neurotípico<br>(n=36) |                | U     | p     |
|------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-------|-------|
|                              | Mediana              | (IQR)          | Mediana                     | (IQR)          |       |       |
| Tiempo TMT-A                 | 44.35                | (34–64)        | 29                          | (25–35)        | 279   | <.001 |
| Errores TMT-A                | 0                    | (0–1)          | 0                           | (0–0)          | 576.5 | .036  |
| Tiempo TMT-B                 | 122                  | (85.75–167.50) | 70                          | (59–70)        | 175.5 | <.001 |
| Errores TMT-B                | 2                    | (0–5)          | 0                           | (0–0)          | 335   | <.001 |
| Dígitos directos             | 4                    | (4–5)          | 5                           | (5–6)          | 419   | .001  |
| Dígitos inversos             | 4                    | (3–5)          | 4.5                         | (4–5)          | 491   | .014  |
| Stroop                       | 6                    | (–1–9)         | 8                           | (5–8)          | 502.5 | .034  |
| M. Zoo planificación         | 64                   | (39–115)       | 61.50                       | (46.22–129.75) | 670   | .603  |
| M. Zoo ejecución             | 61                   | (38.75–82.25)  | 33                          | (23.02–39.75)  | 344.5 | .001  |
| Mapa del Zoo errores         | 2                    | (0.25–2)       | 0                           | (0–0)          | 278   | .001  |
| Atenc audit. error           | 1                    | (0–3)          | 0.50                        | (0–1)          | 498   | .051  |
| Flexibilidad cognit. errores | 2                    | (0.75–6.25)    | 1                           | (0–2)          | 435   | .006  |
| W-ADL                        | 24.50                | (20.50–29.75)  | 28.50                       | (23–31)        | 520   | .037  |
| Atención ejecutiva           | 24.50                | (15.25–33)     | 4.5                         | (1–6.75)       | 87.5  | <.001 |
| Procesamiento sensorial      | 1                    | (0–2)          | 0                           | (0–0)          | 431   | <.001 |
| Autorregulación emocional    | 9                    | (4.25–14.50)   | 4.5                         | (2–8.75)       | 440   | .004  |
| Resolución de problemas      | 14                   | (10.25–17)     | 19                          | (17–22)        | 304.5 | <.001 |
| Control inhibitorio          | 12                   | (3.25–15.75)   | 1                           | (0–3)          | 248   | <.001 |
| EPYFEI Total                 | 57.5                 | (48.50–75)     | 30.50                       | (26.5–36)      | 159   | <.001 |

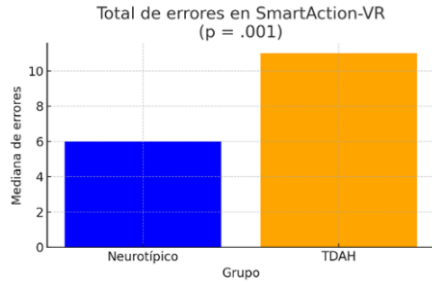
*IQR: Rango intercuartil (25–75); U: Valor del estadístico U obtenido de la prueba de Mann–Whitney*

### 3. Resultados en la ejecución de SmartAction- VR

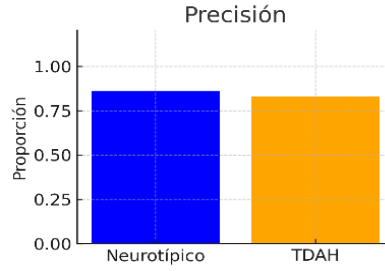
En la Tabla 6 se presenta los resultados obtenidos por los dos grupos evaluados mediante la prueba SmartAction-VR. En primer lugar, debemos señalar que todos los participantes lograron realizar la tarea SmartAction-VR sin interrupciones ni pausas. Para el análisis estadístico, se utilizó

la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors, la cual indicó que las variables evaluadas no seguían una distribución normal ( $p < .05$ ); por ello, se recurrió a medidas no paramétricas como la Mediana y el Rango intercuartil (RIC). Se aplicaron las pruebas U de Mann-Whitney y de rangos con signo de Wilcoxon para comparar el rendimiento entre grupos y los cambios intragrupo, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos TDAH y neurotípico en las puntuaciones del cuestionario Peds-SSQ, ni en las dimensiones específicas ni en la puntuación total, tanto antes como después de la tarea. Sin embargo, se observaron cambios significativos dentro de cada grupo tras la interacción con SmartAction-VR en dos de los ítems. En el grupo con TDAH se registró un aumento significativo en la sensación de fatiga ( $Z = -1.992$ ,  $p = .046$ ), mientras que en el grupo neurotípico se registró un incremento significativo en el malestar cervical y los mareos ( $Z = -2.555$ ,  $p = .011$  y  $Z = -2.315$ ,  $p = .021$ , respectivamente). El valor Z refleja la magnitud y dirección del cambio entre las mediciones pre y post-tarea. Un valor Z negativo, como en estos casos, indica que la puntuación en la segunda medición fue mayor (para los síntomas reportados) que en la primera (sensación de fatiga para el grupo TDAH y los mareos para el grupo neurotípico).

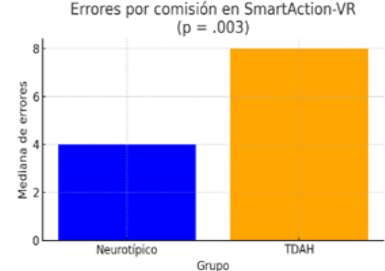
La tarea SmartAction-VR reveló diferencias significativas entre los dos grupos en diversas variables. El grupo con TDAH presentó un mayor número total de errores (Mediana= 11) en comparación con el grupo neurotípico (Mediana = 6) (Gráfica 15), diferencia que resultó estadísticamente significativa ( $U = 292$ ,  $p = .001$ ) y mostró una precisión menor (Gráfica 16) (Mediana=.83;  $U=406$ ,  $p=.010$ ) que grupo neurotípico ( $n=36$ ; Mediana=.86). El grupo con TDAH cometió más errores por comisión (Mediana = 8) que el grupo neurotípico (Mediana = 4; diferencia también significativa  $U = 417$ ,  $p = .003$ ) (Gráfica 17).



Gráfica 15. Errores SmartAction-VR



Gráfica 16. Precisión



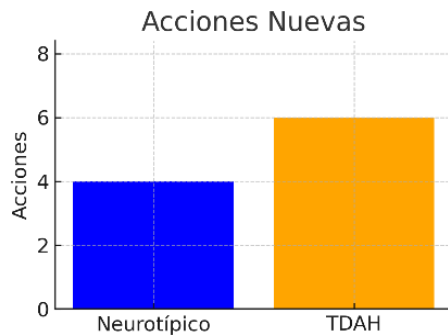
Gráfica 17. Errores comisión SmartAction-VR

**Tabla 6. Rendimiento en SmartAction-VR**

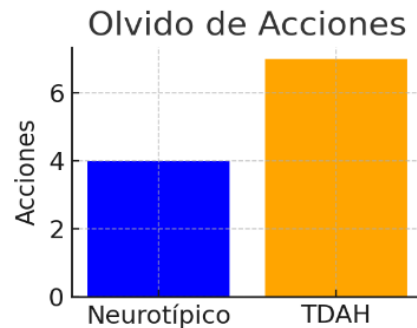
|                                | TDAH<br>(n=40) |             | Neurotípico<br>(n=36) |               | U     | p    |
|--------------------------------|----------------|-------------|-----------------------|---------------|-------|------|
|                                | Mediana        | (IQR)       | Mediana               | (IQR)         |       |      |
| Tiempo de ejecución            | 17.5           | (15–20.75)  | 15                    | (13.25–19.75) | 556.5 | .087 |
| Total errores                  | 11             | (7–21)      | 6                     | (4.25–9.75)   | 292   | .001 |
| Precisión                      | 0.83           | (0.75–88)   | .86                   | (0.83–0.93)   | 406   | .010 |
| Comisiones                     | 8              | (3–17.75)   | 4                     | (2–7)         | 417   | .003 |
| Ruptura de reglas              | 1              | (0–1)       | 0                     | (0–1)         | 544   | .063 |
| Perseveraciones                | 0.0            | (0–0)       | 1                     | (0–1)         | 540.5 | .029 |
| Errores sustitución            | 1              | (0–2)       | .50                   | (0–2)         | 575   | .109 |
| Nº Acciones nuevas             | 6              | (1–17.5)    | 2                     | (0–5)         | 470   | .014 |
| Errores gestuales              | 7              | (5–8.75)    | 6                     | (3–7)         | 475   | .078 |
| Errores de estimación espacial | 14.5           | (6.25–22)   | 10                    | (4–15)        | 547   | .104 |
| Errores de omisión             | 7              | (5–8.75)    | 6                     | (3–7)         | 475   | .078 |
| Olvido de acciones             | 7              | (3.5–7.5)   | 4                     | (2–5)         | 406   | .010 |
| Olvido de material             | 1              | (0–2)       | 1                     | (1–2)         | 497   | .364 |
| Ayudas                         | 1              | (0.25–2.75) | 3.5                   | (2–6)         | 640.5 | .403 |

*IQR: Rango intercuartil (25–75); U: Valor del estadístico U obtenido de la prueba de Mann–Whitney.*

Asimismo, se observaron más acciones nuevas en el grupo con TDAH (Mediana = 6) frente al grupo neurotípico (Mediana = 2;  $U = 470$ ,  $p = .014$ ) (Gráfica 18), y mayor olvido de acciones ( $U = 406$ ,  $p = .010$ ) (Gráfica 19).

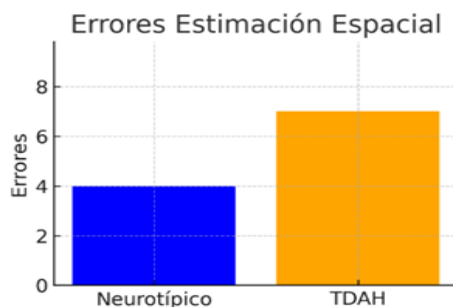


Gráfica 18. Acciones nuevas

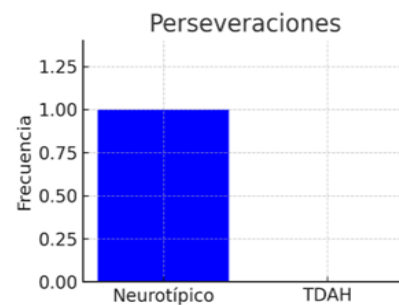


Gráfica 19. Olvido de acciones

Se observaron más errores relacionados con la estimación espacial (Mediana=7;  $U=406$ ,  $p=.010$ ) (Gráfica 20). En cuanto a las perseveraciones, el grupo neurotípico mostró una Mediana de 1, mientras que el grupo con TDAH no presentó perseveraciones (Mediana = 0), siendo esta diferencia significativa ( $U = 540.5$ ,  $p = .029$ ) (Gráfica 21) .



Gráfica 20. Errores estimación espacial



Gráfica 21. Perseveraciones

#### 4. Correlaciones y usabilidad de la herramienta virtual

En la Tabla 7 se registraron correlaciones significativas entre los resultados de SmartAction-VR y diversas medidas de rendimiento ejecutivo. Los individuos con mayor Precisión mostraron menos dificultades en Atención ejecutiva ( $r = -.376$ ,  $p = .001$ ), mejor

capacidad de Resolución de problemas ( $r = .433$ ,  $p < .001$ ), menor tiempo en Mapa del Zoo-ejecución ( $r = -.316$ ,  $p = .007$ ) y mejor desempeño en la prueba W-ADL ( $r = .289$ ,  $p < .015$ ). Por otro lado, un mayor número de Total Errores en SmartAction-VR se relacionó con un rendimiento inferior en Flexibilidad cognitiva- errores ( $r = .533$ ,  $p < .001$ ), mayores dificultades en Atención ejecutiva ( $r = .425$ ,  $p < .001$ ), Procesamiento sensorial ( $r = .400$ ,  $p < .001$ ) y Control inhibitorio ( $r = .250$ ,  $p < .001$ ). Además, este índice se asoció con tiempos más largos en Tiempo TMT-A ( $r = .347$ ,  $p < .004$ ), así como con mayor tiempo (Tiempo TMT-B,  $r = .440$ ,  $p < .001$ ) y más errores (Errores TMT-B,  $r = .401$ ,  $p < .001$ ).

Respecto a los Errores de comisión (Comisión), se asoció con una peor atención sostenida (Tiempo TMT-A,  $r = .327$ ,  $p < .004$ ), atención alternante (Tiempo TMT-B,  $r = .407$ ; Errores TMT-B,  $r = .446$ ; ambos  $p < .001$ ), mayores dificultades en Atención ejecutiva ( $r = .416$ ,  $p < .001$ ), Procesamiento sensorial ( $r = .368$ ,  $p < .001$ ), y una mayor dificultad en Control inhibitorio ( $r = .249$ ,  $p < .001$ ). Asimismo, más Errores de sustitución (Sustitución) se relacionó con peor Flexibilidad cognitiva- errores ( $r = .366$ ,  $p < .001$ ).

El mayor número de Acciones nuevas se asoció con un peor desempeño en atención alternante (Tiempo TMT-B,  $r = .350$ ,  $p < .01$ ; Errores TMT-B,  $r = .413$ ,  $p < .01$ ), Flexibilidad cognitiva- errores ( $r = .465$ ,  $p < .01$ ), Atención ejecutiva ( $r = .345$ ,  $p < .01$ ), Procesamiento sensorial ( $r = .319$ ,  $p < .01$ ) y Control inhibitorio ( $r = .341$ ,  $p < .01$ ).

Por último, Romper Reglas mostró asociaciones más moderadas, correlacionándose ligeramente con mayores dificultades en Control inhibitorio ( $r = .161$ ,  $p = .165$ ), sin alcanzar significación con Resolución de problemas ( $r = -.088$ ,  $p = .450$ ). En contra de lo que pudiera pensarse, se observó que los niños que necesitaron más Ayuda durante la tarea obtuvieron mejores

puntuaciones en Flexibilidad cognitiva- errores ( $r = -.338$ ,  $p = .003$ ) dado que cometieron menos errores en la realización de las tareas.

Estos hallazgos refuerzan la validez de SmartAction-VR como instrumento para evaluar componentes específicos de la función ejecutiva, evidenciando la correspondencia entre su desempeño y diversas medidas tanto cognitivas como funcionales.

**Tabla 7. Relaciones entre resultados de SmartAction-VR y pruebas cognitivas y funcionales**

| <b>Variable</b>              | Tiempo<br>Eejcuc. | Total<br>Errores | Precisión | Comisión | Romper<br>Reglas | Persevera<br>ciones | Sustitución | Acciones<br>nuevas | Omisión | Olvido<br>acción | Olvido<br>Material | Ayuda |
|------------------------------|-------------------|------------------|-----------|----------|------------------|---------------------|-------------|--------------------|---------|------------------|--------------------|-------|
| Tiempo TMT-A                 | .270              | .347             | -.310     | .327     | .180             | -.165               | .192        | .261               | .163    | .310             | -.177              | -.168 |
| Errores TMT-A                | .111              | .210             | -.046     | .226     | .033             | -.133               | .183        | .265               | -.071   | .046             | -.125              | -.050 |
| Tiempo TMT-B                 | .363              | .440             | -.313     | .407     | .221             | -.159               | .297        | .350               | .168    | -.313            | -.170              | -.090 |
| Errores TMT-B                | .334              | .401             | -.159     | .446     | .098             | -.074               | .296        | .413               | .008    | .159             | -.208              | -.128 |
| Dígitos directos             | -.399             | -.215            | .154      | -.256    | -.118            | .132                | -.033       | -.235              | -.082   | -.154            | .034               | .031  |
| Dígitos inversos             | -.365             | -.297            | .304      | -.238    | -.106            | .076                | -.159       | -.201              | -.223   | -.304            | .027               | .264  |
| Stroop                       | -.117             | -.184            | .102      | -.106    | -.257            | -.119               | -.066       | -.066              | -.086   | -.102            | 0                  | .125  |
| Mapa del Zoo planificación   | .062              | -.076            | .097      | -.109    | -.167            | -.182               | .056        | -.052              | -.090   | -.097            | .005               | -.041 |
| Mapa del Zoo ejecución       | .141              | .092             | -.316     | .115     | .053             | -.169               | .085        | .055               | .279    | .316             | .109               | -.009 |
| Mapa del Zoo errores         | .097              | .188             | -.235     | .174     | .226             | -.185               | .114        | .120               | .150    | .235             | -.002              | -.113 |
| Atenc. Auditiva error        | .149              | .280             | -.005     | .259     | -.088            | -.156               | .225        | .280               | -.083   | .005             | -.254              | -.207 |
| Flexibilidad cognit. errores | .302              | .533             | -.242     | .505     | .201             | .035                | .366        | .465               | .093    | .242             | -.281              | -.338 |
| W-ADL                        | .188              | -.232            | .289      | -.261    | -.194            | .036                | -.120       | -.217              | -.336   | -.281            | -.094              | -.283 |
| Atención ejecutiva           | .160              | .425             | -.376     | .416     | .276             | -.225               | .212        | .345               | .172    | .172             | -.145              | -.168 |
| Procesamiento sensorial      | .367              | .400             | -.172     | .368     | .131             | .014                | .269        | .319               | .202    | .202             | -.129              | -.079 |
| Autorregulación emocional    | .089              | -.011            | .057      | -.006    | -.057            | -.077               | -.008       | -.076              | -.084   | -.078            | -.127              | .056  |
| Resolución de problemas      | .221              | .433             | -.237     | .457     | -.088            | .021                | -.032       | .464               | -.129   | .242             | .289               | .264  |
| Control inhibitorio          | .210              | .250             | -.204     | .249     | .161             | .087                | .000        | .341               | .056    | .141             | .154               | .232  |
| EPYFI Total                  | .315              | .320             | -.371     | .287     | .277             | .252                | .199        | .452               | .217    | .475             | .340               | .532  |

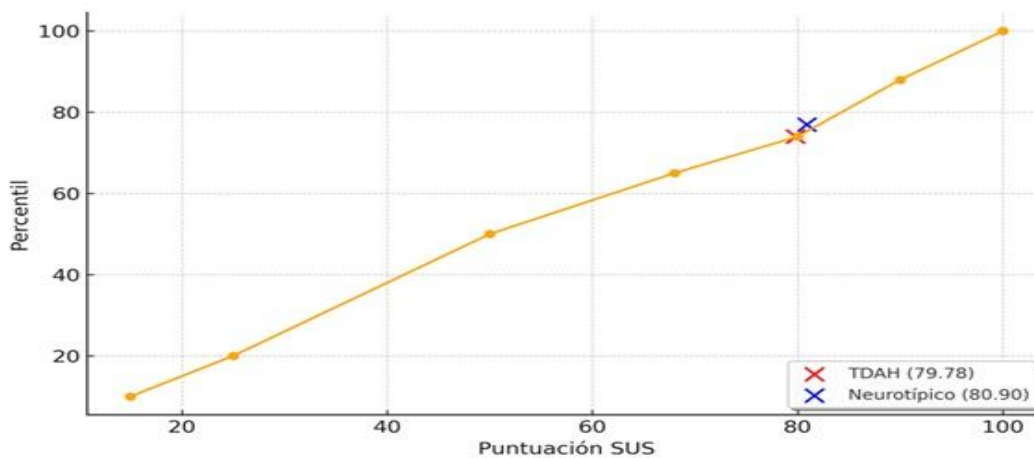


En relación con la puntuación total de usabilidad de SmartAction-VR (Tabla 8), del que como ya hemos explicado se eliminaron los ítems 5 y 6 por su complejidad para algunos niños, los dos grupos obtuvieron puntuaciones altas y muy próximas. Los niños con TDAH alcanzaron una media de 79.78 (DE = 16.87) y los niños neurotípicos 80.90 (DE = 9.35). Dado que la diferencia no fue significativa entre los niños con TDAH y los niños neurotípicos ( $p = .885$ ), la puntuación se sitúa dentro del rango que otros estudios (Bangor et al., 2009) asocian a un nivel “alto de usabilidad” por lo que podemos afirmar que ambos grupos perciben la usabilidad del sistema como notablemente buena.

De acuerdo con las categorías interpretativas propuestas por Bangor et al. (2009), una puntuación entre 70 y 79 se clasifica como “Bueno”, y una puntuación de 80 a 84 como “Excelente”. En este sentido, la puntuación media de los niños neurotípicos se sitúa en la categoría “Excelente” (80.90), mientras que la de los niños con TDAH se ubica en el límite superior de la categoría “Bueno” (79.78), rozando también la categoría “Excelente”. Además, ambas puntuaciones se corresponden aproximadamente con los percentiles 80-85, lo que indica que SmartAction-VR supera en usabilidad al 80-85 % de los sistemas evaluados mediante este instrumento (Bangor et al., 2009).

Respecto a los ítems individuales del cuestionario SUS, las medias fueron similares en casi todos los casos, lo que sugiere una percepción positiva de la experiencia con SmartAction-VR. En el ítem “Me gustaría volver a jugar”, ambos grupos obtuvieron puntuaciones altas (Media TDAH = 4.70; Neurotípicos = 4.78;  $p = .502$ ), lo que refuerza su buena aceptación como experiencia lúdica. De igual modo, en el ítem “Me siento muy seguro cuando uso SmartAction-VR”, las puntuaciones fueron elevadas y muy próximas (TDAH = 4.47; Neurotípicos = 4.53;  $p = .758$ ), lo que evidencia que ambos grupos se sienten cómodos y seguros al interactuar con el entorno virtual.

En cuanto a los aspectos relacionados con la dificultad, se observaron puntuaciones bajas y sin diferencias significativas en los ítems “Encuentro SmartAction-VR innecesariamente difícil” (TDAH = 1.78; Neurotípicos = 1.67;  $p = .699$ ) y “La forma de jugar es complicada/incómoda” (TDAH = 1.63; Neurotípicos = 1.47;  $p = .540$ ), lo cual sugiere que la mayoría de los niños considera la herramienta como fácil de utilizar y cómoda de navegar. Asimismo, la percepción de autonomía para el uso del sistema fue semejante entre los grupos. En el ítem “Me parece que otros niños necesitarán la ayuda de un adulto para poder jugar”, las medias fueron similares (TDAH = 2.63; Neurotípicos = 2.86;  $p = .465$ ), indicando que ambos coinciden en considerar que se puede jugar sin demasiada intervención externa. Por último, en el ítem “Necesito aprender muchas cosas antes de poder manejar SmartAction-VR”, se detectó una ligera diferencia (TDAH = 2.33; Neurotípicos = 1.75;  $p = .055$ ), aunque sin alcanzar significación estadística, lo que podría señalar una percepción marginalmente mayor de dificultad inicial en el grupo con TDAH. Asimismo, la prueba *t* de Student mostró que la percepción de usabilidad de SmartAction-VR fue idéntica en ambos grupos. La puntuación global en la Escala SUS fue 79.78 frente a 80.9 ( $t = -.15$ ;  $p = .885$ ). Ninguno de los dos ítems alcanzó significación (p. ej., «Me gustaría volver a jugar»,  $t = -.68$ ;  $p = .502$ ; «SmartAction-VR es fácil de manejar»,  $t = 1.49$ ;  $p = .139$ ).



Gráfica 22. Interpretación de Percentiles SUS de SmartAction- VR

**Tabla 8. Escala de usabilidad del sistema (SUS) de SmartAction-VR**

|                                                                                             | <b>TDAH<br/>(n=40)</b> | <b>Neurotípico<br/>(n=36)</b> |                 |                 |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|                                                                                             | <b>Media (DE)</b>      | <b>Media (DE)</b>             | <b><i>t</i></b> | <b><i>p</i></b> | <b><i>d</i> de Cohen</b> |
| Me gustaría volver a jugar                                                                  | 4.70 (.516)            | 4.78 (.485)                   | -.675           | .502            | .155                     |
| Encuentro SmartAction-VR innecesariamente difícil                                           | 1.78 (1.33)            | 1.67 (1.07)                   | -.389           | .699            | .539                     |
| SmartAction-VR es fácil de manejar                                                          | 4.28 (.972)            | 3.94 (.984)                   | 1.494           | .139            | .345                     |
| SmartAction-VR me parece que otros niños necesitarán la ayuda de un adulto para poder jugar | 2.63 (1.62)            | 2.86 (1.17)                   | .735            | .465            | .166                     |
| SmartAction-VR me parece que otros niños aprenderán rápidamente a jugar este juego          | 4.45 (.904)            | 4.39 (.803)                   | .310            | .757            | .071                     |
| SmartAction-VR me parece que la forma de jugar es complicada/incómoda                       | 1.63 (1.25)            | 1.47 (.845)                   | -.616           | .540            | .141                     |
| Me siento muy seguro cuando uso SmartAction-VR                                              | 4.47 (.854)            | 4.53 (.877)                   | -.309           | .758            | .071                     |
| Necesito aprender muchas cosas antes de poder manejar SmartAction-VR                        | 2.33 (1.65)            | 1.75 (.806)                   | -1.955          | .055            | .435                     |
| Puntuación total de usabilidad de SmartAction-VR                                            | 79.78(16.87)           | 80.90 (9.35)                  | -.146           | .885            | .033                     |

## **CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN**



Las crecientes demandas sociales de un mundo tecnológicamente avanzado, donde los niños son considerados nativos digitales, requieren instrumentos ecológicamente válidos que evalúen las FE mediante sistemas de RV actualizados. En este contexto, el presente estudio examinó la efectividad de SmartAction-VR, una nueva herramienta de RV diseñada para la evaluación ecológica de las FE en niños y adolescentes con TDAH, demostrando su capacidad para discriminar entre el rendimiento de estos participantes y sus pares neurotípicos en distintos dominios cognitivos. De igual manera se ha podido comprobar su alto nivel de aceptación por parte de los usuarios.

SmartAction-VR simula situaciones significativas de la vida diaria en un entorno virtual interactivo. Los hallazgos de esta investigación respaldan la utilidad de esta herramienta. SmartAction-VR fue capaz de discriminar entre el desempeño de los niños con TDAH y los niños neurotípicos en varios dominios cognitivos. Además, mostró un alto grado de aceptación por parte de los usuarios.

Uno de los objetivos planteados fue analizar el perfil de ejecución de niños con TDAH en tareas virtuales. Los resultados muestran que estos niños y adolescentes presentan un número significativamente mayor de errores por comisión, omisión, acciones nuevas y menor precisión, así como tiempos de ejecución más prolongados en las tareas virtuales. Asimismo, el objetivo relacionado con la validez convergente fue alcanzado al encontrarse correlaciones estadísticamente significativas entre el desempeño en SmartAction-VR y diversas pruebas neuropsicológicas estandarizadas.

En cuanto a la capacidad de discriminación de la herramienta los resultados obtenidos en este estudio muestran diferencias estadísticamente significativas entre niños con TDAH y niños neurotípicos. Sin embargo, conviene matizar que SmartAction-VR no es una prueba de validación

diagnóstica, por lo cual actualmente no presenta esta capacidad para diagnosticar TDAH de forma autónoma. Pero lo que, si demuestra, es que los datos obtenidos en el comportamiento realizado en el entorno virtual permiten diferenciar estadísticamente entre los grupos diagnosticados previamente. Esto avalaría su utilidad como herramienta de apoyo a la evaluación clínica.

**A) Hipótesis 1. Patrón de errores sería significativamente diferente entre los niños y adolescentes con TDAH y el grupo neurotípico**

La hipótesis 1 preveía que el patrón de errores sería significativamente diferente entre los niños y adolescentes con TDAH y el grupo neurotípico. Este planteamiento fue confirmado dado que el grupo con TDAH cometió más errores de comisión, mostró mayores dificultades en la secuenciación de tareas, cometió más errores de omisión y presentó un rendimiento general menos preciso, así como tiempos de ejecución más prolongados. Estos hallazgos refuerzan la utilidad de SmartAction-VR para identificar diferencias funcionales clave en el funcionamiento ejecutivo dentro de contextos simulados que reflejan tareas de la vida diaria.

Del mismo modo, el objetivo de validar la capacidad discriminante entre grupos también se cumplió. Los análisis estadísticos permitieron evidenciar diferencias claras entre niños con TDAH y niños neurotípicos. La herramienta permite, por tanto, identificar perfiles de funcionamiento ejecutivo distintos, lo que avala su utilidad como un eficaz instrumento de evaluación complementario. En línea con investigaciones previas, el grupo de niños con TDAH presentó menor capacidad de atención ejecutiva, velocidad de procesamiento más lenta, dificultades en memoria de trabajo y en control inhibitorio (Kofler et al., 2024; Re et al., 2015)). Esto quedó reflejado en las pruebas clásicas administradas. El grupo TDAH tardó significativamente más tiempo en completar el TMT-A y el TMT-B que el grupo neurotípico, indicando un procesamiento más lento y déficits atencionales similares a los reportados en otros estudios recientes (Claude et

al., 2021). De igual modo en la Prueba del Mapa del Zoo se observaron diferencias significativas respecto a la Ejecución, en la que los niños con TDAH presentaron puntuaciones significativamente superiores a la de los niños neurotípicos, lo que indica dificultades en la realización efectiva de las tareas planificadas. En cuanto al número de errores en esta prueba, el grupo TDAH cometió significativamente más errores que el grupo neurotípico lo que podría reforzar la idea de que presentan un déficit en el control inhibitorio conforme a lo expuesto en estudios previos (Kofler et al., 2018). Asimismo, puntuaciones más bajas del grupo TDAH en la prueba de Dígitos directos e inversos confirman cierta alteración de la memoria de trabajo, en consonancia con la evidencia clásica de problemas en el almacenamiento a corto plazo y la manipulación de información en los niños con TDAH (Barkley 2012).

En la prueba de interferencia (Stroop) encontramos diferencias significativas entre grupos, lo que nos indicaría que el grupo con TDAH obtendría peores resultados en control atencional e inhibitorio en comparación con el grupo neurotípico. Además, se observó una gran variabilidad intragrupo en el TDAH. Este resultado sugiere que el control inhibitorio puede manifestarse de forma heterogénea en el TDAH, dependiendo de factores individuales como el subtipo clínico o la presencia de comorbilidades (Willcutt et al., 2005). Aun así, podemos destacar que la mayoría de las medidas tradicionales evaluadas señalaron un rendimiento inferior en el grupo TDAH, reforzando el perfil cognitivo esperado en estos niños.

Es importante destacar que el rendimiento en SmartAction-VR también permite conocer muchas de estas diferencias entre grupos de manera ecológica. En el entorno virtual, los niños con TDAH obtuvieron más errores totales y menor precisión global que los niños neurotípicos, reflejando un rendimiento ejecutivo general más bajo en la tarea de RV. Esto indica que la herramienta fue capaz de detectar las mismas dificultades de base y que pusieron de manifiesto las



pruebas neuropsicológicas, pero haciéndolo en un contexto lúdico más cercano a la vida diaria del niño.

En línea con la primera hipótesis, el análisis detallado del patrón de errores en SmartAction-VR reveló diferencias específicas. Los niños con TDAH presentaron un número significativamente mayor de errores de comisión, omisión y acciones nuevas, y requirieron mayor tiempo para la finalización de las tareas. Además, aunque se esperaba también un mayor número de solicitudes de ayuda externa, los resultados mostraron que esta variable no presentó diferencias significativas entre grupos, lo que sugiere un nivel adecuado de autonomía operativa incluso en niños con TDAH. No obstante, las diferencias observadas en impulsividad, desorganización y errores atencionales confirman en buena medida los planteamientos iniciales sobre el perfil diferencial del TDAH en entornos virtuales.

Por un lado, el grupo con TDAH cometió significativamente más errores de comisión y secuenciación que el grupo neurotípico. Es decir, emitieron más respuestas impulsivas o acciones incorrectas no requeridas en la tarea virtual. Este resultado era esperado y concuerda con la dificultad ya conocida para inhibir impulsos característica del TDAH (Korolczuk et al., 2025). La tendencia a respuestas impulsivas observada en la ejecución de SmartAction-VR se alinea con estudios que indican que los niños con TDAH muestran tasas elevadas de respuestas impulsivas en entornos de juego digital (Wallace et al., 2023). En este sentido, nuestros datos apoyan la idea de que SmartAction-VR puede recoger de forma objetiva la impulsividad típica del TDAH, permitiendo cuantificar conductas impulsivas que habitualmente son difíciles de medir más allá de cuestionarios u observaciones (Abrego et al., 2010).

Asimismo, tal como se enunció en la primera hipótesis, los participantes con TDAH realizaron más acciones nuevas o no planificadas, es decir, incluyeron pasos adicionales que no

formaban parte de la secuencia requerida en la tarea virtual. Esta tendencia a ejecutar acciones extra o romper las reglas de la tarea sugiere dificultades para seguir la secuencia de pasos requerida y refleja déficits en la monitorización de errores y en la flexibilidad cognitiva. Pudimos observar que los niños con TDAH a menudo alteraban el orden lógico de las acciones o añadían acciones inapropiadas, posiblemente debido a dificultades para retener todas las instrucciones o a distracciones durante la ejecución. Una mayor incidencia de este tipo de errores en el TDAH concuerda con las observaciones clínicas de déficits en flexibilidad cognitiva e impulsividad motora. En contextos estructurados, estos niños tienden a alterar la secuencia de actividades planificadas o a actuar sin pensar, tal como señalan Goldstein y Naglieri (2014). De este modo, SmartAction-VR parece captar esas manifestaciones de desorganización e impulsividad que son frecuentes en su funcionamiento diario.

Los resultados obtenidos en relación con los errores de omisión en el grupo TDAH apoyan la hipótesis de una mayor distractibilidad en esta población, asociada a fallos en la atención sostenida y la memoria prospectiva (Altgassen et al., 2019). De hecho, se hallaron correlaciones destacables entre las omisiones y el olvido de acciones requeridas en la tarea virtual, lo cual valida la capacidad de SmartAction-VR para detectar estas dificultades en un contexto funcional. Estos hallazgos refuerzan su utilidad para evaluar dimensiones cognitivas que afectan al rendimiento cotidiano del niño con TDAH, en consonancia con estudios previos (Costanzo et al., 2021; Mioni et al., 2018; Einstein et al., 1998).

En cuanto al tiempo de ejecución, también en relación con la primera hipótesis, se confirmó que los participantes con TDAH tardaron más en completar los escenarios propuestos en SmartAction-VR. Este dato es consistente con el menor rendimiento en el TMT-A y B, y refuerza la hipótesis de una menor eficiencia cognitiva general y mayor tendencia a la distracción en

contextos multitarea. Si esta diferencia temporal se reproduce también en un entorno virtual inmersivo apunta a que SmartAction-VR reproduce fielmente los retos atencionales y organizativos que enfrentan estos niños en su vida diaria (Kibby et al., 2019; Wenzel et al., 2022).

Aunque la hipótesis contemplaba una mayor incidencia de errores de secuenciación y mayor necesidad de ayuda por parte del grupo TDAH, los datos no respaldaron completamente esta expectativa. No se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de errores de secuenciación ni en la cantidad de veces que los participantes solicitaron ayuda externa durante la ejecución. Este resultado puede deberse a la claridad de las instrucciones, la capacidad intuitiva del propio sistema o la experiencia de los participantes con entornos digitales. En todo caso, estas variables deben considerarse para futuras mejoras de SmartAction-VR (Cero solicitudes de ayuda), aunque la herramienta mostró ser accesible incluso para niños con dificultades atencionales.

Además de las diferencias entre grupos, el análisis de los resultados de SmartAction-VR en relación con las pruebas de evaluación cognitivas estandarizadas aportó hallazgos importantes sobre la validez convergente de la herramienta. Observamos varias correlaciones significativas que relacionan el desempeño en la tarea virtual con las FE evaluadas mediante test clásicos y cuestionarios funcionales, lo que ayuda a integrar la información obtenida.

## **B) Hipótesis 2. Existencia de correlaciones significativas entre el rendimiento en SmartAction-VR y las pruebas neuropsicológicas clásicas de las FE.**

Los resultados obtenidos también respaldan la hipótesis 2 del presente estudio, que planteaba la existencia de correlaciones significativas entre el rendimiento en SmartAction-VR y las pruebas neuropsicológicas clásicas de las FE, como el Trail Making Test, prueba de Stroop, Dígitos directos e inversos y la Prueba del Mapa del Zoo. Las correlaciones encontradas sugieren

que la herramienta virtual es capaz de captar procesos de atención ejecutiva, planificación, control inhibitorio y flexibilidad cognitiva de forma comparable a las herramientas tradicionales, pero en un contexto más ecológico e inmersivo. Nuestra herramienta muestra correlaciones más altas con pruebas estandarizadas en comparación con otros sistemas, como EPELI, que presentan correlaciones bajas o moderadas ( $r < .40$ ) con las pruebas cognitivas empleadas (Seesjärvi et al., 2022).

Una mayor precisión en SmartAction-VR (porcentaje de acciones correctas realizadas) se asoció con menos dificultades en atención ejecutiva (menores problemas atencionales), con mejor capacidad de resolución de problemas y con mejores tiempos en tareas como el Mapa del Zoo. Es decir, los niños que actuaron con mayor exactitud en la tarea virtual tendían a mostrar mejor desempeño en pruebas que requieren mantener la atención y solucionar problemas y a completar más rápidamente una tarea de planificación en las pruebas tradicionales. Incluso encontramos que una mayor precisión en SmartAction-VR se correlacionaba con mejores resultados en una escala funcional de actividades de la vida diaria (W-ADL). Este hecho es relevante ya que apunta a que el rendimiento en la RV refleja competencias que impactan la autonomía personal. Estos datos sugieren que cuando un niño interactúa bien en SmartAction-VR (comete pocos errores y sigue correctamente los pasos), suele poseer también buenas habilidades ejecutivas medidas por pruebas de evaluación convencionales, reforzando la validez de constructo de la herramienta.

Por otro lado, un mayor número de errores totales en SmartAction-VR se correlacionó con un peor desempeño en flexibilidad cognitiva (medido por errores en tareas de cambio cognitivo), así como con mayores dificultades de atención ejecutiva en la vida diaria, problemas en el procesamiento sensorial, dificultades de autorregulación emocional y problemas de control inhibitorio. En la práctica, esto podría indicar que los niños que más errores cometieron en el

entorno virtual tienden a ser precisamente aquellos con perfiles cognitivos y conductuales particulares. Esto es, presentan menor flexibilidad cognitiva, más desatención e impulsividad en su día a día, e incluso mayor reactividad sensorial y emocional. Además, los errores totales en la tarea virtual mostraron correlaciones con el rendimiento en test atencionales clásicos, por ejemplo, un mayor número de errores en SmartAction-VR se relacionó con el empleo de más tiempo en el TMT-A (atención sostenida) y también más tiempo y más errores en el TMT-B (atención alternante). Esto refuerza la idea de que la tarea virtual exige recursos atencionales similares a los de las pruebas de papel y lápiz, hasta el punto de que quienes fallan más en SmartAction-VR también tienden a tener resultados menos óptimos en medidas tradicionales de atención. Cuando se examinaron los tipos específicos de errores en SmartAction-VR, encontramos patrones de acuerdo a lo esperado. Por ejemplo, registramos que un mayor número de errores de comisión (impulsividad) en la RV correlacionó significativamente con un peor rendimiento en atención sostenida (mayores tiempos en TMT-A), con un peor rendimiento en atención alternante (TMT-B más lento y con más errores) y con puntuaciones más altas de dificultades atencionales en la vida diaria. Igualmente, más comisiones se asociaron a mayor reactividad sensorial, a problemas de autorregulación emocional y a peor inhibición según las escalas, lo cual concuerda con un perfil altamente impulsivo y distraíble. Por su parte, un mayor número de errores de omisión en la tarea virtual se relacionó con peor autorregulación emocional y peor resolución de problemas (correlaciones negativas con estas capacidades), sugiriendo que quienes “dejan cosas sin hacer” en SmartAction-VR tienden a ser niños que también presentan olvidos importantes y menor capacidad de afrontar de forma eficaz retos cognitivos. Del mismo modo, más errores de sustitución (confundir un paso con otro) se vincularon con peor flexibilidad cognitiva e inhibición en las pruebas, y más errores por acciones nuevas se asociaron con puntuaciones más deficientes

en atención alternante (peor TMT-B), menor flexibilidad, más problemas de atención ejecutiva y autorregulación emocional, así como con dificultades de control inhibitorio. Incluso observamos que los errores de ruptura de reglas mantenían una correlación con mayores dificultades en resolución de problemas y con un peor control inhibitorio. De esta manera los niños que más rompían las instrucciones en la tarea virtual tendían a tener también problemas para planificar y contener impulsos en otras pruebas.

Un hallazgo llamativo fue que la única medida de SmartAction-VR en la que un resultado más bajo se asoció a un mejor perfil cognitivo fue la solicitud de ayuda. Encontramos que los niños y adolescentes que requirieron más ayudas externas durante la tarea virtual obtuvieron mejor desempeño en flexibilidad cognitiva (menos errores en esas pruebas). Aunque puede parecer contradictorio, este hecho podría indicar que algunos niños con mejor percepción de sus propias dificultades reconocían cuándo necesitaban ayuda y la pedían oportunamente, mientras que quienes tenían más dificultades ejecutivas quizá no supieron identificar sus errores a tiempo o preferían continuar por su cuenta, a pesar de estar equivocados. En cualquier caso, este resultado es preliminar y requiere una investigación posterior. Es importante destacar que, en general, el patrón de correlaciones encontrado respalda la validez de SmartAction-VR. Podemos afirmar que sus medidas (errores, tiempos, estrategias) reflejan y se relacionan con las capacidades cognitivas medidas por test estandarizados y con las habilidades y/o dificultades que los niños muestran en la vida diaria.

Otro punto para tener en cuenta y que se correspondería con lo formulado en la segunda hipótesis es la correlación entre el olvido de acciones en SmartAction-VR y las omisiones en pruebas como el TMT o en tareas de atención auditiva. Esto sugiere que la herramienta virtual está captando la falta de atención continua y los fallos de memoria prospectiva. Son éstos, aspectos

difíciles de evaluar en un entorno clínico o un laboratorio tradicional pero muy relevantes en la vida diaria. Esta coincidencia apoya la idea de que SmartAction-VR puede utilizarse para detectar problemas de memoria organizacional en los niños, dimensiones que, según Barkley (1997), se encuentran alteradas en el TDAH y afectan directamente al rendimiento diario del niño. Frente a los resultados de sistemas como AULA Nesplora, que se centra sobre todo en atención sostenida e impulsividad (Díaz-Orueta et al., 2014; Zulueta et al., 2013), SmartAcción-VR ha mostrado una correlación significativa entre el olvido de acciones y medidas clásicas de funcionamiento ejecutivo, Errores TMT-B ( $r = .401$ ,  $p < .001$ ), Tiempo TMT-B ( $r = .440$ ,  $p < .001$ ), Errores en flexibilidad cognitiva ( $r = .533$ ,  $p < .001$ ), y dificultades en atención ejecutiva ( $r = .425$ ,  $p < .001$ ). Por lo que podemos considerar que no solo identifica posibles dificultades en los sistemas atencionales, sino que a diferencia de AULA Nesplora, también identifica problemas relativos a la organización de la conducta, la planificación y la memoria prospectiva.

Asimismo, encontramos una relación significativa entre el desempeño en SmartAction-VR y el cuestionario para evaluar el procesamiento sensorial y el funcionamiento ejecutivo (EPYFEI). En concreto, la Puntuación Total de EPYFEI (que cuantifica los problemas ejecutivos en la vida diaria) se asoció con ciertos patrones de error en la tarea virtual. Nuestros datos indican que los niños que presentan menos problemas en su vida diaria (EPYFEI más baja) tendieron a introducir más cambios de estrategia en SmartAction-VR, mientras que aquellos con mayores problemas cotidianos (EPYFEI alta) adoptaron posiblemente un estilo más rígido en la tarea virtual, cometiendo menos errores de flexibilidad, por no contemplar otras alternativas. Esto concuerda con estudios que han documentado una menor flexibilidad cognitiva en niños con TDAH que presentan mayores problemas de autorregulación sensorial y ejecutiva de las AVD (Romero-Ayuso et al., 2018). También está en la línea de hallazgos de Pasini et al. (2007) y Arán Filippetti

& Mías (2009), quienes vinculan el TDAH con déficits para cambiar de estrategia e inhibir respuestas inapropiadas. En resumen, las correlaciones encontradas entre SmartAction-VR y diversas medidas neuropsicológicas aportan evidencia de validez convergente. El desempeño de tareas en el entorno virtual refleja las mismas dificultades cognitivas que se miden por algunas de las pruebas de evaluación tradicionales, y además proporciona una visión integrada de cómo se entrelazan estos procesos en una tarea compleja (Palombi T. et al., 2023).

### **C) Hipótesis 3. Alta aceptabilidad y usabilidad del sistema por parte de los usuarios**

En relación con la hipótesis 3 del estudio, referida a la aceptabilidad y usabilidad del sistema por parte de los usuarios y al que ya nos hemos referido, los resultados fueron positivos. La mayoría de los participantes calificaron favorablemente el uso de SmartAction-VR, sin diferencias entre grupos TDAH y neurotípicos. Esta aceptación general se alinea con investigaciones previas que subrayan la eficacia motivacional de los entornos virtuales lúdicos en población infantojuvenil (Díaz-Orueta et al., 2014), y respalda el potencial del sistema para ser aplicado en contextos de evaluación repetida o intervención en los ámbitos clínicos.

Los resultados de usabilidad indican, por tanto, que la herramienta está lista para introducir nuevos escenarios y tareas, dado que los usuarios la encuentran accesible y entretenida. Nuestros hallazgos concuerdan con informes de otros estudios donde tanto intervenciones como evaluaciones con tecnologías inmersivas recibieron buenas valoraciones de niños con TDAH (Pollak et al., 2009; Díaz-Orueta et al., 2014). Además, el hecho de que las puntuaciones de usabilidad fuesen prácticamente idénticas entre el grupo TDAH y el grupo control sugiere que la condición clínica no interfirió en la capacidad de usar la aplicación. Como ya hemos dicho, SmartAction-VR resultó igualmente accesible para niños con dificultades atencionales que para los niños que no presentan estas dificultades. Esto es fundamental para la inclusividad de la



herramienta, ya que indica que no requiere habilidades especiales más allá de las esperables para la edad (seguir instrucciones básicas, coordinar movimientos sencillos con los mandos tras un breve entrenamiento inicial).

Cabe mencionar, sin embargo, un detalle observado. Los niños con TDAH mostraron en el cuestionario SUS un nivel ligeramente mayor en el ítem de haber tenido que “aprender a usar muchas cosas” antes de sentirse completamente cómodos. A pesar de que, antes de la cada una de las sesiones se dedicaron unos minutos a familiarizarse con la herramienta, este entrenamiento consistía en dar pautas sobre los movimientos básicos de coger, abrir y andar con gestos de los mandos. Pero en la ejecución virtual son necesarios emplear, además otros gestos (sacar la billetera, coger una rebanada de pan) que precisan de un entrenamiento algo más preciso, especialmente para usuarios con TDAH. Dicha recomendación coincide con estudios que han reportado leves problemas de coordinación visomotora en el TDAH (Mokobane et al., 2019). Por lo tanto, dedicar unos minutos extra al inicio para practicar los gestos y movimientos en el entorno virtual podría asegurar que las diferencias posteriores en el rendimiento se deban únicamente a factores cognitivos (y no a dificultades con la interfaz). Con esta pequeña adaptación, la usabilidad ya de por sí alta de SmartAction-VR sería óptima para cualquier niño y adolescente.

En conclusión, los resultados reflejan que SmartAction-VR presenta una usabilidad alta, aceptada de manera positiva y homogénea por parte de ambos grupos de niños, con una puntuación global que se sitúa en percentiles superiores a la media de sistemas evaluados mediante el SUS, alcanzando categorías de “Bueno” a “Excelente” (Bangor et al., 2009).

#### **D) Diferencias de SmartAction-VR con otras herramientas virtuales**

Un aspecto clave de la discusión es identificar las novedades y ventajas que nuestra herramienta

aporta a la evaluación de las FE, comparado con otras aplicaciones de RV disponibles para la población infantil con TDAH. Varias diferencias importantes pueden explicar la alta sensibilidad observada en nuestra prueba. En primer lugar, existen sistemas en el mercado conocidos, como AULA Nesplora (Climent & Banterla, 2011) que evalúan la atención mediante RV en un entorno escolar virtual. No obstante, AULA Nesplora se enfoca principalmente en medidas atencionales clásicas (tiempos de reacción, omisiones, comisiones) dentro de una tarea relativamente acotada (p. ej., atender a un estímulo visual y auditivo en un aula). Mientras que SmartAction-VR, sin embargo, presenta al usuario múltiples escenarios y tipos de tareas (hogar, calle, comercio, etc.), que demandan una gama más amplia de FE de forma simultánea, planificación, memoria de trabajo, multitarea, inhibición, monitorización de acciones, entre otras, todo en contextos cambiantes y dinámicos (Romero-Ayuso et al., 2024). Esta diversidad de demandas podría explicar por qué SmartAction-VR logra discriminar con detalle el perfil cognitivo, ya que no se limita a la atención, sino que explora varias capacidades y habilidades ejecutivas a la vez, recreando desafíos más parecidos a los de la vida real. SmartAction-VR permite el libre movimiento de los usuarios, dado que no precisa de cables y las tareas deben realizar con movimientos naturales que realiza de pie, mientras que otras herramientas el niño permanece sentado toda la evaluación.

Otra herramienta reciente de RV, “Búsqueda del Tesoro” (Méndez-Encinas et al., 2023), sitúa al niño en un escenario de isla del tesoro para evaluar la atención sostenida mediante un juego específico. Aunque su enfoque lúdico es atractivo, ese entorno fantástico difiere mucho de las situaciones cotidianas reales (hogar, escuela, recados) que suelen ser problemáticas para los niños con TDAH. En cambio, SmartAction-VR opta por escenarios compatibles con la vida diaria, lo que incrementa la VE de la evaluación al observar al niño en ocupaciones más cotidianas (por ejemplo, preparar la mochila, situarse en una calle, comprar algo en una tienda, etc.).

Con respecto a EPELI (Seesjärvi et al., 2023), podría considerarse que aparentemente comparte objetivos y diseño con SmartAction-VR al simular actividades de la vida diaria para evaluar el comportamiento dirigido a metas en niños. Sin embargo, al analizar en detalle ambas herramientas, identificamos varias diferencias significativas en el diseño y alcance, que podrían representar ventajas de SmartAction-VR frente a EPELI, tales como:

- Mayor diversidad de escenarios: SmartAction-VR permite evaluar el desempeño ejecutivo en múltiples entornos simulados (espacios de una casa, exteriores, comercios), mientras que EPELI se desarrolla únicamente en un escenario doméstico. La variedad de SmartAction-VR ofrece una evaluación más completa de las capacidades del niño en distintos contextos cotidianos.

- Análisis más detallado de errores: Nuestro estudio ha sido capaz de discriminar entre diversos tipos de errores (comisión, omisión, secuenciación, acciones nuevas, rupturas de regla, etc.), proporcionando un perfil pormenorizado del funcionamiento ejecutivo. EPELI por su parte, aunque evalúa el cumplimiento de objetivos, tiene una diferenciación de errores más limitada. La mayor precisión en la categorización de errores de SmartAction-VR ofrece información cualitativa adicional muy valiosa (p. ej., si un fallo se debió a impulsividad vs. olvido frente a desorganización).

- Interacción más natural e inmersiva: Mientras EPELI utiliza en gran medida mecanismos de navegación como teletransporte y selección de objetos mediante apuntado (raycasting), SmartAction-VR permite un desplazamiento libre y manipulación directa de objetos virtuales con las manos. Esto se traduce en una experiencia más parecida a la vida real (el niño camina por las habitaciones y por las calles, coge y mueve objetos), aumentando la inmersión y con ello la VE de la evaluación. La interacción natural también puede facilitar que los niños se involucren plenamente en la tarea.

- Mayor aplicabilidad clínica y flexibilidad: SmartAction-VR presenta un diseño modular y flexible que facilita su uso en entornos clínicos. Permite adaptar la evaluación según la necesidad (elegir escenarios específicos, repetir tareas) y observar el comportamiento en situaciones menos estructuradas. EPELI, al estar focalizado en un único entorno y guion, ofrece menos margen de adaptación a objetivos clínicos particulares. La versatilidad de SmartAction-VR la hace adecuada para una evaluación más dinámica, que puede ajustarse al perfil del niño o a preguntas específicas del evaluador.

- Mejor aceptación por parte del usuario: La interfaz intuitiva y los elementos lúdicos de SmartAction-VR parecen favorecer una mayor aceptación por parte de los niños hacia las evaluaciones, según los resultados del cuestionario SUS. Si bien no contamos con datos directos de comparación, nuestro estudio evidenció que los niños perciben SmartAction-VR prácticamente como un juego, lo cual es un punto fuerte. SmartAction-VR, con sus cambios de contexto y sencillos desafíos variados, mantiene más el interés y motivación del usuario.

### **6.1. Fortalezas de la Investigación**

Toda investigación en el ámbito de la neuropsicología infantil se enfrenta a retos metodológicos y conceptuales que afectan la validez de sus hallazgos. No obstante, nuestro estudio presenta diversas fortalezas que refuerzan su fiabilidad y pertinencia en la evaluación de las FE en niños con TDAH mediante el uso de la RV. A continuación, se presentan los principales puntos fuertes de la investigación, que en nuestra opinión creemos que cumple, en base a lo desarrollado en este estudio:

### ***6.1.1. Diseño innovador centrado en las AVD***

Una fortaleza destacada del estudio es el diseño metodológico innovador, que integra escenarios y actividades específicamente seleccionados por su relevancia cotidiana. Los escenarios pueden ser diversos, creándose nuevos en función de las necesidades de cada estudio concreto. Esto permite una evaluación más representativa de las FE tal y como se desarrollan en la vida diaria, superando limitaciones de las pruebas convencionales basadas en tareas abstractas o descontextualizadas.

### ***6.1.2. Rigor Metodológico***

El diseño del estudio se fundamenta en una metodología robusta, con un enfoque cuantitativo y el uso de estadística inferencial para la interpretación de los datos. La selección de participantes ha seguido criterios diagnósticos establecidos, asegurando la validez de los resultados. Además, la utilización de pruebas estandarizadas y análisis multivariado ha permitido un tratamiento riguroso de los datos, garantizando la fiabilidad de las conclusiones.

### ***6.1.3. Aplicabilidad clínica temprana***

La capacidad de SmartAction-VR para recrear situaciones cotidianas en un entorno virtual controlado permite detectar problemas ejecutivos en niños, incluso antes de que se observen claramente en su vida diaria. Esto hace que sea una herramienta muy útil para identificar de forma temprana dificultades ejecutivas y podría ayudar a reconocer el riesgo de desarrollar TDAH.

### ***6.1.4. Análisis diferenciado de las FE***

Este estudio no solo analiza el funcionamiento ejecutivo de manera general, sino que también distingue patrones específicos de error. Esta capacidad posibilitaría el diagnóstico diferencial de los subtipos del TDAH, aportando información relevante para el diseño de

intervenciones más focalizadas, permitiendo una mejor comprensión del fenotipo neurocognitivo del trastorno.

#### ***6.1.5. Empleo y adaptación de las Nuevas Tecnologías***

El empleo de tecnología de vanguardia en el diseño de la herramienta de evaluación refuerza la calidad del estudio. SmartAction-VR ofrece una medición precisa del rendimiento cognitivo mediante el monitoreo en tiempo real de la conducta del participante. La combinación de elementos de interacción digital, seguimiento de movimientos y estimación temporal optimiza la recopilación de datos y minimiza sesgos asociados a los test tradicionales.

#### ***6.1.6. Aceptación y satisfacción de los participantes***

Los resultados obtenidos sobre la aceptación de la herramienta por parte de los niños participantes evidencian su carácter fácilmente accesible e interactivo. A diferencia de las pruebas neuropsicológicas convencionales, que pueden resultar monótonas y desmotivantes para los niños con TDAH, SmartAction-VR ha sido valorado positivamente en términos de usabilidad y experiencia del usuario.

#### ***6.1.7. Viabilidad y bajo coste***

Finalmente, una fortaleza adicional es la viabilidad económica y técnica de SmartAction-VR. Al emplear tecnología asequible y disponible en el mercado, facilita la adopción generalizada de esta herramienta en múltiples entornos.

### **6.2. Limitaciones del estudio**

A pesar de las fortalezas descritas en este estudio, es fundamental reconocer sus limitaciones para guiar futuras líneas de investigación. A continuación, se describen los principales

aspectos que podrían haber influido en los resultados obtenidos y las posibles estrategias para superarlos en estudios posteriores.

#### **6.2.1. Limitaciones relacionadas con la muestra**

Uno de los principales límites del estudio radica en el tamaño y la selección de la muestra. Aunque se han aplicado criterios diagnósticos rigurosos, el número de participantes podría no ser suficientemente representativo de la diversidad de perfiles dentro del espectro del TDAH.

#### **6.2.2. VE y generalización**

Si bien la RV mejora la VE de la evaluación de las FE, la generalización de los resultados sigue siendo un desafío. La interpretación de los datos obtenidos en entornos virtuales debe ser complementada con otras evaluaciones y observaciones en otros contextos para determinar su aplicabilidad en la vida cotidiana de los niños con TDAH.

#### **6.2.3. Dependencia tecnológica**

El uso de herramientas basadas en RV implica una dependencia de la tecnología que podría limitar su aplicabilidad en entornos clínicos con recursos restringidos. La necesidad de equipos específicos podría dificultar su implementación masiva en centros clínicos con limitaciones presupuestarias. El coste real del equipo empleado para esta investigación no ha superado los 350 €, cantidad que será aún menor en un futuro próximo. En esta investigación no hemos evaluado la opinión de los especialistas que pudieran llevarlo a cabo. Sería un aspecto más para desarrollar en futuros estudios.

#### **6.2.4. Necesidad de estudios longitudinales**

Otra limitación importante es la falta de estudios longitudinales que permitan analizar la

estabilidad de los hallazgos en el tiempo. La naturaleza transversal de esta investigación impide determinar si las diferencias observadas en la evaluación neuropsicológica mediante RV se mantienen en evaluaciones repetidas a lo largo del desarrollo de los niños.

Superar las limitaciones identificadas permitirá mejorar la utilidad clínica y rehabilitadora de esta tecnología, optimizando su impacto en la evaluación e intervención del TDAH y otros trastornos del

### **6.3. Implicaciones clínicas de la investigación**

La presente investigación aporta hallazgos significativos con implicaciones directas para la práctica clínica. La utilización de herramientas como SmartAction-VR permite una evaluación más precisa y ecológicamente válida de las funciones cognitivas de estos pacientes, lo que conlleva mejoras sustanciales en el diagnóstico y futuro tratamiento del TDAH. Por ello, consideramos que las implicaciones clínicas de los resultados obtenidos son las siguientes:

#### **6.3.1. Precisión en la evaluación de las FE**

Evaluar el funcionamiento ejecutivo en un entorno inmersivo y controlado ayuda a minimizar el efecto de factores externos y sesgos observacionales. Esta capacidad de la RV permite una identificación más precisa del TDAH, haciendo que la evaluación sea más objetiva y menos dependiente de la interpretación personal de quienes evalúan a los niños y adolescentes.

#### **6.3.2. Impacto en la intervención terapéutica**

La utilización de la RV como herramienta de evaluación también presenta implicaciones en el diseño de intervenciones terapéuticas. Al proporcionar una medición precisa del rendimiento cognitivo en tareas cotidianas simuladas, los clínicos pueden personalizar las intervenciones y ajustar los tratamientos en función de las necesidades específicas de cada niño. Este enfoque



permite la implementación de programas de rehabilitación cognitiva adaptados al perfil neuropsicológico del niño o adolescente.

### **6.3.3. Perspectivas futuras de rehabilitación**

Dado el potencial de la RV en la evaluación y tratamiento del TDAH, futuras investigaciones podrían explorar su aplicación en la intervención terapéutica mediante el diseño de programas de entrenamiento cognitivo en entornos virtuales. Además, la adaptación de esta tecnología a otras condiciones neuropediátricas podría ampliar su impacto en el ámbito de la salud mental infanto-juvenil.

### **6.3.4. Posibilidades de desarrollo**

El presente estudio sienta las bases para futuras investigaciones sobre el desarrollo de la RV en la evaluación y rehabilitación del TDAH. La posibilidad de adaptar y mejorar SmartAction-VR para su implementación en contextos terapéuticos refuerza su potencial como herramienta de investigación clínica y rehabilitadora.

Una posible mejora podría ser desarrollar el Registro Automatizado y Análisis de Datos (Celdrán et al. 2023) con el que podemos automatizar tanto el registro como el análisis de los datos obtenidos. Esta mejora minimiza el sesgo del evaluador y permite una evaluación más objetiva. El sistema de registro automatizado es fundamental para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos recogidos durante las pruebas, eliminando posibles errores humanos derivados de la transcripción manual o la interpretación subjetiva. Este registro automatizado se asocia con una identificación detallada de los errores cognitivos que los usuarios pueden cometer durante la ejecución de las tareas, lo que facilita un análisis más exhaustivo. SmartAction-VR está diseñado para identificar y categorizar diferentes tipos de errores cognitivos que se pueden presentar, tales como, errores de omisión, de comisión, de planificación y de perseveración. El resto de los errores

no automatizados se pueden detectar mediante el visionado de videos o en tiempo real colocando una webcam en el escenario de la prueba y otra cámara que reproduzca lo que el usuario está viendo de forma simultánea.

El análisis automatizado de estos errores no solo facilita la identificación temprana de dificultades cognitivas, sino que también permite que los profesionales de la salud mental o neuropsicología personalicen mejor las estrategias de intervención. Además, el registro automatizado asegura que todos los datos sean consistentes y estén disponibles de inmediato, lo que acelera el proceso de evaluación y permite una toma de decisiones más informada y precisa. La combinación de la automatización del registro de datos con la evaluación de errores cognitivos resulta un sistema altamente eficiente que no solo mejorará la precisión de la evaluación, sino que también reducirá el tiempo de intervención del evaluador, permitiendo un análisis de los resultados sin la intervención subjetiva o posibles inconsistencias en la interpretación de los datos.



## **CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES**



La presente Tesis ha abordado el desarrollo y la validación de SmartAction-VR, una nueva herramienta de RV diseñada para la evaluación ecológica FE en niños y adolescentes con (TDAH). A lo largo de este trabajo, se ha demostrado la relevancia de las evaluaciones realizadas con alta VE y el impacto de la RV como un medio eficaz para mejorar la precisión diagnóstica en el campo de la neuropsicología infantil. Los resultados obtenidos permiten extraer diversas conclusiones fundamentales que refuerzan la pertinencia y aplicabilidad de esta investigación en el ámbito clínico.

1. Los hallazgos de este estudio han evidenciado que SmartAction-VR representa un avance significativo en la evaluación de las FE mediante RV. La aplicación de esta herramienta permite la medición objetiva de las FE en contextos virtuales de la vida diaria. Su diseño interactivo, inmersivo y multisensorial permite obtener datos precisos sobre el rendimiento cognitivo, superando muchas de las limitaciones que presentan las pruebas tradicionales de lápiz y papel.
2. Se ha comprobado que la herramienta presenta correlaciones significativas con pruebas estandarizadas, lo que confirma su validez de constructo. La diversidad de escenarios (casa, calle, papelería) favorece una evaluación global de las FE en contextos de la vida diaria, lo que refuerza la VE del instrumento. Los resultados obtenidos han permitido caracterizar con mayor precisión las dificultades ejecutivas de los niños con TDAH en entornos virtuales que simulan la vida real.
3. SmartAction-VR respecto a otras herramientas de evaluación basadas en RV muestra mayor diversidad de escenarios y tareas: Mientras que otros sistemas se centran en un único contexto, SmartAction-VR permite evaluar el rendimiento ejecutivo en múltiples entornos, favoreciendo una evaluación más completa y naturalista, proporcionando:

- a) Precisión en la evaluación de errores: Se han identificado diferentes tipos de errores (comisión, omisión, secuenciación, perseveración), proporcionando un análisis más detallado del perfil cognitivo de cada usuario.
  - b) Interacción natural y fluida: El desplazamiento libre dentro del entorno virtual y la manipulación de objetos han favorecido una experiencia más inmersiva y representativa de las actividades cotidianas.
4. Los hallazgos obtenidos en esta investigación tienen importantes implicaciones para la práctica clínica. SmartAction-VR se presenta como una herramienta para:
- a. Diseño de intervenciones personalizadas: Como se ha comentado, una de las características de la herramienta es su capacidad para añadir o eliminar escenarios y tareas. Esta opción permitiría personalizar las estrategias de intervención adaptadas a las necesidades específicas de cada niño.
  - b. Seguimiento del progreso: Su aplicación en distintas sesiones podría permitir monitorear mejoras o deterioro en el rendimiento ejecutivo a lo largo del tiempo.
5. SmartAction-VR ha demostrado diferenciar de manera eficaz entre niños con TDAH y niños neurotípicos en la evaluación de distintas dimensiones de las FE, incluyendo la memoria de trabajo, el control inhibitorio, la planificación y la autorregulación emocional. Los análisis estadísticos reflejan diferencias significativas entre los dos grupos.
6. SmartAction-VR constituye un recurso novedoso y con elevada VE para la evaluación neuropsicológica en población infantil y juvenil. La posibilidad de recrear escenarios dinámicos y controlados mejora la fiabilidad de la medición en comparación con las pruebas tradicionales de lápiz y papel.

7. La correlación entre el rendimiento en SmartAction-VR y las pruebas estandarizadas tradicionales (como TMT, Mapa del Zoo o Stroop) confirma que SmartAction-VR puede enriquecer las evaluaciones neuropsicológicas con una perspectiva adaptada a la vida cotidiana de los niños y adolescentes.
8. Los niños con TDAH mostraron un perfil ejecutivo caracterizado por un mayor número de errores por omisión y comisión, mayor tiempo de ejecución, y menor precisión en tareas virtuales de la vida diaria. Estos resultados refuerzan la evidencia previa sobre las alteraciones ejecutivas asociadas al TDAH.
9. El entorno creado cumple con los criterios de seguridad, baja distracción y claridad de instrucciones, como se proponían en los objetivos. Esta adecuación del entorno potencia la concentración de los participantes y permite una evaluación más fiable del rendimiento ejecutivo.
10. Alta aceptación y usabilidad: Los participantes valoraron positivamente la experiencia con SmartAction-VR, destacando su carácter lúdico e intuitivo, incrementando su colaboración durante la prueba





## **CAPÍTULO 8. PROYECCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**



Tal como sugieren los puntos anteriores, nuestros hallazgos se enmarcan en la tendencia de la neuropsicología hacia evaluaciones con mayor VE. Diversos autores han abogado por aproximar las pruebas al contexto real para captar déficits que pasan inadvertidos en entornos altamente controlados. En consonancia con ello, encontramos que la RV permitió detectar déficits de manera más naturalista. Las diferencias observadas entre niños con TDAH y neurotípicos en SmartAction-VR reflejan los problemas a los que estos niños se enfrentan en su día a día. Esto proporciona validez externa a la herramienta (García-Molina & Tirapu-Ustarroz, 2007; Parsons, 2015). Muchas de las dificultades que registramos en el entorno virtual (demoras, errores por impulsividad, omisiones) tienen su reflejo en situaciones cotidianas, como, por ejemplo, un niño con TDAH que tarda más en terminar sus tareas escolares, que olvida pasos de un encargo doméstico o que actúa sin pensar y comete errores al seguir instrucciones. SmartAction-VR consiguió reproducir y medir estas conductas en un ambiente simulado. Esto sugiere que es capaz de lograr su objetivo de proporcionar un contexto de evaluación ecológicamente válido en el que se ponen de manifiesto las características propias del TDAH de forma espontánea, semejante a como ocurren en entornos reales (hogar, escuela, vecindario, etc.).

Otros autores enfatizan la necesidad de este tipo de evaluaciones funcionales. Burgess et al. (2006) interpretaron que muchos de los fracasos de los niños con TDAH no se reflejaban en las pruebas tradicionales debido a la falta de similitud de éstas con la vida real, y propusieron por ello tareas inspiradas en actividades cotidianas para evaluar las FE. Nuestro trabajo se alinea en esa perspectiva. SmartAction-VR retoma las bases de la prueba de las tareas múltiples de Burgess, trasladándolo a un formato virtual interactivo. Como ya se discutió, al permitir que el niño decida el orden de las acciones, alterne entre actividades y administre su propio tiempo dentro de SmartAction-VR, se replica la dinámica de las actividades diarias complejas en un entorno

controlado. El hecho de que los niños con TDAH presentaran más dificultades en esta situación (frente a la mejor autorregulación de los neurotípicos) confirma la VE de la herramienta. Por ello, consideramos que está midiendo de forma efectiva la capacidad de organizarse y autorregularse en escenarios similares a la realidad, que es en última instancia lo que interesa conocer para guiar la intervención.

### **8.1. Trabajos futuros derivados de la esta Tesis.**

Los resultados obtenidos en esta investigación abren varias líneas de desarrollo que permitirían ampliar el alcance, funcionalidad y aplicabilidad de la herramienta SmartAction-VR consolidándola como un instrumento fiable, tanto en el ámbito clínico como en el educativo.

#### **A) Automatización de la recogida y análisis de datos.**

Actualmente el análisis del desempeño de los participantes se realiza mediante la observación y análisis de las grabaciones. Aunque como ya hemos comentado, se han realizado algunas mejoras en este sentido (Celdrán et al. 2023) nuestra propuesta sería la de automatizar este proceso a través de algoritmos de inteligencia artificial que detecten patrones de errores, secuencia de acción y niveles de precisión en tiempo real. Todas estas posibles mejoras facilitarían el desarrollo a gran escala y reduciría el sesgo del observador mejorando la replicabilidad de los estudios.

#### **B) Evaluación basada en el rendimiento.**

Incorporar un sistema de dificultad variable, similar a los test computarizados que permitiría ajustar el nivel de exigencia según las características de cada usuario.

#### **C) Intervención personalizada y entrenamiento cognitivo**

SmartAction-VR podría evolucionar como herramienta de intervención incorporando módulos de entrenamiento cognitivo centrado en las FE específicas. Esta mejora la convertiría en una plataforma donde, no sólo se evaluarían las FE, sino que podría utilizarse, además, para la rehabilitación cognitiva de algunos usuarios.

D) Aplicación de la herramienta a otros niños neurodivergentes.

La muestra recogida incluía niños neurotípicos y niños con TDAH. Una aplicación futura podría ser extensiva a niños valorados con distinta sintomatología que proporcionase información sobre la evaluación de las FE en niños neurodivergentes.

## **8.2. Publicaciones científicas de este estudio.**

Este estudio se ha basado en publicaciones previas realizadas por los integrantes del equipo de investigación (en las que participó el autor de la Tesis). Estas han sido:

- Romero-Ayuso, D., Toledano-González, A., Rodríguez-Martínez, M. d. C., Arroyo-Castillo, P., Triviño-Juárez, J. M., González, P., Ariza-Vega, P., Del Pino González, A., & Segura-Fragoso, A. (2021). Effectiveness of Virtual Reality-Based Interventions for Children and Adolescents with ADHD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children*, 8(2), 7.  
<https://doi.org/10.3390/children8020070>
- Celdrán, F. J., Pino, A. D., Pérez-Rodríguez, S., González-García, J. J., Romero-Ayuso, D., & González, P. (2023, November). Automation of Error Recognition in Therapies Executions Based on ECogFun-VR. In *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence Cham: Springer Nature Switzerland*, 2023. p. 160-171.
- Romero-Ayuso, D., del Pino-González, A., Torres-Jiménez, A., Juan-González, J., Celdrán, F. J., Franchella, M. C., Ortega-López, N., Triviño-Juárez, J. M., Garach-Gómez, A., Arrabal-Fernández, L., Medina-Martínez, I., & González, P. (2024). Enhancing Ecological Validity:

Virtual Reality Assessment of Executive Functioning in Children and Adolescents with ADHD.

Children, 11(8), 986. <https://doi.org/10.3390/children11080986>

### **8.3. Introducción de mejoras en las herramientas.**

SmartAction-VR recopila datos relevantes en la evaluación de la realización de la herramienta, entre ellos el tiempo total de ejecución, errores de omisión, comisión, sustitución, número y tipo de nuevas acciones, precisión a las interacciones con objetos virtuales y olvido de acciones o de materiales.

No obstante, encontramos un gran margen de mejora en la capacidad de evaluación mediante la inclusión de otros tipos de datos biométricos, que podrían incorporarse en un futuro:

- Seguimiento ocular (eye-tracking): Esto permitiría detectar con precisión el foco atencional y la distracción visual en tiempo real.

- Indicadores fisiológicos (Conductancia Galvánica, ritmo cardíaco, etc.): Marcadores que resultarían útiles para inferir niveles de carga cognitiva o ansiedad durante la tarea.

- Análisis de voz: Las tareas con interacción verbal permitirían valorar procesos lingüísticos y aspectos prosódicos relacionados con la autorregulación emocional.

Todas estas mejoras dependerán del grado de investigación que se deriven de este estudio. Este extremo sería posible mediante la creación de grupos de trabajo conjuntos entre ingenieros informáticos y especialistas en Ciencias de la Salud, que en nuestro caso han sido muy productivos.

## Referencias





- Abrego, G.M., Pineda, L.G.R., & Pérez-Ortiz, A. (2010). Efecto del trastorno del aprendizaje y de Trastorno de atención en la realización del TOVA en niños. *Revista Latinoamericana de Neuropsicología*.
- Alberts, J. L., McGrath, M., Miller Koop, M., Waltz, C., Scelina, L., Scelina, K., & Rosenfeldt, A. B. (2022). The immersive Cleveland Clinic virtual reality shopping platform for the assessment of instrumental activities of daily living. *Journal of Visualized Experiments*, (185), e63978. <https://doi.org/10.3791/63978>
- Alderman, N., Burgess, P. W., Knight, C., & Henman, C. (2003). Ecological validity of a simplified version of the multiple errands shopping test. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9(1), 31-44. <https://doi.org/10.1017/s1355617703910046>
- Alhraiwil, N., Ali, A., Househ, M., Al-Shehri, A., & El-Metwally, A. (2015). Systematic review of the epidemiology of attention deficit hyperactivity disorder in Arab countries. *Neurosciences*, 20(2), 137–144.
- Altgassen, M., Scheres, A., & Edel, M. A. (2019). Prospective memory (partially) mediates the link between ADHD symptoms and procrastination. *Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 11(1), 59-71. <https://doi.org/10.1007/s12402-018-0273-x>
- Arán Filippetti, V. & Mías, C. D. (2009). Neuropsicología del Trastorno por déficit de atención/hiperactividad: subtipos predominio déficit de atención y predominio hiperactivo-impulsivo. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 13, 14-28.
- American Psychiatric Association. (1952). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (1st ed.). Washington, DC: APA.
- American Psychiatric Association. (1968). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (2nd ed.). Washington, DC: APA.
- American Psychiatric Association. (1980). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3rd ed.). Washington, DC: APA.
- American Psychiatric Association. (1987). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3rd ed.,

- rev.). American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed., rev.). Washington, DC: APA.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: APA.
- Areces, D., Dockrell, J., García, T., González-Castro, P., & Rodríguez, C. (2018). Analysis of cognitive and attentional profiles in children with and without ADHD using an innovative virtual reality tool. *PLoS ONE*, 13(8), e0201039.
- Artigas-Pallares, J., & Narbona, J. (Eds.). (2011). *Trastornos del neurodesarrollo*. Viguera.
- Aznar Díaz, I., Romero Rodríguez, J. M., & Rodríguez García, A. M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. *EDMETIC*, 7(1), 256–274. <https://doi.org/1.21071/edmetic.v7i1.10139>
- Aznar-Díaz, I., Hinojo-Lucena, FJ, Cáceres-Reche, MP, & Romero-Rodríguez, JM (2018). Realidad virtual y aumentada en educación. *Educación XX1*, 21(3), 331–354.
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114-123.
- Barkley, R.A. (1991). The ecological validity of laboratory and analogue assessment methods of ADHD symptoms. *J Abnorm Child Psychol*. 19(2):149-78. <https://doi.org/10.1007/BF00909976> PMID: 2056161.
- Barkley, R. A. (1997). *ADHD and the Nature of Self-Control*. Guilford Press.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94. <https://doi.org/1.1037/0033-2909.121.1.65>
- Barkley, R. A. (2004). Adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: An overview of

- empirically based treatments. *Journal of Psychiatric Practice*, 10(1), 39–56.  
<https://doi.org/1.1097/00131746-200401000-00005>
- Barkley, R. A. (2012). *Executive Functions: What They Are, How They Work, and Why They Evolved*. Guilford Press.
- Bashiri, A., Ghazisaeedi, M., & Shahmoradi, L. (2017). The opportunities of virtual reality in the rehabilitation of children with ADHD: A literature review. *Korean Journal of Pediatrics*, 60(11), 337-343.
- Bernardi, M., Leonard, H. C., Hill, E. L., & Henry, L. A. (2016). Brief report: Response inhibition and processing speed in children with motor difficulties and developmental coordination disorder. *Child Neuropsychology*, 22(5), 627–634.  
<https://doi.org/1.1080/09297049.2015.1014898>
- Berni, A., & Borgianni, Y. (2020). Applications of Virtual Reality in Engineering and Product Design: Why, What, How, When and Where. *Electronics*, 9(7), 1064.  
<https://doi.org/1.3390/electronics9071064>
- Bioulac, S., Lallemand, S., Rizzo, A., Philip, P., Fabrigoule, C., & Bouvard, M. P. (2012). Impact of time on task on ADHD patient's performances in a virtual classroom. *European Journal of Paediatric Neurology*, 16(5), 514-521. <https://doi.org/1.1016/j.ejpn.2012.01.006>
- Bohil, C. J., Alicea, B., & Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(12), 752–762. <https://doi.org/1.1038/nrn3122>
- Bombin, I., Cifuentes-Rodríguez, A., Climent, G., Luna-Lario, P., Cardas, J., Tirapu-Ustárroz, J., & Díaz-Orueta, U. (2014). Ecological validity and multitasking environments in the evaluation of the executive functions. *Revista de Neurología*, 59, 77-87.
- Boncour, P. (1905). *Les anomalies mentales chez les écoliers. Étude médico-pédagogique*. Paris: Alcan.
- Botella, C., Quero, S., Serrano, B., Baños, R. M., & García-Palacios, A. (2009). Avances en los tratamientos psicológicos: la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. *Anuario de Psicología*, 40(2), 155-17.

- Branda, E. (2015). Review: Oculus Rift. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 74(4), 526-528. <https://doi.org/1.1525/jsah.2015.74.4.526>
- Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- Brown, T. E. (2006). *Attention Deficit Disorder: The Unfocused Mind in Children and Adults*. Yale University Press.
- Brown, T. E. (2006). Executive Functions and Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Implications of two conflicting views. *International Journal of Disability, Development and Education*, 53(1), 35-46. <https://doi.org/1.1080/10349120500510024>
- Burgess, P. W. (2015). Serial multitasking: From lab to life. In J. Fawcett, E. F. Risko, & A. Kingstone (Eds.), *The Handbook of Attention* (pp. 443-462). MIT Press.
- Burgess, P. W., & Shallice, T. (1991). *The Hayling and Brixton Tests*. Thames Valley Test Company.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Forbes, C., Costello, A., Coates, L. M., Dawson, D. R., Anderson, N. D., Gilbert, S. J., & Dumontheil, I. (2006). The case for the development and use of "ecologically valid" measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(2), 194-209. <https://doi.org/1.1017/S1355617706060310>
- Campo-Prieto, P., Rodríguez-Fuentes, G., & Cancela Carral, J. M. (2022). Traducción y adaptación transcultural al español del Simulator Sickness Questionnaire (Translation and cross-cultural adaptation to Spanish of the Simulator Sickness Questionnaire): SSQ versión Española. *Retos*, 43, 503-509. <https://doi.org/1.47197/retos.v43i.87605>
- Capdevila-Brophy, J., Artigas-Pallares, A., Ramírez-Mallafre, M., López Rosendo, J. Real c, JE y Obiols-Llandrich. (2005). Fenotipo neuropsicológico del trastorno por déficit de

- atención/hiperactividad: ¿existen diferencias entre subtipos?. Revista de neurología, <https://www.researchgate.net/publication/7997956>
- Celdrán, F. J., Pino, A. D., Pérez-Rodríguez, S., González-García, J. J., Romero-Ayuso, D., & González, P. (2023, November). Automation of Error Recognition in Therapies Executions Based on ECogFun-VR. In International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 160-171.
- Chaytor, N., & Schmitter-Edgecombe, M. (2003). The ecological validity of neuropsychological tests: A review of the literature on everyday cognitive skills. *Neuropsychology Review*, 13(4), 181–197.
- Chaytor, N., Schmitter-Edgecombe, M., & Burr, R. (2006). Improving the ecological validity of executive functioning assessment. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(3), 217-227. <https://doi.org/1.1016/j.acn.2005.12.002>
- Cheung, A., Mitsis, E. & Halperin, J. (2004). The Relationship of Behavioral Inhibition to Executive Functions in Young Adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26 (3), 393-404.
- Christensen, K. E., & Lundwall, R. A. (2018). Errors on a computer task and subclinical symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Scandinavian Journal of Psychology*, 59(5), 511-517. <https://doi.org/1.1111/sjop.12462>
- Christiansen, L., Beck, M. M., Bilenberg, N., Wienecke, J., Astrup, A., & Lundbye-Jensen, J. (2019). Effects of exercise on cognitive performance in children and adolescents with ADHD: Potential mechanisms and evidence-based recommendations. *Journal of Clinical Medicine*, 8(6), 841. <https://doi.org/1.3390/jcm8060841>
- Clemens, S. D. (1962). Minimal Brain Dysfunctions in the School-Age Child. *Archives of General Psychiatry*, 6(3), 185. <https://doi.org/1.1001/archpsyc.1962.01710210001001>
- Climont, G., & Banterla, F. (2011). *Nesplora Aula: Manual Teórico*. San Sebastián: Nesplora.
- cometer errores en la prueba de rendimiento continuo en niños. *Neuropsicología del desarrollo*, 7, 207–217.

- Claude, Nise, Belmar-Mellado, Marta, & Vicente-Parada, Benjamín. (2021). Relación entre Tiempo Cognitivo Lento y Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad en niños: Estado actual y perspectiva.. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 59(2), 125-141.  
<https://dx.doi.org/1.4067/s0717-92272021000200125>
- Climent Martínez, G., Luna Lario, P., Bombín González, I., Cifuentes Rodríguez, A., Tirapu Ustárroz, J., & Díaz Orueta, U. (2014). Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas mediante realidad virtual. *Revista de Neurología*, 58(10), 465. <https://doi.org/1.33588/rn.581.2013487>
- Conners, C. K., Epstein, J. N., Angold, A., & Klaric, J. (2003). Continuous Performance Test Performance in a Normative Epidemiological Sample. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 31(5), 555–562. <https://doi.org/1.1023/A:1025457300409>
- Costanzo, F., Fucà, E., Menghini, D., Circelli, A. R., Carlesimo, G. A., Costa, A., & Vicari, S. (2021). Event-based prospective memory deficit in children with ADHD: Underlying cognitive factors and association with symptoms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5849. <https://doi.org/1.3390/ijerph18115849>
- Coutinho, G., Mattos, P., Araújo, C. y Duchesne, M. (2007). Trastorno por déficit de atención e Crespo, BZ, & García-ná-Varro, C. (2014). Pruebas neuropsicológicas en pediatría. *Anales de Pediatría Continua*, 12(4), 191-197. [https://doi.org/1.1016/S1696-2818\(14\)70190-8](https://doi.org/1.1016/S1696-2818(14)70190-8)
- Costa, D. I., Azambuja, L. S., Portuguese, M. W., & Costa, J. C. (2004). Avaliação neuropsicológica da criança [Neuropsychological assessment in children]. *Jornal de Pediatria*, 80(2 Suppl), S111-S116. <https://doi.org/1.2223/1175>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168.  
<https://doi.org/1.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Damasio, A. R., Tranel, D., & Damasio, H. (1990). Individuals with sociopathic behavior caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli. *Behavioral Brain Research*, 41(2), 81-94. [https://doi.org/1.1016/0166-4328\(90\)90144-4](https://doi.org/1.1016/0166-4328(90)90144-4) PMID: 2288668
- Damasio, A.R., Tranel, D., Damasio, H., 1991. Somatic markers and the guidance of behaviour:

- theory and preliminary testing. In: Levin, H.S., Eisenberg, H.M., Benton, A.L. (Eds.), *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. Oxford University Press, New York, pp. 217–229.
- Delgado Reyes, M., & Sánchez López, R. (2023). Realidad Virtual en la evaluación de las Funciones Ejecutivas en niños con TDAH: Un análisis experimental. *Revista de Psicología Clínica y Neuropsicología*, 15(2), 45-62.
- Díaz-Orueta, U., Garcia-López, C., Crespo-Eguílaz, N., Sánchez-Carpintero, R., Climent, G., & Narbona, J. (2014). AULA virtual reality test as an attention measure: Convergent validity with Conners' Continuous Performance Test. *Child Neuropsychology*, 20(3), 328-342.
- Douglas, V.I. (1972). Stop, look and listen: The problem of sustained attention and impulse control in hyperactive and normal children. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 4, 259-282.
- Douglas, V. I. (2005). Cognitive Deficits in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Long-Term Follow-Up. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*, 46(1), 23–31. <https://doi.org/1.1037/h0085821>
- D'Agati, E., Curatolo, P., & Mazzone, L. (2019). Comorbidity between ADHD and anxiety disorders across the lifespan. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*, 23(4), 238-244. <https://doi.org/1.1080/13651501.2019.1628277>
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Smith, R. E., & Shaw, P. (1998). Habitual Prospective Memory and Aging: Remembering Intentions and Forgetting Actions. *Psychological Science*, 9(4), 284–288. <https://doi.org/1.1111/1467-928.00056>
- Elor, A., & Kurniawan, S. (2020). Deep reinforcement learning in immersive virtual reality exergame for agent movement guidance. En 2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH) (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/1.1109/SeGAH4919.202.9201901>
- Emser, T. S., Johnston, B. A., Steele, J. D., Kooij, S., Thorell, L., & Christiansen, H. (2018). Assessing ADHD symptoms in children and adults: Evaluating the role of objective measures. *Behavioral and Brain Functions*, 14(1), 11. <https://doi.org/1.1186/s12993-018-0143-x>



- Eréndira, R. G., Zaldívar Carrillo, M. E., Campos Mayoral, L. P., & Hernández-Huerta, M. T. (2022). Aproximación a una definición de flexibilidad cognitiva y algunos de sus indicadores. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1511-1526. [https://doi.org/1.37811/cl\\_rcm.v6i2.1977](https://doi.org/1.37811/cl_rcm.v6i2.1977)
- Falbo, S., Condello, G., Capranica, L., Forte, R., & Pesce, C. (2016). Effects of physical-cognitive dual task training on executive function and gait performance in older adults: a randomized controlled trial. *BioMed Research International*, 2016, 5812092.
- Fang, Y., Han, D., & Luo, H. (2019). A virtual reality application for assessment for attention deficit hyperactivity disorder in school-aged children. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, Volume 15, 1517–1523. <https://doi.org/1.2147/ndt.s206742>
- Faraone, S. V., Banaschewski, T., Coghill, D., Zheng, Y., Biederman, J., Bellgrove, M. A., ... Manor, I. (2021). The World Federation of ADHD International Consensus Statement: 208 Evidence-based conclusions about the disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 128, 789–818. <https://doi.org/1.1016/j.neubiorev.2021.01.022>
- Fernández, M., Morillo, M., & Alonso, L. (2012). Valoración Test-retest del estudio Aula Nesplora para la valoración del TDAH.XXXVI Reunión Anual de la Sociedad Española de Neurología Pediátrica. *Revista de Neurología*, 54(Supl 3), 288.
- Fliers, E., Rommelse, N. N. J., Vermeulen, S. H., Altink, M., Buschgens, C. J. M., Faraone, S. V., Sergeant, J. A., Franke, B., & Buitelaar, J. (2008). Motor coordination problems in children and adolescents with ADHD rated by parents and teachers: effects of age and gender. *Journal of Neural Transmission*, 115(2), 211-22. <https://doi.org/1.1007/s00702-007-0827-0>
- Furman, L. (2005). ¿Qué es el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)? *Revista de Neurología Infantil*, 20, 1002-994. <https://doi.org/1.1177/08830738050200121301>
- García, MJ, Comesaña, A., Cifuentes, MV, Aguilar, MJ, & García Bauza, C. (2023). Prueba de

- una herramienta ecológica para evaluar el funcionamiento ejecutivo: la aplicación laberinto. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 16(1), 89-98.  
<https://reviberpsychology.iberro.edu.co/article/view/2453>
- García-Molina, A., & Tirapu-Ustarroz, J. (2007). Validez ecológica en la exploración de las funciones ejecutivas. *Anales de psicología*, 23.
- Gau, S. S.-F., & Shang, C.-Y. (2009). Improvement of executive functions in boys with attention deficit hyperactivity disorder: an open-label follow-up study with once-daily atomoxetine. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, 13(02), 243.  
<https://doi.org/1.1017/s1461145709990836>
- Georgiev, D. D., Georgieva, I., Gong, Z., Nanjappan, V., & Georgiev, G. V. (2021). Virtual reality for neurorehabilitation and cognitive enhancement. *Brain Sciences*, 11(2), 221.  
<https://doi.org/1.3390/brainsci11020221>
- Gioia, G. A., Espy, K. A. e Isquith, P. K. (2016). BRIEF-P. Evaluación Conductual de la Función Ejecutiva-Versión Infantil. (E. Bausela y T. Luque, adaptadoras). Madrid: TEA Ediciones.
- Glozman, J. M., & Shevchenko, I. A. (2014). Executive function in children with ADHD. *Psychology & Neuroscience*, 7(4), 453–46. <https://doi.org/1.3922/j.psns.2014.4.04>
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (Eds.). (2014). Handbook of executive functioning. Springer Science + Business Media. <https://doi.org/1.1007/978-1-4614-8106-5>
- Gómez-Benito, J., Hidalgo, M. D., & Guilera, G. (2010). El sesgo de los instrumentos de medición. *Tests justos. Papeles del Psicólogo*, 31(1), 75-84. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/el-sesgo-de-los-instrumentos-medición-tests/docview/622141585/se-2>
- González-Bracamonte, M., Pérez-Cárdenas, J., & Ramírez-Pérez, L. (2023). Realidad Virtual y evaluación del TDAH en niños: Una revisión sistemática. *Dialnet*.
- González, M. I. N., & García-Villamizar, D. A. (2010). El concepto de hiperactividad infantil en perspectiva: Breve análisis de su evolución histórica. *Revista de Historia de la Psicología*, 31.
- Guerrero, F. J. (2006). Creatividad, ingenio e hiperconcentración: Las ventajas de ser

- hiperactivo (TDAH). Málaga: Ediciones Aljibe.
- Halperin, J. M., Wolf, L. E., Greenblatt, E. R., & Young, G. (1991). Subtype analysis of commission errors on the continuous performance test in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 207–217. <https://doi.org/1.1080/87565649109540488>
- Harrison, A., Nay, S., & Armstrong, I. (2019). Diagnostic Accuracy of the Conners' Adult ADHD Rating Scale in a Postsecondary Population. *Journal of Attention Disorders*, 23, 1829-1837. <https://doi.org/1.1177/1087054715625299>
- Holmes, J., Gathercole, S., Place, M., Alloway, T., Elliott, J., & Hilton, K. (2010). The Diagnostic Utility of Executive Function Assessments in the Identification of ADHD in Children. *Child and adolescent mental health*, 15 (1), 37-43. <https://doi.org/1.1111/J.1475-3588.2009.00536.X>.
- Hulley, S. B., Cummings, S. R., Browner, W. S., Grady, D., Newman, T. B., & Elmore, J. G. (2013). *Designing Clinical Research (4th ed.)*. Jones & Bartlett Learning.
- Iriarte, Y., Díaz-Orueta, U., Cueto, E., Irazustabarrena, P., Banterla, F., & Climent, G. (2016). AULA—Advanced virtual reality tool for the assessment of attention: Normative study in Spain. *Journal of Attention Disorders*, 20(6), 542-568. <https://doi.org/1.1177/1087054712465335>
- Irwin, L. N., Soto, E. F., Chan, E. S. M., Miller, C. E., Carrington-Forde, S., Groves, N. B., & Kofler, M. J. (2021). Activities of daily living and working memory in pediatric attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, 27(4), 468–49. <https://doi.org/1.1080/09297049.202.1866521>
- Ishii, T., Takahashi, O., Kawamura Y. y Ohta, T. (2003). Comorbidity in attention-hyperactivity disorder. *Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 57, 457-463.
- Juan-González, J., García, A. S., Molina, J. P., López-Jaquero, V., Navarro, E., Romero-Ayuso, D., & González, P. (2022). UrbanRehab: A virtual urban scenario design tool for rehabilitating instrumental activities of daily living. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/1.1007/s12652-021-03061-8>

- Javvaji, C. K., Reddy, H., Vagha, J. D., Taksande, A., Kommareddy, A., & Reddy, N. S. (2024). Immersive Innovations: Exploring the Diverse Applications of Virtual Reality (VR) in Healthcare. *Cureus*, 16(3), Article e56137. <https://doi.org/1.7759/cureus.56137>
- Katz, N., Ring, H., Naveh, Y., Kizony, R., Feintuch, U., & Weiss, P. L. (2005). Interactive virtual environment training for safe street crossing of right hemisphere stroke patients with Unilateral Spatial Neglect. *Disability and Rehabilitation*, 27(20), 1235–1244. <https://doi.org/1.1080/09638280500076079>
- Kazda, L., Bell, K., Thomas, R., McGeechan, K., Sims, R., & Barratt, A. (2021). Overdiagnosis of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents: A Systematic Scoping Review. *JAMA Network Open*, 4(4), e215335. <https://doi.org/1.1001/jamanetworkopen.2021.5335>
- Kessler, J. W. (1980). History of minimal brain dysfunctions. En H. E. Rie & E. D. Rie (Eds.), *Handbook of minimal brain dysfunctions: A critical view* (pp. 18–51). Wiley.
- Kibby, M. Y., Vadnais, S. A., & Jagger-Rickels, A. C. (2019). Which components of processing speed are affected in ADHD subtypes? *Child Neuropsychology*, 25(7), 964-979. <https://doi.org/1.1080/09297049.2018.1556625>
- Kim, G., Biocca, F. (2018). Immersion in Virtual Reality Can Increase Exercise Motivation and Physical Performance. In: Chen, J., Fragomeni, G. (eds) *Virtual, Augmented and Mixed Reality: Applications in Health, Cultural Heritage, and Industry. VAMR 2018. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 1091. Springer, Cham. [https://doi.org/1.1007/978-3-319-91584-5\\_8](https://doi.org/1.1007/978-3-319-91584-5_8)
- Kim, J., & Landry, M. (2021). The worldwide prevalence of ADHD in preterm born children and adolescents. *Journal of Clinical Investigation and Studies*, 4(1). <https://doi.org/1.15761/JCIS.1000130>
- Kim, M. S., Park, S. Y., & Yoo, J. H. (2018). Effects of immersive virtual reality education on student engagement and learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 66(6), 1495–152.

- Kleinman, A. (2024). William James: physician of the public's soul. *Lancet (British Edition)*, 403(10431), 1014–1015. [https://doi.org/1.1016/s0140-6736\(24\)00491-4](https://doi.org/1.1016/s0140-6736(24)00491-4)
- Kofler, M. J., Groves, N. B., Chan, E. S. M., Marsh, C. L., Cole, A. M., Gaye, F., Cibrian, E., Tatsuki, M. O., & Singh, L. J. (2024). Working memory and inhibitory control deficits in children with ADHD: An experimental evaluation of competing model predictions. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1277583. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1277583>
- Kofler, M. J., Sarver, D. E., Harmon, S. L., Moltisanti, A., Aduen, P. A., Soto, E. F., & Ferretti, N. (2018). Working memory and organizational skills problems in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 59(1), 57-67. <https://doi.org/1.1111/jcpp.12773>
- Krohn, S., Tromp, J., Quinque, E. M., Belger, J., Klotzsche, F., Rekers, S., Chojecki, P., de Mooij, J., Akbal, M., McCall, C., Villringer, A., Gaebler, M., Finke, C., & Thöne-Otto, A. (2020). Multidimensional evaluation of virtual reality paradigms in clinical neuropsychology: Application of the VR-Check framework. *Journal of Medical Internet Research*, 22(4), e16724. <https://doi.org/1.2196/16724>
- Korolczuk, I., Burle, B., Casini, L., Gerc, K., Lustyk, D., Senderecka, M., & Coull, J. T. (2025). Leveraging time for better impulse control: Longer intervals help ADHD children inhibit impulsive responses. *PLoS One*, 20(3), e0319621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319621>
- Kourtesis, P., Collina, S., Doumas, L. A. A., & MacPherson, S. E. (2021). Validation of the Virtual Reality Everyday Assessment Lab (VR-EAL): An immersive virtual reality neuropsychological battery with enhanced ecological validity. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 27(2), 181-196. <https://doi.org/1.1017/S1355617720000764>
- Labudda, K., Frigge, K., Horstmann, S., Aengenendt, J., Woermann, F. G., Ebner, A., Markowitsch, H. J., & Brand, M. (2009). Decision making in patients with temporal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 47(1), 50–58. <https://doi.org/1.1016/j.neuropsychologia.2008.08.014>
- Lecendreux, M., Silverstein, M., Konofal, E., Cortese, S., & Faraone, S. V. (2019). A 9-Year

- Follow-Up of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in a Population Sample. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 80(3), 18m12642. <https://doi.org/1.4088/JCP.18m12642>
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological Assessment* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Li, Y., Yan, X., Li, Q., Li, Q., Xu, G., Lu, J., & Yang, W. (2023). Prevalence and trends in diagnosed ADHD among US children and adolescents, 2017-2022. *JAMA Network Open*, 6(10), e2336872. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.36872>
- Liu, YS, Hankey, J., Lou, NM, Chokka, P. y Harley, JM (2021). Usabilidad y emociones de las herramientas de evaluación de la salud mental: comparación de las modalidades de aplicación móvil y lápiz y papel. *Revista de tecnología en servicios humanos*, 39(2), 193-211. <https://doi.org/1.1080/15228835.2021.1902457>
- Mackeith, R. C. y Bax, M. C. O. (1963). Minimal cerebral dysfunction. Papers from the International Study Group held at Oxford, septiembre 1962. *Little Club Clinics in Development Medicine*, nº 1. Londres: Heinemann.
- Maenner, M. J., Smith, L. E., Hong, J., Makuch, R., Greenberg, J. S., & Mailick, M. R. (2013). Evaluation of an activities of daily living scale for adolescents and adults with developmental disabilities. *Disability and Health Journal*, 6(1), 8-17. <https://doi.org/1.1016/j.dhjo.2012.09.002>
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1141-1164. <https://doi.org/1.1007/S11423-018-9581-2>.
- Mangalmurti, A., Kistler, W.D., Quarrie, B. et al. Using virtual reality to define the mechanisms linking symptoms with cognitive deficits in attention deficit hyperactivity disorder. *Sci Rep* 10, 529 (2020). <https://doi.org/1.1038/s41598-019-56936-4>
- Martinez-Badía, J., Martinez-Raga, J. (2015). Who says this is a modern disorder? The early history of Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *World Journal Psychiatry*, 5(4), 379-386.
- Martínez, G., Cardas Ibáñez, J., Alonso Gallo, L., Elmo Osa, J., & Tirapu Ustarroz, J. (2016).

- Evaluación de la memoria a través de la Realidad Virtual: Presente y futuro. *Revista de Neurología*, 62(02), 75. <https://doi.org/1.33588/m.6202.2015453>
- Mendez-Encinas, D., Suja, A., Bayona, S., & Delgado-Gomez, D. (2023). Attention and impulsivity assessment using virtual reality games. *Scientific Reports*, 13, 13689. <https://doi.org/1.1038/s41598-023-40455-4>
- Milla-Cano, C., & Gatica-Ferrero, S. A. (2020). Memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva en niños típicos y con diagnóstico de TDAH. *Avances En Psicología Latinoamericana*, 38(3), 1–15. <https://doi.org/1.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.7743>
- Mioni, G., Santon, S., Stablum, F., & Cornoldi, C. (2017). Time-based prospective memory difficulties in children with ADHD and the role of time perception and working memory. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 23(5), 588–608. <https://doi.org/1.1080/09297049.2016.1172561>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–1.
- Mlinac, M. E., & Feng, M. C. (2016). Assessment of Activities of Daily Living, Self-Care, and Independence. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31(6), 506-516. <https://doi.org/1.1093/arclin/acw049>
- Mokobane, M., Pillay, B. J., & Meyer, A. M. (2019). Fine motor deficits and attention deficit hyperactivity disorder in primary school children. *The South African journal of psychiatry: SAJP: the journal of the Society of Psychiatrists of South Africa*, 25. <https://doi.org/1.4102/sajpsychiatry.v25i.1232>
- Molina, J. (2015). Eficacia de una intervención computarizada para mejorar la atención plena en un niño con TDAH. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*. Vol. 2. No. 2 - julio de 2015 - págs. 157-162
- Monaco, M., Costa, A., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2014). Erratum to: Forward and

- backward span for verbal and visuo-spatial data: standardization and normative data from an Italian adult population. *Neurological Sciences*, 36(2), 345–347. <https://doi.org/10.1007/s10072-014-2019-7>
- Montagna, A., Karolis, V., Bataille, D., Counsell, S., Rutherford, M., Arulkumaran, S., Happe, F., Edwards, D., & Nosarti, C. (2020). ADHD symptoms and their neurodevelopmental correlates in children born very preterm. *PLOS ONE*, 15(3), e0224343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224343>
- Muñoz Brown, E. y Blázquez Alisente, JL (Eds.). (2009). Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica (1ª ed.). Ed. UOC.
- Musullulu, H. (2025). Evaluating attention deficit and hyperactivity disorder (ADHD): a review of current methods and issues. *Frontiers in Psychology*, 16, 1466088. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1466088>
- Navarro, M.I., y García-Villamizar, D.A. (2010). El concepto de hiperactividad infantil en perspectiva: Breve análisis de su evolución histórica. *Revista de Historia de la Psicología*, 31(4), 23-36.
- Navarro, M. I., & García-Villamizar, D. A. (2011). Funcionamiento ejecutivo en el trastorno de déficit de atención con hiperactividad: una perspectiva ecológica de los perfiles diferenciales entre los tipos combinado e inatento. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 16(2), 113–124. <https://doi.org/10.5944/rppc.vol.16.num.2.2011.10355>
- Negut, A., Matu, S., Sava, F. A., & David, D. (2016). Virtual reality measures in neuropsychological assessment: A meta-analytic review. *The Clinical Neuropsychologist*, 30(2), 165–184.
- Norman DA, Shallice T. (1980). Attention to action: voluntary and automatic control of behavior. Human Information Processing Center. Technical report. San Diego: University of California; p. 99.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behaviour. In: R. J. Davidson., G. E. Schwartz, & D. E. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation* (pp. 1-14). New York: Plenum Press.



- Nyongesa, M. K., Ssewanyana, D., Mutua, A. M., Chongwo, E., Scerif, G., Newton, C. R. J. C., & Abubakar, A. (2019). Assessing executive function in adolescence: A scoping review of existing measures and their psychometric robustness. *Frontiers in Psychology*, 10, 311. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00311>
- Organización Mundial de la Salud. (1992). Clasificación internacional de enfermedades (10ª ed.). Organización Mundial de la Salud.
- Organization, W. H. (2000). Guía de bolsillo de la clasificación CIE-10: clasificación de los trastornos mentales y del comportamiento. In iris.who.int. Editorial Médica Panamericana. <https://iris.who.int/handle/10665/42326>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Clasificación internacional de enfermedades (CIE-11). <https://www.who.int/es/classifications/icd/icd11>
- Pasini, A., Poloscia, C., Alessandrelli, R., Porfirio, M. C. & Curatolo, P. (2007). Attention and Pillay, B. J. y Meyer, A. (2019). Déficit de motricidad fina y trastorno por déficit de atención con hiperactividad en niños de primaria. *Revista Sudafricana de Psiquiatría*, 25
- Palmer, E. D., & Finger, S. (2001). An early description of ADHD (Inattentive subtype): Dr. Alexander Crichton and "Mental Restlessness" (1798). *Child Psychology & Psychiatry Review*, 6(2), 66–73. <https://doi.org/10.1017/S1360641701002507>
- Palombi, T., Galli, F., Giancamilli, F., D'Amico, M., Alivernini, F., Gallo, L., Neroni, P., Predazzi, M., De Pietro, G., Lucidi, F., Giordano, A., & Chirico, A. (2023). The role of sense of presence in expressing cognitive abilities in a virtual reality task: An initial validation study. *Scientific Reports*, 13(1), 13396. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40510-0>
- Parsons, T. D., & Rizzo, A. A. (2008). Initial validation of a virtual environment for assessment of memory functioning: Virtual Reality Cognitive Performance Assessment Test. *Journal of Cybertherapy and Rehabilitation*, 11(1), 17–25. <https://doi.org/10.1089/cpb.2007.9934>
- Parsons, T. D. (2015). Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity and Experimental Control in the Clinical, Affective, and Social Neurosciences. *Frontiers in Human Neuroscience*.

- Pappa, K., Flegal, K. E., Baylan, S. and Evans, J. J. (2021). Working memory training: Taking a step back to retool and create a bridge between clinical and neuroimaging research methods. *Applied Neuropsychology: Adult*. <https://doi.org/10.1080/23279095.2021.1904243>.
- Pedreira Massa, JL, & González de Dios, J. (2017). Evidencias diagnósticas en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad en la infancia y la adolescencia. *Pediatría Atención Primaria*, 19(76), 147-152. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322017000500013&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000500013&lng=es&tlng=es).
- Pérez-Salas, Claudia P. (2008). Virtual Reality: A Real Contribution for the Evaluation and Treatment of People with Intellectual Disability. *Terapia psicológica*, 26(2), 253-262. <https://dx.doi.org/1.4067/S0718-48082008000200011>
- Pieri, L., Serino, S., Cipresso, P., Mancuso, V., Riva, G., & Pedroli, E. (2021). The ObReco-360°: a new ecological tool to memory assessment using 360° immersive technology. *Virtual Reality*. <https://doi.org/1.1007/s10055-021-00526-1>
- Piñas, M., Silvestre, L., & Niño, J. (2012). Relación entre las valoraciones del Funcionamiento Ejecutivo realizadas por los progenitores y el profesorado en alumnado de Educación Infantil. *Fòrum de Recerca*, 851-862. <https://doi.org/1.6035/ForumRecerca.2012.17.53>
- Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: A systematic review and metaregression analysis. *American Journal of Psychiatry*, 164(9), 942-948. <https://doi.org/1.1176/appi.ajp.164.9.942>
- Pollak, S. D., Messner, M., Kistler, D. J., & Cohn, J. F. (2009). Development of perceptual expertise in emotion recognition. *Cognition*, 110(2), 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.10.010>
- Portela Sabari, A., Carbonell Naranjo, M., Hechavarría Torres, M., & Jacas García, C. (2016). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad: algunas consideraciones sobre su etiopatogenia y tratamiento. *MEDISAN*, 20(4), 553-563.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192016000400016&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192016000400016&lng=es&tlng=es)

- Portellano Pérez, J. A., Martínez Arias, R., & Zumárraga, L. (2009). ENFEN: Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños. TEA Ediciones.
- Ramos-Galarza, C. & Pérez-Salas, C. (2017). Control inhibitorio y monitorización en población infantil con TDAH. *Avances en la Psicología Latinoamericana*, 35(1), 117-13.  
<https://doi.org/1.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.4195>
- Razani, J., Casas, R., Wong, J. T., Lu, P., Alessi, C., & Josephson, K. (2007). Relationship Between Executive Functioning and Activities of Daily Living in Patients With Relatively Mild Dementia. *Applied Neuropsychology*, 14(3), 208-214.  
<https://doi.org/1.1080/09084280701509125>
- Re, A. M., Capodiecici, A., & Cornoldi, C. (2015). Effect of training focused on executive functions (attention, inhibition, and working memory) in preschoolers exhibiting ADHD symptoms. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01161>
- Rey, Carlos. (2012). Pedro Melenas, el terror de las neuronas. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 32(116), 877-887. <https://dx.doi.org/1.4321/S0211-57352012000400014>
- Riccio, C. A., Reynolds, C. R., Lowe, P., & Moore, J. J. (2002). The continuous performance test: A window on the neural substrates for attention? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(3), 235–272. [https://doi.org/1.1016/S0887-6177\(01\)00111-1](https://doi.org/1.1016/S0887-6177(01)00111-1)
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Bowerly, T., Humphrey, L. A., Neumann, U., van Rooyen, A., & Kim, L. (2001). The virtual classroom: A virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits. *Revista Española de Neuropsicología*, 3(3), 11-37.
- Rizzo, A.A., Schultheis, M., Kerns, K.A., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14(1–2), 207–239.
- Rizzo, A. A., et al. (2006). The Virtual Classroom: A Virtual Reality Environment for the

- Assessment and Rehabilitation of Attention Deficits. *Cyberpsychology & Behavior*.
- Rizzo, A. "Skip", & Bouchard, S. (Eds.). (2019). *Virtual Reality for Psychological and Neurocognitive Interventions*. Springer New York. <https://doi.org/1.1007/978-1-4939-9482-3>
- Rodrigo-Yanguas, M., Martin-Moratinos, M., Menendez-Garcia, A., Gonzalez-Tardon, C., Sanchez-Sanchez, F., Royuela, A., & Blasco-Fontecilla, H. (2021). A virtual reality serious videogame versus online chess augmentation in patients with attention deficit hyperactivity disorder: A randomized clinical trial. *Games for Health Journal*, 10(4), 283–292.  
<https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0073>
- Rogers, M., Hwang, H., Toplak, M., Weiss, M., & Tannock, R. (2011). Inattention, Working Memory, and Academic Achievement in Adolescents Referred for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, 17, 444-458.  
<http://dx.doi.org/1.1080/09297049.201.544648>
- Romero Ayuso, D. M. (2007). Actividades de la vida diaria. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 23(2), 264–271.
- Romero-Ayuso, D., Jorquera-Cabrera, S., Segura-Fragoso, A., Toledano-González, A., Rodríguez-Martínez, M. C., & Triviño-Juárez, J. M. (2018). Assessment of Sensory Processing and Executive Functions in Childhood: Development, Reliability, and Validity of the EPYFEI. *Frontiers in Pediatrics*, 6. <https://doi.org/1.3389/fped.2018.00071>
- Romero-Ayuso, D., Toledano-González, A., Rodríguez-Martínez, M. d. C., Arroyo-Castillo, P., Triviño-Juárez, J. M., González, P., Ariza-Vega, P., Del Pino González, A., & Segura-Fragoso, A. (2021). Effectiveness of Virtual Reality-Based Interventions for Children and Adolescents with ADHD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children*, 8(2), 7.  
<https://doi.org/1.3390/children8020070>
- Romero-Ayuso, D., Castellero-Perea, Á., González, P., Navarro, E., Molina-Massó, J. P., Funes,

- M. J., Ariza-Vega, P., Toledano-González, A., & Triviño-Juárez, J. M. (2021). Assessment of cognitive instrumental activities of daily living: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 43(10), 1342-1358. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1665720>  
<https://revistas.um.es/analesps/article/view/22291>
- Romero-Ayuso, D., del Pino-González, A., Torres-Jiménez, A., Juan-González, J., Celdrán, F. J., Franchella, M. C., Ortega-López, N., Triviño-Juárez, J. M., Garach-Gómez, A., Arrabal-Fernández, L., Medina-Martínez, I., & González, P. (2024). Enhancing Ecological Validity: Virtual Reality Assessment of Executive Functioning in Children and Adolescents with ADHD. *Children*, 11(8), 986. <https://doi.org/10.3390/children11080986>
- Romero Pérez, J. F., & Lavigne Cerván, R. (2005). Dificultades en el aprendizaje: Unificación de criterios diagnósticos: Vol. I. Definición, características y tipos. Junta de Andalucía, Consejería de Educación, Dirección General de Participación y Solidaridad Educativa.
- Rosas, R., Tenorio, M., Pizarro, M., Cumsille, P., Bosch, A., Arancibia, S., Carmona-Halty, M., Pérez-Salas, CP, Pino, E., Vizcarra, B., & Shoe-Sepulveda, P. (2014). Estandarización de la Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos: Cuarta Edición en Chile. *Psique (Santiago)*, 23(1), 1-18. <https://doi.org/10.7764/psyche.23.1.529>
- Rosselli, M., Jurado, M. B., & Matute, E. (2008). Las Funciones Ejecutivas a través de la vida. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 23-46.
- Rothenberger, A., & Neumärker, K. J. (2005). *Wissenschaftsgeschichte der ADHS - Kramer-Pollnow im Spiegel der Zeit*. Darmstadt: Steinkopf Verlag.
- Rozenblatt, S. (2011). Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*, 377–379. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3\\_166](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3_166)
- Rubiales, J., Bakker, L., & Urquijo, S. (2010). Inhibición cognitiva y motora en niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad [Cognitive and motor inhibition in children with attention deficit hyperactivity disorder]. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 56(2), 75–82.

- Rubiales, J, Bakker, L., & Mejía, I. (2011). Organización y planificación en niños con TDAH: evaluación y propuesta de un programa de estimulación. Cuadernos de neuropsicología, 5(2), 145-161. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-41232011000200004&lng=pt&tlng=es](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-41232011000200004&lng=pt&tlng=es)
- Rusca-Jordán, Fiorella, & Cortez-Vergara, Carla. (2020). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y adolescentes. Una revisión clínica. Revista de Neuro-Psiquiatría, 83(3), 148-156. <https://doi.org/1.20453/rnp.v83i3.3794>
- Saco-Lorenzo, I., Sánchez-Stripe, A., Sánchez-Vázquez, V., & Martínez-Gual, E. (2013). Procesos atencionales en pacientes escolares con TDAH. Revista de psiquiatría infantil y adolescente, 30 (3), 14-24. <https://aepnya.eu/index.php/aepnyajournal/article/view/250>
- Salari, N., Ghasemi, H., Abdoli, N., Rahmani, A., Shiri, M. H., Hashemian, A. H., Akbari, H., & Mohammadi, M. (2023). The global prevalence of ADHD in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Italian Journal of Pediatrics, 49(1), 48. <https://doi.org/1.1186/s13052-023-01456-1>
- Salazar, Hernán, Araya, Angelo, Salas, Sonia, & González, Mauricio. (2021). Funciones ejecutivas en escolares con y sin TDAH según padres y profesores. Logos (La Serena), 31(1), 138-155. <https://dx.doi.org/1.15443/rl3108>
- Salthouse, T. A. (1993). Speed and knowledge as determinants of adult age differences in verbal tasks. Journal of Gerontology, 48(1), P29–P36.
- Sandberg, S. (1996). Hyperkinetic or attention deficit disorder. British Journal of Psychiatry, 169, 10-17. (1997). Journal of Attention Disorders, 2(3), 200. <https://doi.org/10.1177/108705479700200316> (Original work published 1997)
- Santos Henriques, R. P. D., Tomas-Carus, P., & Filipe Marmeleira, J. F. (2023). Association Between Neuropsychological Functions and Activities of Daily Living in People with Mild Cognitive Impairment. Experimental Aging Research, 49(5), 457-471. <https://doi.org/1.1080/0361073X.2022.2133292>

- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114(2), 727-741.
- Schmitter-Edgecombe, M., Cunningham, R., McAlister, C., Arrotta, K., & Weakley, A. (2021). The night out task and scoring application: An ill-structured, open-ended clinic-based test representing cognitive capacities used in everyday situations. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 36(4), 537–553. <https://doi.org/1.1093/arclin/acia080>
- Schoemaker, K., Bunte, T., Wiebe, S. A., Espy, K. A., Deković, M., & Matthys, W. (2012). Executive function deficits in preschool children with ADHD and DBD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(2), 111-119.
- Seivane, M. S., & Brenlla, M. E. (2022). Aplicaciones de la Realidad Virtual al campo de la evaluación psicológica: una revisión sistemática. *Aloma*, 40(2).  
<https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/15534>
- Seesjärvi, E., Puhakka, J., Aronen, E. T., Lipsanen, J., Mannerkoski, M., Hering, A., Zuber, S., Kliegel, M., Laine, M., & Salmi, J. (2022). Quantifying ADHD Symptoms in Open-Ended Everyday Life Contexts With a New Virtual Reality Task. *Journal of Attention Disorders*, 26(11), 1394-1411.  
<https://doi.org/10.1177/10870547211044214>
- Seesjärvi, E., Puhakka, J., Aronen, E. T., Hering, A., Zuber, S., Merzon, L., Kliegel, M., Laine, M., & Salmi, J. (2023). EPELI: A novel virtual reality task for the assessment of goal-directed behavior in real-life contexts. *Psychological Research*, 87(6), 1899-1916. <https://doi.org/1.1007/s00426-022-01770-z>
- Segal, H. (2005). Introducción a la obra de Melanie Klein. Buenos Aires: Paidós Psicología profunda.
- Servera-Barceló, M. (2005). Modelo de autorregulación de Barkley aplicado al Trastorno por déficit de atención con hiperactividad: una revisión. *Revista de Neurología*, 40(6), 358-362.
- Smith, Z. R., Breaux, R. P., Green, C. D., & Langberg, J. M. (2019). Evaluation of the Interplay

- Between Homework Motivation and Sluggish Cognitive Tempo in Youth With ADHD: Associations With Homework Performance. *Journal of Attention Disorders*, 23(11), 1262-1273. <https://doi.org/10.1177/1087054718763722>
- Shallice, T. and Burgess, P.W. (1991) Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741. <https://doi.org/10.1093/brain/114.2.727>
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1996). The domain of supervisory processes and the temporal organization of behavior. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 351(1346), 1405-1412.
- Shi, P., & Feng, X. (2022). Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: Relationship, mechanism and perspectives. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1017825>
- Soprano, A. M. (2003). Evaluation of executive functions in children. *Revista de Neurología*, 37(1), 44–50. <https://doi.org/10.33588/rn.3701.2003237>
- Soutullo-Esperón, C., & Mar domingo-Sanz, M. (2010). Manual de psiquiatría del niño y adolescente (pp. 55-78). Editorial Médica Panamericana.
- Steinicke, F. (2016). Being really virtual: Immersive natives and the future of virtual reality (1st ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.
- Still, G. F. (1902). Some abnormal psychical conditions in children. *The Lancet*, 1, 1008-1012, 1077-1082, 1163-1168.
- Strauss, A. A. y Kephart, N. C. (1955). Psychopathology and education of the brain injured child, Vol. 2: Progress in theory and clinic. Nueva York: Grune and Stratton.
- Sousa-Ferreira, R., Campanari-Xavier, R. A., & Rodrigues-Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241. <https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>



- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3), 289–298.
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., Murphy, K. J., & Isukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: Effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, 38(4), 388–402. [https://doi.org/1.1016/S0028-3932\(99\)00093-7](https://doi.org/1.1016/S0028-3932(99)00093-7)
- Suchy, Y., DesRuisseaux, L. A., Gereau Mora, M., Brothers, S. L., & Niermeyer, M. A. (2024). Conceptualization of the term “ecological validity” in neuropsychological research on executive function assessment: A systematic review and call to action. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 30(5), 499-522. <https://doi.org/1.1017/S1355617723000735>
- Suchy, Y., Mora, M. G., DesRuisseaux, L. A., Niermeyer, M. A., & Brothers, S. L. (2024). Pitfalls in research on ecological validity of novel executive function tests: A systematic review and a call to action. *Psychological Assessment*, 36(4), 243-261. <https://doi.org/1.1037/pas0001297>
- Tamm, L., & Nakonezny, P. (2015). Metacognitive executive function training for young children with ADHD: a proof-of-concept study. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 7, 183-19. <https://doi.org/1.1007/s12402-014-0162-x>.
- Taylor, E. (2011). Antecedents of ADHD: a historical account of diagnostic concepts. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 3, 69-75. <https://doi.org/1.1007/s12402-010-0051-x>.
- Tirapu Ustarroz, J. (2007). La evaluación neuropsicológica. *Intervención Psicosocial*, 16(2), 189-211. Toma de decisiones en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal. *Neuropsicología*, 47, 50-58. Trastorno de atención en la realización del TOVA en niños. *Revista Latinoamericana de Neuropsicología*.
- Teng, E., Tassniyom, K., & Lu, P. (2012). Reduced quality-of-life ratings in mild cognitive

- impairment: analyses of subject and informant responses. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 20(12), 1016-1025. <https://doi.org/1.1097/JGP.0b013e31826ce640>
- Tirapu-Ustárrroz, J., & Muñoz-Céspedes, J. M. (2005). Memoria y Funciones Ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41(08), 475. <https://doi.org/1.33588/rn.4108.2005240>
- Tirapu-Ustárrroz, J. Funciones Ejecutivas. *Circunvalación del Hipocampo*, mayo 2020  
<https://www.hipocampo.org/originales/Funciones-Ejecutivas.asp>
- Tirapu-Ustárrroz, J. (2007). La evaluación neuropsicológica. *Intervención Psicosocial*, 16(2).  
<https://doi.org/1.4321/S1132-05592007000200005>
- Tredgold, A.F. (1908). *Mental deficiency (Amentia)*. New York: W. Wood.
- Tychsen, L., & Foeller, P. (2020). Effects of immersive virtual reality headset viewing on young children: Visuomotor function, postural stability, and motion sickness. *American Journal of Ophthalmology*, 209, 151-159. <https://doi.org/1.1016/j.ajo.2019.07.020>
- Vásquez, R., Benítez, M., Izquierdo, Á., Dueñas Gómez, Z., Gómez M., D. L., & Caicedo Mera, J. C. (2011). ¿Qué es la hiperactividad y cómo ven el problema los padres? Análisis de los motivos de consulta y las estrategias de afrontamiento del TDAH en una muestra de estratos socioeconómicos altos de Bogotá. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 40(3), 488-503.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74502011000300009&lng=en&tling=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502011000300009&lng=en&tling=es)
- Venegas-Francke, P. (2019). Encefalitis letárgica. La epidemia en los albores de la neurología [Encephalitis lethargica. The epidemic at the dawn of neurology]. *Revista de Neurología*, 68(2), 82-88. <https://doi.org/1.33588/rn.6802.2018259>
- Verdejo-García, A., & Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las Funciones Ejecutivas [Neuropsychology of executive functions]. *Psicothema*, 22(2), 227-235.
- Wallace, J., Boers, E., Ouellet, J., & et al. (2023). Screen time, impulsivity, neuropsychological functions and their relationship to growth in adolescent attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms. *Scientific Reports*, 13, 18108. <https://doi.org/1.1038/s41598-023-44105-7>

- Wenzel, B., Frick, L. A., Kern, J. R., Van Winkle, B., Bailey-Bila, M. C., Balloun, B. A., & Fawcett, M. K. (2022). The role of executive functioning, processing speed, and working memory on the TMT-B in ADHD populations. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 37(6), 1323. <https://doi.org/10.1093/arclin/acac06.168>
- Willcutt, E. G., Pennington, B. F., Boada, R., Ogline, J. S., Tunick, R. A., Chhabildas, N. A., & Olson, R. K. (2001). A comparison of the cognitive deficits in reading disability and attentiondeficit/ hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 110(1), 157–172.
- Vitiello B. (2013) Developmental aspects of pediatric psychopharmacology. En: McVoy M, Findling RL (eds). *Clinical Manual of child and adolescent psychopharmacology*, 2nd edition. Washington DC: American Psychiatric Publishing
- Wiguna, T., Bahana, R., Dirgantoro, B., Minayati, K., Teh, S. D., Ismail, R. I., Kaligis, F., & Wigantara, N. A. (2022). Developing attention deficits/hyperactivity disorder-virtual reality diagnostic tool with machine learning for children and adolescents. *Frontiers in Psychiatry*, 13(13). <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.984481>
- Winnicott, D. W. (2016). Review: Child psychiatry: By Leo Kanner (Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, 1935; London: Ballière, Tindall & Cox, 1937). En L. Caldwell & H. T. Robinson (Eds.), *The collected works of D. W. Winnicott: Volume 1, 1911-1938*. <https://doi.org/10.1093/med:psych/9780190271336.003.0076>
- Wodka EL, Mahone EM, Blankner JG, et al. Evidence that response inhibition is a primary deficit in ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2007 May;29(4):345-356. <https://doi.org/10.1080/13803390600678046> PMID: 17497558.
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 415–438.
- World Health Organization. (1993). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders = ICD-10 : diagnostic criteria for research*. World Health Organization.
- Xing, J., Wei, R., Wang, H., Hua, Z., Tang, X., Yi, L., & Li, X. (2024). Symptoms of ADHD and

- autism spectrum disorder interactively predict children's verbal fluency. *Journal of Attention Disorders*, 28(7), 1092-1104. <https://doi.org/1.1177/10870547241232081>
- Zangiacomi, A., Flori, V., Greci, L., Scaglione, A., Arlati, S., & Bernardelli, G. (2022). An immersive virtual reality-based application for treating ADHD: A remote evaluation of acceptance and usability. *Digital Health*, 8. <https://doi.org/10.1177/20552076221143242>
- Zelazo, P.D. and Müller, U. (2010). Executive Function in Typical and Atypical Development. In *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development*, U. Goswami (Ed.). <https://doi.org/1.1002/9781444325485.ch22>
- Zulueta, A., Iriarte, Y., Orueta, U. D., & Climent, G. (2013). AULA NESPLORA. Avance en la evaluación de los procesos atencionales. Estudio de la validez convergente con el Test de Percepción de Diferencias. *ISEP Science*, 4, 4-10.
- Zulueta, A., Díaz-Orueta, U., Crespo-Eguilaz, N., & Torrano, F. (2018). Virtual reality-based assessment and rating scales in ADHD diagnosis. *Psicología Educativa*, 25(1), 13–22. <https://doi.org/10.5093/psed2018a18>



## **ANEXOS**



## Anexo 1. Hoja de recogida de datos (Elaboración propia)

| EVALUACIÓN SMARTACTION-VR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |                               |                                     |                              |                                     |                                                    |  |    |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|--|----|--|
| Nº                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 100                                 | EVALUADOR                     | 1                                   |                              |                                     |                                                    |  |    |  |
| NOMBRE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                     | CONTROL/CLÍNICO               | Control                             |                              |                                     |                                                    |  |    |  |
| supervisar_materia_mod                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/>            | Dirigirse_tienda              | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_queso                  | <input type="checkbox"/>            | Error_gestualidad_cambio_escenario                 |  | 3  |  |
| Localizar_mochila                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <input checked="" type="checkbox"/> | Ubicarse_Calle                | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_jamón                  | <input checked="" type="checkbox"/> | Error_gestualidad_cortar_pan                       |  | 0  |  |
| Localizar_objetos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <input checked="" type="checkbox"/> | Caminar_sin_moverse           | <input type="checkbox"/>            | Omite_colocar_pan_superior   | <input type="checkbox"/>            | Error_gestualidad_abrir_jamon_queso                |  | 3  |  |
| Introducción_mochila                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> | Cruzar_Calle_reglasmaforo     | <input type="checkbox"/>            | Omite_guardar_queso_jamón    | <input checked="" type="checkbox"/> | Error_gestualidad_caminar                          |  | 3  |  |
| Buscar_pan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <input checked="" type="checkbox"/> | Entrar_en_tienda              | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_cerrar_frigio          | <input type="checkbox"/>            | Error_gestualidad_sacar_monedero                   |  | 3  |  |
| Colocar_pan_encimera                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> | Dirigirse_Camino_regreso      | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_dirigirse_tienda       | <input type="checkbox"/>            | Error_estimación_espacial_coger_materiales_mochila |  | 0  |  |
| Buscar_jamón                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> | Seguir_normas_trafico         | <input type="checkbox"/>            | Omite_volver_casa            | <input type="checkbox"/>            | Error_estimación_espacial_manipular_objetos_cocina |  | 6  |  |
| Coger_jamón                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input checked="" type="checkbox"/> | recordar_objetos_mochila      | <input type="checkbox"/>            | Omite_entrar_tienda          | <input type="checkbox"/>            | Error_estimación_espacial_coger_dinero             |  | 0  |  |
| Colocar_jamón_dentro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/>            | colocar_objetos_mostrador     | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_coger_bolsa            | <input type="checkbox"/>            | Error_estimación_espacial_caminar_chocarse         |  | 5  |  |
| Buscar_queso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> | sacar_monedero                | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_pagar                  | <input type="checkbox"/>            | Mostrar_frustración                                |  |    |  |
| Coger_queso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input checked="" type="checkbox"/> | pagar_precio_exacto           | <input checked="" type="checkbox"/> | Rompe_reglas_andar           | <input checked="" type="checkbox"/> | Abandono_de_la_tarea                               |  |    |  |
| colocar_queso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/>            | coger_bolsa                   | <input checked="" type="checkbox"/> | Rompe_reglas_cruzar          | <input checked="" type="checkbox"/> | Problemas_conducta                                 |  |    |  |
| Colocar_pan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input checked="" type="checkbox"/> | finalizar_tarea               | <input checked="" type="checkbox"/> | Rompe_reglas_salir_cocina    | <input type="checkbox"/>            | Error_adición_gestos                               |  | 10 |  |
| Guardar_jamón_queso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <input type="checkbox"/>            | Omisión_preparar_mochila      | <input type="checkbox"/>            | Adelanta_pasos               | <input checked="" type="checkbox"/> | Error_de_orden                                     |  | 2  |  |
| Cerrar_frigorigico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> | Omisión_localizar_mochila     | <input type="checkbox"/>            | Repetición_acciones_mochila  | <input type="checkbox"/>            | Ayudas                                             |  | 0  |  |
| Abrir_buscar_en_armario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> | Omisión_localiz_libros_materi | <input type="checkbox"/>            | Repetición_Acciones_ir_com   | <input checked="" type="checkbox"/> | tiempo total                                       |  | 24 |  |
| Entrar_cocina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <input checked="" type="checkbox"/> | Omisión_introd_libros_materi  | <input type="checkbox"/>            | Repetición_Acciones_salir_c  | <input type="checkbox"/>            |                                                    |  |    |  |
| Salir_cocina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> | Omite_supervisar_planif_comp  | <input checked="" type="checkbox"/> | Sustituye_alimentos_bocadill | <input checked="" type="checkbox"/> |                                                    |  |    |  |
| Salir_calle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input type="checkbox"/>            | Omite_buscar_pan              | <input type="checkbox"/>            | Sustituye_materiales_mochil  | <input checked="" type="checkbox"/> |                                                    |  |    |  |
| <b>OBSERVACIONES</b><br>Sale a la calle sin haber hecho la mochila. Vuelve a la tienda. Coge material de la tienda sin haber hecho la mochila. No sigue las indicaciones del recorrido. Entra en el mostrador. Se va al salón. Abre los armarios de la cocina. Coge el agua. Resuelve el bocadillo. Mirar por la ventana. Coge las bolas. Usa el ordenador. Se le dan pocas indicaciones. |                                     |                               |                                     |                              |                                     |                                                    |  |    |  |





## Anexo 2. Informe individualizado de casos (Elaboración propia)

## INFORME INDIVIDUALIZADO SMARTACTION-VR

|                                                    |                                        |                                                    |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Nº                                                 | NOMBRE                                 |                                                    |                                     |                                     |                                     |                                     | CONTROL/CLÍNICO |
| 1008                                               |                                        |                                                    |                                     |                                     |                                     |                                     | Control         |
| EVALUADOR                                          | supervisar_materiales_mochila          |                                                    | Localizar_mochila                   |                                     | Localizar_objetos                   | Introducc                           |                 |
| 1                                                  | <input type="checkbox"/>               |                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                 |
| Buscar_pan                                         | Colocar_pan_encimera                   | Buscar_jamón                                       | Coger_jamón                         | Colocar_jamón_dentro                | Buscar_queso                        | Coger_queso                         |                 |
| <input checked="" type="checkbox"/>                | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input checked="" type="checkbox"/>                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                 |
| colocar_queso                                      | Colocar_pan                            | Guardar_jamón_queso                                | Cerrar_frigorigico                  | Abrir_buscar_en_armarios            | Entrar_cocina                       | Salir_c                             |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                 |
| Salir_calle                                        | Dirigirse_tienda                       | Ubicarse_Calle                                     | Caminar_sin_moverse                 | Cruzar_Calle_reglassemaforo         | Entrar_en_tienda                    | Dir                                 |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input checked="" type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                 |
| Seguir_normas_trafico                              | recordar_objetos_mochila               | colocar_objetos_mostrador                          | sacar_monedero                      | pagar_precio_exacto                 |                                     |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/>                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     |                 |
| coger_bolsa                                        | finalizar_tarea                        | OMISION_PREPARAR_MOCHILA                           | OMISION_LOCALIZARMOCHILA            | OMISION_LOCALIZAR_LIBR              |                                     |                                     |                 |
| <input checked="" type="checkbox"/>                | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>                           | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |                                     |                                     |                 |
| OMISION_INTRODUCCION_MATERIALES                    | OMITE_SUPERVISAR_PLANIFICAR_COMPRAR    | OMITE_BUSCAR_PAN                                   | Omite_qu                            |                                     |                                     |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>                           | <input type="checkbox"/>            |                                     |                                     |                                     |                 |
| Omite_jamón                                        | Omite_colocar_pan_superior             | Omite_guardar_queso_jamón                          | Omite_cerrar_frigi                  | Omite_dirigirse_tienda              |                                     |                                     |                 |
| <input checked="" type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>               | <input checked="" type="checkbox"/>                | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |                                     |                                     |                 |
| Omite_volver_casa                                  | Omite_entrar_tienda                    | Omite_coger_bolsa                                  | Omite_pagar                         | Rompe_reglas_andar                  | Rompe_reglas_cruza                  |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input type="checkbox"/>               | <input type="checkbox"/>                           | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                 |
| Rompe_reglas_salir_cocina                          | Adelanta_pasos                         | Repeticion_acciones_mochila                        | Repetición_Acciones_ir_comprar      | Repetición                          |                                     |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     |                 |
| Repetición_Acciones_salir_calle                    | Sustitiye_alimentos_bocadillo          | Sustituye_materiales_mochila                       | Sustituye_materiales                |                                     |                                     |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | <input checked="" type="checkbox"/>    | <input checked="" type="checkbox"/>                | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                                     |                                     |                 |
| Error_gestualidad_cambio_escenario                 | Error_gestualidad_cortar_pan           | Error_gestualidad_abrir_jamon_queso                |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
| 3                                                  | 0                                      | 3                                                  |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
| Error_gestualidad_caminar                          | Error_gestualidad_sacar_monedero       | Error_estimación_espacial_coger_materiales_mochila |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
| 3                                                  | 3                                      | 0                                                  |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
| Error_estimación_espacial_manipular_objetos_cocina | Error_estimación_espacial_coger_dinero | Error_estimación_esp                               |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
| 6                                                  | 0                                      | 5                                                  |                                     |                                     |                                     |                                     |                 |
| ADICCION_ACCIONES_añade_pasos                      | Nº_AYUDAS                              | Errores_orden                                      | ORDEN                               | Mostrar_frustracción                | Abandono_de_la_t                    |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | 0                                      | 0                                                  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |                                     |                 |
| Problemas_conducta                                 | Tiempo total                           | Error adición gestos                               | Error de orden                      | Ayudas                              |                                     |                                     |                 |
| <input type="checkbox"/>                           | 24                                     | 10                                                 | 2                                   | 0                                   |                                     |                                     |                 |