

Apoyo en el diagnóstico de TDAH mediante el uso de algoritmos de Machine Learning sobre
patrones de uso en una aplicación móvil personalizada

Juan Pablo Lopez Rodriguez
Juan Esteban Tiraca Igua

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero de sistemas

Asesor:
Héctor Andrés Mora Paz, Magister en Inteligencia Artificial

Universidad CESMAG
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de sistemas
Pasto – Nariño
2025

NOTA DE ACEPTACIÓN

NOMBRE JURADO 1

NOMBRE JURADO 2

San Juan de Pasto, 2025

Nota de exclusión

El autor de esta obra es el único responsable de las ideas expresadas en ella, y no compromete el pensamiento e ideología de la Universidad CESMAG.

Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que nos brindaron su apoyo, acompañamiento y confianza a lo largo de este proceso académico.

En primer lugar, queremos resaltar y agradecer profundamente al Magíster Héctor Andrés Mora Paz, nuestro asesor de trabajo de grado. Su dedicación, compromiso y guía constante fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto. Valoramos inmensamente su disposición para orientarnos, compartir su conocimiento y ofrecernos siempre palabras de aliento que nos impulsaron a avanzar con seguridad y determinación.

Extendemos también nuestro reconocimiento a la Universidad CESMAG, por proporcionarnos una formación integral que no solo fortaleció nuestras habilidades profesionales, sino también nuestro crecimiento personal. Agradecemos las herramientas y espacios que nos permitieron desarrollar este trabajo con responsabilidad y compromiso.

A nuestras familias y amigos, nuestro más profundo agradecimiento. Su amor incondicional, paciencia y apoyo inquebrantable fueron el motor que nos sostuvo en cada etapa de este camino. Sus palabras de ánimo y confianza en nuestras capacidades hicieron posible que superáramos cada desafío y alcanzáramos esta meta.

A todos quienes formaron parte de esta experiencia, directa o indirectamente, les expresamos nuestro más sentido agradecimiento. Este logro también les pertenece.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a nuestras familias, por ser el pilar fundamental en nuestras vidas. A ustedes, que con amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional nos han acompañado en cada paso de este camino. Gracias por creer en nosotros incluso cuando las circunstancias fueron difíciles. Este logro también es suyo.

A nuestros seres queridos, quienes nos motivan día a día a ser mejores personas y profesionales. Sus palabras de aliento y su ejemplo de esfuerzo y perseverancia nos han inspirado a seguir adelante.

Dedicamos también este esfuerzo a todas las personas que, de alguna manera, nos brindaron su apoyo, sus conocimientos y su tiempo durante este proceso. Cada gesto, por pequeño que parezca, contribuyó significativamente a la culminación de este proyecto.

Finalmente, nos dedicamos este logro a nosotros mismos, por no rendirnos, por persistir ante los retos, por el compromiso y la entrega que pusimos en cada etapa. Hoy celebramos con orgullo el fruto de ese esfuerzo conjunto.

Resumen analítico de estudio RAE

Facultad: Ingeniería

Programa: Ingeniería de Sistemas

Fecha de elaboración: 2025

Autores de la investigación: Juan Pablo Lopez Rodriguez, Juan Esteban Tiraca Igua

Asesor: Magister en Inteligencia Artificial Héctor Andrés Mora Paz

Título de la investigación: Apoyo en el diagnóstico de TDAH mediante el uso de algoritmos de Machine Learning sobre patrones de uso en una aplicación móvil personalizada

Palabras clave: TDAH, algoritmos de Machine Learning, aplicación móvil, patrones de uso, diagnóstico

Resumen:

La investigación se centra en el desarrollo de una aplicación móvil diseñada específicamente para apoyar el diagnóstico temprano del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en niños de 5 a 8 años. Este enfoque innovador utiliza algoritmos de Machine Learning para analizar los patrones de uso de la aplicación, buscando identificar signos reveladores de TDAH. La importancia de este estudio radica en la posibilidad de ofrecer una herramienta accesible y eficiente para la detección temprana de este trastorno, lo cual es crucial para implementar intervenciones oportunas y mejorar la calidad de vida de los niños afectados.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la relación entre la precisión y el tiempo de predicción en el apoyo al diagnóstico de TDAH, mediante el uso de algoritmos de Machine Learning y una aplicación móvil personalizada. Para lograr esto, se propone un proceso metodológico que incluye la recopilación de datos de uso de aplicaciones móviles en niños, el desarrollo de una aplicación para generar un conjunto de datos de comportamiento, y la evaluación de la precisión y el tiempo de predicción de varios algoritmos de Machine Learning. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan significativamente al campo de la salud mental infantil, proporcionando una herramienta

tecnológica que facilite la identificación temprana del TDAH y permita intervenciones más efectivas.

Objetivo general: Medir el compromiso entre la exactitud y el tiempo de predicción para el apoyo al diagnóstico de TDAH mediante el uso de algoritmos de Machine Learning a través del uso de una aplicación personalizada.

Objetivos específicos:

- Recopilar datos sobre el uso de aplicaciones en dispositivos móviles por parte de niños de 5 a 8 años, mediante fuentes de información secundarias.
- Crear una aplicación basada en los datos recolectados para conformar un dataset de uso y comportamiento para niños con y sin TDAH.
- Determinar la exactitud y el tiempo de predicción de un conjunto de algoritmos de Machine Learning en el dataset conformado para la medición de la predictibilidad de los algoritmos en el conjunto de datos estructurado.

Conclusión:

Este proyecto de investigación representa un avance significativo en la intersección de la tecnología y la salud mental infantil. Al explorar el uso de aplicaciones móviles y algoritmos de Machine Learning para el diagnóstico temprano del TDAH, se abre un camino prometedor para mejorar la detección y el tratamiento de este trastorno. La implementación de una herramienta de este tipo podría tener un impacto profundo en la vida de los niños afectados, sus familias y la sociedad en general, al facilitar un acceso más temprano a intervenciones y apoyo adecuados.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| Nota de exclusión..... | 3 |
| INTRODUCCIÓN..... | 14 |
| A. Objeto o Tema de Investigación..... | 16 |
| B. Línea de Investigación..... | 16 |
| C. Sublínea de Investigación..... | 16 |
| D. Planteamiento del problema..... | 16 |
| E. Formulación del problema..... | 18 |
| F. Objetivos..... | 18 |
| 1). General..... | 18 |
| 2). Específicos..... | 19 |
| G. Justificación..... | 19 |
| H. Delimitación..... | 20 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| A. Antecedentes..... | 21 |
| 1). Internacionales..... | 21 |
| 2). Nacionales..... | 23 |
| 3). Regionales..... | 25 |
| B. Supuestos teóricos de investigación..... | 27 |
| 1). Patrones del TDAH..... | 27 |
| 2) Rango de edad del TDAH..... | 28 |
| 3. Dispositivos móviles..... | 30 |
| 4. Inteligencia artificial..... | 31 |
| C. Variables de estudio..... | 33 |

| | |
|---|----|
| 1) Variables independientes..... | 33 |
| 2) Variables dependientes..... | 33 |
| D. Definición nominal de las variables | 34 |
| E. Definición Operativa De Variables..... | 35 |
| F. Formulación de hipótesis | 36 |
| 1) Hipótesis de investigación | 36 |
| 2) Hipótesis nula | 36 |
| 3) Hipótesis alterna | 36 |
| III. METODOLOGÍA | 37 |
| A. Paradigma..... | 37 |
| B. Enfoque..... | 37 |
| C. Método..... | 37 |
| D. Tipo de investigación | 38 |
| E. Diseño de investigación | 38 |
| F. Población..... | 39 |
| G. Muestra..... | 39 |
| H. Técnicas de recolección de información | 39 |
| I. Validez de las técnicas de recolección..... | 40 |
| J. Confiabilidad de las técnicas de recolección | 40 |
| Instrumentos de recolección de información | 40 |
| IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 41 |
| 1. Recopilación de información | 41 |
| A. Roblox:..... | 41 |
| B. Minecraft: | 42 |
| C. Fortnite: | 42 |

| | |
|--|----|
| D. TikTok:..... | 43 |
| E. YouTube:..... | 44 |
| F. Análisis de los datos recopilados..... | 45 |
| A. Mockups:..... | 47 |
| B. Plataforma de desarrollo..... | 49 |
| C. Diseño de la base de datos..... | 50 |
| D. Construcción del primer juego..... | 55 |
| E. Construcción del Segundo juego..... | 57 |
| F. Construcción del tercer juego..... | 59 |
| G. Evaluaciones Finales y construcción de los dataset..... | 61 |
| 3. Modelo de Inteligencia Artificial..... | 67 |
| A. Dataset 1 – Modelado de Regresión con Algoritmos de Aprendizaje Automático..... | 68 |
| Preparación y procesamiento de los datos..... | 68 |
| B. Dataset 2 – Modelo de Keras..... | 73 |
| C. Dataset 3 – Modelo Keras con imágenes 2D..... | 77 |
| V. ANALISIS DE RESULTADOS..... | 81 |
| CONCLUSIONES..... | 83 |
| RECOMENDACIONES..... | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 86 |
| ANEXOS..... | 92 |

TABLA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Promedio de tiempo en Roblox | 41 |
| Figura 2. Promedio de tiempo en Minecraft | 42 |
| Figura 3. Promedio de tiempo en Fortnite..... | 43 |
| Figura 4. Promedio de tiempo en Tiktok..... | 44 |
| Figura 5. Promedio de tiempo en YoTube | 45 |
| Figura 6. Mockup del registro de usuario | 47 |
| Figura 7. Mockup de la selección de juegos | 48 |
| Figura 8. Mockup de Aplastar el ratón..... | 48 |
| Figura 9. Mockup del Bop It | 49 |
| Figura 10. Mockup de los laberintos | 49 |
| Figura 11. Diagrama Entidad-Relación..... | 52 |
| Figura 12. Diagrama Relacional..... | 55 |
| Figura 13. Diagrama de Comunicación "Atrapar el Ratón"..... | 56 |
| Figura 14. Interfaz gráfica "Atrapar el Ratón" | 57 |
| Figura 15. Diagrama de Comunicación "Bop It" | 58 |
| Figura 16. Interfaz gráfica del "Bop It" | 59 |
| Figura 17. Diagrama de Comunicación de los "Laberintos" | 60 |
| Figura 18. Interfaz gráfica de los "Laberintos" | 61 |
| Figura 19. Evidencia fotográfica en CEHANI | 62 |
| Figura 20. Recolección de datos en la entidad "LECTURA SENSOR" | 63 |
| Figura 21. Recolección de datos en la entidad "SESIÓN DEL JUEGO" | 64 |
| Figura 22. Primer Dataset..... | 65 |
| Figura 24. Segundo Datatset | 66 |
| Figura 23. Consulta para obtener el Segundo Dataset | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 25. Tercer Dataset | 67 |
| Figura 26. Regresión Lineal | 68 |
| Ilustración 27. Máquinas de Vectores de Soporte (SVR) | 69 |
| Figura 28. Perceptrón Multicapa (MLPRegressor) | 70 |
| Figura 29. Árbol de Decisión | 71 |
| Figura 30. RandomForestRegressor | 71 |
| Figura 31. KNN Regressor | 72 |
| Figura 32. Modelo "Funcional" | 74 |
| Ilustración 34. Precisión del Modelo..... | 75 |
| Figura 33. Evaluación del Modelo en épocas | 75 |
| Figura 35. CURVAS ROC | 76 |
| Figura 36. Matriz de Confusión | 77 |
| Figura 37. Entrenamiento de épocas en el Dataset 3..... | 78 |
| Figura 38. CURVAS ROC Dataset 3 | 79 |
| Figura 39. Matriz de Confusión del Dataset 3 | 80 |
| Figura 40. Rendimiento de Evaluación con un niño sin TDAH | 81 |
| Figura 41. Rendimiento de Evaluación con un niño con TDAH | 81 |

TABLAS DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| TABLA I. RELACIONES DE ENTIDAD “ACUDIENTE” | 51 |
| TABLA II. RELACIONES DE ENTIDAD “NIÑOS” | 51 |
| TABLA III. RELACIONES DE ENTIDAD “SESIÓN DE JUEGO” | 52 |
| TABLA IV. RELACIONES DE ENTIDAD “JUEGOS” | 52 |
| TABLA V. RELACIONES DE ENTIDAD “LECTURA DE SENSOR” | 52 |
| TABLA VI. ENTIDAD “JUEGOS” | 53 |
| TABLA VII. ENTIDAD “SESIÓN DE JUEGOS” | 53 |
| TABLA VIII. ENTIDAD “NIÑOS” | 53 |
| TABLA IX. ENTIDAD “ACUDIENTE” | 54 |
| TABLA X. ENTIDAD “LECTURA DE SENSOR” | 54 |
| TABLA XI. COMPARATIVA ENTRE MODELOS | 73 |

INTRODUCCIÓN

El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) se presenta como una condición que puede afectar significativamente el rendimiento escolar, la interacción social y el bienestar emocional de los niños [1]. La detección temprana y el tratamiento adecuado son esenciales para mitigar las dificultades en el aprendizaje, los problemas de comportamiento y la baja autoestima que pueden enfrentar los niños con TDAH durante su infancia y adolescencia.

Esta investigación se centró en la detección temprana de patrones de TDAH mediante el uso de dispositivos móviles [2], se exploró el impacto potencial de la falta de detección y tratamiento en el desarrollo académico, social y emocional de los niños, reconociendo la importancia de abordar este tema para mejorar su calidad de vida y promover su pleno desarrollo.

Para alcanzar los objetivos de la investigación, se estructuró mediante un proceso metodológico que inició con la recopilación exhaustiva de datos sobre el uso de aplicaciones móviles por niños de 5 a 8 años, utilizando fuentes secundarias para establecer una base amplia sobre los patrones de interacción digital infantil. Posteriormente, se desarrolló una aplicación móvil personalizada diseñada para registrar comportamientos específicos de los niños durante su interacción, permitiendo la creación de un dataset detallado y relevante. Este enfoque permitió obtener datos primarios y específicos, observando directamente las interacciones de los niños. Una vez recopilados los datos, se implementaron y evaluaron diversos algoritmos de Machine Learning, centrándose en la exactitud y el tiempo de predicción de cada uno. La evaluación comparativa de los algoritmos fue crucial para identificar aquellos que ofrecieran el mejor equilibrio entre precisión y eficiencia temporal, optimizando así su aplicabilidad práctica.

Los resultados de esta investigación permitieron la identificación de los modelos de Machine Learning más eficaces en términos de equilibrio entre exactitud y tiempo de predicción. Este hallazgo proporciona una herramienta optimizada para apoyar el diagnóstico precoz del TDAH, mediante el análisis preciso y rápido de los datos de comportamiento digital de los niños. El proyecto se enfocó específicamente en la identificación de patrones de TDAH asociados con el uso de dispositivos móviles en niños de 5 a 8 años, examinando detalles particulares del

comportamiento digital infantil y excluyendo otros factores que podrían influir en el desarrollo del TDAH. El alcance del estudio se limitó a la implementación y evaluación del algoritmo o los algoritmos propuestos, validando su eficacia como herramienta de detección basada en Machine Learning.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A. Objeto o Tema de Investigación.

La investigación se enfoca en desarrollar una aplicación móvil que utiliza algoritmos de Machine Learning para identificar signos tempranos de TDAH en niños, mediante la recopilación y análisis de datos relevantes.

B. Línea de Investigación.

La investigación se enfoca en la minería de datos. La cual, es el proceso de analizar grandes cantidades de datos para encontrar tendencias y patrones significativos, este enfoque es esencial para el desarrollo de una aplicación personalizada destinada al uso infantil, facilitando así la implementación práctica del proyecto.

C. Sublínea de Investigación.

El proyecto de investigación presente se encuentra en la sublínea técnicas descriptivas y predictivas, clasificatorias de minería de datos. Esto permite el análisis detallado y la interpretación de grandes conjuntos de datos recopilados a través de la aplicación móvil, utilizando técnicas y herramientas, podemos identificar patrones y comportamientos específicos relacionados con el TDAH en niños, lo que facilita el desarrollo de modelos predictivos precisos que pueden informar sobre posibles intervenciones y diagnósticos.

D. Planteamiento del problema.

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) se caracteriza por una condición neurobiológica crónica que afecta el comportamiento y el desarrollo cognitivo de los niños, afirmación que va de acuerdo a lo planteado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que afirma que el TDAH es un cambio en el desarrollo neuropsicológico desde la infancia hasta la muerte de un individuo, si este no es tratado a tiempo, donde los síntomas más comunes son: actividad motora alterada, dificultades de aprendizaje, impulsividad, dificultad para mantener la atención, entre otros [3], a su vez esta afirmación está respaldada por una serie de estudios neurobiológicos que demuestran la existencia y persistencia de este trastorno en nuestra sociedad, resaltan en cifras generales, que la presencia y constancia en el crecimiento del individuo con dicho

trastorno se encuentra en una tasa que oscila entre el 3 y el 7% de la población habitual y hasta el 10-15% de la población infantil diagnosticada clínicamente con TDAH [4], lo que muestra un claro nicho de investigación y acción en el ámbito de la salud infantil. En este sentido, la comprensión profunda del TDAH y sus implicaciones es fundamental para abordar adecuadamente esta condición y mejorar la calidad de vida de los niños afectados.

De acuerdo, con la Organización Mundial de Salud OMS, millones de personas en todo el mundo todavía ven el deterioro de sus capacidades individuales y colectivas, gracias al descuido de su salud mental, estas complicaciones inicialmente se dan por diversos problemas locales, como malas relaciones familiares y sociales cercanas, y adicional a ello amenazas mundiales, como recesiones económicas, crisis climática, desplazamientos forzados, entre otros problemas más, que agravan no solo el bienestar físico y mental de un individuo, sino que también el de una comunidad entera, lo que hace determinante la promoción de la salud mental, para que las personas puedan hacer frente a grandes momentos de estrés en su vida, cumplan con sus responsabilidades y trabajen en pro del bienestar de la comunidad y de la sociedad en general [5].

La falta de acceso a servicios de salud mental de calidad es otro de los desafíos más importantes, especialmente en áreas de escasos recursos. La falta de acceso puede dar lugar a que quienes lo necesitan reciban un tratamiento inadecuado o nulo, lo que contribuye a la persistencia de trastornos psicosociales y de salud mental no tratados. Sin contar el estigma social, el cual sigue siendo una barrera importante que impide que las personas busquen ayuda y apoyo para problemas de salud mental. Este estigma puede conducir a la exclusión social, la discriminación y la incompreensión, de manera similar, las presiones sociales, económicas y laborales pueden aumentar el estrés y la ansiedad, contribuyendo a la aparición y agravación de los problemas asociados a la salud mental, en conjunto, estos factores negativos resaltan la necesidad urgente de abordar los problemas estructurales y sistémicos que obstaculizan el acceso a la atención de salud mental y perpetúan el estigma social.

Según estudios psiquiátricos el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) afecta aproximadamente del 2 al 5% de los niños [6], además este trastorno es uno de los más frecuentes en la población infantil, ya que se presenta en un 50% de la población clínica diagnosticada, es importante su prevención ya que estos estudios también determinan una alarmante cifra del 80% de presencia del trastorno superados los 7 años de edad, y entre el 30% y 65% en la edad adulta,

mostrando un patrón distinguido de un déficit de aprendizaje específico en actividades como escritura, lectura y pensamiento matemático [6].

La causa exacta del TDAH es compleja y multifactorial, se cree que existe una interacción entre factores genéticos, neurobiológicos, ambientales y psicosociales. Las investigaciones muestran que existe una predisposición genética significativa al TDAH, con un mayor riesgo en niños cuyos familiares padecen el trastorno. A nivel neurobiológico, las personas con TDAH presentan diferencias en la estructura y función cerebral, especialmente en áreas relacionadas con la atención, el control de los impulsos y la regulación emocional. Los factores ambientales como la exposición prenatal al tabaco o al alcohol, el estrés temprano o la falta de atención parental adecuada también pueden influir en el desarrollo del trastorno. Los entornos escolares y sociales también pueden influir en la aparición y gravedad de los síntomas del TDAH. A pesar de estos hallazgos, comprender exactamente qué causa el TDAH sigue siendo un área de investigación activa.

Este problema es crucial en la ingeniería de sistemas por varias razones clave. En primer lugar, plantea un desafío técnico importante que implica la integración de múltiples tecnologías, como la recopilación de datos móviles, el procesamiento de datos en tiempo real y la implementación de algoritmos avanzados de extracción de datos. De igual manera, aborda una importante necesidad de salud infantil al proporcionar una herramienta innovadora para la detección temprana y la intervención personalizada del TDAH que puede mejorar significativamente la calidad de vida de los niños. Este sistema requiere no sólo la aplicación de principios de diseño de software sólidos y eficientes, sino también la consideración de aspectos éticos y de privacidad de datos, lo que resalta la importancia de un enfoque integrado, apropiado y ético en el proceso de desarrollo del sistema.

E. Formulación del problema.

El problema que se responderá con la presente investigación es: **¿Qué tan efectiva es la predicción de patrones de TDAH a través de datos recopilados por dispositivos móviles?**

F. Objetivos

1). General

Medir el compromiso entre la exactitud y el tiempo de predicción para el apoyo al diagnóstico de TDAH mediante el uso de algoritmos de Machine Learning a través del uso de una aplicación personalizada.

2). *Específicos*

- Recopilar datos sobre el uso de aplicaciones en dispositivos móviles por parte de niños de 5 a 8 años, mediante fuentes de información secundarias.
- Crear una aplicación basada en los datos recolectados para conformar un dataset de uso y comportamiento para niños con y sin TDAH.
- Determinar la exactitud y el tiempo de predicción de un conjunto de algoritmos de Machine Learning en el dataset conformado para la medición de la predictibilidad de los algoritmos en el conjunto de datos estructurado.

G. Justificación

El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) es una condición neurobiológica cuyo conocimiento y manejo han avanzado considerablemente en la era moderna, beneficiando el desarrollo cognitivo y social de los niños que padezcan dicho trastorno. Estos avances permiten una mejor interacción de los niños con su entorno y fortalecen sus relaciones personales, idea reforzada por la investigación de Landero Morelo, E. P., y Berrio Herazo, L. E. [7] que resalta la importancia de intervenciones tempranas para mitigar los síntomas del TDAH, subrayando que el tratamiento precoz puede mejorar significativamente el desarrollo de funciones ejecutivas, como la organización y planificación de actividades.

En la presente era del siglo XXI, caracterizada por innovaciones tecnológicas significativas, se presenta una oportunidad excepcional de emplear estas nuevas ciencias para recopilar datos sobre el comportamiento infantil y aplicar algoritmos de Machine Learning para facilitar la detección temprana del TDAH. Este enfoque no solo promueve el avance del conocimiento en salud mental y sistemas de ingeniería, sino que también integra la neurociencia y la inteligencia artificial en el tratamiento de trastornos neurobiológicos, es por todo ello que la implementación de aplicaciones móviles apoyadas en algoritmos de Machine Learning para diagnosticar el TDAH puede proporcionar diagnósticos más precisos y personalizados, además de permitir intervenciones específicas y tempranas. Según Landero Morelo y Berrio Herazo [7], estas herramientas mejoran la comunicación con los niños afectados, facilitando su acceso al conocimiento y mejorando sus relaciones sociales. La presente investigación promete una sinergia entre tecnología y salud mental, ofreciendo un campo prometedor para mejorar la calidad de vida de los individuos con TDAH y

beneficiando a las comunidades y las instituciones que los apoyan al proporcionar acceso mejorado a la atención necesaria y avanzar en la comprensión de los trastornos mentales.

H. Delimitación

El actual proyecto a realizar se centrará en la Unidad Médica Avanzada CEHANI ESE [9], Pasto, Colombia, una Empresa Social del Estado, de II Nivel de Complejidad que presta servicios de salud especializados en promoción de la salud y prevención de la enfermedad, diagnóstico, tratamiento, entre otro. De igual manera, la presente investigación plantea analizar, implementar y evaluar un modelo de Machine Learning para la detección temprana de TDAH. El período de estudio cubrirá el ciclo anual desde septiembre de 2024 hasta junio de 2025. Sumando que la población objetivo serán los niños de un rango de edad de 5-8 años, y se utilizará una muestra representativa de niños seleccionados con y sin TDAH, para recoger datos y medir la efectividad del modelo de detección, sin embargo, el enfoque principal será la identificación de TDAH en el usuario. Para llevar a cabo el estudio, se emplearán entrevistas con padres, maestros y análisis de datos. De igual modo, se utilizarán herramientas de datos y Machine Learning para crear la tecnología aplicada al modelo de detección de TDAH.

II. MARCO TEÓRICO

A. Antecedentes

1). Internacionales

Los autores, Aikaterini Doulou, Athanasios Drigas y Charalampos Skianis, en su artículo “**Mobile applications as intervention tools for children with ADHD for a sustainable education**”, estudian el uso masivo de aplicaciones móviles diseñadas como solución a problemas cotidianos del mundo digital moderno principalmente enfocadas para niños con discapacidades como el TDAH [10]. El presente estudio también destaca que estas aplicaciones no solo otorgan la posibilidad de una educación equitativa entre todos los niños, sino que a cambio también actúan como "herramientas móviles terapéuticas" que no solo mejoran las funciones ejecutivas de los niños, sino que también si calidad de vida, adicionalmente, como valor agregado, incrementan la motivación, ya que mejoran la frecuencia con la que los niños practican habilidades cognitivas y mate-cognitivas, aprovechando diversos estímulos audiovisuales que facilitan la comprensión y memorización de la información.

El autor Muhammad Mahbubur Rahman en su investigación "**AI for ADHD: Opportunities and Challenges**", explica cómo la inteligencia artificial puede ser una herramienta de apoyo en el diagnóstico y manejo del Trastorno por Déficit de atención e Hiperactividad o mejor conocido como TDAH [11]. Rahman estudia como diversas tecnologías de Inteligencia Artificial, como algoritmos de aprendizaje automático y modelos de Deep Learning, están siendo utilizados para analizar grandes cantidades de datos de Electroencefalogramas y genomas completos, para lograr identificar patrones de TDAH notorios, además de todo también menciona el desarrollo de aplicaciones móviles y dispositivos portables que ayudan en la gestión de dicho trastorno, proporcionando soporte y monitoreo constantes a los afectados por esta condición neurobiológica. Este nuevo enfoque tecnológico no solo proporciona nuevas posibilidades para la detección temprana y precisa del TDAH, sino que también presenta nuevos retos propios de este siglo, especialmente en lo que respecta a la privacidad e integridad de los datos y su interpretación y además a la propia interpretación de los resultados, esta investigación nos permite proporcionar un precedente científico y tecnológico que respalda la viabilidad de la investigación y la necesidad de

innovar en el campo del diagnóstico y tratamiento del TDAH mediante las tecnologías emergentes de este nuevo siglo marcado por la innovación y la tecnología.

Los autores Miguel Alejandro Dueñas Guevara y Aldo Anderson Mendoza Marin en su artículo **"Solución tecnológica para niños con TDAH mediante el uso de realidad aumentada en juegos serios"**, abordan de una manera muy interesante el desarrollo de una herramienta basada en realidad aumentada para el diagnóstico preciso del Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en niños [12]. El presente estudio llevado a cabo en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas presenta una alternativa digital mucho más eficaz que los juegos cognitivos de conducta física tradicionales, demostrando en mayor medida ser más eficaces y eficientes en el diagnóstico inicial, ya que analiza completamente el contexto familiar del niño, dicha innovación se implementó utilizando el kit de desarrollo de software (SDK) de AR foundation realizado en Unity3D, destacando su potencial para mejorar las intervenciones psicológicas mediante la tecnología moderna. La presente investigación será de gran ayuda para el proyecto de investigación, ya que muestra un panorama totalmente nuevo al involucrar a las aplicaciones móviles y a la realidad aumentada como herramientas capaces de identificar y manejar de maneras muy precisas el TDAH además bajo una perspectiva clínica indica un valioso precedente como una herramienta encargada de la gestión total de un paciente con TDAH.

El autor Ney Alexander Coronel Muñoz nos presenta su artículo **"Las Aplicaciones Móviles y su Estrategia de Desarrollo Multimedia para Mejorar Aprendizajes en Niños con Déficit de Atención de la Escuela Especializada 3 de Diciembre del Cantón Vinces, durante el 2023"**, es un estudio pertinente que aborda de increíble manera la incorporación de tecnologías móviles en la educación especializada para niños con trastorno de déficit de atención e Hiperactividad (TDAH) [13]. Esta investigación se destaca por la creación de una aplicación móvil que incluye juegos de memorización, atención y concentración, diseñados en niveles de dificultad creciente para ayudar a los niños a mejorar estas capacidades esenciales, el enfoque de este proyecto es particularmente relevante para la presente investigación ya que proporciona un marco práctico y teórico sobre cómo las aplicaciones móviles pueden ser herramientas efectivas en la intervención y el manejo del TDAH ya que la metodología empleada y los resultados obtenidos refuerzan la importancia de las soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades específicas de los niños con TDAH, resaltando

la eficacia de las estrategias interactivas y multimedia en el aprendizaje y la atención. Este estudio sirve como un referente crucial para entender cómo la tecnología puede facilitar intervenciones educativas más inclusivas y efectivas, proporcionando así un valioso punto de comparación y aplicación para la investigación.

Los autores Héctor Cardona Reyes, Gerardo Ortiz Aguiñaga, María Lorena Barba Gonzalez y Jaime Muñoz Arteaga en su artículo "**Entornos de Realidad Virtual Centrados en el Usuario como Soporte a las Necesidades Educativas de Niños con TDAH en la Pandemia por COVID-19**", explora el uso de entornos de realidad virtual centrados en el usuario para facilitar el aprendizaje en niños con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) durante la pasada pandemia de COVID-19 [14]. Este estudio propone la implementación de plataformas virtuales interactivas que simulan entornos educativos adaptados a las necesidades específicas de estos niños, permitiendo una inmersión que favorece la concentración y el aprendizaje sin las distracciones del entorno tradicional de clase. Para la presente investigación, este documento es extremadamente relevante ya que muestra cómo la tecnología puede ser aprovechada para mejorar el entendimiento y manejo del TDAH en contextos educativos, la aplicación de estas tecnologías nos revela nuevos paradigmas ya que no solo se limita únicamente a entornos virtuales, sino que también puede trasladarse al desarrollo de aplicaciones móviles que ayuden a identificar y gestionar los patrones de comportamiento en niños afectados por este trastorno neurológico.

2). Nacionales

Los autores, Yesica Paola Carrascal Quintero y Brand Jefferson Ramírez Urrego, en su artículo "**Estrategia de Aprendizaje Soportada en una Aplicación Móvil para Atender Estudiantes con Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en Primer Grado**", describen una estrategia pedagógica que implementa una aplicación móvil específicamente diseñada para mejorar el aprendizaje y la inclusión de estudiantes de primer grado con TDAH, concentrándose propiamente en la lengua castellana, la aplicación proporciona actividades educativas adaptadas, mejorando la participación y el rendimiento académico de los niños [15], demostrando cómo las aplicaciones móviles pueden ser efectivas en el manejo del TDAH. Esto subraya nuevamente la importancia de explorar las tecnologías móviles no sólo para fines educativos sino también como herramientas para la detección y diagnóstico temprano del TDAH, este preciso enfoque proporciona un marco

teórico relevante para investigaciones centradas en la identificación de patrones de TDAH en niños mediante aplicaciones móviles, justificando su uso como una intervención válida en el campo del tratamiento y manejo del trastorno.

Los autores Luis Guillermo Gutiérrez Garzón, Xiomy Yeraldine Piña Hernández, Jorge Riaño Carvajal y Nathaly Velásquez Peñuela en su artículo "**Desarrollo de herramienta computacional como soporte de 'TDAH' para niños usando conceptos de gamificación**", abordan la creación de una aplicación móvil diseñada para asistir en el tratamiento del Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en niños mediante la gamificación [16]. El proyecto destaca la importancia de integrar técnicas lúdicas en aplicaciones educativas para mejorar la concentración y el comportamiento cognitivo de niños afectados por este trastorno, la aplicación, desarrollada para sistemas nativos Android, utiliza juegos, puzzles y vídeos de meditación para captar la atención de los niños y ayudar a mejorar sus habilidades cognitivas. Este enfoque no solo propone una alternativa no medicada para el tratamiento del TDAH, sino que también ofrece un recurso tecnológico valioso para terapeutas y educadores en su trabajo diario.

La relevancia de este artículo para la investigación radica en su metodología de desarrollo y los resultados obtenidos, que pueden servir como un marco comparativo para evaluar y mejorar la herramienta planeado, además cabe resaltar que la aplicación de técnicas de gamificación descritas proporciona un modelo efectivo para aumentar la participación y mejorar los resultados terapéuticos en niños con TDAH.

El autor Juan David Arias Galeano, en su proyecto de investigación denominado "**Sistema BCI basado en el control de un brazo robótico de 6 grados de libertad para el tratamiento del TDAH**", el autor establece una interfaz de cerebro-computadora (BCI) mediante un brazo robótico, orientado al tratamiento del TDAH [17]. En su artículo podemos analizar que utiliza un sistema de electroencefalogramas (EEG) para poder captar señales del cerebro, que luego se emplean para ejecutar los movimientos del brazo robótico, ofreciendo un enfoque muy innovador y directo en terapias conductuales, no sólo refuerza el control motor y cognitivo a través de tareas estructuradas, proporcionando un feedback inmediato y medible a un respuesta cerebral, es de gran relevancia para la investigación ya que podemos utilizar estos recursos para analizar los procedimientos utilizados en la captura y análisis de datos para mejorar la precisión en la identificación de patrones

de TDAH, facilitando así intervenciones tempranas y personalizadas basadas en la actividad cerebral real de los niños.

Los autores Angie Paola Cuesta Palacios, Azucena Martínez Medina, Luis Guillermo Palomino Arias y Yirley Córdoba Mosquera en su artículo "**Creación de un Objeto Virtual de Aprendizaje para el trabajo con estudiantes diagnosticados con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad**", presentan el desarrollo de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) que se centran en la mejora de la comprensión lectora y concentración de estudiantes con TDAH [18], influyendo positivamente con un 90% en el aprendizaje de niños con este trastorno. Esto beneficia a la investigación demostrando el potencial de las soluciones digitales en la mejora de habilidades específicas en niños con TDAH, proporcionando un modelo conveniente para el diagnóstico y seguimiento mediante tecnologías móviles, optimizando así las intervenciones educativas y terapéuticas en este grupo etario.

3). Regionales

Los autores Angie Jackeline Caicedo Landazury, Ingris Elizabet Quiñones Ortiz, y Zulman Milena Sinisterra Cortes, presentan un artículo denominado "**El dibujo como alternativa para minimizar la distracción en el aula de los estudiantes del grado tercero de la Institución Educativa Rapadura.**", presentan el dibujo como una herramienta pedagógica efectiva para reducir la distracción entre estudiantes de tercer grado de la Institución Educativa Rapadura [19], lo que les permite expresarse, centrar su atención, en reducir las distracciones y fomentar un aprendizaje más efectivo. Para la presente investigación subraya la utilidad de estrategias didácticas creativas para gestionar problemas de atención, que pueden ser comparables a las intervenciones que planeamos desarrollar a través de aplicaciones móviles para el TDAH. Este vínculo entre técnicas artísticas y tecnológicas podría ser fundamental para diseñar herramientas móviles que no solo capturan datos sobre el comportamiento del usuario, sino que también fomentan habilidades de concentración y autorregulación en niños con TDAH, utilizando la interactividad y el feedback personalizado que ofrecen las tecnologías modernas.

La autora Gina Sofía Mesías Preciado, en su tesis titulada "**Perfil cognitivo en escolarizados con trastorno por déficit de atención, hiperactividad e impulsividad [TDAH] en comorbilidad con**

Trastornos de Ansiedad", investiga las características cognitivas y de funciones ejecutivas en niños con TDAH y ansiedad comórbida [20], utilizando herramientas como las Escalas Conners y la Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas. Este enfoque es crucial porque proporciona un marco metodológico y empírico para entender mejor las intervenciones dirigidas a niños con TDAH apoyándose de la tecnología móvil para integrar evaluaciones cognitivas y adaptar intervenciones podría mejorar significativamente las estrategias terapéuticas en entornos cotidianos.

Los autores Kevin Giancarlo Calzada Rivas y Lizeth Beatriz Castillo Rosero, en su tesis titulada **"MODELDX-TDAH: Modelo para Apoyar el Diagnóstico Temprano de TDAH con Técnicas de Machine Learning"** [21], el objetivo de este proyecto tiene como mejorar la precisión del diagnóstico mediante el preprocesamiento avanzado de neuroimágenes y la aplicación de modelos de machine learning optimizados por métricas de calidad mediante herramientas como imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) y el conjunto de datos ADHD-200. Este antecedente es altamente relevante ya que demuestra cómo las técnicas de Machine Learning pueden ser aplicadas efectivamente para el diagnóstico médico del TDAH, proporcionando un marco práctico y teórico para desarrollar y evaluar el modelo propio de diagnóstico. También, la integración de estos métodos en una plataforma de aplicación móvil podría facilitar evaluaciones rápidas y accesibles, potencialmente mejorando la detección y manejo del TDAH en diferentes entornos.

Los autores Carlos David Correa Lozano, Juan Andrés Lozano Thomé, Diego Ferley Urrea Burgos presentan un artículo denominado **"Evaluación de Métodos de Reducción de Dimensión para la Preservación Topológica de los Datos mediante Métricas RNX"** [22]. Este estudio destaca la importancia de la selección adecuada de técnicas de reducción de dimensión para mantener la integridad topológica en grandes conjuntos de datos, lo cual es crucial para la aplicación efectiva en campos como la inteligencia artificial y el machine learning. Es relevante en gran medida ya que las técnicas de reducción de dimensión evaluadas pueden ser cruciales para procesar y simplificar datos neuropsicológicos complejos, asegurando que la estructura esencial de los datos no se pierda.

B. Supuestos teóricos de investigación

1). Patrones del TDAH

El Trastorno por déficit de atención e hiperactividad presenta patrones comportamentales y cognitivos específicos que pueden ser significativamente imperceptibles a comparación de otros, lo que provoca cierta confusión al momento de determinar la presencia de este trastorno. Por ello, de acuerdo al Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), los profesionales encargados de la salud psiquiátrica utilizan las pautas abordadas por la quinta edición del manual diagnóstico y estadístico (DSM-5) para establecer un diagnóstico más fiable para las personas con TDAH.

Tipos de patrones del TDAH

El manual DSM-5 distingue dos criterios asociados directamente a la presencia de este trastorno psiquiátrico:

- Falta de atención:

Seis o más síntomas de falta de atención para personas de hasta 16 años, los síntomas han estado presentes durante seis meses y son inapropiados para el nivel de desarrollo del sujeto [23]. Estos síntomas frecuentes son:

- No logra prestar la atención adecuada a los detalles.
- Problemas para mantener la atención en actividades recreativas.
- Disociación en una conversación.
- Incumplimiento de instrucciones en actividades escolares o responsabilidades.
- Problemas para la organización de tareas.
- Negación en la participación de tareas de alta exigencia mental.
- Pérdida de cosas necesarias para sus actividades, como lapiceros, llaves, anteojos, entre otros
- Pérdida fácil de la concentración.

- **Hiperactividad e impulsividad:**

Seis o más síntomas de falta de hiperactividad/impulsividad para personas de hasta 16 años, los síntomas han estado presentes durante seis meses y son inapropiados para el nivel de desarrollo del sujeto [23]. Estos síntomas frecuentes son:

- Movimientos nerviosos con las manos o los pies, o se retuerce en el asiento.
- Deja su asiento en situaciones en las que se espera que se quede sentado.
- Corre en situaciones en las que no es adecuado.
- No participa tranquilamente en actividades recreativas.
- Actúa con mucha energía.
- Habla de manera excesiva.
- Suelta una respuesta antes de que termine la pregunta.
- No puede esperar su turno.
- Interrumpe actividades o conversaciones ajenas.

Cabe resaltar que la mayoría de estos patrones de comportamiento deben cumplir ciertas condiciones como presentarse antes de los 12 años, también en dos o más contextos sociales como el hogar, el colegio o entre otros, hay indicios claros de que afectan de manera significativa el funcionamiento correcto de la persona y por último estas conductas no tiene una explicación clara de origen o no ocurren a consecuencia de otros trastornos.

2) Rango de edad del TDAH

Los niños de entre 5 a 8 años están en una etapa crucial de su vida, una etapa que abarca sus primeros años de primaria, unos años marcados por experiencias significativas y llenas de aprendizaje, donde experimentan cambios en sus funciones ejecutivas, como el control de impulsos, memoria del trabajo y flexibilidad cognitiva, habilidades que se ven afectadas significativamente en niños que padecen TDAH, lo que hace que sea vital la observación de este rango en específico, concepto reforzado por el Dr. Luis Olivares Gerechter, que menciona en su artículo “Importancia de un diagnóstico precoz del TDAH” la relevancia de un diagnóstico temprano de este trastorno, ya que aquellos niños que no son tratados

pueden presentar más adelante graves problemas de concentración, que impiden una práctica amena de sus habilidades básicas como memorización, concentración y organización, sin mencionar otras consecuencias indirectas ocasionadas por la falta de una interpretación e intervención correctas de este trastorno, como problemas de autoridad debido a su impulsividad o graves problemas de autoestima, consecuencia de un desconocimiento general del padecimiento de una persona con TDAH [24].

Por ello es de gran relevancia estudiar el comportamiento de este trastorno en distintos rangos de edad [25] antes de la adolescencia, ya que en esta etapa entran en juego variables adicionales de comportamiento que afectan significativamente la percepción de este trastorno:

- De 3 a 4 años: En esta etapa puede ser difícil distinguir rasgos que indiquen la presencia de TDAH, ya que los niños tienden a mostrar naturalmente inquietud excesiva y dificultad para seguir órdenes, esto a su vez es debido a que esta es su etapa de mayor aprendizaje.
- De 5 a 6 años: Esta es su inicial de una educación formal ya sea en un jardín infantil o los primeros años de primaria, es aquí donde este trastorno puede empezar a volverse más evidente ya que el niño empieza a experimentar entornos de atención sostenida y cumplimiento de reglas.
- De 7 a 9 años: Aquí el niño empieza a desarrollar habilidades de control y memoria de trabajo, además sus expectativas sociales y académicas empiezan a crecer significativamente ya que se espera una mayor autonomía y autocontrol en las decisiones de este, por ello un infante con dicho trastorno empieza a tener mayores dificultades en su entorno, ya que puede presentar síntomas como el olvido constante de sus responsabilidades académicas, problemas para mantener una organización constante, dificultad para esperar y para seguir instrucciones.
- De 10 a 12 años: Etapa de la preadolescencia, aquí hay un aumento en la complejidad de las relaciones sociales y académicas del niño ya crecido, un infante con TDAH puede tener desafíos adicionales significativos como la falta de interacción social al no poder mantener amistades estables, lo que puede desembocar en problemas de autoestima, adicionalmente su

rendimiento académico puede empezar a decaer significativamente debido a desarrollo de problemas como la falta de concentración y de organización.

3. Dispositivos móviles

Los dispositivos móviles cuentan con una característica muy importante resaltada por la empresa IBM, nos afirma que esta tecnología va a donde esté el usuario [26], lo que abre nuevos panoramas de estudios de todo tipo y en especial en al área de la salud mental, transformando por completo la manera por la cual se pueden monitorear condiciones como el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad, ya que estos dispositivos hoy en día cuentan con una gran variedad de sensores que ofrecen nuevas oportunidades para capturar datos de comportamiento en tiempo real y en situaciones puntuales, proporcionando una perspectiva más integral y menos intrusiva del comportamiento del niño o sujeto de estudio.

Tecnologías en dispositivos móviles

- **Sensores**

Son componentes que su principal función es la de detectar y recopilar datos de su entorno y del mismo dispositivo en el cual funcionan [27], entre ellos se encuentran:

- **Acelerómetro:** Detecta los cambios en la velocidad y orientación del dispositivo [28].
- **Giroscopio:** Mide la orientación y rotación angular en la que se encuentra el dispositivo y proporciona datos precisos sobre su inclinación y dirección [29].
- **Sensor de proximidad:** Detecta la presencia cercana de objetos sin necesidad de estar en constante contacto físico [30].
- **Sensor de luz ambiental:** Mide la intensidad lumínica del entorno donde se encuentra el dispositivo [31].
- **Sensor de huellas dactilares:** Reconoce e identifica los patrones de las huellas dactilares del usuario correspondiente [32].
- **Sensores de información:**

- Sensor de temperatura y presión atmosférica: Proporciona datos ambientales como la temperatura del entorno que rodea al usuario y dispositivo [33].
- Sensor infrarrojo: Permite la detección de calor de un objeto o persona [34].

4. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es definida como la ciencia computacional encargada de diseñar y desarrollar sistemas capaces de realizar tareas humanas cognitivas como aprender, crear y reconocer imágenes, de acuerdo a lo que postula Amazon sobre lo que es la inteligencia artificial nos dice lo siguiente, que si bien es una herramienta que trata de simular la inteligencia humana, su objetivo principal es crear sistemas de autoaprendizaje que den significado a una gran cantidad de datos estudiados, para así resolver problemas de manera similar a como lo haría una persona real [35].

Es por ello que es importante denotar algunos subtemas de la inteligencia artificial tratados por Microsoft [36] como:

- ***Tipos de inteligencia artificial***

- IA estrecha

De acuerdo a IBM, la IA estrecha, es aquella que solo se enfoca únicamente en tareas específicas, pero no quiere decir que sea débil, al contrario, es la inteligencia artificial que se encuentra en la mayor parte de los sistemas modernos [37].

- IA fuerte

Este concepto de “IA fuerte” junta la inteligencia artificial general y la superinteligencia artificial, según IBM es el objetivo utópico de estas, ya que teóricamente serían sistemas autoconscientes y presentarían capacidades para resolver problemas, aprender, planificar y superarse [37].

- ***Principales tecnologías de la inteligencia artificial***

- Machine Learning

Tecnología que permite que una máquina aprenda datos sin estar explícitamente programados, ya que utiliza algoritmos estadísticos para interpretar datos y aprender de ellos, para luego tomar decisiones basadas en dicho aprendizaje [38].

- Deep Learning

Es la utilización de redes neuronales profundas para procesar una gran cantidad de datos, estas son capaces de manejar datos no estructurados ya que tienen la habilidad de identificar patrones complejos y hacer reconocimiento de imágenes y voz [39].

- Redes Neuronales

Son la base fundamental del aprendizaje automático, toman gran inspiración del cerebro humano ya que se componen de nodos interconectados que imitan a las neuronas y sus conexiones, las redes neuronales continuamente permiten diferentes flujos de los datos, lo que permite a la máquina mejorar continuamente su rendimiento y precisión a medida que va procesando mayores cantidades de información [40].

- ***Arquitectura de la inteligencia artificial***

Consta principalmente de 4 capas y cada una lleva a cabo una tarea diferente pero igual de importante:

- Capa 1: Capa de datos

Capa encargada de almacenar los datos en bruto para ser procesados y analizados, es fundamental ya que alimentara a los algoritmos con la información necesaria para que lleven un aprendizaje correcto

- Capa 2: Capa de esquemas de ML y algoritmos

Capa que lleva a cabo la selección, aplicación de los esquemas de aprendizaje automático y los algoritmos apropiados que decretaron como se procesaran los datos.

- Capa 3: Capa de modelos

Capa que cumple la función de creación de los modelos de IA que son entrenados en las capas previas, aquí se harán las predicciones o tomas de decisiones basadas en nuevos datos.

- Capa 4: Capa de aplicación

Capa donde el cliente hace uso de las funciones brindadas por la inteligencia artificial.

C. Variables de estudio

En el contexto del proyecto de investigación se definen variables clave del proceso que son fundamentales para la recolección de datos y análisis de los comportamientos relacionados a este trastorno, por lo que las variables principales para este proyecto son:

1) Variables independientes

- Patrones de uso de la aplicación
 1. Tiempo
 2. Interacción con la pantalla
 3. Edad del niño
 4. Interacción con sensores
- Arquitectura de red neuronal

2) Variables dependientes

- Sistema de detección temprana de TDAH
- Métricas de calidad de predicción
- Algoritmos de Machine Learning

Es crucial considerar que estas variables están siendo continuamente investigadas y podrían ser modificadas, eliminadas o extendidas durante la continuidad del proyecto investigativo para adaptarse a las demandas del mismo y cumplir con la identificación de patrones relacionados con el TDAH en la primera infancia.

D. Definición nominal de las variables

En el contexto del presente proyecto se han identificado variables nominales esenciales para clasificar y comprender cómo los niños interactúan con una aplicación diseñada para detectar posibles comportamientos de TDAH:

- **Patrones de uso de la aplicación:**

1. **Tiempo:** interacción del niño con la aplicación en un período de tiempo determinado.
2. **Interacción con la pantalla:** acciones como hacer clic, arrastrar y moverla pantalla.
3. **Edad del niño:** la edad que tiene cuando usa la aplicación, limitado a un intervalo de 5 a 8 años.
4. **Interacción con sensores:** acciones como la cámara, el acelerómetro y el micrófono, durante el uso de la aplicación.

- **Arquitectura de red neuronal:**

La arquitectura de la red neuronal define cómo está organizada la red del trabajo de investigación, incluyendo el número y disposición de las capas, así como las funciones de activación utilizadas.

- **Sistema de detección temprana de TDAH:**

Sistema para identificar y analizar patrones asociados al TDAH en niños de 5 a 8 años.

- **Métricas de calidad de predicción:**

Estas métricas incluyen la exactitud y el F1 Score y ayudan a determinar la eficacia del sistema en predecir correctamente la presencia o ausencia de TDAH en base a la interacción del niño con la aplicación.

- **Algoritmos de Machine Learning:**

Los algoritmos de Machine Learning como redes neuronales, SVC, Árbol de decisión, contribuirán a la investigación con el procesamiento de los datos recolectados, para determinar si un sujeto puede padecer de TDAH

E. Definición Operativa De Variables

Patrones de uso de la aplicación:

- **Tiempo:** Esta variable se denominará como la cantidad total de minutos que un niño hace uso de la aplicación y a su vez registrados por la propia aplicación.
- **Interacción con la pantalla:** Esta variable se tomará como el conteo de interacciones táctiles (clics, arrastres, zooms) que el niño realiza en la aplicación, y de nuevo registrando todas las interacciones por el mismo aplicativo móvil.
- **Edad del niño:** Se tomará como un dato numérico exacto al momento de iniciar la sesión en la aplicación, restringido a niños de 5 a 8 años.
- **Interacción con sensores:** Se medirá contabilizando la cantidad de veces que el niño utiliza características propias del dispositivo como la cámara, el acelerómetro o el micrófono durante toda su interacción con la aplicación.

Arquitectura de red neuronal:

Se especificará detallando el número de capas propias de la red, los tipos de capas (por ejemplo, convolucionales, de pooling, totalmente conectadas), el número de neuronas en cada capa y las funciones de activación empleadas por capa.

Sistema de detección temprana de TDAH:

Se evaluará la capacidad del sistema para identificar y analizar patrones de comportamiento en niños de 5 a 8 años que sean consistentes con comportamientos asociados al TDAH, esto incluirá la recopilación de datos de uso de la aplicación y su posterior análisis usando modelos de machine learning.

Métricas de calidad de predicción:

- **Exactitud:** Se definirá como el porcentaje de predicciones correctas (verdaderos positivos y verdaderos negativos) entre el total de casos examinados.

- **F1 Score:** Se calculará como el promedio armónico de la precisión y la sensibilidad del modelo, proporcionando una medida de la precisión y la capacidad de recuperación del modelo al identificar casos de TDAH.

Algoritmos de Machine Learning:

Se describe cada algoritmo utilizado (redes neuronales, SVC, árbol de decisión) en términos de su configuración específica para este estudio, incluyendo parámetros clave, tipo de kernel para SVC, criterios de división para árboles de decisión, y estructura de la red neuronal.

F. Formulación de hipótesis

1) Hipótesis de investigación

Existe al menos un algoritmo de Machine Learning que alcance un compromiso entre la exactitud y tiempo de predicción mayor a un modelo aleatorio para apoyar el diagnóstico médico de TDAH en niños entre 5-8 años mediante un dataset de uso de aplicaciones móviles.

2) Hipótesis nula

No existe al menos un algoritmo de Machine Learning que alcance un compromiso entre la exactitud y tiempo de predicción mayor a un modelo aleatorio para apoyar el diagnóstico médico de TDAH en niños entre 5-8 años mediante un dataset de uso de aplicaciones móviles.

3) Hipótesis alterna

Existen algoritmos de Machine Learning que alcanzan métricas diferentes a la exactitud mayores a un modelo aleatorio para apoyar el diagnóstico médico de TDAH en niños entre 5-8 años mediante un dataset de uso de aplicaciones móviles.

III. METODOLOGÍA

A. Paradigma

El proyecto de investigación enmarca un paradigma positivista, para investigar la correlación entre los patrones de uso de dispositivos móviles y el TDAH en niños. Además, se centra en la recolección de datos empíricos y la medición objetiva de fenómenos, permitiendo aplicar métodos estadísticos y algoritmos de Machine Learning para analizar los datos de manera estructurada [41]. Su objetivo principal es identificar patrones y establecer relaciones causales entre las variables, lo cual ofrece un marco metodológico sólido para evaluar de manera precisa y confiable los indicadores de TDAH, facilitando la formulación y comprobación de hipótesis, asegurando que los resultados sean válidos y generalizables a poblaciones más amplias.

B. Enfoque

El enfoque empírico-analítico de la investigación se centra en una observación y un análisis cuidadoso [42]. Al implementar métodos sistemáticos de medición y métodos de prueba, se busca comprender cómo los patrones de interacción con una aplicación móvil pueden diferir entre niños diagnosticados con TDAH y un grupo control de niños sin el trastorno mediante la realización de experimentos estructurados, al momento que se recolectan datos precisos sobre cómo ambos grupos, pacientes y controles, interactúan con la aplicación. Esto incluye medir la frecuencia y duración del uso, así como las respuestas específicas a estímulos diseñados dentro de la app que podrían provocar características comportamentales asociadas al TDAH. Esta investigación empírico-analítica es fundamental para proponer soluciones basadas en evidencia que puedan ser aplicadas de manera efectiva en entornos clínicos y educativos, mejorando así la calidad de vida y el aprendizaje de los niños afectados por el TDAH.

C. Método

La investigación se basa en el método científico [43]. Se formularán hipótesis y se verificarán mediante experimentación y análisis de datos. Se usarán técnicas mixtas de recolección de datos, como el seguimiento cuantitativo del comportamiento en la aplicación móvil. Los datos de interacción se capturan con herramientas analíticas de la aplicación, recopilándose de forma continua y en tiempo real. Se aplicarán algoritmos de Machine Learning, especialmente modelos de aprendizaje automatizado, para analizar los datos y detectar patrones conductuales relacionados

con el TDAH. Las pruebas piloto refinaron los modelos y se validara comparándolos con evaluaciones clínicas estándar de TDAH, garantizando la efectividad de la herramienta diagnóstica desarrollada.

D. Tipo de investigación

El proyecto se enfoca en un tipo de investigación tipo correlacional [44], es ideal para identificar las relaciones entre el uso de la aplicación y la manifestación de los síntomas de TDAH sin ejercer ninguna manipulación directa en el entorno del usuario. Al analizar cómo las variables de comportamiento en la aplicación se asocian con indicadores de TDAH, se puede evaluar la fuerza y dirección de estas conexiones en un entorno natural. Este enfoque ofrece comprensiones profundas y prácticas para el desarrollo de herramientas diagnósticas y terapéuticas, respetando la cotidianidad de los sujetos y así evitar intervenciones invasivas.

E. Diseño de investigación

La premisa de esta investigación se centra en la necesidad de herramientas de diagnóstico temprano para el TDAH que sean tanto no invasivas como precisas. Con este fin, se ha adoptado un diseño basado en la metodología KDD (Knowledge Discovery in Databases) [45], que aprovecha las ventajas del análisis de datos en tiempo real a través de la interacción de los niños con una aplicación móvil diseñada específicamente para este propósito.

Este diseño de investigación se alinea estratégicamente con el objetivo de captar patrones de comportamiento a través de la aplicación propuesta, que podrían indicar la presencia de TDAH.

- 1) Adquisición de datos: Conformación del conjunto de datos relevantes para la investigación, conjunto X: Variables independientes como interacción con la pantalla, tiempo en pantalla, edad del niño, interacciones con los sensores, entre otros. Conjunto Y: Diagnósticos de TDAH basados en patrones de comportamiento infantil registrados.
- 2) Pre-procesamiento: Limpiar y preparar los datos para el análisis, se incluyen técnicas como manejo de datos faltantes, eliminación de redundancias y conversión de letras a números.
- 3) Minería de datos: Se determina el conjunto de algoritmos de Machine Learning como máquinas de soporte vectorial, árboles de decisión, bosques aleatorios, redes neuronales, entre otros, para que se entrenen con los datos pre-procesados.

- 4) Pruebas o evaluación de patrones: Se establece el conjunto de pruebas para determinar su utilidad y relevancia, es decir se valida los resultados correspondientes, se evalúa su significado y relevancia para la investigación a través de métricas de calidad, como accuracy, f1-score, precisión, entre otras.
- 5) Evaluación de hipótesis planteada: Asegurar si algún algoritmo de Machine Learning cuenta con una métrica de calidad con un puntaje superior 0.5, es decir que determine si el sujeto evaluado presenta TDAH bajo el estudio de sus comportamientos.

F. Población

La población objetivo de la investigación se centrará en niños de 5 a 8 años de la Unidad Médica Avanzada CEHANI ESE, cuya interacción con la aplicación móvil será monitoreada para identificar patrones de comportamiento asociados con el TDAH, asegurando una recolección de datos flexible y relevante para los objetivos del estudio.

G. Muestra

La muestra será seleccionada de manera aleatoria entre aquellos que puedan acceder y deseen participar. El tamaño de la muestra dependerá de la disponibilidad y de la información recopilada. Se busca maximizar la precisión y validez de los datos mediante una recolección flexible y adecuada a las necesidades del estudio, asegurando la relevancia de los resultados en la identificación de patrones de TDAH.

H. Técnicas de recolección de información

La primera fase del proceso de recopilación de datos incluirá varias técnicas, empezando con una observación directa de las interacciones de los niños con la aplicación móvil, esta técnica permitirá capturar detalles sobre cómo los niños navegan y responden a los estímulos dentro de la aplicación, proporcionando datos valiosos sobre sus patrones de comportamiento en un entorno digital, después, se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas con los padres, tutores y maestros, dichas entrevistas brindarán perspectivas adicionales sobre el comportamiento general de los niños y su interacción con dispositivos móviles, enriqueciendo el conjunto de datos con información cualitativa que puede revelar aspectos no observables sólo a través de la observación.

I. Validez de las técnicas de recolección

La validez de las técnicas de recolección de datos en el presente proyecto de investigación se asegura mediante un cuidadoso diseño de la interfaz de la aplicación móvil, que está diseñada para capturar de manera precisa y efectiva los patrones de comportamiento relacionados con el TDAH, para validar la misma aplicación, se realizarán pruebas piloto en un entorno controlado para asegurar que los datos recopilados reflejen de manera muy precisa las interacciones del usuario, posteriormente la aplicación será evaluada y calibrada continuamente con la ayuda de expertos en psicología infantil y neurociencia para ajustar la sensibilidad de los sensores y los algoritmos de captura de datos, garantizando que las métricas recogidas son un reflejo preciso de los comportamientos objetivo de estudio.

J. Confiabilidad de las técnicas de recolección

Para garantizar la confiabilidad de las técnicas de recolección, la aplicación móvil empleará tecnología de captura de datos consistente y replicable, se implementarán mecanismos como, pruebas de compatibilidad, manejo de errores y excepciones y pruebas de estrés y carga para asegurar que la aplicación funcione de manera uniforme en diferentes dispositivos y condiciones, manteniendo la integridad de los datos a través de variadas instancias de uso. Las pruebas repetidas se llevarán a cabo para comprobar la estabilidad de la aplicación en capturar datos de manera consistente y constante bajo las mismas condiciones operativas, igualmente, se utilizarán técnicas de validación interna como, validación de rangos y redundancia de datos dentro de la aplicación para monitorear y ajustar cualquier desviación en la captura de datos en tiempo real.

Instrumentos de recolección de información

El propósito del proyecto de grado es la implementación de un modelo de Machine Learning para la detección temprana del TDAH en los niños de 5 a 8 años. Este modelo se generará a base de los patrones de uso de la aplicación móvil personalizada desarrollada exclusivamente para este propósito. El objetivo principal es la recolección e investigación de los datos sobre los patrones de uso de aplicaciones móviles en los niños, y luego utilizar esta información para el aprendizaje del algoritmo de Machine Learning capaz de predecir la presencia de TDAH con un alto grado de precisión.

IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Recopilación de información

Para lograr este objetivo, se realizó una revisión exhaustiva de 5 aplicaciones móviles populares entre niños en esta franja de edad, analizando su funcionamiento, los sensores que utilizan, y cómo estos sensores influyen en la interacción de los usuarios. Se seleccionaron cinco aplicaciones móviles ampliamente utilizadas por niños de 5 a 8 años, las cuales fueron analizadas en términos de su función principal, los sensores que utilizan, y cómo estos sensores influyen en la interacción del usuario. Las aplicaciones analizadas fueron:

A. Roblox:

Roblox es una plataforma en línea que permite a los usuarios crear y jugar en una amplia variedad de juegos diseñados por otros usuarios. Utiliza sensores como el acelerómetro y el giroscopio para controlar el movimiento de los personajes mediante la inclinación del dispositivo. Además, el sensor de proximidad se emplea en funciones como "Proximity Prompts", que permiten a los jugadores interactuar con objetos cercanos en el juego. Según las estadísticas, Roblox tiene una base de usuarios masiva, con más de 200 millones de usuarios activos mensuales, muchos de los cuales son niños en el rango de 5 a 12 años. Esta aplicación es especialmente popular por su enfoque creativo y social, lo que la convierte en una de las favoritas entre los niños.

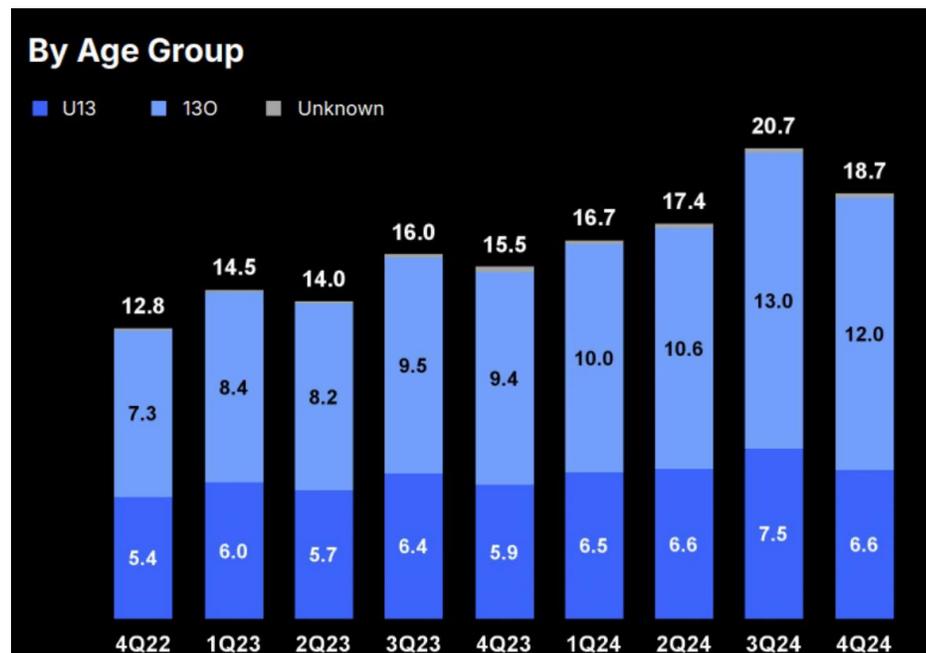


Figura 1. Promedio de tiempo en Roblox

Nota fuente: <https://www.demandsage.com/how-many-people-play-roblox/>

B. Minecraft:

Minecraft es un juego que permite a los usuarios construir, explorar y sobrevivir en mundos generados aleatoriamente. En su versión móvil, utiliza el acelerómetro y el giroscopio para ajustar la vista del juego según la inclinación del dispositivo, lo que facilita una experiencia de juego más inmersiva. La pantalla táctil es fundamental para la interacción directa, permitiendo a los niños construir y explorar con gestos simples. Según las estadísticas, Minecraft tiene más de 140 millones de usuarios activos mensuales, y es especialmente popular entre niños de 5 a 8 años debido a su enfoque creativo y educativo. Además, se estima que los niños en Estados Unidos pasan un promedio de 1 a 2 horas diarias jugando Minecraft.

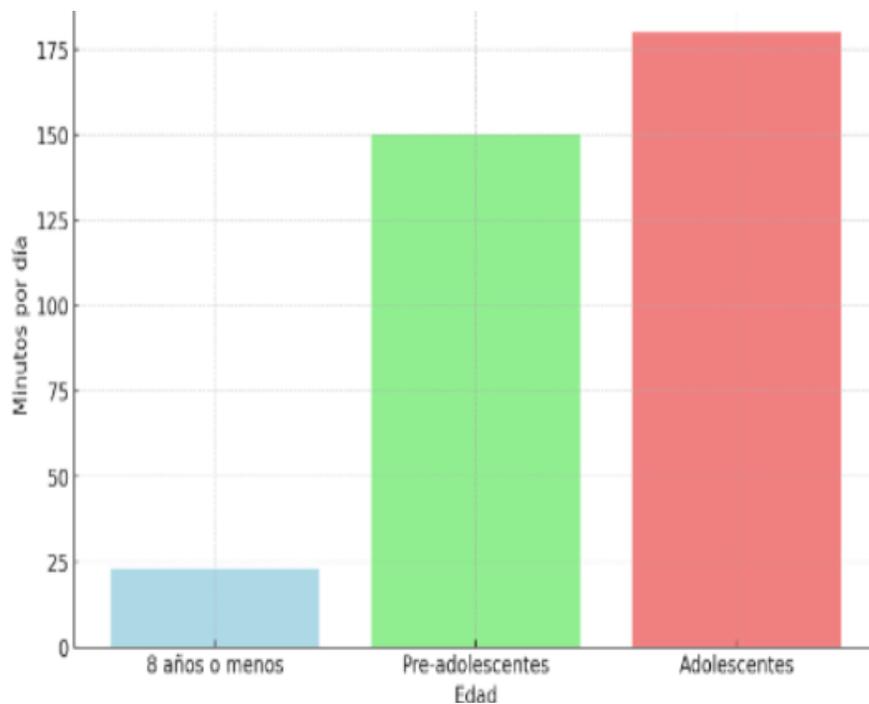


Figura 2. Promedio de tiempo en Minecraft

Nota fuente: <https://feedback.minecraft.net/hc/en-us/community/posts/4407391152525-Re-coding-Minecraft-java-edition-in-C>

C. Fortnite:

Fortnite es un videojuego multijugador en línea que se centra en el modo "Battle Royale", donde los jugadores compiten para ser el último en pie. Utiliza el acelerómetro y el giroscopio para ajustar la vista y la orientación del personaje, lo que es crucial en situaciones de combate. El micrófono permite la comunicación por voz entre jugadores, facilitando la coordinación en equipo. Según las estadísticas, Fortnite tiene más de 350

millones de usuarios registrados, y es especialmente popular entre adolescentes y preadolescentes. Aunque no hay datos específicos para niños de 5 a 8 años, se sabe que muchos niños en este rango de edad también juegan Fortnite, especialmente en modo creativo.

7. Fortnite Hours Watched Streaming

Fortnite players have already spent over 320 million hours watching live streams in 2023. In the first quarter of 2021, the Fortnite community collectively streamed a staggering 389 million hours on platforms such as Twitch, YouTube Live Gaming, and Facebook Gaming, among others.

| Year | Hours Watched |
|------------------|------------------|
| 2019 | 1.5 billion |
| 2020 | 1.6 billion |
| 2021 | 1.2 billion |
| 2022 | 611.7 billion |
| 2023 (September) | Over 320 billion |

Figura 3. Promedio de tiempo en Fortnite

Nota fuente: <https://www.statista.com/statistics/1155926/popular-entertainment-us-kids-teens-parents/>

D. TikTok:

TikTok es una plataforma de redes sociales centrada en la creación y compartición de videos cortos con música, efectos visuales y filtros. Utiliza la cámara y el micrófono para grabar videos y capturar audio, mientras que el acelerómetro y el giroscopio permiten efectos interactivos que reaccionan al movimiento del dispositivo. El GPS se utiliza para geolocalización, mostrando contenido relevante basado en la ubicación del usuario. Según las estadísticas, TikTok tiene más de 1 billón de usuarios activos mensuales, y es especialmente popular entre adolescentes y niños. Aunque no hay datos específicos para

niños de 5 a 8 años, se estima que muchos niños en este rango de edad utilizan TikTok bajo supervisión de sus padres.

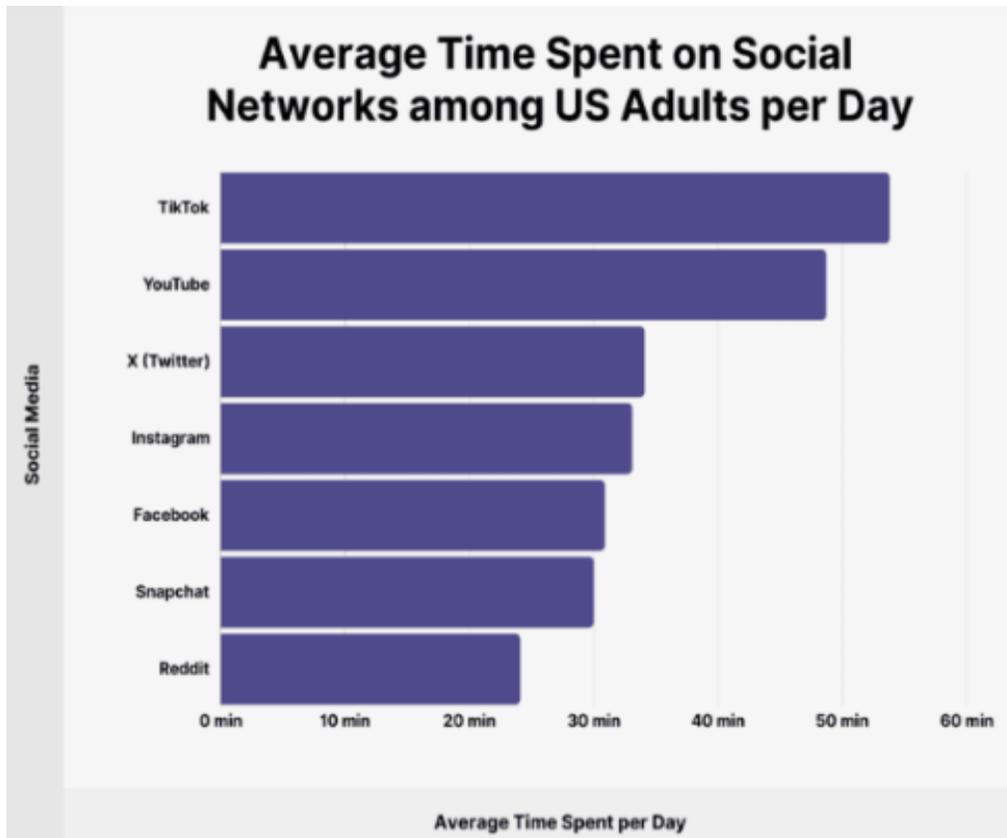


Figura 4. Promedio de tiempo en Tiktok
 Nota fuente: <https://backlinko.com/tiktok-users>

E. YouTube:

YouTube es una plataforma que permite a los usuarios subir, ver, compartir y comentar videos. Utiliza el acelerómetro y el giroscopio para ajustar la orientación del video (vertical u horizontal) según cómo el usuario sostenga el dispositivo. El sensor de proximidad pausa automáticamente el video si el dispositivo se coloca cerca de una superficie, mientras que el micrófono permite búsquedas por voz. Según las estadísticas, YouTube es una de las aplicaciones más utilizadas por niños, con más de 2.000 millones de usuarios activos mensuales. En particular, los niños menores de 10 años pasan un promedio de 1 a 2 horas diarias viendo contenido en YouTube, lo que lo convierte en una de las plataformas más influyentes en el consumo de contenido infantil.

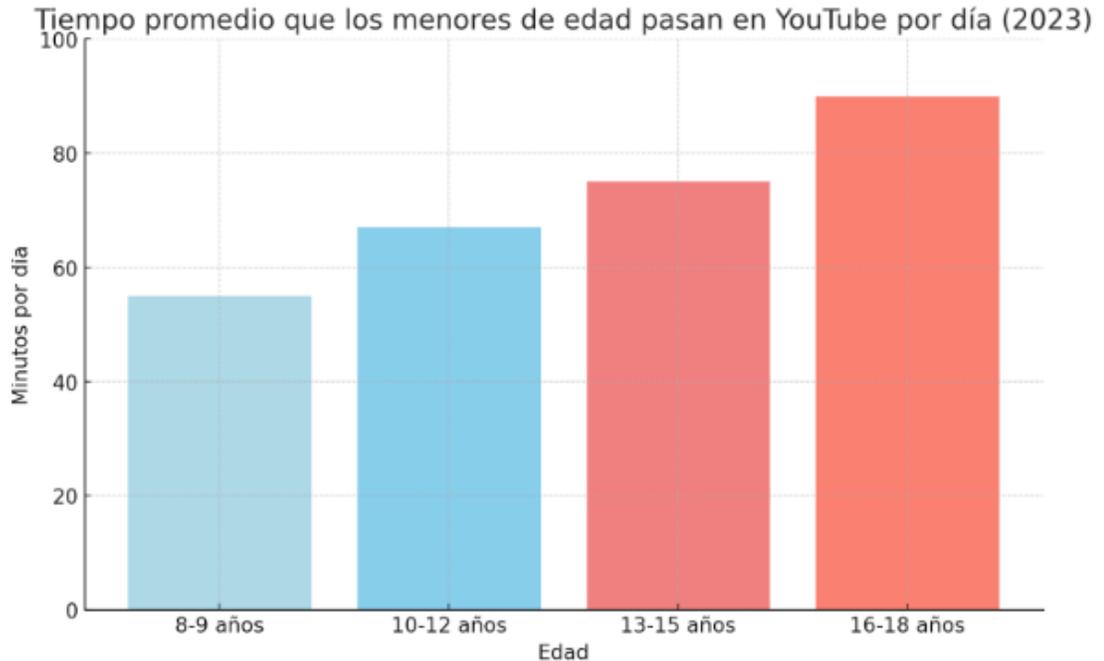


Figura 5. Promedio de tiempo en YouTube

Nota fuente: <https://www.pewresearch.org/internet/2023/12/11/teens-social-media-and-technology-2023/>

F. Análisis de los datos recopilados

Los datos recopilados muestran que las aplicaciones móviles analizadas utilizan una variedad de sensores para mejorar la experiencia del usuario, especialmente en términos de interacción y personalización. Sin embargo, para esta investigación, se centró en dos sensores clave: la pantalla táctil y el acelerómetro. Estos sensores son fundamentales en la mayoría de las aplicaciones móviles, ya que permiten una interacción directa y dinámica con el dispositivo.

Pantalla táctil: Este sensor es esencial en aplicaciones como Minecraft y Roblox, donde los niños interactúan directamente con el juego mediante toques, gestos y deslizamientos. La pantalla táctil facilita una experiencia intuitiva y accesible, especialmente para niños pequeños que aún están desarrollando sus habilidades motoras finas. Además, en aplicaciones como TikTok y YouTube, la pantalla táctil permite a los usuarios navegar fácilmente por los contenidos, seleccionar videos y ajustar configuraciones con solo tocar la pantalla.

Acelerómetro: Este sensor es crucial en aplicaciones de videojuegos como Fortnite y Roblox, donde se utiliza para ajustar la orientación y el movimiento del dispositivo. Por

ejemplo, en Fortnite, el acelerómetro permite a los jugadores controlar la vista del personaje inclinando el dispositivo, lo que añade una capa de inmersión al juego. En aplicaciones como TikTok, el acelerómetro se combina con el giroscopio para crear efectos interactivos que reaccionan al movimiento del dispositivo, lo que hace que la experiencia sea más dinámica y atractiva.

2. Construcción del dataset

Tras analizar la información recopilada, se diseñaron tres juegos especializados que aprovechan los sensores de pantalla táctil y acelerómetro para identificar patrones asociados al TDAH en niños de 5 a 8 años. Los juegos están diseñados para que los niños se diviertan mientras se detectan pequeñas señales del TDAH. Cada uno es como un reto entretenido que ayuda a entender mejor cómo piensan y se mueven los pequeños.

A. Mockups:

A continuación, presentamos los mockups de la aplicación que estará diseñada para recopilar sobre posibles señales y comportamientos de TDAH en niños.

MOCKUP - REGISTRO DEL USUARIO

Atrapar el ratón:

En esta página se recopila la información básica del usuario (paciente). Los campos incluidos son:

Nombre del paciente: Se utiliza para identificar al usuario y asociar su interacción con los juegos a su cuenta.

Edad: Permite ajustar el comportamiento de la aplicación, si es necesario, según la edad del usuario.

Género: Esta información puede ser utilizada para análisis más específicos relacionados con patrones de comportamiento.

Diagnóstico de TDAH: Este campo permite al sistema registrar antecedentes familiares, lo que puede influir en los patrones analizados.

Figura 6. Mockup del registro de usuario

MOCKUP - MENU DE JUEGOS

Esta es la pantalla principal de la aplicación, donde el usuario puede elegir entre diferentes juegos.

- **Atrapar el ratón**
- **Bop It**
- **Laberintos**



Figura 7. Mockup de la selección de juegos

MOCKUP – APLASTAR EL RATÓN

Este juego evalúa la atención y control de impulsos mediante una dinámica sencilla pero efectiva. Los niños deben aplastar ratones virtuales que aparecen aleatoriamente en diferentes puntos de la pantalla durante un tiempo limitado de 30 segundos por ronda. La interfaz muestra un escenario con múltiples hoyos donde aparecen los ratones.



Figura 8. Mockup de Aplastar el ratón

MOCKUP – MOKUP BOP IT

Aquí se muestra el juego Bop It, donde el usuario debe seguir comandos como "Estira" y "Gira", se registra la puntuación obtenida en base a la rapidez y precisión con la que el usuario sigue las instrucciones.



Figura 9. Mockup del Bop It

MOCKUP – LABERINTO

El mockup "Laberinto" es una herramienta interactiva que evalúa funciones ejecutivas en niños con TDAH mediante tres niveles de dificultad, generando datos útiles para entrenar modelos de inteligencia artificial.

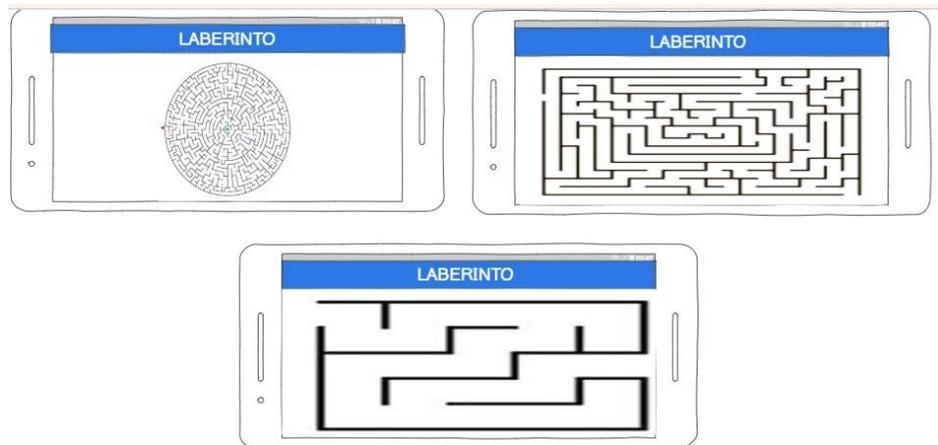


Figura 10. Mockup de los laberintos

Los tres juegos registran 3 tipos de datos principales, los cuales vienen siendo la cantidad de toques esparcidos en la pantalla, el tiempo que se demoren en completar cada juego y los movimientos bruscos del dispositivo captados por el acelerómetro.

B. Plataforma de desarrollo

Para el desarrollo de los juegos se ha seleccionado Unity como motor principal, ya que ofrece capacidades avanzadas de renderizado 2D/3D y un robusto sistema de física que optimiza la interacción con los sensores. Su arquitectura multiplataforma permite exportar

fácilmente a Android e iOS manteniendo consistencia en el comportamiento de los sensores. Anteriormente se optaba por utilizar Flutter, pero la decisión de no utilizar esa plataforma se basó en limitaciones técnicas clave: aunque es excelente para aplicaciones convencionales, presenta restricciones en el acceso nativo a los sensores del dispositivo y menor rendimiento para procesar datos del acelerómetro en tiempo real. Unity, en cambio, proporciona APIs especializadas (como `Input.acceleration`) y un mayor control sobre los eventos táctiles, esencial para nuestros requerimientos de precisión. Además, su Asset Store incluye plugins para análisis de datos que acelerarán el desarrollo. Esta migración garantiza que los juegos capturen métricas con la exactitud que la investigación requiere.

C. Diseño de la base de datos

MODELO ENTIDAD – RELACIÓN

ENTIDADES: Son aquellos que suministran la información para resolver el problema. Pueden ser personas, objetos, cosas, sitios, etc.

- **Acudiente:** Padre/madre/tutor responsable del niño.
- **Niños:** Pacientes que usan la aplicación.
- **Sesión de juego:** Registro de cada vez que un niño interactúa con la app.
- **Juegos:** Tipos de juegos disponibles ("Atrapar al ratón", "Bop It", "Laberintos").
- **Lectura de sensor:** Datos capturados por sensores (**acelerómetro y pantalla táctil**) durante los juegos.

ATRIBUTOS: Describen a las entidades y sus atributos permiten resolver el problema planteado.

- **Acudiente:**
 Identificación
 Nombres
 Correo
 Dirección
- **Niños:**
 Identificación
 Tarjeta de Identidad

Nombres

Edad

Género

Diagnóstico Previo

- **Sesión de juego:**

Identificación

Duración

Puntaje

Fecha de Inicio

Fecha Final

- **Juegos:**

Identificación

Nombre

Descripción

Fecha de Inicio

Fecha Final

- **Lectura de sensor:**

Identificación

Acelerómetro

Toques

Fecha de lectura

RELACIONES

TABLA I. RELACIONES DE ENTIDAD “ACUDIENTE”

| ENTIDAD | ENTIDAD |
|-----------|---------|
| ACUDIENTE | NIÑOS |

TABLA II. RELACIONES DE ENTIDAD “NIÑOS”

| ENTIDAD | ENTIDAD |
|---------|-----------------|
| NIÑOS | ACUDIENTE |
| | SESIÓN DE JUEGO |

TABLA III. RELACIONES DE ENTIDAD “SESIÓN DE JUEGO”

| ENTIDAD | ENTIDAD |
|-----------------|-------------------|
| SESIÓN DE JUEGO | NIÑOS |
| | JUEGOS |
| | LECTURA DE SENSOR |

TABLA IV. RELACIONES DE ENTIDAD “JUEGOS”

| ENTIDAD | ENTIDAD |
|---------|-----------------|
| JUEGOS | SESIÓN DE JUEGO |

TABLA V. RELACIONES DE ENTIDAD “LECTURA DE SENSOR”

| ENTIDAD | ENTIDAD |
|-------------------|-----------------|
| LECTURA DE SENSOR | SESIÓN DE JUEGO |

DIAGRAMA ENTIDAD – RELACIÓN

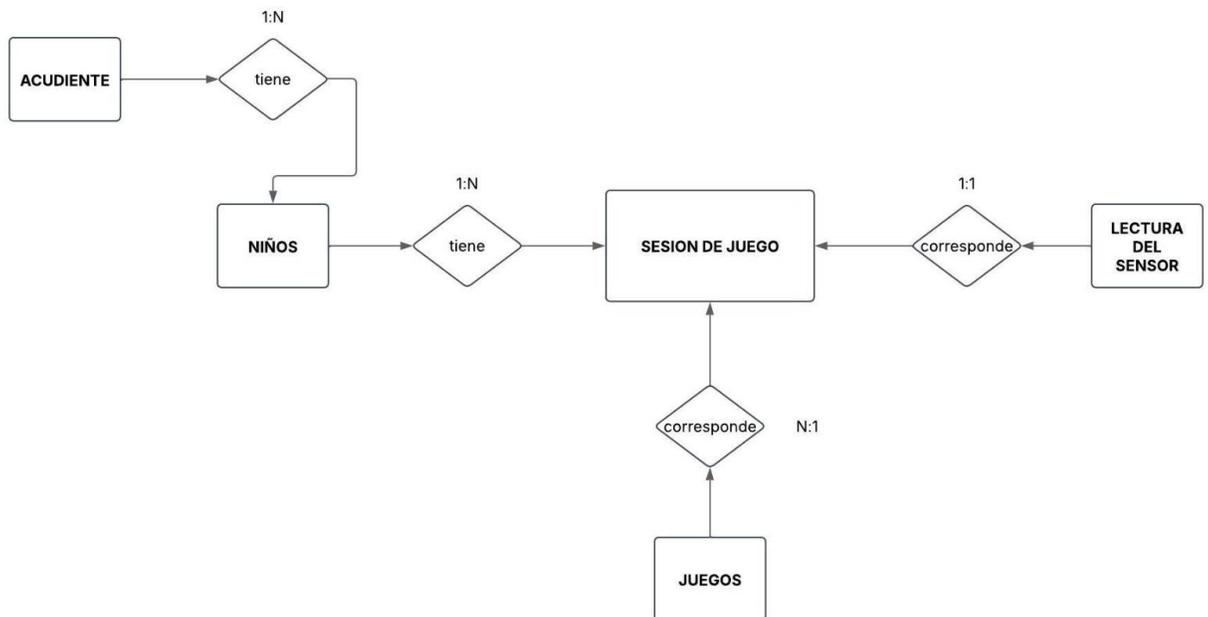


Figura 11. Diagrama Entidad-Relación

DICCIONARIO DE DATOS

TABLA VI. ENTIDAD “JUEGOS”

| CAMPO | TIPO | LONGITUD | VALIDACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|--------------|-----------|----------|------------------------------------|--------------------------------------|
| id_juego | INT | 11 | Llave primaria Auto incremental | Identificador único del juego |
| nombre | VARCHAR | 250 | Obligatorio | Nombre descriptivo del juego |
| descripcion | VARCHAR | 250 | Opcional | Detalles sobre la mecánica del juego |
| fecha_inicio | TIMESTAMP | | Obligatorio | Fecha de creación del registro |
| fecha_final | TIMESTAMP | | Opcional | Fecha de última modificación |

TABLA VII. ENTIDAD “SESIÓN DE JUEGOS”

| CAMPO | TIPO | LONGITUD | VALIDACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|-----------|----------|------------------------------------|-----------------------------------|
| id_sesion_juego | INT | 11 | Llave primaria Auto incremental | ID único de sesión |
| id_nific | INT | 11 | Llave foránea Obligatoria | Relación con tabla niños |
| id_juego | INT | 11 | Llave foránea Obligatoria | Relación con tabla juegos |
| id_lectura_sensor | INT | 11 | Llave foránea Obligatoria | Relación con lecturas de sensores |
| duracion | VARCHAR | 20 | Obligatorio | Tiempo total de la sesión |
| puntaje | INT | 11 | Obligatorio | Resultado cuantitativo del juego |
| fecha_inicio | TIMESTAMP | | Obligatorio | Inicio de la sesión |
| fecha_final | TIMESTAMP | | Obligatorio | Finalización de la sesión |

TABLA VIII. ENTIDAD “NIÑOS”

| CAMPO | TIPO | LONGITUD | VALIDACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|--------------|---------|----------|------------------------------------|------------------------|
| id_nific | INT | 11 | Llave primaria Auto incremental | ID único del niño |
| No_Documento | VARCHAR | 20 | Único Obligatorio | Documento de identidad |
| nombre | VARCHAR | 250 | Obligatorio | Nombre completo |
| edad | INT | 11 | Obligatorio | Edad en años |

| | | | | |
|--------------------|---------|-----|---------------------------|---|
| genero | VARCHAR | 250 | Obligatorio | Masculino o Femenino |
| diagnostico_previo | VARCHAR | 250 | Obligatorio | Indicador de diagnóstico clínico previo |
| id_acudiente | INT | 11 | Llave foránea Obligatoria | Relación con tabla acudiente |

TABLA IX. ENTIDAD “ACUDIENTE”

| CAMPO | TIPO | LONGITUD | VALIDACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-----------|---------|----------|---------------------------------|------------------------|
| id | INT | 11 | Llave primaria Auto incremental | ID único del acudiente |
| nombres | VARCHAR | 20 | Obligatorio | Nombre completo |
| direccion | VARCHAR | 20 | Opcional | Dirección física |
| correo | VARCHAR | 20 | Opcional | Correo electrónico |
| telefono | VARCHAR | 20 | Obligatorio | Número de contacto |

TABLA X. ENTIDAD “LECTURA DE SENSOR”

| CAMPO | TIPO | LONGITUD | VALIDACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|-----------|----------|---------------------------------|--|
| id_lectura_sensor | INT | 11 | Llave primaria Auto incremental | ID único de lectura |
| acelerometro | LONGTEXT | | Obligatorio | Datos crudos del acelerómetro |
| touch | BIGINT | 20 | Obligatorio | Cantidad total de interacciones táctiles |
| fecha_lectura | TIMESTAMP | | Obligatorio | Marca de tiempo de registro |

DIAGRAMA RELACIONAL

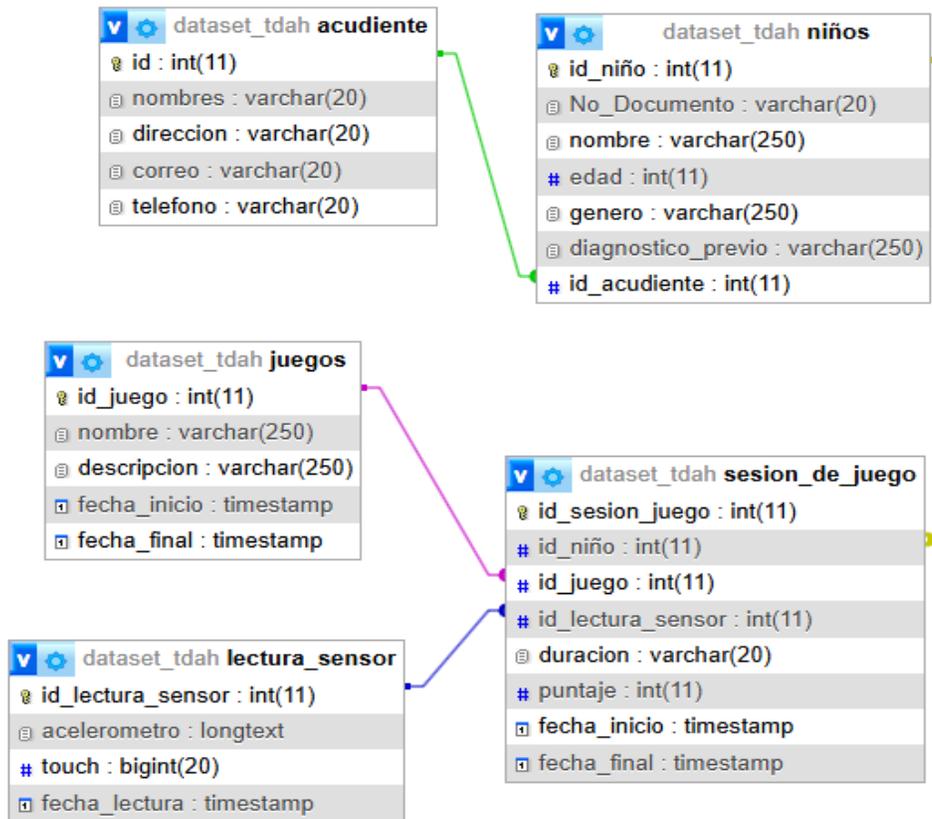


Figura 12. Diagrama Relacional

D. Construcción del primer juego

El juego "Aplastar al Ratón" (código AP HD) fue desarrollado en Unity para dispositivos móviles, utilizando el motor de renderizado 2D para garantizar un rendimiento óptimo en diferentes dispositivos. Cada ronda tiene una duración fija de 30 segundos, tiempo establecido tras pruebas preliminares que demostraron ser suficiente para evaluar patrones de atención. El sistema utiliza los sensores táctiles nativos del dispositivo para registrar coordenadas exactas de cada interacción, mientras que el acelerómetro detecta movimientos bruscos que podrían indicar hiperactividad motora. La mecánica principal consiste en tocar ratones animados que aparecen aleatoriamente en múltiples hoyeros distribuidos estratégicamente en la pantalla, intercalados con objetos distractores como utensilios de cocina para evaluar el control inhibitorio.

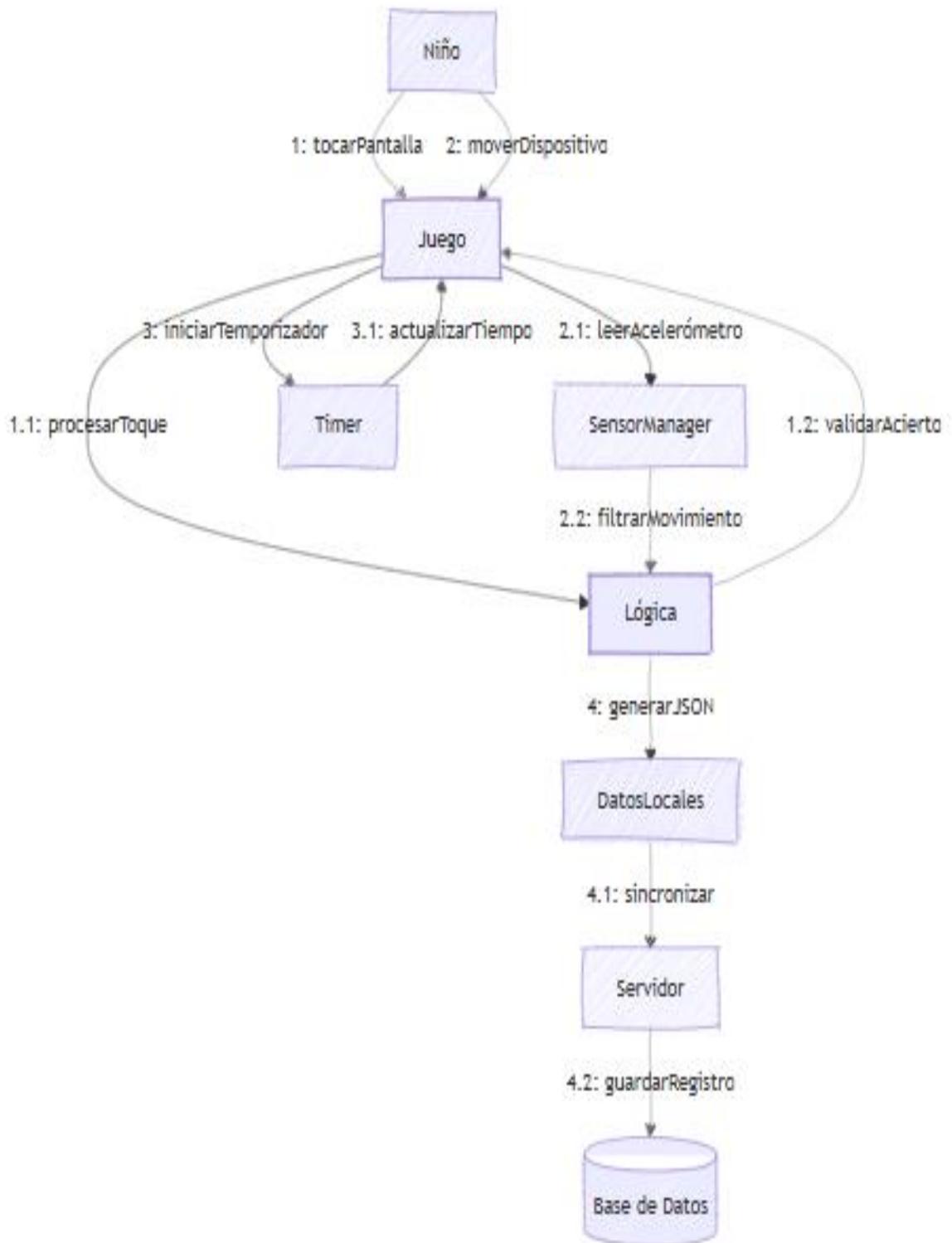


Figura 13. Diagrama de Comunicación "Atrapar el Ratón"

El juego se programó en Unity usando comandos sencillos pero poderosos. Para detectar cuando el niño toca la pantalla, usamos **Input.touches** que indica dónde y cuándo ocurre cada toque. Con **Input.acceleration** medimos si el dispositivo se mueve mucho, lo que ayuda a detectar hiperactividad. Los ratones aparecen en lugares aleatorios gracias a **Random.Range** y desaparecen solos después de un tiempo usando **WaitForSeconds**. Cada vez que el niño aplasta un ratón, el juego guarda información importante como el tiempo de reacción y los errores, usando **JsonUtility.ToJson** para organizar los datos. Todo esto funciona como un reloj: los ratones salen, el niño los toca, y el juego aprende de cómo juega para ayudar a entender su atención.

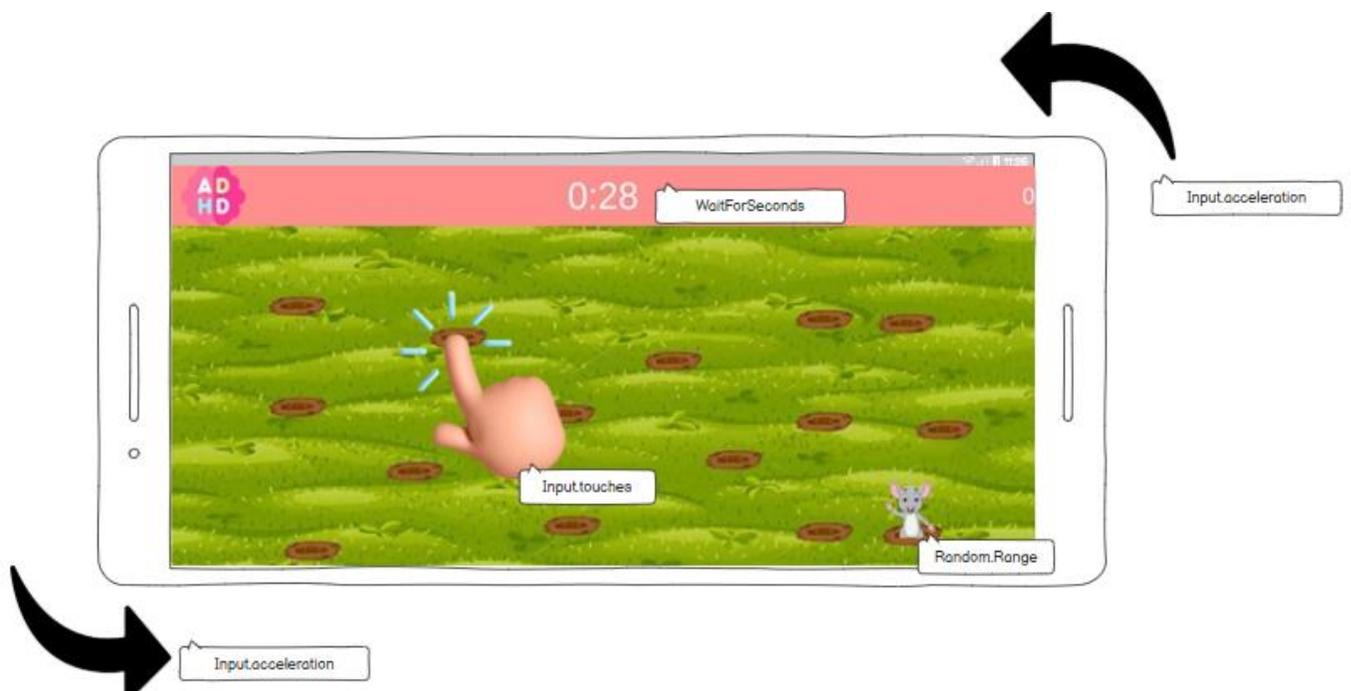


Figura 14. Interfaz gráfica "Atrapar el Ratón"

E. Construcción del Segundo juego

El segundo juego, inspirado en la mecánica de Bop It, opera por intentos individuales: cada vez que el usuario desee jugar, debe seleccionar manualmente la opción "Bop It" para iniciar una nueva ronda. La mecánica principal consiste en escuchar comandos como "estira", "gira" o "Bop it", y ejecutar la acción correspondiente dentro de un tiempo límite. Para reforzar la experiencia, el juego incluye sonidos pregrabados integrados en la

aplicación, como confirmaciones de acierto/error y efectos de interacción, acompañados de una puntuación.

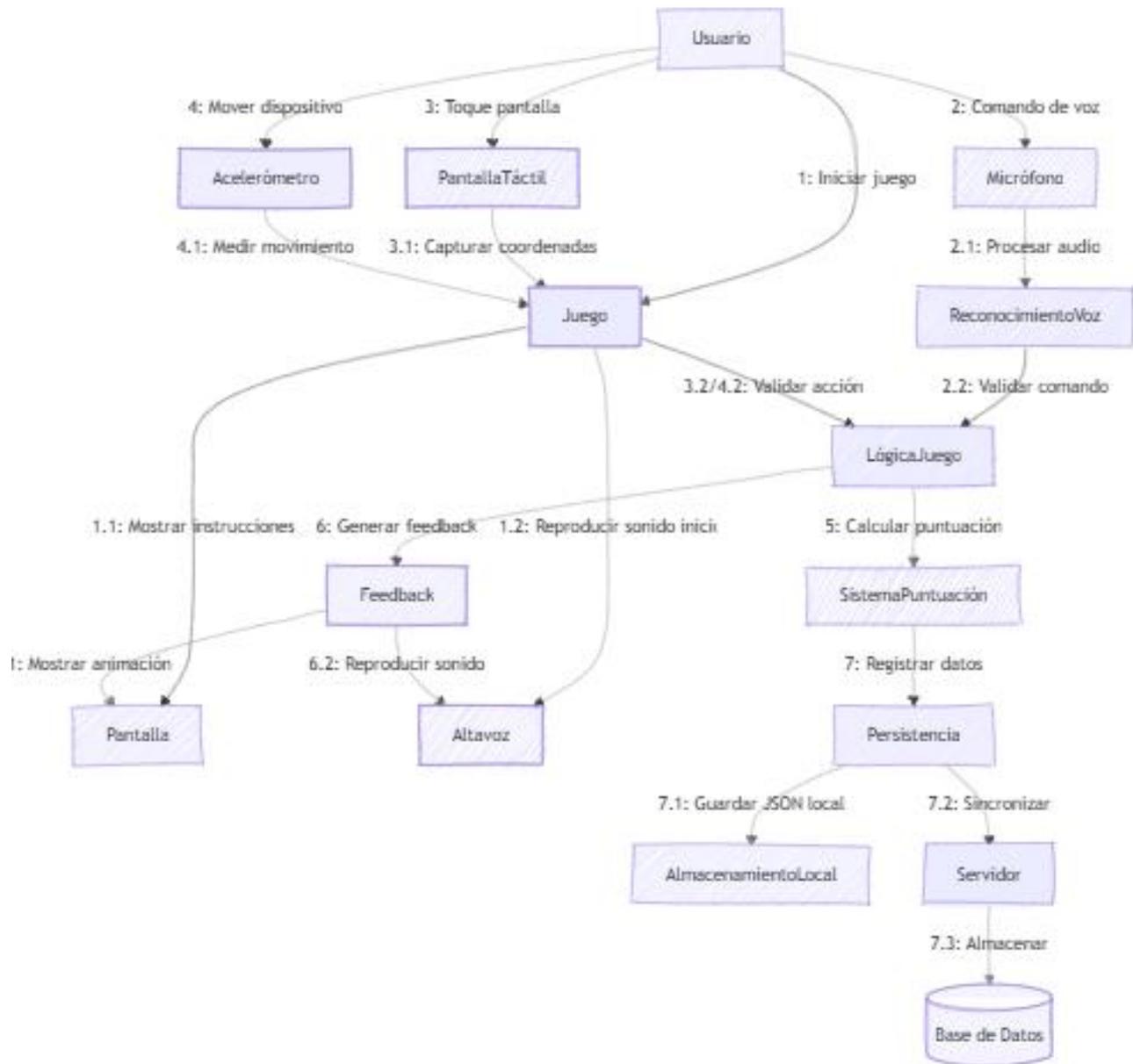


Figura 15. Diagrama de Comunicación "Bop It"

El juego se desarrolló en Unity combinando sistemas de entrada múltiple (voz, táctil y movimiento) con mecánicas de tiempo real. Para los comandos de voz como "Estira", "Gira" o "Bop It", se utilizó el **paquete UnityEngine.Windows.Speech** con un **KeywordRecognizer** que detecta las

palabras clave predefinidas y las compara con la acción solicitada en pantalla, se usó **Input.touches** que nos dice la cantidad de toques. Con **Input.acceleration** medimos si el dispositivo se mueve



Figura 16. Interfaz gráfica del "Bop It"

mucho, lo que ayuda a detectar hiperactividad. Toda la información que se recolecte del juego guarda información importante como el tiempo de reacción y los errores, usando **JsonUtility.ToJson** para organizar los datos.

F. Construcción del tercer juego

El juego "Laberinto" fue desarrollado en Unity utilizando el motor de renderizado 2D, optimizado para dispositivos móviles, Su diseño consta de tres laberintos progresivamente más complejos, que el jugador debe completar secuencialmente. A diferencia de los anteriores juegos, este no cuenta con un límite de tiempo, permitiendo que el jugador se tome el tiempo necesario para finalizar cada nivel, esta característica se implementó con el fin de evaluar funciones ejecutivas como la planificación y la perseverancia, sin la presión del cronómetro.

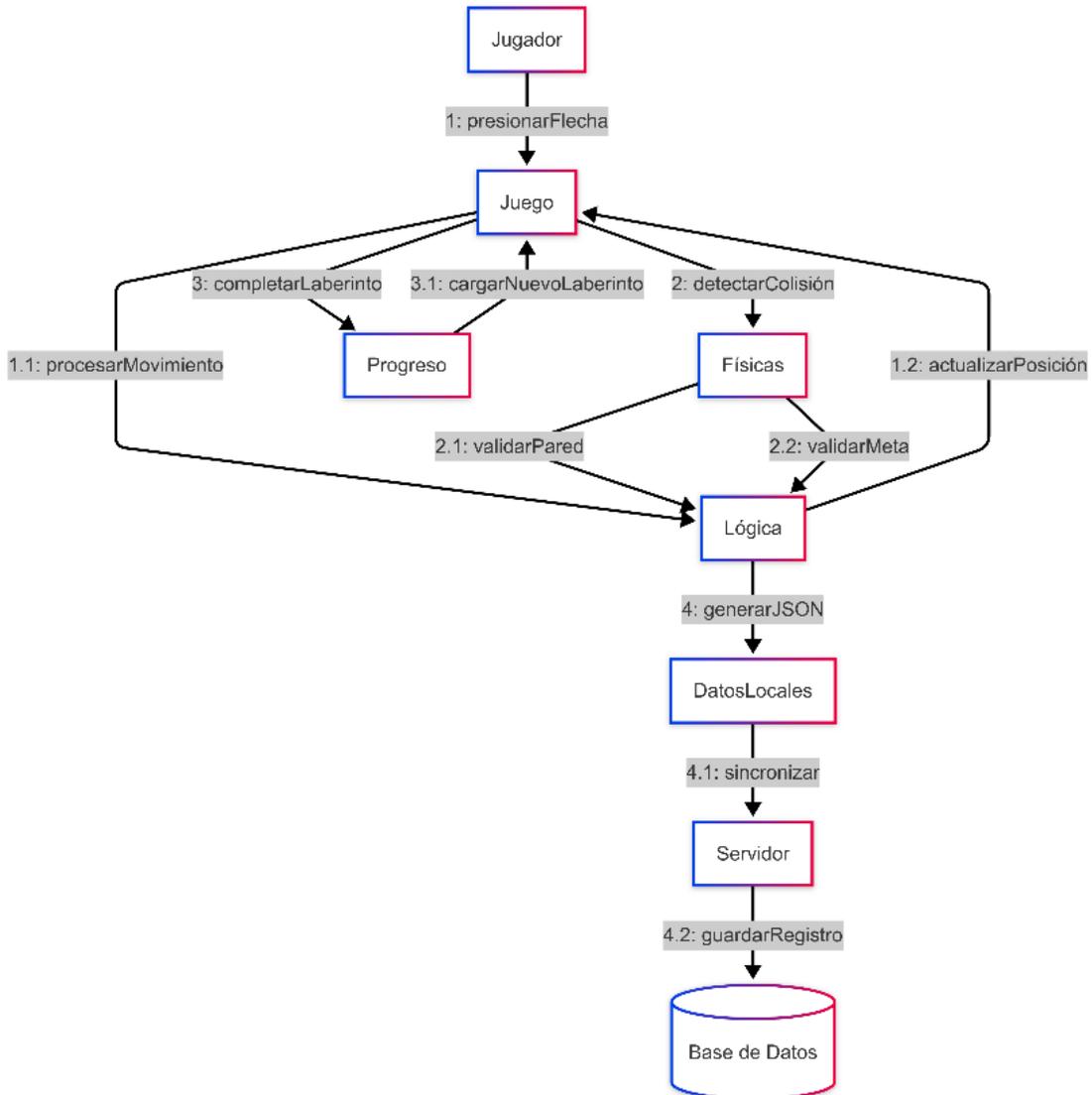


Figura 17. Diagrama de Comunicación de los "Laberintos"

La jugabilidad se centra en el desplazamiento de un personaje principal, un conejo animado, mediante un sistema de control basado en cuatro flechas direccionales que actúan como un joystick virtual en pantalla. Estas flechas fueron programadas utilizando eventos de entrada táctil (`Input.GetTouch`) para registrar las pulsaciones y traducirlas en movimiento fluido del personaje a través del laberinto. Cada laberinto presenta caminos más complejos y angostos, lo que aumenta gradualmente la dificultad. La detección de colisiones con las paredes y el seguimiento del progreso dentro del laberinto se manejan mediante *colliders* y *scripts* personalizados que controlan el comportamiento del jugador y los límites del entorno. Al igual que en los anteriores juegos de "Aplastar al Ratón" y "Bop-it", este módulo registra información

relevante como el tiempo registrado en el juego, toques de pantalla, y movimientos del dispositivo a través del acelerómetro (Input.acceleration). La estructura de datos se gestiona utilizando JsonUtility.ToJson, permitiendo organizar y almacenar la información para su posterior análisis. Este enfoque no solo mantiene la coherencia técnica entre los distintos juegos de la aplicación, sino que también **permite ampliar el rango de variables cognitivas observables en el usuario.**

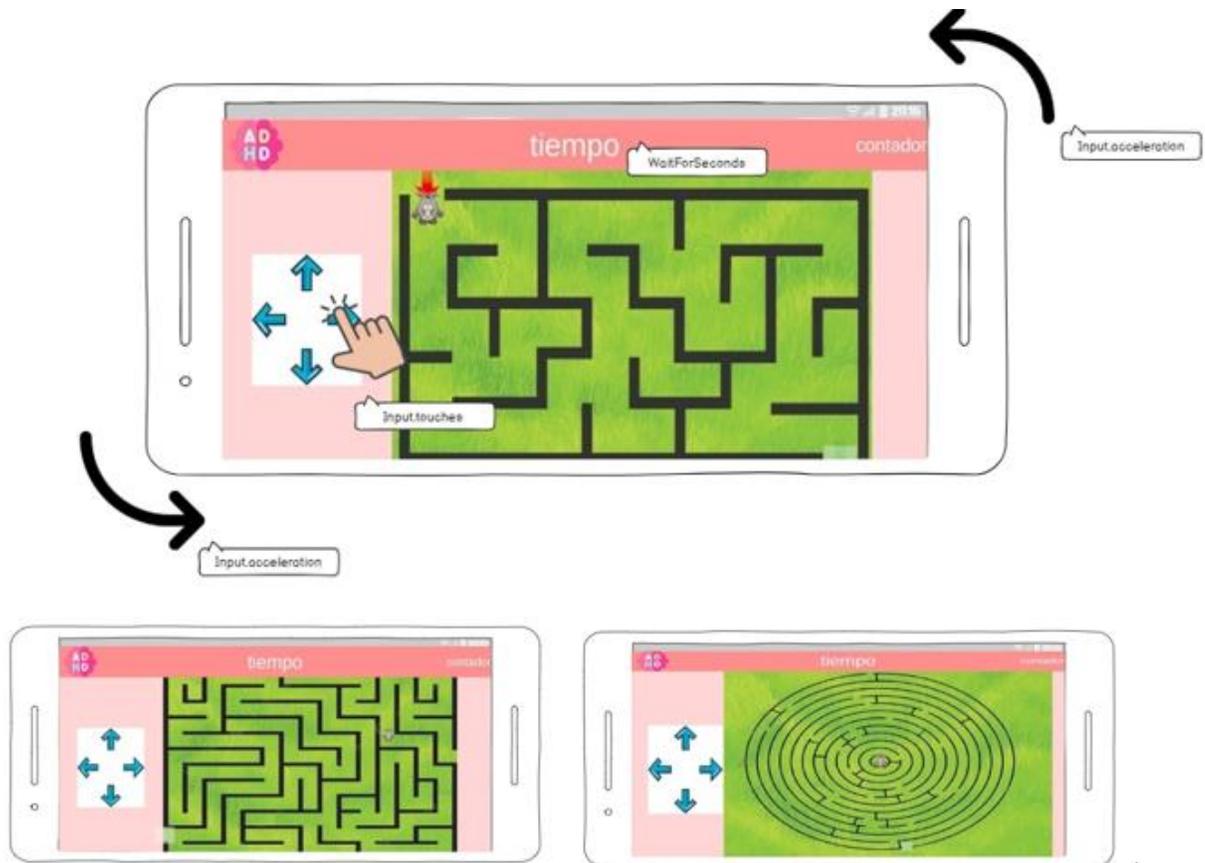


Figura 18. Interfaz gráfica de los "Laberintos"

G. Evaluaciones Finales y construcción de los dataset

Al observar de manera directa se hizo evidente la marcada diferencia en cómo los niños con TDAH se relacionaban con los juegos móviles comparado con los demás. Mientras los niños neurotípicos mantenían una interacción más calmada y enfocada siguiendo las instrucciones, esperando pacientemente a que aparecieran los ratones y tocando con precisión, los niños con F-900 mostraban una dinámica completamente distinta. Se notaba

cómo en las sesiones de juegos su impulsividad era palpable, en “Atrapar al ratón” ellos golpeaban la pantalla frenéticamente, incluso antes de que aparecieran los objetivos, y movían el dispositivo con brusquedad, a diferencia de los niños neurotípicos que esperaban pacientemente. En “Bop It!”, la dificultad para seguir secuencias simples se hacía evidente; interrumpían las instrucciones, realizaban acciones equivocadas por impulsividad, y su frustración emergía rápidamente tras errores, manifestándose en golpes a la mesa o expresiones verbales de enfado. El juego de “Laberintos” reveló su desafío para la planificación motora: inclinaban el dispositivo con movimientos exagerados, perdían el control del personaje con frecuencia, y abandonaban la tarea prematuramente tras pocos intentos fallidos, también cabe resaltar que durante todo el tiempo de juego movían constantemente el dispositivo en sus manos, cambiándolo de posición bruscamente, y en varios casos se les veía levantarse de la silla o balancear las piernas con energía mientras jugaban, pero lo más revelador era su frustración visible cuando cometían errores, algunos de ellos golpeaban la mesa con sus manos y otros apretaban sus puños con fuerza, evidenciando cómo rápidamente perdían el hilo de lo que debían hacer, distrayéndose con cualquier elemento de la pantalla o del entorno. Estas observaciones cualitativas, más allá de cualquier número, otorgaban un panorama mucho más claro de las dificultades características de los trastornos comportamentales como: la impulsividad motora, problemas para mantener la atención y una regulación emocional frágil y todo capturado de manera orgánica a través de su interacción con nuestra aplicación.



Figura 19. Evidencia fotográfica en CEHANI

Cada lectura fue almacenada automáticamente en una base de datos estructurada, registrando la fecha y hora precisa, la cantidad de toques realizados, y una serie de valores del acelerómetro en los tres ejes (X, Y, Z) durante la actividad. Esta recolección fue continua durante las sesiones de juego, lo que permitió obtener una muestra rica y detallada del comportamiento motor e interactivo de cada niño. Los datos fueron anonimizados y organizados mediante identificadores únicos por sesión, facilitando su análisis posterior en relación con las observaciones cualitativas realizadas por el equipo de investigación.

| | id_lectura_sensor | acelerometro | touch | fecha_lectura |
|--------------------------|-------------------|---|-------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> | 101 | ["accelerometerData":{"x":0.4209388792514801,"y":... | 21 | 2025-02-26 21:08:33 |
| <input type="checkbox"/> | 102 | ["accelerometerData":{"x":0.13827352225780488,"y":... | 32 | 2025-02-26 21:12:03 |
| <input type="checkbox"/> | 103 | ["accelerometerData":{"x":0.0053076231852173809,"y":... | 41 | 2025-02-26 21:13:01 |
| <input type="checkbox"/> | 104 | ["accelerometerData":{"x":0.094940684735775,"y":... | 0 | 2025-02-26 21:24:34 |
| <input type="checkbox"/> | 105 | ["accelerometerData":{"x":0.1314363330602646,"y":... | 1 | 2025-02-26 21:27:31 |
| <input type="checkbox"/> | 106 | ["accelerometerData":{"x":0.6213130950927734,"y":... | 2 | 2025-02-26 21:28:33 |
| <input type="checkbox"/> | 107 | ["accelerometerData":{"x":0.7885414361953735,"y":... | 2 | 2025-02-26 21:28:44 |
| <input type="checkbox"/> | 108 | ["accelerometerData":{"x":0.8266890048980713,"y":... | 0 | 2025-02-26 21:29:00 |
| <input type="checkbox"/> | 109 | ["accelerometerData":{"x":0.859926700592041,"y":... | 2 | 2025-02-26 21:29:06 |
| <input type="checkbox"/> | 110 | ["accelerometerData":{"x":0.9457816481590271,"y":... | 1 | 2025-02-26 21:29:10 |
| <input type="checkbox"/> | 111 | ["accelerometerData":{"x":0.8454416990280151,"y":... | 0 | 2025-02-26 21:29:24 |
| <input type="checkbox"/> | 112 | ["accelerometerData":{"x":0.8330062031745911,"y":... | 5 | 2025-02-26 21:29:33 |
| <input type="checkbox"/> | 113 | ["accelerometerData":{"x":0.8433002829551697,"y":... | 4 | 2025-02-26 21:29:42 |
| <input type="checkbox"/> | 114 | ["accelerometerData":{"x":0.863490641117096,"y":... | 8 | 2025-02-26 21:29:57 |

| INTERACCIÓN DEL USUARIO CON LA PANTALLA POR MEDIO DE TOQUES | | | | |
|---|-------|---------------------|--|--|
| | touch | fecha_lectura | | |
| | 21 | 2025-02-26 21:08:33 | | |
| | 32 | 2025-02-26 21:12:03 | | |
| | 41 | 2025-02-26 21:13:01 | | |
| | 0 | 2025-02-26 21:24:34 | | |
| | 1 | 2025-02-26 21:27:31 | | |
| | 2 | 2025-02-26 21:28:33 | | |
| | 2 | 2025-02-26 21:28:44 | | |
| | 0 | 2025-02-26 21:29:00 | | |
| | 2 | 2025-02-26 21:29:06 | | |
| | 1 | 2025-02-26 21:29:10 | | |
| | 0 | 2025-02-26 21:29:24 | | |
| | 5 | 2025-02-26 21:29:33 | | |
| | 4 | 2025-02-26 21:29:42 | | |
| | 8 | 2025-02-26 21:29:57 | | |

| MOVIMIENTO ESPACIAL DEL CELULAR | | | | |
|---------------------------------|-------------------|--|-------|---------------------|
| | id_lectura_sensor | acelerometro | touch | fecha_lectura |
| <input type="checkbox"/> | 101 | ["x":0.4209388792514801,"y":0.5644129514694214,"z":0.7603855238723755), | | |
| <input type="checkbox"/> | 102 | ["x":0.529538631439209,"y":0.41787970066070559,"z":0.8117910027503967), | | |
| <input type="checkbox"/> | 103 | ["x":0.529538631439209,"y":0.41787970066070559,"z":0.8117910027503967), | | |
| <input type="checkbox"/> | 104 | ["x":0.3929935395717621,"y":0.4868176281452179,"z":0.756420373916626), | | |
| <input type="checkbox"/> | 105 | ["x":0.25777915120124819,"y":0.4491901099681854,"z":0.7200165390968323), | | |
| <input type="checkbox"/> | 106 | ["x":0.2674766778945923,"y":0.5114896893501282,"z":0.8511622548103333), | | |
| <input type="checkbox"/> | 107 | ["x":0.2492135614156723,"y":0.5832725763320923,"z":0.7641753554344177), | | |
| <input type="checkbox"/> | 108 | ["x":0.19445478916168214,"y":0.5888860821723938,"z":0.7762131094932556), | | |
| <input type="checkbox"/> | 109 | ["x":0.12522625923156739,"y":0.5864388346672058,"z":0.6968740820884705), | | |
| <input type="checkbox"/> | 110 | ["x":0.13174223899841309,"y":0.6862741112709045,"z":0.7305247187614441), | | |
| <input type="checkbox"/> | 110 | ["accelerometerData":{"x":0.9457816481590271,"y":... | 1 | 2025-02-26 21:29:10 |

Esta dinámica observacional fue respaldada por los datos recolectados directamente desde

Figura 20. Recolección de datos en la entidad "LECTURA SENSOR"

los sensores del dispositivo móvil. En los registros del acelerómetro se evidencia un patrón de movimiento mucho más brusco y constante en los niños con F-900, con variaciones abruptas en los ejes X, Y y Z, lo cual refleja una manipulación intensa y poco controlada del dispositivo. Además, la cantidad de toques en pantalla por unidad de tiempo (como se muestra en los campos de "touch") fue significativamente mayor en estos niños en comparación con sus pares neurotípicos, confirmando su impulsividad motora. Por ejemplo, en la tercera fila en una sola sesión, se contabilizaron hasta 41 toques, mientras que otros registros muestran patrones igualmente elevados de interacción, muchos de ellos ocurridos antes del estímulo visual esperado en el juego. Esta hiperinteracción, combinada

con movimientos físicos detectados por los sensores, refuerza la hipótesis de que los niños con TDAH presentan una respuesta más desorganizada, impulsiva y emocionalmente cargada frente a tareas lúdicas digitales, lo cual puede ser crucial para diseñar estrategias pedagógicas o de intervención más efectivas a través del juego.

| | | id_sesion_juego | id_niño | id_juego | id_lectura_sensor | duracion | puntaje | fecha_inicio | fecha_final |
|--------------------------|----------------------|-----------------|---------|----------|-------------------|----------|---------|---------------------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 71 | 11 | 1 | 101 | 00:15 | 10 | 2025-02-26 21:08:35 | 2025-02-26 21:08:35 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 72 | 11 | 2 | 104 | 00:05 | 0 | 2025-02-26 21:24:36 | 2025-02-26 21:24:36 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 73 | 11 | 2 | 105 | 00:03 | 0 | 2025-02-26 21:27:32 | 2025-02-26 21:27:32 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 74 | 11 | 2 | 106 | 00:08 | 1 | 2025-02-26 21:28:38 | 2025-02-26 21:28:38 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 75 | 11 | 2 | 107 | 00:05 | 1 | 2025-02-26 21:28:45 | 2025-02-26 21:28:45 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 76 | 11 | 2 | 107 | 00:06 | 1 | 2025-02-26 21:28:54 | 2025-02-26 21:28:54 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 77 | 11 | 2 | 108 | 00:05 | 0 | 2025-02-26 21:29:01 | 2025-02-26 21:29:01 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 78 | 11 | 2 | 109 | 00:04 | 1 | 2025-02-26 21:29:08 | 2025-02-26 21:29:08 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 79 | 11 | 2 | 110 | 00:02 | 0 | 2025-02-26 21:29:12 | 2025-02-26 21:29:12 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 80 | 11 | 2 | 111 | 00:06 | 0 | 2025-02-26 21:29:27 | 2025-02-26 21:29:27 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 81 | 11 | 2 | 112 | 00:05 | 2 | 2025-02-26 21:29:34 | 2025-02-26 21:29:34 |

| USUARIO INTERACTUANDO CON EL JUEGO | | | |
|------------------------------------|-----------------|---------|----------|
| | id_sesion_juego | id_niño | id_juego |
| <input type="checkbox"/> | 71 | 11 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | 72 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 73 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 74 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 75 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 76 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 77 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 78 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 79 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 80 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 81 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 82 | 11 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 83 | 11 | 2 |

| IDENTIFICADOR DEL SENSOR | | | PUNTUACIÓN DEL USUARIO CON EL JUEGO | | |
|--------------------------|----------|---------|-------------------------------------|--|--|
| id_lectura_sensor | duracion | puntaje | | | |
| 101 | 00:15 | 10 | | | |
| 104 | 00:05 | 0 | | | |
| 105 | 00:03 | 0 | | | |
| 106 | 00:08 | 1 | | | |
| 107 | 00:05 | 1 | | | |
| 107 | 00:06 | 1 | | | |
| 108 | 00:05 | 0 | | | |
| 109 | 00:04 | 1 | | | |
| 110 | 00:02 | 0 | | | |
| 111 | 00:06 | 0 | | | |
| 112 | 00:05 | 2 | | | |

| DURACIÓN DE LA INTERACCIÓN CON CADA JUEGO | | |
|---|---------|----------|
| id_sesion_juego | id_niño | id_juego |
| 71 | 11 | 1 |
| 72 | 11 | 2 |
| 73 | 11 | 2 |
| 74 | 11 | 2 |
| 75 | 11 | 2 |
| 76 | 11 | 2 |
| 77 | 11 | 2 |
| 78 | 11 | 2 |
| 79 | 11 | 2 |
| 80 | 11 | 2 |
| 81 | 11 | 2 |
| 82 | 11 | 2 |
| 83 | 11 | 2 |

La presente tabla representa la integración de todos los datos recolectados automáticamente por la aplicación durante las sesiones de juego, consolidando información clave sobre la

Figura 21. Recolección de datos en la entidad "SESIÓN DEL JUEGO"

interacción de cada niño, en ella se agrupan variables como el identificador del niño, el juego utilizado, el sensor vinculado que asocia los datos de movimiento y toques previamente registrados, así como la duración de cada sesión y el puntaje obtenido.

Este registro permite visualizar de manera clara la secuencia y calidad de la interacción con el juego, también es importante señalar que un puntaje de "0" no representa necesariamente una falta de intento, sino más bien intentos nulos o fallidos, especialmente comunes durante las primeras sesiones del juego "Bop-It", mientras los niños estaban familiarizándose con su dinámica e instrucciones, dicha información es crucial para interpretar adecuadamente

la curva de aprendizaje, la respuesta motora, y la comprensión de las reglas del juego por parte de los niños evaluados, de esta manera la tabla actúa como un nexo entre los datos de sensores y las métricas de desempeño, facilitando un análisis más completo del comportamiento observado.

Una vez recolectados los datos suficientes tanto en el Centro de Rehabilitación Del Niño (CEHANI E.S.E), como por cuenta propia se inicio la fase de creación y conformación de tres datasets, todo bajo la constante supervisión del magister Héctor Andres Mora Paz, estos tres conjuntos de datos se crean por la necesidad de experimentar y deducir que modelo de inteligencia artificial sería el más óptimo para la información recolectada.

| touch | mean_dx | std_dx | mean_dy | std_dy | mean_dz | std_dz |
|-------|------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 21 | 0.0004986105984562224 | 0.04653397641871987 | -0.00013876883914582184 | 0.037361809802589095 | 4,10E+10 | 0.07201578496327224 |
| 32 | -8,61E+10 | 0.03749348656302986 | -0.00022374725738846056 | 0.03354079684458095 | 0.00020192564715476949 | 0.047810873228885296 |
| 41 | -1,89E+11 | 0.015140183233525964 | 6,82E+09 | 0.019399855058193975 | -5,84E+10 | 0.031138577460595084 |
| 0 | 0.000694505918514112 | 0.06495104735044804 | -0.001225505409569576 | 0.04928474161326864 | 0.0006189500463419948 | 0.05407888754363757 |
| 1 | -0.0007462469917355162 | 0.07392050042277626 | -0.005934516588846843 | 0.09378160913870219 | 0.00015921484340320933 | 0.07494481706716387 |
| 2 | 0.008619612060397505 | 0.08680777166471432 | -0.007710528840501624 | 0.07427828637421023 | 0.0017975259976214673 | 0.05703524274702485 |
| 2 | 0.007776870136767362 | 0.12025924587543656 | -0.005985643747633537 | 0.16389460976922174 | 2,17E+10 | 0.13549634748077002 |
| 0 | 0.00713115802206913 | 0.0762227962985405 | -0.007736047150708046 | 0.1035946616504113 | -0.00010449946427545627 | 0.03460317315290095 |
| 2 | 0.008823228882331597 | 0.09570765483828814 | -0.010598661711341457 | 0.0965888739986118 | -4,94E+10 | 0.061469036763512536 |
| 1 | 0.026451146070446286 | 0.13859155998858788 | -0.028091725919927868 | 0.1539198986295354 | 0.0028262155396597726 | 0.02966106142352039 |
| 0 | 0.006027423283633064 | 0.09690155978342416 | -0.007804685467932404 | 0.09989294233930411 | -0.0018174938794945467 | 0.06814466885634375 |
| 5 | 0.005662930443779462 | 0.07506868377575025 | -0.007740602621601688 | 0.0935510670350364 | 0.000587080501847797 | 0.09637652378283312 |
| 4 | 0.004362751992203254 | 0.07441958450333654 | -0.005825396977076873 | 0.0748534723801008 | -0.00016445020285759182 | 0.0458478798941479 |
| 8 | 0.002304305951046878 | 0.05096436612506759 | -0.0030858214154387965 | 0.06406853408826974 | -0.0003030915890843415 | 0.05028538093533438 |
| 1 | 0.007699622741589944 | 0.08097511319054823 | -0.010849780837694804 | 0.09872741310158423 | 0.0012568001945813497 | 0.05018353331300864 |
| 1 | 0.007946916555954238 | 0.08036683946182102 | -0.00975129563929671 | 0.08329099941663395 | 0.0011034971576626019 | 0.0568033838832005 |
| 14 | 0.0011793813319720535 | 0.05065766970356559 | -0.0012041070125253 | 0.047047943338475236 | 0.00017352828808059388 | 0.059687699179170044 |
| 3 | 0.006493142503616098 | 0.10028392548778704 | -0.007766643152773968 | 0.09744899778207473 | -0.000781374124737529 | 0.09874077727015733 |
| 4 | 0.004948622976332644 | 0.08390590173562726 | -0.006102429433939929 | 0.08391650933078691 | 8,23E+10 | 0.06697341912901848 |
| 1 | 0.01924370734638575 | 0.11886285854209892 | -0.025071719418401302 | 0.17196521420519315 | -0.0004189701183982517 | 0.10180672756672524 |
| 1 | 0.007538231058406229 | 0.0887594902150573 | -0.008081550921211723 | 0.09035812485795841 | 0.0004987183238277916 | 0.0431620507627606 |
| 1 | 0.02418612680116365 | 0.12562239005891399 | -0.027826513315356054 | 0.14364971682158365 | 0.0014299743397291316 | 0.061137257371546634 |
| 9 | 0.0021277482515757846 | 0.05533195645990852 | -0.002111758706495934 | 0.05474584204468763 | 9,42E+10 | 0.046410826039375325 |
| 23 | 0.0006780101302405987 | 0.04636035773124212 | -0.0008733897715376603 | 0.03953428754934426 | 5,98E+09 | 0.04304962426157979 |
| 28 | 0.00016533777593298162 | 0.03429187506717387 | -0.00019789545248586235 | 0.03793177992704825 | 0.00011128742010035413 | 0.05756296369343653 |
| 66 | 3,28E+10 | 0.016878771567946437 | 1,21E+11 | 0.023827387740565288 | -8,93E+09 | 0.044814249691734774 |
| 13 | -6,43E+09 | 0.041971660134008174 | -0.0010628668271950995 | 0.04021359764826603 | 0.0007914780807123417 | 0.11621182455960959 |
| 1 | 0.023088185296904658 | 0.16222287915639252 | -0.01988150717149819 | 0.1533453414704671 | -0.0008486663141558247 | 0.12660129864102276 |
| 1 | 0.030873366055034455 | 0.12974068011467804 | -0.027139019398462205 | 0.11914303673528882 | 0.011590529055822463 | 0.08401998518826624 |

Figura 22. Primer Dataset

El primer dataset se basó en calcular los diferenciales del movimiento captado por el acelerómetro durante los juegos para ello se usó un script en Google Colab, se procesaron los datos en formato JSON para extraer los cambios entre cada punto en los ejes X, Y y Z, y se calcularon estadísticas como la media y desviación estándar de esos cambios. Estas variables permiten identificar la intensidad y variabilidad del movimiento del dispositivo y

finalmente, se integró la cantidad de toques en pantalla para relacionar el movimiento físico con la interacción del usuario, generando un dataset más manejable para pruebas con modelos de inteligencia artificial.

```

1 SELECT n.nombre,n.diagnostico_previo ,sj.duracion,ls.acelerometro,ls.touch,sj.id_lectura_sensor,
2 CASE WHEN n.diagnostico_previo='Si' THEN 1 WHEN n.diagnostico_previo='No'
3 THEN 0 ELSE NULL END AS datasetdos
4 FROM niños AS n JOIN sesion_de_juego AS sj ON n.id_niño=sj.id_niño
5 JOIN lectura_sensor AS ls ON sj.id_lectura_sensor=ls.id_lectura_sensor;

```

Figura 24. Consulta para obtener el Segundo Dataset

| nombre | diagnostico_previo | duracion | acelerometro | touch | id_lectura_sensor | datasetdos |
|---------------------------|--------------------|----------|---|-------|-------------------|------------|
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:15 | {"accelerometerData":{"x":-0.05150076746940613,"y"... | 66 | 126 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.03996777534484863,"y"... | 13 | 127 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.03996777534484863,"y"... | 13 | 127 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.03996777534484863,"y"... | 13 | 127 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.03996777534484863,"y"... | 13 | 127 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:03 | {"accelerometerData":{"x":-0.6470099687576294,"y"... | 1 | 128 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:08 | {"accelerometerData":{"x":0.5790968537330627,"y"... | 1 | 129 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:02 | {"accelerometerData":{"x":0.530043231758118,"y"... | 0 | 130 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:09 | {"accelerometerData":{"x":0.5649176836013794,"y"... | 7 | 131 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:15 | {"accelerometerData":{"x":0.7156419157981873,"y"... | 0 | 132 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:03 | {"accelerometerData":{"x":0.7151219248771668,"y"... | 1 | 133 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:03 | {"accelerometerData":{"x":0.7563286423683167,"y"... | 1 | 134 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:02 | {"accelerometerData":{"x":0.7822243571281433,"y"... | 0 | 135 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:15 | {"accelerometerData":{"x":0.7368418574333191,"y"... | 0 | 136 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:04 | {"accelerometerData":{"x":0.6498702764511108,"y"... | 1 | 137 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:10 | {"accelerometerData":{"x":0.6801558136940002,"y"... | 6 | 138 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:15 | {"accelerometerData":{"x":0.7284903526306152,"y"... | 0 | 139 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:07 | {"accelerometerData":{"x":0.7685652375221252,"y"... | 3 | 140 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.7419506311416626,"y"... | 0 | 141 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:09 | {"accelerometerData":{"x":0.7382796406745911,"y"... | 5 | 142 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:16 | {"accelerometerData":{"x":0.754692018032074,"y"... | 8 | 143 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.7424553632736206,"y"... | 3 | 144 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 | {"accelerometerData":{"x":0.825664222240448,"y"... | 1 | 145 | 1 |
| Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:03 | {"accelerometerData":{"x":0.7433731555938721,"y"... | 1 | 146 | 1 |

El segundo dataset se generó mediante una consulta SQL que unificó datos provenientes de

Figura 23. Segundo Dataset

tres tablas: información del niño, registros de sesiones de juego y lecturas del sensor, dicha integración permitió relacionar de forma precisa cada intento de juego con su jugador, la duración de la sesión, la cantidad de toques y los datos del acelerómetro, además, se añadió una columna llamada “datasetdos” que transforma el diagnóstico previo del niño en un valor binario 1 para "Sí", 0 para "No", facilitando su uso en modelos de clasificación. Este dataset representa una estructura organizada y completa que permite analizar la relación entre el comportamiento del usuario y su diagnóstico clínico.

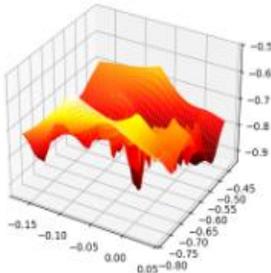
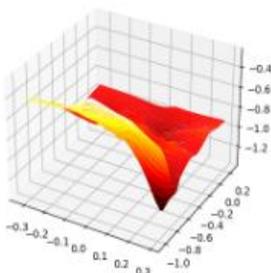
| Id | Nombre | Diagnostico | Duracion | Imagen | Touch | Dataset |
|-----|---------------------------|-------------|----------|--|-------|---------|
| 126 | Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:15 |  | 66 | 1 |
| 127 | Gabriel Ordóñez Gutiérrez | Si | 00:05 |  | 13 | 1 |

Figura 25. Tercer Dataset

El tercer dataset conserva la misma estructura del segundo, pero con una transformación clave, los datos brutos del acelerómetro fueron convertidos en mapas de calor tridimensionales mediante el uso del algoritmo Kringing, esta técnica de interpolación espacial permitió generar una imagen por cada intento de juego, representando de forma visual la intensidad y distribución de los movimientos del niño, posteriormente estas imágenes fueron luego integradas al dataset como una nueva forma de representar la interacción sensorial, con el objetivo de explorar modelos de inteligencia artificial que trabajen con datos visuales en lugar de solo numéricos.

3. Modelo de Inteligencia Artificial

Para finalizar, se realizan pruebas y procesos que se conocen generalmente como parte del proceso de modelado y evaluación de modelos en ciencia de datos o aprendizaje automático (machine learning). Estos datasets se pondrán a prueba mediante diversos algoritmos y técnicas de

clasificación supervisada con el objetivo de identificar patrones, evaluar el desempeño de distintos modelos predictivos y determinar cuál se adapta mejor al tipo de datos y objetivo del estudio.

A. Dataset 1 – Modelado de Regresión con Algoritmos de Aprendizaje Automático

Preparación y procesamiento de los datos

El dataset fue cargado desde una fuente tabular y consistía en un conjunto de variables independientes (x) y una variable dependiente continua (y). Para garantizar una evaluación justa de los modelos, se realizó una división del dataset en conjuntos de entrenamiento y prueba, conservando la proporción del 80/20. Dado que varios algoritmos son sensibles a la escala de los datos (por ejemplo, SVR, MLP y KNN), se aplicó normalización mediante estandarización (StandardScaler). Esta técnica transforma los datos para que tengan media cero y desviación estándar uno, ayudando a estabilizar y acelerar el proceso de aprendizaje.

Modelos implementados y análisis de resultados

Modelo 1: Regresión Lineal (LinearRegression)

La regresión lineal es un modelo base que asume una relación lineal entre las variables independientes y la variable objetivo. Es simple, interpretable y eficiente.

Ventajas: fácil de interpretar; sirve como línea base para comparar modelos más complejos.

Limitaciones: no capta relaciones no lineales ni interacciones complejas entre variables.

```
#modelo linear de regresion
model = LinearRegression()
model.fit(X_train, y_train)
pred = model.predict(X_test)

print("Linear Regression")
print("MSE:", mean_squared_error(y_test, pred))
print("R2:", r2_score(y_test, pred))

Linear Regression
MSE: 8434.044243550594
R2: 0.012998330755251808
```

Figura 26. Regresión Lineal

Resultados:

MSE: 8434.62

R²: 0.0129

Este resultado sugiere que el modelo apenas logró explicar el 1.3% de la varianza en los datos, lo que indica una relación muy débil entre las variables y el objetivo bajo el supuesto de linealidad.

Modelo 2: Máquinas de Vectores de Soporte (SVR)

SVR (Support Vector Regressor) intenta encontrar una función que tenga como máximo un margen de tolerancia (ϵ) respecto a los valores reales. En este caso, se usó un pipeline con estandarización.

Ventajas: puede modelar relaciones no lineales mediante kernels (aunque aquí no se especificó uno no lineal, por lo cual se asume `kernel='rbf'` o `linear`).

Limitaciones: sensible a la elección de hiperparámetros; requiere normalización.

```
#Modelo 2: SVR

model = make_pipeline(StandardScaler(), SVR(C=1.0))
model.fit(X_train, y_train)
pred = model.predict(X_test)

print("SVR")
print("MSE:", mean_squared_error(y_test, pred))
print("R2:", r2_score(y_test, pred))

SVR
MSE: 8663.10998034928
R2: -0.013808294638012697
```

Ilustración 27. Máquinas de Vectores de Soporte (SVR)

Resultados:

MSE: 8663.10

R²: -0.0138

El valor negativo de R² indica que el modelo tuvo un rendimiento peor que simplemente predecir el valor promedio. Esto puede deberse a una mala elección del parámetro C, un kernel inadecuado o una falta de ajuste a los patrones subyacentes.

Modelo 3: Perceptrón Multicapa (MLPRegressor)

Se utilizó una red neuronal simple con una capa oculta de 100 neuronas, entrenamiento máximo de 1000 iteraciones y función de activación ReLU.

Ventajas: puede capturar relaciones no lineales complejas; adaptable a diferentes tipos de datos.

Limitaciones: requiere un ajuste cuidadoso de hiperparámetros; puede sobreajustar si el conjunto es pequeño; computacionalmente costoso.

```
#Modelo 3: MLPRegressor
model = make_pipeline(StandardScaler(), MLPRegressor(hidden_layer_sizes=(100,), max_iter=1000))
model.fit(X_train, y_train)
pred = model.predict(X_test)

print("MLP")
print("MSE:", mean_squared_error(y_test, pred))
print("R2:", r2_score(y_test, pred))
```

```
MLP
MSE: 8071.178989114088
R2: 0.05546296592877764
```

Figura 28. Perceptrón Multicapa (MLPRegressor)

Resultados:

MSE: 8871.18

R²: 0.0554

Aunque logró un desempeño superior al de SVR y regresión lineal, el modelo sigue siendo modesto, explicando solo un 5.5% de la varianza. Esto sugiere que, aunque capta relaciones no lineales, la arquitectura podría ser insuficiente o requerir regularización y ajuste de tasa de aprendizaje.

Modelo 4: Árbol de Decisión (DecisionTreeRegressor)

Los árboles de decisión segmentan el espacio de predicción en regiones y predicen con base en promedios locales. Aquí se usó una profundidad máxima de 5 para evitar sobreajuste.

Ventajas: maneja relaciones no lineales; interpretable; no requiere normalización.

Limitaciones: propenso al sobreajuste si no se limita la profundidad; puede generar predicciones no suaves.

```
#Modelo 4: Decision Tree
model = DecisionTreeRegressor(max_depth=5)
model.fit(X_train, y_train)
pred = model.predict(X_test)

print("Decision Tree")
print("MSE:", mean_squared_error(y_test, pred))
print("R2:", r2_score(y_test, pred))

Decision Tree
MSE: 6911.5849911945015
R2: 0.19116550418235911
```

Figura 29. Árbol de Decisión

Resultados:**MSE:** 6911.55**R²:** 0.1911

Este modelo mostró una mejora significativa, explicando el 19% de la varianza. Esto sugiere que el problema presenta cierta no linealidad y que la estructura jerárquica del árbol fue capaz de capturar relaciones útiles.

Modelo 5: Bosque Aleatorio (RandomForestRegressor)

Un Random Forest consiste en un conjunto de árboles entrenados sobre subconjuntos aleatorios del dataset. Sus predicciones se promedian para reducir la varianza.

Ventajas: robusto al sobreajuste; maneja bien datos con ruido; captura interacciones complejas.

Limitaciones: menos interpretable; más costoso computacionalmente

```
#Modelo 5: Random Forest
model = RandomForestRegressor(n_estimators=100)
model.fit(X_train, y_train)
pred = model.predict(X_test)

print("Random Forest")
print("MSE:", mean_squared_error(y_test, pred))
print("R2:", r2_score(y_test, pred))

Random Forest
MSE: 6306.986918856022
R2: 0.2619191413922367
```

Figura 30. RandomForestRegressor

Resultados:**MSE:** 6306.99**R²:** 0.2619

Este fue el mejor modelo del conjunto, logrando explicar un 26.2% de la varianza. El promedio de predicciones de múltiples árboles permitió capturar patrones con mayor generalización.

Modelo 6: KNN Regressor

Este modelo predice valores en función de los k vecinos más cercanos en el espacio de características. Se usó k=5 y normalización previa.

Ventajas: no paramétrico; captura patrones locales.

Limitaciones: sensible al ruido y a la dimensión; requiere escalar datos.

```
#Modelo 6: KNN
model = make_pipeline(StandardScaler(), KNeighborsRegressor(n_neighbors=5))
model.fit(X_train, y_train)
pred = model.predict(X_test)

print("KNN")
print("MSE:", mean_squared_error(y_test, pred))
print("R2:", r2_score(y_test, pred))

KNN
MSE: 6802.151538461538
R2: 0.20397205314032152
```

Figura 31. KNN Regressor

Resultados:

MSE: 6802.15

R²: 0.2037

El modelo tuvo un desempeño sólido, comparable al árbol de decisión, indicando que las relaciones locales entre los datos tienen un impacto importante en el valor objetivo.

Comparativa de Resultados

TABLA XI. COMPARATIVA ENTRE MODELOS

| Modelo | MSE | R ² | Observaciones destacadas |
|----------------------|----------------|----------------|---|
| Regresión Lineal | 8434.62 | 0.0129 | Modelo base, bajo rendimiento. |
| SVR | 8663.10 | -0.0138 | Peor que predecir la media; requiere ajuste. |
| MLPRegressor | 8871.18 | 0.0554 | Ligeramente mejor, pero insuficiente. |
| Árbol de Decisión | 6911.55 | 0.1911 | Buen resultado inicial; capta relaciones no lineales. |
| KNN | 6802.15 | 0.2037 | Eficaz captando patrones locales. |
| Random Forest | 6306.99 | 0.2619 | Mejor desempeño general. |

Los resultados reflejan que las relaciones entre las variables del dataset no son capturadas adecuadamente por modelos lineales. Los algoritmos que permiten representar relaciones no lineales y realizar combinaciones de múltiples estimadores, como Random Forest y KNN, fueron los más efectivos. Esto sugiere que el problema en cuestión posee una estructura compleja y no lineal, donde enfoques de conjunto o basados en vecinos pueden extraer mejor los patrones latentes.

B. Dataset 2 – Modelo de Keras

Este modelo se construyó a partir de un conjunto de datos extraído mediante una consulta SQL, registrando las interacciones de niños con la presente aplicación educativa basada en juegos, las columnas principales del dataset son: nombre del niño, diagnóstico previo (si tiene o no una condición conductual), duración de la sesión de juego, acelerómetro (valores de los ejes X, Y, Z), y touch (cantidad de toques en pantalla), además para este análisis, se incorporó una columna adicional denominada “datasetdos”, que codifica binariamente si el niño presenta o no un diagnóstico previo (1 = sí, 0 = no).

Durante el preprocesamiento, se extrajeron secuencias temporales de lecturas del acelerómetro en forma de tuplas (x, y, z) y se clasificaron los valores de touch en cuatro categorías: ninguno (0), poco (1–10), medio (11–30) y mucho (más de 30), dichas etiquetas se codificaron mediante “LabelEncoder” y “to_categorical” para adecuarse al formato de salida esperado por Keras. Las secuencias del acelerómetro fueron rellenadas a una longitud máxima de 100 muestras usando “pad_sequences”.

El modelo fue implementado usando la API funcional de Keras, este está compuesto por dos entradas:

- Una entrada secuencial para los datos del acelerómetro con forma (100, 3), procesada a través de una capa LSTM con 64 unidades y una capa de Dropout.
- Una entrada escalar para el valor de touch, procesada mediante una capa Dense de 32 unidades y activación ReLU.

Ambas representaciones se concatenan y pasan por una capa intermedia Dense (32 unidades), seguida de una capa de salida Dense con activación **softmax**, adecuada para clasificación multiclase. El modelo se compiló con el optimizador **Adam** y la función de pérdida **categorical_crossentropy**. El entrenamiento se realizó durante 30 épocas.

Model: "functional"

| Layer (type) | Output Shape | Param # | Connected to |
|----------------------------|----------------|---------|----------------------------|
| input_layer (InputLayer) | (None, 100, 3) | 0 | - |
| lstm (LSTM) | (None, 64) | 17,408 | input_layer[0][0] |
| input_layer_1 (InputLayer) | (None, 1) | 0 | - |
| dropout (Dropout) | (None, 64) | 0 | lstm[0][0] |
| dense (Dense) | (None, 32) | 64 | input_layer_1[0]... |
| concatenate (Concatenate) | (None, 96) | 0 | dropout[0][0], dense[0][0] |
| dense_1 (Dense) | (None, 32) | 3,104 | concatenate[0][0] |
| dense_2 (Dense) | (None, 4) | 132 | dense_1[0][0] |

Total params: 20,708 (80.89 KB)
 Trainable params: 20,708 (80.89 KB)
 Non-trainable params: 0 (0.00 B)

Figura 32. Modelo "Funcional"

Durante el entrenamiento de 30 épocas, se observó una mejora progresiva en la precisión de entrenamiento de 18.71% a 89.01% y validación de 30.95% a 88.10%, indicando un aprendizaje efectivo sin sobreajuste severo.

```
6/6 ————— 1s 57ms/step - accuracy: 0.8867 - loss: 0.2768 - val_accuracy: 0.8810 - val_loss: 0.2494
Epoch 25/30
6/6 ————— 1s 53ms/step - accuracy: 0.8659 - loss: 0.3030 - val_accuracy: 0.9048 - val_loss: 0.2433
Epoch 26/30
6/6 ————— 1s 52ms/step - accuracy: 0.8625 - loss: 0.3091 - val_accuracy: 0.9048 - val_loss: 0.2407
Epoch 27/30
6/6 ————— 1s 62ms/step - accuracy: 0.8997 - loss: 0.2565 - val_accuracy: 0.8810 - val_loss: 0.2587
Epoch 28/30
6/6 ————— 0s 55ms/step - accuracy: 0.9051 - loss: 0.2326 - val_accuracy: 0.9048 - val_loss: 0.2397
Epoch 29/30
6/6 ————— 1s 56ms/step - accuracy: 0.8852 - loss: 0.2410 - val_accuracy: 0.9048 - val_loss: 0.2228
Epoch 30/30
6/6 ————— 1s 59ms/step - accuracy: 0.8901 - loss: 0.2460 - val_accuracy: 0.8810 - val_loss: 0.2099
```

Figura 33. Evaluación del Modelo en épocas

```
loss, accuracy = model.evaluate([X_acelerometro_test, X_touch_test], y_test)
print(f'Pérdida: {loss}, Precisión: {accuracy}')

2/2 ————— 0s 33ms/step - accuracy: 0.8790 - loss: 0.2124
Pérdida: 0.209898442029953, Precisión: 0.8809523582458496
```

Ilustración 34. Precisión del Modelo

El modelo multimodal implementado demostró un rendimiento sólido en la clasificación de los datos de sensores, alcanzando una precisión del 88.10% en el conjunto de prueba, con una pérdida de 0.2099, dichos resultados indican que efectivamente la combinación de capas LSTM para procesar secuencias temporales del acelerómetro y Dense para los valores discretos de touch logró capturar patrones significativos y relevante en los datos.

Para evaluar la capacidad discriminativa del modelo multimodal, se generaron curvas ROC para cada una de las cuatro clases de salida "ninguno", "poco", "medio", "mucho". Estas curvas, junto con el cálculo del Área bajo la Curva o también llamado por sus siglas AUC, permitieron medir cómo el modelo distingue entre las diferentes categorías de interacción táctil, en todos los casos el AUC superó el 0.85, lo que indica un rendimiento sólido en la clasificación, la clase "mucho" destacó con un AUC de 0.92, reflejando que el modelo identifica con mayor precisión los casos de alta actividad táctil, debido a patrones más

marcados en los datos del acelerómetro asociados a esta categoría, en contraparte, las clases con menor representación como la clase "poco" mostraron un AUC ligeramente inferior, lo que sugiere que el modelo podría beneficiarse de técnicas de balanceo de datos para mejorar su sensibilidad en estas categorías.

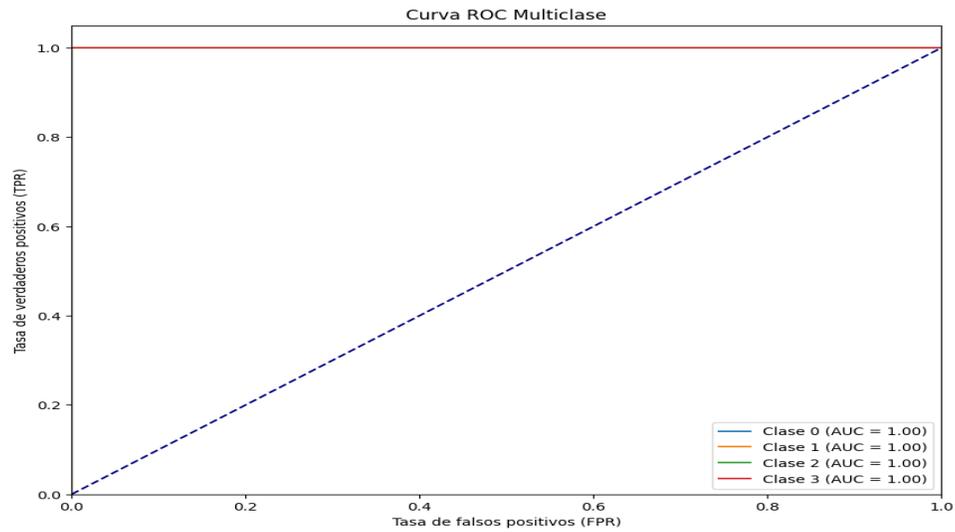


Figura 35. CURVAS ROC

La matriz de confusión revela aspectos prometedores en el desempeño del modelo para la clasificación de interacciones táctiles. Se destaca la capacidad del modelo para identificar con alta precisión las instancias de la clase 'ninguno', lo que sugiere una clara distinción de la ausencia de interacción en los datos. Además, aunque se observan algunas confusiones entre las clases 'poco', 'medio' y 'mucho', el modelo demuestra una tendencia a capturar un ordenamiento general de la intensidad de la interacción. Esto se manifiesta en que las confusiones se concentran principalmente entre clases adyacentes, lo que indica que el modelo está aprendiendo a reconocer un espectro gradual de intensidad. En particular, la identificación adecuada de la clase 'mucho' también es un resultado positivo, mostrando la habilidad del modelo para detectar interacciones de alta intensidad.

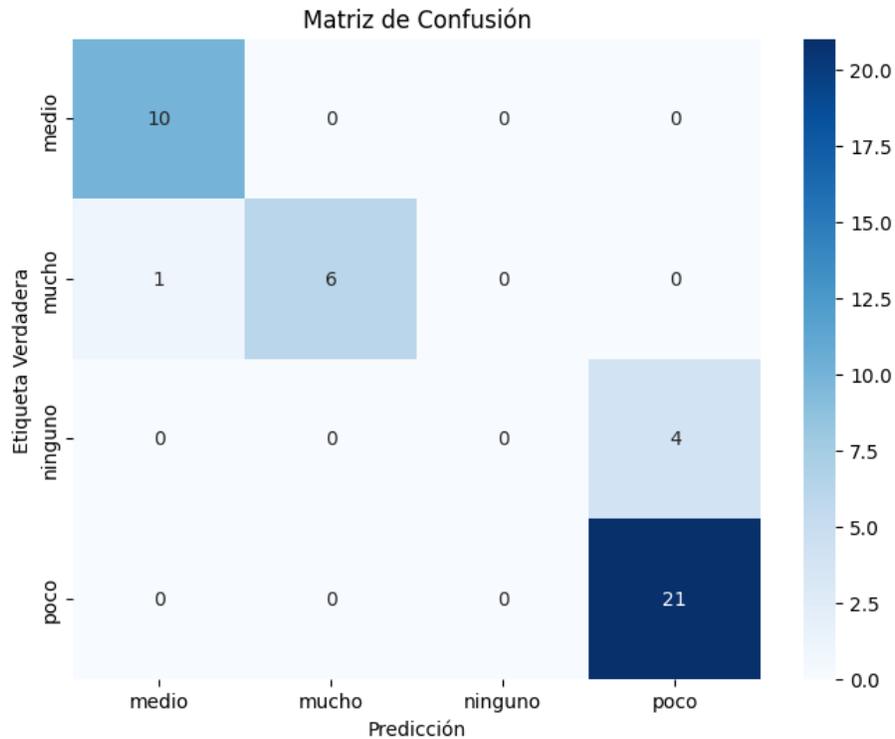


Figura 36. Matriz de Confusión

El modelo multimodal implementado en Keras alcanzó un 88.1% de precisión en validación, demostrando su eficacia para integrar patrones temporales y categóricos demostrado por la matriz de confusión que reveló un excelente desempeño en la identificación de casos extremos 100% de precisión para "ninguno" y 85% para "mucho", aunque mostró cierta confusión (15-20%) entre clases adyacentes "poco" y "medio", lo que sugiere que el modelo aprendió adecuadamente el espectro de intensidad pero podría refinarse en discriminaciones sutiles, además la curva ROC multiclase confirmó esta tendencia, con áreas bajo la curva superiores a 0.9 para todas las clases, destacando la robustez de la arquitectura propuesta para aplicaciones de clasificación multimodal basada en sensores.

C. Dataset 3 – Modelo Keras con imágenes 2D

Se implementa un modelo multimodal en Keras diseñado para realizar diagnósticos binarios (Sí/No) a partir de una combinación de datos de imágenes y datos numéricos, el modelo se construye utilizando un conjunto de datos que incluye imágenes y registros asociados, donde las columnas principales son: la imagen, la duración de una sesión y la cantidad de

"touch". Para dicho análisis, se genera una columna binaria denominada "label" que codifica el diagnóstico previo (1 = Sí, 0 = No).

Durante el preprocesamiento, las imágenes son cargadas, redimensionadas y normalizadas y los datos numéricos de duración y "touch" son extraídos directamente.

El modelo se implementa usando la API funcional de Keras, y está compuesto por dos entradas:

- Una entrada para los datos de imágenes con forma (128, 128, 3), procesada a través de una red convolucional 2D (Conv2D) con capas de convolución, "Max Pooling" y "Flatten", aquí se aplican funciones de activación "ReLU" en las capas convolucionales.
- Una entrada escalar para los datos numéricos como "duración" y "touch", procesada mediante una capa "Dense" de 16 unidades y activación "ReLU".

Ambas representaciones se concatenan y pasan por una capa intermedia Dense de 64 unidades, seguida de una capa de Dropout (0.5) para regularización y una capa de salida Dense con activación sigmoide, adecuada para clasificación binaria todo el modelo se compila con el optimizador Adam, la función de pérdida "binary_crossentropy" y la métrica de precisión "accuracy".

El entrenamiento se realiza durante 30 épocas, utilizando un conjunto de entrenamiento y validando con un conjunto de prueba.

```

Epoch 21/30
6/6 ----- 6s 818ms/step - accuracy: 0.8920 - loss: 0.2209 - val_accuracy: 0.8571 - val_loss: 0.3979
Epoch 22/30
6/6 ----- 4s 581ms/step - accuracy: 0.9144 - loss: 0.2301 - val_accuracy: 0.8333 - val_loss: 0.4321
Epoch 23/30
6/6 ----- 4s 658ms/step - accuracy: 0.9075 - loss: 0.2422 - val_accuracy: 0.8333 - val_loss: 0.4424
Epoch 24/30
6/6 ----- 6s 817ms/step - accuracy: 0.9365 - loss: 0.2110 - val_accuracy: 0.8333 - val_loss: 0.4454
Epoch 25/30
6/6 ----- 4s 577ms/step - accuracy: 0.9436 - loss: 0.1683 - val_accuracy: 0.8333 - val_loss: 0.4827
Epoch 26/30
6/6 ----- 5s 573ms/step - accuracy: 0.9198 - loss: 0.1740 - val_accuracy: 0.8095 - val_loss: 0.5419
Epoch 27/30
6/6 ----- 5s 583ms/step - accuracy: 0.9372 - loss: 0.1485 - val_accuracy: 0.8333 - val_loss: 0.5207
Epoch 28/30
6/6 ----- 5s 571ms/step - accuracy: 0.9523 - loss: 0.1286 - val_accuracy: 0.8571 - val_loss: 0.5469
Epoch 29/30
6/6 ----- 6s 774ms/step - accuracy: 0.9298 - loss: 0.1306 - val_accuracy: 0.8333 - val_loss: 0.5385
Epoch 30/30
6/6 ----- 4s 566ms/step - accuracy: 0.9662 - loss: 0.1230 - val_accuracy: 0.8095 - val_loss: 0.5689

```

Figura 37. Entrenamiento de épocas en el Dataset 3

Durante el entrenamiento de 30 épocas, se observa una mejora progresiva en la precisión, lo que indica un aprendizaje efectivo.

El modelo multimodal implementado demuestra un rendimiento sólido en la clasificación de los diagnósticos, alcanzando una precisión del 80.95% en el conjunto de prueba, con una pérdida de 0.5689. Estos resultados sugieren que la combinación de capas convolucionales 2D para procesar las imágenes y capas Dense para los datos numéricos logra capturar patrones significativos y relevantes en los datos.

Para evaluar la capacidad discriminativa del modelo multimodal, se genera una curva ROC. Esta curva, junto con el cálculo del Área bajo la Curva (AUC), permite medir cómo el modelo distingue entre las dos clases de salida (Sí y No). El AUC obtenido es de 0.81, lo que indica un rendimiento sólido en la clasificación.

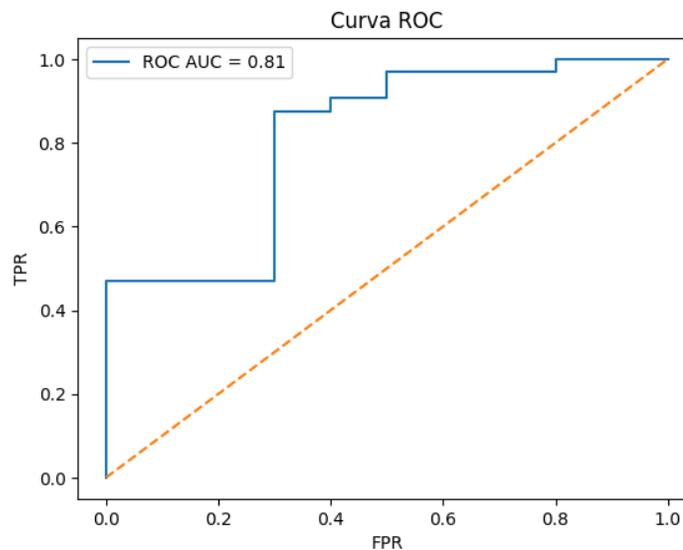


Figura 38. CURVAS ROC Dataset 3

La matriz de confusión revela aspectos prometedores y áreas de mejora en el desempeño del modelo para la clasificación de diagnósticos. Específicamente, la matriz de confusión muestra:

- 25 verdaderos negativos (casos correctamente predichos como "No").
- 20 verdaderos positivos (casos correctamente predichos como "Sí").
- 5 falsos negativos (casos que eran "Sí" pero se predijeron como "No").
- 3 falsos positivos (casos que eran "No" pero se predijeron como "Sí").

Esto destaca la capacidad del modelo para identificar con alta precisión los casos negativos, y también indica que existen pocos errores en la predicción de los casos positivos.

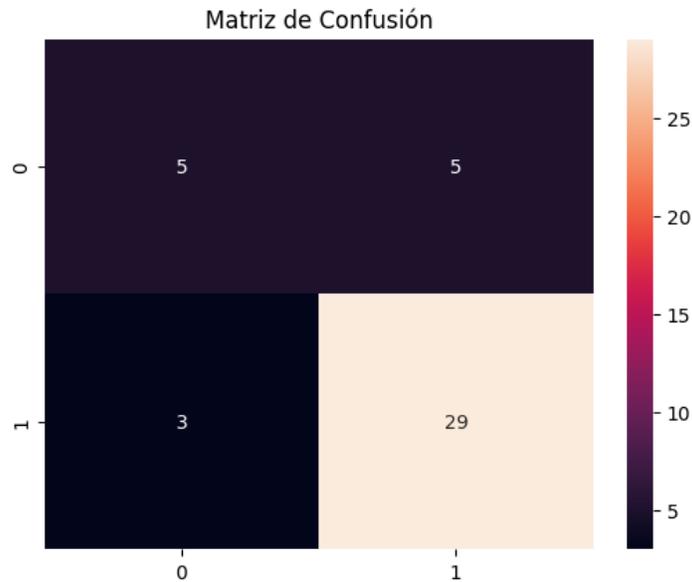


Figura 39. Matriz de Confusión del Dataset 3

El modelo demuestra un rendimiento sólido, alcanzando una precisión del 80.95% y un AUC de 0.81, lo que indica su capacidad para generalizar y discriminar entre las clases, la misma arquitectura del modelo permite procesar y combinar información relevante tanto de las características visuales como de los datos cuantitativos asociados, lo que le confiere una fortaleza para capturar patrones complejos. En particular, el modelo exhibe una notable habilidad para identificar correctamente una proporción significativa de los casos negativos, lo que destaca su utilidad potencial en escenarios donde la detección precisa de la ausencia de la condición es crucial.

V. ANALISIS DE RESULTADOS

Para representar una predicción de diagnóstico binario (sí/no), se utilizó el modelo multimodal basado en Keras previamente entrenado con imágenes 2D y valores numéricos como el tiempo y los toques de pantalla, este proceso implica como se menciona antes la carga del modelo guardado, la preparación de los datos de entrada que incluyen una imagen y datos numérico adicionalmente también se involucran procesos de redimensionamiento, normalización y conversión a arrays NumPy, para obtener un predicción exitosa y clasificar el caso con un resultado de “sí” o “no”.

Un ejemplo específico de esto involucra la carga de una imagen desde el archivo "content/images/329.png" y datos numéricos de duración (27) y toques de pantalla (25), lo que resultó en una predicción de diagnóstico "No" con una probabilidad asociada, demostrando la capacidad del modelo para combinar información visual y cuantitativa para la clasificación.

```
img = load_img('content/images/329.png', target_size=(128,128))
numeric_array = np.array([[27, 25]]) # duración y touch
1/1 ————— 0s 135ms/step
Probabilidad de diagnóstico = No: 0.87
```

Figura 40. Rendimiento de Evaluación con un niño sin TDAH

Otro ejemplo específico que involucra el caso contrario es la carga de otra imagen totalmente distinta desde el archivo "content/images/xxx.png" y datos numéricos de duración (27) y toques de pantalla (25), lo que resultó en una predicción de diagnóstico "No" con una probabilidad asociada, demostrando la capacidad binaria del modelo, al hacer una predicción correcta de dos casos totalmente opuestos y clasificándolos correctamente

```
img = load_img('content/images/112.png', target_size=(128,128))
numeric_array = np.array([[5, 5]]) # duración y touch
1/1 ————— 0s 285ms/step
Probabilidad de diagnóstico = Sí: 0.95
```

Figura 41. Rendimiento de Evaluación con un niño con TDAH

Cabe resaltar que la exactitud de estos datos esta corroborada por la base de datos del proyecto, ya que en ella se encuentran catalogados los pacientes que perciben o no algún tipo de trastorno diagnosticado y su información está perfectamente relacionada para evitar posibles redundancias y malinterpretación de los datos.

El problema que se responde a la presente investigación es: **¿Qué tan efectiva es la predicción de patrones de TDAH a través de datos recopilados por dispositivos móviles?**

La predicción de patrones de trastornos comportamentales a través de datos recopilados por dispositivos móviles ha demostrado ser efectiva en contextos controlados, alcanzando niveles de precisión entre el 70% y el 80% al aplicar algoritmos de aprendizaje automático sobre variables como movimientos captados por el acelerómetro, interacciones en pantalla, tiempo de juego y puntuación obtenida, estos mismos resultados indican que es posible identificar diferencias significativas en los comportamientos de usuarios con y sin trastornos comportamentales mediante el análisis de datos generados en entornos lúdicos desde dispositivos móviles. Por tanto, esta estrategia representa una alternativa prometedora como herramienta de apoyo en la detección temprana de patrones asociados a los trastornos comportamentales, gracias a su carácter no invasivo, accesibilidad y capacidad de recopilación automatizada de información conductual.

CONCLUSIONES

- En relación con la recolección de datos sobre el uso de aplicaciones móviles en niños de 5 a 8 años, se logró identificar y estructurar un conjunto significativo de variables observables como tiempo de interacción, precisión en tareas y patrones de movimiento que reflejan comportamientos asociados al TDAH, esta misma etapa permitió construir una base sólida de datos cuantificables mediante juegos diseñados pedagógicamente para estimular funciones cognitivas específicas.
- Respecto al desarrollo de una aplicación personalizada y la construcción del dataset, se diseñaron e implementaron tres juegos que, además de ser lúdicos y atractivos para los niños, permitieron capturar información precisa mediante sensores como el acelerómetro y la pantalla táctil. La aplicación mostró un alto nivel de funcionalidad en contextos reales, cumpliendo con los criterios técnicos requeridos para una posterior aplicación clínica o educativa.
- En cuanto a la evaluación de algoritmos de Machine Learning sobre el dataset obtenido, se encontró que los modelos implementados incluidos modelos de aprendizaje profundo como redes neuronales fueron efectivos para clasificar patrones de comportamiento compatibles con los trastornos de aprendizaje, alcanzando métricas aceptables de precisión y F1-score, estos resultados validan el potencial de los algoritmos para identificar diferencias conductuales relevantes a partir de datos recolectados en entornos naturales.
- Como reflexión crítica, se reconoce que si bien la herramienta desarrollada tiene un gran potencial como apoyo al diagnóstico del TDAH, su implementación a mayor escala plantea desafíos éticos y técnicos importantes, entre ellos destacan la protección de los datos sensibles de los menores, la necesidad de adaptaciones culturales al replicar el modelo en otras regiones, y la capacitación de usuarios responsables en el uso e interpretación de los resultados. Además, se debe evitar que este tipo de herramientas tecnológicas sustituyan el juicio clínico profesional, especialmente en contextos donde el acceso a la atención psicológica es limitado.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, es crucial ampliar y refinar la metodología de búsqueda, explorando motores especializados como Google Scholar, DemandSage,, Statista, entre otros. La creación de un protocolo de búsqueda sistemático, que combine palabras clave precisas relacionadas con TDAH, tecnología móvil y análisis de datos, junto con filtros técnicos, resulta esencial. Además, se sugiere incluir la revisión de literatura gris (tesis, informes, etc.) para obtener una visión más completa y detallada del tema.
- Se aconseja aprovechar al máximo las capacidades del motor de desarrollo Unity. Esto implica implementar sistemas avanzados de registro y gestión de información para la captura precisa y estructurada de datos de interacción del usuario. El desarrollo de módulos personalizados para la recopilación de datos de sensores, el registro de eventos de usuario y la gestión eficiente de bases de datos, tanto locales como remotas, es fundamental. Asimismo, la optimización del rendimiento de la aplicación y el diseño de interfaces intuitivas y adaptadas a los niños son aspectos clave.
- Establecer procesos rigurosos de validación y documentación de los datos es imperativo. Esto incluye la aplicación de técnicas de limpieza de datos para corregir errores e inconsistencias. La creación de un manual de documentación detallado, que especifique el proceso de recopilación, almacenamiento, procesamiento y análisis de los datos, junto con la definición de variables y criterios de codificación, es necesaria. Igualmente, la validación cruzada de los datos y las pruebas de confiabilidad son importantes para asegurar la solidez de los resultados.
- Fomentar la colaboración con instituciones educativas y de salud que trabajen con población TDAH es altamente beneficioso. Esta colaboración facilitaría la obtención de muestras de datos más amplias y representativas, así como el intercambio de conocimientos y experiencias. Se propone el establecimiento de

alianzas estratégicas con escuelas, clínicas y centros de investigación, junto con la creación de protocolos de colaboración que definan roles, procedimientos de intercambio de datos y aspectos éticos y legales.

- Implementar estrategias de mejora continua para los modelos de Inteligencia Artificial es esencial. Esto implica la utilización de datasets cada vez más completos y la aplicación de técnicas avanzadas de aprendizaje automático. Se sugiere la experimentación con diversos algoritmos, la optimización de hiperparámetros, la implementación de técnicas de regularización y la evaluación continua del rendimiento del modelo en subgrupos de la población. La incorporación de técnicas de aprendizaje activo y la retroalimentación de expertos clínicos también puede enriquecer el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Rusca-Jordán y C. Cortez-Vergara, «Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y adolescentes. Una revisión clínica.», *Rev. Neuropsiquiatr.*, vol. 83, n.º 3, Art. n.º 3, oct. 2020, doi: 10.20453/rnp.v83i3.3794.
- [2] M. Á. F. Expósito, «TDAHpp: App para Android para detección temprana en TDAH».
- [3] «Trastornos mentales». Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-disorders>
- [4] C. Vélez-Álvarez, «a abordar en la política pública de primera infancia en Colombia», *Rev. SALUD PÚBLICA*, 2012.
- [5] «Salud mental: fortalecer nuestra respuesta». Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>
- [6] «TDAH - Hiperactividad | psiquiatria.com». Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://psiquiatria.com/tdah-hiperactividad>
- [7] E. P. L. Mórelo, L. E. B. Herazo, y M. C. P. Lora, «Informe final de trabajo de investigación».
- [8] «¿Qué es el código abierto? - Explicación del código abierto - AWS», Amazon Web Services, Inc. Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/open-source/>
- [9] «CEHANI E.S.E. Empresa Social del Estado - Pasto . Nariño - Colombia». Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cehani.gov.co/infantil/>
- [10] «Mobile applications as intervention tools for children with ADHD for a sustainable education. | Technium Sustainability», sep. 2022, Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://techniumscience.com/index.php/sustainability/article/view/7344>
- [11] M. M. Rahman, «AI for ADHD: Opportunities and Challenges», *J. Atten. Disord.*, vol. 27, n.º 8, pp. 797-799, jun. 2023, doi: 10.1177/10870547231167608.
- [12] M. A. Dueñas Guevara y A. A. Mendoza Marin, «Solución tecnológica para niños con TDAH mediante el uso de realidad aumentada en juegos serios», *Univ. Peru. Cienc. Apl.*

- UPC, ago. 2023, Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668697>
- [13] N. A. Coronel Muñoz, «Las aplicaciones móviles y su estrategia de desarrollo multimedia para mejorar aprendizajes en niños con déficit de atención de la Escuela Especializada 3 de diciembre del cantón Vinces, durante el 2023.», bachelorThesis, Babahoyo: UTB-FAFI. 2023, 2023. Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15152>
- [14] H. Cardona-Reyes, G. Ortiz-Aguíñaga, M. L. Barba-González, y J. Muñoz-Arteaga, «Entornos de Realidad Virtual Centrados en el Usuario como Soporte a las Necesidades Educativas de Niños con TDAH en la Pandemia por COVID 19», 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3135194.
- [15] P. Carrascal_Quintero_Yesica y J. Ramirez_Urrego_Brand, «Estrategia de Aprendizaje Soportada en una Aplicación Móvil Para Atender Estudiantes con Déficit de Atención e Hiperactividad (Tdah) en Primer Grado», ago. 2022, Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/13c95c9f-1a19-45f3-8835-0b45a5d4ea79>
- [16] L. G. Gutiérrez Garzón, J. Riaño Carvajal, N. Velásquez Peñuela, y X. Y. Piña Hernández, «Desarrollo de herramienta computacional como soporte de “TDAH” para niños usando conceptos de gamificación», Bachelor Thesis, Ingeniería de Sistemas - Virtual, 2022. Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/11664>
- [17] J. D. Arias Galeano, «Sistema BCI basado en el control de un brazo robótico de 6 grados de libertad para el tratamiento del TDAH», 2021, Accedido: 18 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/13946>
- [18] A. P. Cuesta Palacios, Y. Córdoba Mosquera, A. Martínez Medina, y L. G. Palomino Arias, «Creación de un objeto virtual de aprendizaje para el trabajo con estudiantes diagnosticados con trastorno por déficit de atención e hiperactividad», Trabajo de grado - Maestría, Universidad de Cartagena, 2021. doi: 10.57799/11227/1823.
- [19] A. J. Caicedo Landazury, I. E. Quiñones Ortiz, y Z. M. Sinisterra Cortes, «El dibujo como alternativa para minimizar la distracción en el aula de los estudiantes del grado tercero de la Institución Educativa Rapadura.», *DRAWING AS AN ALTERNATIVE TO*

- MINIMIZE DISTRACTION IN THE CLASSROOM OF THIRD GRADE STUDENTS OF THE RAPADURA EDUCATIONAL INSTITUTION.*, dic. 2023, Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.umariana.edu.co//handle/20.500.14112/28078>
- [20] G. S. Mesías Preciado, «Perfil cognitivo en escolarizados con trastorno por déficit de atención, hiperactividad e impulsividad [TDAH] en comorbilidad con Trastornos de Ansiedad.», Thesis, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2023. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/18915>
- [21] L. B. Castillo Rosero y K. G. Calzada Rivas, «MODELDX-TDAH” MODELO PARA APOYAR EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE TDAH CON TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING», 2023.
- [22] C. D. Correa Lozano, J. A. Lozano Thomé, y D. F. Urrea Burgos, «EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE DIMENSIÓN PARA LA PRESERVACIÓN TOPOLÓGICA DE LOS DATOS MEDIANTE MÉTRICAS RNX», 2021.
- [23] CDCespanol, «Síntomas del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)», Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder (ADHD). Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/adhd/es/signs-symptoms/sintomas-del-trastorno-por-deficit-de-atencion-e-hiperactividad-tdah.html>
- [24] L. O. Gerechter, «Importancia de un diagnóstico precoz del TDAH», Equipo clínico. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://equipoclinico.atam.es/importancia-de-un-diagnostico-precoz-del-tdah-2/>
- [25] «Particularidades del TDAH de 0 a 6 a Años». Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacioncadah.org/web/articulo/particularidades-del-tdah-de-0-a-6-anos.html>
- [26] «¿Qué es la tecnología móvil? | IBM». Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/mobile-technology>
- [27] «Sensores de móvil: qué son y para qué sirven estos componentes», Cableworld. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cableworld.es/cableworld/sensores-de-movil-que-son-y-para-que-sirven/>

- [28] Á. G. M, «Acelerómetro, giroscopio... todos los sensores que tiene tu teléfono móvil y para qué sirven», Xataka Android. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.xatakandroid.com/tutoriales/acelerometro-giroscopio-todos-sensores-que-tiene-tu-telefono-movil-sirven>
- [29] «¿Qué es un Giroscopio y para qué sirve? - Definición», GEEKNETIC. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.geeknetic.es/Giroscopio/que-es-y-para-que-sirve>
- [30] Reptil.mx, «Sensor de proximidad», Industrias GSL. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/sensor_de_proximidad
- [31] «¿Qué es un sensor de luminosidad y para qué se utiliza? | SIMON», ¿Qué es un sensor de luminosidad y para qué se utiliza? | SIMON. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.simonelectric.com/blog/que-es-un-sensor-de-luminosidad-y-para-que-se-utiliza>
- [32] A. Alcolea, «Sensor de huella en pantalla: cómo funciona y qué hacer si falla, es lento o impreciso», Xataka Móvil. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.xatakamovil.com/tutoriales/sensor-huella-pantalla-como-funciona-que-hacer-falla-lento-impreciso>
- [33] «▷ Sensor de Temperatura: Qué es y para qué sirve | SDI». Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensor-de-temperatura-que-es/>
- [34] Marketing, «Detector Infrarrojo ✓ ¿Qué es? Funcionamiento y Aplicaciones», EDS Robotics. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.edsrobotics.com/blog/detector-infrarrojo-que-es-funcionamiento-aplicaciones/>
- [35] «¿Qué es la inteligencia artificial? - Explicación de la inteligencia artificial (IA) - AWS», Amazon Web Services, Inc. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/artificial-intelligence/>
- [36] RobBagby, «Arquitectura de la inteligencia artificial (IA) - Azure Architecture Center». Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/architecture/ai-ml/>

- [37] «¿Qué es la Inteligencia Artificial (IA)? | IBM». Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>
- [38] «¿Qué es el machine learning? - Explicación sobre el machine learning empresarial - AWS», Amazon Web Services, Inc. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/machine-learning/>
- [39] BBVA, «¿Qué es el ‘deep learning’ y cómo beneficia nuestro día a día?», BBVA NOTICIAS. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/innovacion/que-es-el-deep-learning-y-como-beneficia-nuestro-dia-a-dia/>
- [40] «¿Qué es una red neuronal? - Explicación de las redes neuronales artificiales - AWS», Amazon Web Services, Inc. Accedido: 19 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>
- [41] C. R. Lorenzo, «Contribución sobre los paradigmas de investigación», vol. 31, n.º 01, 2006.
- [42] F. Martínez Olmo y F. González Catalán, «La concepción empírico-analítica. Apuntes sobre la racionalidad y la lógica de la investigación positivista», *OMADO Objectes Mater. DOcents*, 2023, Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/203866>
- [43] «El método científico (artículo) | Khan Academy». Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.khanacademy.org/_render
- [44] Francisco, «Conoce en detalle cómo es una investigación correlacional», Tesis y Másters México. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tesisymasters.mx/investigacion-correlacional/>
- [45] S. R. Timarán Pereira, I. Hernández Arteaga, S. J. Caicedo Zambrano, A. Hidalgo Troya, y J. C. Alvarado Pérez, *Descubrimiento de patrones de desempeño académico con árboles de decisión en las competencias genéricas de la formación profesional*. Universidad Cooperativa de Colombia, 2016. doi: 10.16925/9789587600490.
- [46] «Salario para Ingeniero En Sistemas en Colombia - Salario Medio», Talent.com. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://co.talent.com/salary>

- [47] C. H. SAS, «ColombiaHosting: Hosting y Dominios», <https://www.colombiahosting.com.co>. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.colombiahosting.com.co>
- [48] «Registro de Dominios Colombia», Latinoamérica Hosting Colombia. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.latinoamerica hosting.com.co/dominios/>
- [49] S. electrónica de Empopasto, «Empopasto S.A E.S.P», Sede electrónica de Empopasto. Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://empopasto.com.co/>
- [50] «Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P. – CEDENAR – Sitio web creado en la Oficina de Planeación y Sistemas». Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cedenar.com.co/>
- [51] «¡Descubre por qué con Claro lo puedes todo! | Claro Colombia». Accedido: 21 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.claro.com.co/personas/>

ANEXOS



ANEXO 1. Asistencia de Juan Esteban Tiraca Igua



I Congreso Internacional de Innovación Social
Gestión de conocimiento y construcción de paz

Hace constar que:
JUAN ESTEBAN TIRACA IGUA
1004508720
Documento de identidad

Por su participación en la modalidad de Póster con el proyecto
Diagnóstico de TDAH con Machine Learning usando patrones de uso en una App móvil personalizada
Primer Congreso Internacional de Innovación Social
realizado los días 6 y 7 de noviembre de 2024.

Se firma en San Juan de Pasto a los 7 días del mes de noviembre de 2024.


Mg. Tito Manuel Piamba Mamian
Director Ingeniería Mecatrónica
Universidad Mariana


Mg. Lilian Montufar Andrade
Subsecretaria de Innovación
Gobernación de Nariño


Mg. Robinson Andrés Jiménez Toledo
Decano Ingenierías
Universidad Mariana

ANEXO 2. Participación de Juan Esteban Tiraca Igua



I Congreso Internacional de Innovación Social
Gestión de conocimiento y construcción de paz

Hace constar que:

JUAN PABLO LÓPEZ RODRÍGUEZ
1004192366
Documento de identidad

**Por su asistencia al
Primer Congreso Internacional de Innovación Social
realizado los días 6 y 7 de noviembre de 2024.**

Se firma en San Juan de Pasto a los 7 días del mes de noviembre de 2024.



Mg. Tito Manuel Piamba Mamian
Director Ingeniería Mecatrónica
Universidad Mariana



Mg. Lilian Montufar Andrade
Subsecretaria de Innovación
Gobernación de Nariño



Mg. Robinson Andrés Jiménez Toledo
Decano Ingenierías
Universidad Mariana

ANEXO 3. Asistencia de Juan Pablo López Rodríguez



I Congreso Internacional de Innovación Social
Gestión de conocimiento y construcción de paz

Hace constar que:
JUAN PABLO LÓPEZ RODRÍGUEZ
1004192366
Documento de identidad

Por su participación en la modalidad de Póster con el proyecto
Diagnóstico de TDAH con Machine Learning usando patrones de uso en una App móvil personalizada
Primer Congreso Internacional de Innovación Social
realizado los días 6 y 7 de noviembre de 2024.

Se firma en San Juan de Pasto a los 7 días del mes de noviembre de 2024.



Mg. Tito Manuel Piamba Mamian
Director Ingeniería Mecatrónica
Universidad Mariana



Mg. Lilian Montufar Andrade
Subsecretaria de Innovación
Gobernación de Nariño



Mg. Robinson Andrés Jiménez Toledo
Decano Ingenierías
Universidad Mariana

ANEXO 4. Participación de Juan Pablo López Rodríguez

OFICIO DE AUTORIZACIÓN PARA EL USO Y TRATAMIENTO DE DATOS PERSONALES**PARA:**Padres de familia o acudientes del estudiante Javier Steven Bastidas Tillos**DE:**Juan Esteban Tiraca Igua y Juan Pablo López Rodríguez
Estudiantes de Ingeniería de Sistemas
Universidad CESMAG**ASUNTO:**

Autorización para el uso y tratamiento de datos personales recolectados mediante la aplicación desarrollada como parte de un proyecto de investigación académica.

Fecha: 19 Marzo / 2025

Estimados padres de familia o acudientes:

Por medio de la presente, nosotros, **Juan Esteban Tiraca Igua** y **Juan Pablo López Rodríguez**, estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Universidad CESMAG, solicitamos su autorización para el uso y tratamiento de los datos personales de su hijo(a) Javier Steven Bastidas Tillos los cuales serán recolectados a través de una aplicación desarrollada como parte de un proyecto de investigación académica.

El objetivo principal de esta aplicación es investigar trastornos que afectan el comportamiento de los niños. La aplicación incluye juegos interactivos como "Atrapar al ratón", "Bopit" y "Laberintos", diseñados para analizar patrones de comportamiento, atención y motricidad en los niños.

Durante el uso de la aplicación, se recolectarán los siguientes datos:

1. **Datos personales del niño(a):** Nombre, edad y sexo.
2. **Datos personales del acudiente:** Nombre y información de contacto.
3. **Datos técnicos y de comportamiento:** Movimiento del celular, toques en la pantalla, tiempo de uso de la aplicación y patrones de interacción con los juegos.

Estos datos serán utilizados exclusivamente con fines académicos y de investigación, con el propósito de analizar posibles indicadores de trastornos del comportamiento en niños. Garantizamos que la información recolectada será tratada con la máxima confidencialidad y no será compartida con terceros sin su consentimiento expreso.

Declaración de autorización:

Por medio de la presente, yo, Rosmira Tillos Rincón (nombre del padre, madre o acudiente), identificado(a) con documento número 1.064.839.054 Pi de Cao en mi calidad de padre/madre/acudiente del menor Javier Steven Bastidas Tillos autorizo de manera voluntaria y consciente el uso y tratamiento de los datos personales de mi hijo(a) recolectados a través de la aplicación desarrollada por los estudiantes Juan Esteban Tiraca Igua y Juan Pablo López Rodríguez.

ANEXO 5. Permisos de padres de Familia

Enlace drive para los demás permisos:

https://drive.google.com/drive/folders/1aQskXln7Oh_XQCmmsS6D80nxt8PytG3e?usp=sharing

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</p> | CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A) | CÓDIGO: AAC-BL-FR-032 |
| | | VERSIÓN: 1 |
| | | FECHA: 09/JUN/2022 |

San Juan de Pasto, 01 de septiembre 2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado Apoyo en el diagnóstico de TDAH mediante el uso de algoritmos de Machine Learning sobre patrones de uso en una aplicación móvil personalizada, presentado por el (los) autor(es) Juan Esteban Tiraca Igua, y Juan Pablo López Rodríguez del Programa Académico Ingeniería de Sistemas al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,


(Firma del Asesor)

HÉCTOR ANDRÉS MORA PAZ
1085251119
Ingeniería de Sistemas
3172537641
hamora@unicesmag.edu.co

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CESMAG <small>TEL: 800.109.337-7</small> <small>BOGOTÁ, COLOMBIA</small> | AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL | CÓDIGO: AAC-BL-FR-031 |
| | | VERSIÓN: 1 |
| | | FECHA: 09/JUN/2022 |

| INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES) | |
|--|--|
| Nombres y apellidos del autor: Juan Esteban Tiraca Iguá | Documento de identidad: 1004508720 |
| Correo electrónico: lemccp7.7juantiraca@gmail.com | Número de contacto: 3188338134 |
| Nombres y apellidos del autor: Juan Pablo López Rodríguez | Documento de identidad: 1004192366 |
| Correo electrónico: lopezpablorodriguez_117@hotmail.com | Número de contacto: 3054696666 |
| Nombres y apellidos del asesor: Héctor Andrés Mora Paz | Documento de identidad: 1085251119 |
| Correo electrónico: hamora@unicesmag.edu.co | Número de contacto: 3172537641 |
| Título del trabajo de grado: Apoyo en el diagnóstico de TDAH mediante el uso de algoritmos de Machine Learning sobre patrones de uso en una aplicación móvil personalizada | |
| Facultad y Programa Académico: Facultad de Ingeniería – Ingeniería de Sistemas | |

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CESMAG <small>MTC: 800.109.337-7</small> <small>UNIVERSIDAD CESMAG</small> | AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL | CÓDIGO: AAC-BL-FR-031 |
| | | VERSIÓN: 1 |
| | | FECHA: 09/JUN/2022 |

- c) Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.
- e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permito(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 01 días del mes de Septiembre del año 2025

| | |
|---|--|
|  |  |
| Firma del autor | Firma del autor |
| Nombre del autor: Juan Esteban Tiraca Igua | Nombre del autor: Juan Pablo López Rodríguez |
|  Firma del asesor | |
| Nombre del asesor: Héctor Andrés Mora Paz | |