



# Universidad **Mariana**

Desarrollo de aplicación tecnológica para la integración de la batería de test Eurofit para los integrantes de un equipo de fútbol sala femenino

Nicolas Enriquez Morán  
Sergio Andrés Rosero Patiño

Universidad Mariana  
Facultad Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto

2024

Desarrollo de aplicación tecnológica para la integración de la batería de test Eurofit para los integrantes de un equipo de fútbol sala femenino

Nicolas Enriquez Morán  
Sergio Andrés Rosero Patiño

Proyecto de investigación requerido para obtener el grado de Ingeniero Mecatrónico

M.Sc. Fausto Andrés Escobar Revelo  
Asesor

Universidad Mariana  
Facultad Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica  
San Juan de Pasto  
2024

Artículo 71: los conceptos, afirmaciones y opiniones emitidos en el Trabajo de Grado son responsabilidad única y exclusiva del (los) Educando (s)

Reglamento de Investigaciones y Publicaciones, 2007

Universidad Mariana

## **Agradecimientos**

Ante todo, quisiéramos expresar nuestra sincera gratitud a la Universidad Mariana por las inestimables oportunidades que nos ha brindado tanto para nuestro crecimiento académico como personal. Realmente apreciamos su compromiso con los valores fundamentales de esta institución: la excelencia científica, la investigación rigurosa y la ética profesional.

Nos gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento al Mg. Fausto Andrés Escobar Reveló por haber sido nuestro mentor en este proyecto de grado. Su apoyo inquebrantable, orientación continua, paciencia y generosidad al compartir sus amplios conocimientos y perspicacia han sido cruciales para el éxito de nuestro proyecto.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a Dios, por darnos el conocimiento y la sabiduría para poder desarrollar este proyecto de grado, además a mi familia especialmente a mi mamá y mi padrastro que lograron ser un apoyo incondicional en los momentos más difíciles que me permitieron efectuar mi carrera como Ingeniero Mecatrónico.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
1. Resumen del proyecto .....	14
1.1. Descripción del problema .....	14
1.1.1. Formulación del problema .....	15
1.2. Justificación .....	16
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo general .....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos.....	18
1.4.1 Antecedentes .....	18
1.4.1.1 Análisis de artículos (últimos 5 años).....	19
1.4.2 Marco teórico.....	20
1.4.3 Marco conceptual.....	21
1.4.3.1 Test Eurofit.....	21
1.4.3.1.1 Aptitud Física.....	23
1.4.3.2 Aplicación tecnológica.....	24
1.4.3.3 Hardware.....	24
1.4.3.3.1 Sistemas de cámara.....	24
1.4.3.4 Métodos estadísticos para la evaluación comparativa.....	25
1.4.3.4.1 Método de Bland-Altman.....	25
1.4.3.4.2 Análisis de Wilcoxon.....	26
1.4.4 Marco Contextual .....	27
1.4.5. Marco metodológico .....	27
1.4.5.1. Paradigma de investigación.....	27
1.4.5.2. Enfoque de investigación.....	27
1.4.5.3. Tipo de investigación.....	28
1.4.5.4. Población y muestra.....	28
1.4.5.5. Técnica e instrumentos de recolección de información.....	28

1.4.6. Validez de los resultados.....	29
1.4.6.1. Validez interna. ....	29
1.4.6.2. Validez externa.....	29
2. Presentación de resultados.....	30
2.1 Análisis e interpretación de resultados .....	30
2.1.1. Análisis del primer objetivo .....	30
2.1.1.1 Selección de software y hardware.....	30
2.1.1.2. Características técnicas de los componentes seleccionados.....	31
2.1.1.3. Validación y pruebas de códigos desarrollados. ....	33
2.1.2. Análisis del segundo objetivo .....	34
2.1.2.1. Descripción de la aplicación tecnológica. ....	37
2.1.2.2. Validación y análisis de resultados del software. 44	
2.1.3. Análisis del tercer objetivo.....	74
2.1.3.1. Resultados del análisis de Wilcoxon para ejercicios de dominadas.....	74
2.1.3.2. Resultados del análisis de Bland-Altman para ejercicio de dominadas. ....	75
2.1.3.3. Resultados del análisis de Wilcoxon para ejercicio de abdominales. ....	76
2.1.3.4. Resultados del análisis de Bland-Altman para ejercicio de abdominales. ....	77
2.1.3.5. Resultados del análisis de Wilcoxon para ejercicio de carrera 10x5. ....	78
2.1.3.6. Resultados del análisis de Bland-Altman para ejercicio de carrera 10x5. ....	79
3. Conclusiones.....	82
4. Recomendaciones .....	84
Referencias .....	85
Anexos.....	88

## **Índice de tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Resultados de la Búsqueda de Documentos .....	18
Tabla 2. Características de los componentes seleccionados .....	31
Tabla 3. Requisitos de Software/Hardware .....	32
Tabla 4. Prueba de calibración .....	33
Tabla 5. Validación de Captura de Datos, Seguimiento de Errores y Reducción de Tiempo de Ejecución .....	35
Tabla 6. Parámetros para un funcionamiento correcto .....	47
Tabla 7. Análisis de Wilcoxon para Dominadas o Levantamiento en Barra .....	76
Tabla 8. Análisis de Wilcoxon para Abdominales .....	78
Tabla 9. Análisis de Wilcoxon para Carrera 10x5 .....	80

## Índice de ilustraciones

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Taxonomía.....	21
Ilustración 2. Arquitectura General.....	38
Ilustración 3. Diagrama general .....	39
Ilustración 4. Diagrama de Flujo(Stage 1 o Carrera 10x5) .....	40
Ilustración 5. Diagrama de flujo (Stage 2 o Levantamiento en Barras) .....	42
Ilustración 6. Diagrama de flujo (Stage 3 o Abdominales).....	43
Ilustración 7. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona1 (Dominadas) .....	49
Ilustración 8. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona2 (Dominadas) .....	50
Ilustración 9. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona3 (Dominadas) .....	51
Ilustración 10. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona4 (Dominadas) .....	52
Ilustración 11. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona5 (Dominadas) .....	53
Ilustración 12. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona6 (Dominadas) .....	54
Ilustración 13. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona7 (Dominadas) .....	55
Ilustración 14. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona8 (Dominadas) .....	56
Ilustración 15. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona1 (Abdominales).....	57
Ilustración 16. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona2 (Abdominales).....	58

Ilustración 17. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona3 (Abdominales).....	59
Ilustración 18. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona4 (Abdominales).....	60
Ilustración 19. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona5 (Abdominales).....	61
Ilustración 20. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona6 (Abdominales).....	62
Ilustración 21. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona7 (Abdominales).....	63
Ilustración 22. Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona8 (Abdominales).....	64
Ilustración 23. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona1 x 5).....	(Carrera 10 65
Ilustración 24. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona2 x 5).....	(Carrera 10 66
Ilustración 25. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona3 x 5).....	(Carrera 10 67
Ilustración 26. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona4 x 5).....	(Carrera 10 68
Ilustración 27. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona5 x 5).....	(Carrera 10 69
Ilustración 28. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona6 x 5).....	(Carrera 10 70
Ilustración 29. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona7 10 x 5).....	(Carrera 71
Ilustración 30. Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona8 x 5).....	(Carrera 10 72

## **Índice de anexos**

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Stage .....	88
Anexo B. Cronograma.....	90
Anexo C. Presupuesto .....	95

## **Introducción**

En el ámbito del deporte, especialmente en el fútbol sala femenino, la evaluación precisa de la condición física es fundamental para el desarrollo y rendimiento de las atletas. La batería Eurofit, un conjunto de pruebas estandarizadas, se utiliza para evaluar diversos parámetros físicos como la coordinación, flexibilidad, velocidad, equilibrio y fuerza. Sin embargo, en el equipo de fútbol sala aficionado femenino de la ciudad de Pasto, estas evaluaciones se han realizado tradicionalmente de forma manual, lo que conlleva a errores humanos y consume una cantidad considerable de tiempo.

Este proyecto busca superar estas limitaciones mediante el desarrollo de una innovadora aplicación basada en Python, que integra tecnologías de visión artificial y análisis de movimiento. Utilizando bibliotecas especializadas como MediaPipe y OpenCV, la aplicación automatiza la detección de gestos y poses corporales durante la ejecución de tres pruebas específicas de la batería Eurofit: carrera 10x5, abdominales y dominadas. Esta solución tecnológica está diseñada para mejorar significativamente la precisión de las mediciones y reducir el tiempo necesario para completar las evaluaciones.

La aplicación desarrollada emplea una cámara y algoritmos de visión por computadora para capturar y analizar en tiempo real los movimientos de las deportistas durante las pruebas. Esto permite una medición objetiva y precisa de los parámetros evaluados, eliminando la subjetividad y los errores asociados con la observación humana. Además, la automatización del proceso de recolección y análisis de datos optimiza el tiempo de evaluación, facilitando un seguimiento más eficiente del progreso de las atletas.

Para validar la eficacia de esta nueva herramienta, se realizaron comparaciones entre los resultados obtenidos con la aplicación y los métodos convencionales. Se emplearon análisis estadísticos, incluyendo los métodos de Wilcoxon y Bland-Altman, para evaluar la concordancia y precisión de las mediciones. Estos análisis demostraron que la aplicación no solo mejora la exactitud de las evaluaciones, sino que también reduce significativamente el tiempo requerido para completarlas.

Este proyecto no solo optimiza el proceso de evaluación física en el fútbol sala femenino aficionado de Pasto, sino que también representa un avance en la integración de tecnologías modernas en el deporte amateur. La aplicación desarrollada ofrece una herramienta accesible y eficaz para entrenadores y atletas, fomentando un análisis más preciso y eficiente de las capacidades físicas. Además, sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la evaluación deportiva asistida por tecnología, con potencial aplicación en diversas disciplinas y niveles competitivos.

## **1. Resumen del proyecto**

### **1.1. Descripción del problema**

En el equipo de fútbol sala aficionado femenino de la ciudad de Pasto, la evaluación precisa de las capacidades físicas de las jugadoras es esencial para su desarrollo y rendimiento. La batería Eurofit, un conjunto de pruebas estandarizadas que incluye la carrera 10x5, abdominales y dominadas, es utilizada para medir parámetros físicos cruciales como la velocidad, resistencia muscular y fuerza. No obstante, estas evaluaciones se han llevado a cabo de manera manual, presentando limitaciones significativas que afectan tanto la precisión como la eficiencia de las mediciones, lo cual representa una necesidad urgente de mejora.

El método manual actualmente utilizado para la recolección de datos en las pruebas Eurofit depende de la observación directa y el registro manual por parte de los entrenadores o evaluadores. En la prueba de carrera 10x5, por ejemplo, los evaluadores utilizan cronómetros manuales para registrar el tiempo que tarda cada jugadora en completar el recorrido. En las pruebas de abdominales y dominadas, los evaluadores cuentan de manera manual el número de repeticiones que realiza cada jugadora, observando visualmente y anotando los resultados. Este proceso manual implica varias limitaciones críticas:

Primero, hay un alto potencial de errores humanos. La subjetividad en la observación puede llevar a inconsistencias, ya que diferentes evaluadores pueden tener criterios distintos para contabilizar las repeticiones o medir los tiempos. Además, el cansancio del evaluador o la distracción pueden afectar la precisión del cronometraje o del conteo de repeticiones, lo que introduce sesgos en los datos recolectados.

Segundo, el proceso manual consume una cantidad considerable de tiempo. Cada prueba debe ser observada y registrada individualmente, lo que no solo ralentiza el proceso de evaluación, sino que también limita la cantidad de datos que se pueden recoger en un período determinado. Esto es especialmente problemático en un contexto de entrenamiento en el que el tiempo es un recurso valioso y escaso.

Tercero, la recopilación manual de datos carece de la objetividad necesaria para realizar comparaciones precisas entre diferentes atletas o para el seguimiento del progreso individual a lo largo del tiempo. Los datos registrados manualmente luego deben ser transferidos a sistemas digitales para su posterior análisis, lo cual aumenta el tiempo de procesamiento y el riesgo de errores de transcripción.

Dada esta situación, surge una necesidad imperante de optimizar la evaluación física en el equipo mediante la automatización del proceso de recolección y análisis de datos. Una solución tecnológica que automatice estas tareas no solo reduciría los errores humanos y optimizaría el tiempo de evaluación, sino que también proporcionaría datos más objetivos y fiables sobre el rendimiento físico de las atletas, facilitando un seguimiento más riguroso de su progreso.

Estudios previos han demostrado que la automatización de los procesos de evaluación a través de tecnologías como la visión artificial mejora significativamente la precisión y eficiencia de las mediciones. Ante esta necesidad, se propone el desarrollo de una aplicación basada en Python que utilice MediaPipe y OpenCV para automatizar la captura de datos durante las pruebas Eurofit. La aplicación permitirá registrar el desempeño de cada jugadora, facilitando la comparación de los resultados a lo largo del tiempo.

En conclusión, la implementación de esta solución no solo optimizará los procesos de evaluación en el equipo de Pasto, sino que también representa un avance significativo en el campo del entrenamiento deportivo, al proporcionar datos más precisos y objetivos para la toma de decisiones. Esta tecnología tiene el potencial de ser adaptada a otras disciplinas deportivas, contribuyendo al desarrollo de programas de entrenamiento más personalizados y efectivos.

### ***1.1.1. Formulación del problema***

¿Cómo puede una aplicación basada en visión artificial contribuir a mejorar la eficiencia en la evaluación de las capacidades físicas de los atletas y minimizar la posibilidad de errores en la recopilación de datos?

## **1.2. Justificación**

La evaluación física precisa es un pilar fundamental en el desarrollo integral de las atletas de fútbol sala. En el contexto del equipo femenino de Pasto, la batería de pruebas Eurofit ha sido tradicionalmente empleada para medir parámetros clave como la velocidad, fuerza y resistencia. Sin embargo, la metodología manual actual, basada en la observación directa y el registro manual de datos, presenta limitaciones significativas que comprometen la precisión, eficiencia y objetividad de las evaluaciones.

La subjetividad inherente a la observación humana, sumada al tiempo considerable que demanda el registro manual de cada prueba, genera inconsistencias en los datos y limita la cantidad de información recopilada. Estas deficiencias obstaculizan la capacidad de los entrenadores para tomar decisiones informadas sobre el entrenamiento personalizado y el seguimiento del progreso individual de las atletas.

Ante este panorama, se hace evidente la necesidad de una solución innovadora que permita superar las limitaciones del método tradicional. La propuesta de este trabajo consiste en desarrollar una aplicación tecnológica basada en visión artificial que automatice la captura y el análisis de datos durante las pruebas Eurofit. Al integrar tecnologías como MediaPipe y OpenCV, la aplicación permitirá obtener mediciones precisas y objetivas en tiempo real, eliminando la subjetividad del observador humano y reduciendo significativamente el tiempo dedicado a la evaluación.

Los beneficios de esta solución trascienden en la automatización de procesos. La aplicación proporcionará datos más confiables y detallados, facilitando la comparación del rendimiento entre diferentes atletas y el seguimiento del progreso a lo largo del tiempo. Esto permitirá a los entrenadores diseñar programas de entrenamiento más personalizados y efectivos, adaptados a las necesidades individuales de cada jugadora. Además, la generación de informes automatizados agilizará la gestión de los datos y facilitará su análisis, contribuyendo a una toma de decisiones más eficiente y basada en evidencia.

En un contexto donde la tecnología desempeña un papel cada vez más relevante en el deporte, la implementación de esta solución posiciona al equipo de fútbol sala femenino de Pasto a la vanguardia de la innovación en el entrenamiento deportivo. Al adoptar un enfoque basado en datos y tecnologías de punta, se contribuye a elevar los estándares de evaluación y a fomentar el desarrollo de las atletas.

Más allá de los beneficios directos para el equipo de Pasto, esta investigación tiene un potencial de impacto más amplio. La aplicación desarrollada puede servir como modelo para otros equipos deportivos, demostrando la viabilidad y los beneficios de la automatización en la evaluación física. Asimismo, los resultados de este proyecto pueden contribuir al avance del conocimiento científico en el campo del entrenamiento deportivo, al proporcionar evidencia empírica sobre la eficacia de las tecnologías de visión artificial en la evaluación del rendimiento deportivo.

En conclusión, la implementación de esta aplicación tecnológica representa un paso significativo hacia la optimización de los procesos de evaluación física en el fútbol sala femenino. Al abordar las limitaciones del método tradicional y ofrecer una solución innovadora y eficiente, se contribuye al desarrollo integral de las atletas y se sienta un precedente para la adopción de tecnologías similares en otros ámbitos del deporte.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Desarrollar una aplicación tecnológica para el manejo de los datos obtenidos por la batería de test Eurofit.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

Establecer los requerimientos software/hardware para la instrumentación de la batería de test Eurofit.

Desarrollar un sistema software/hardware para realizar la trazabilidad de los resultados obtenidos por la batería instrumentada.

Comparar estadísticamente los resultados obtenidos por la plataforma desarrollada con el método convencional de medida.

## 1.4. Marco referencial o fundamentos teóricos

### 1.4.1 Antecedentes

La investigación se basa en el uso de la base de datos Scopus para identificar los artículos más citados y relevantes de los últimos cinco años. Esta búsqueda se realizó en marzo de 2023, centrándose en artículos escritos en inglés. En la tabla 1 se observa cada uno de los filtros usados.

**Tabla 1.**

*Resultados de la Búsqueda de Documentos*

<b>Criterios de búsqueda</b>	<b>(Eurofit OR physical fitness assessment) AND (computer vision OR machine learning) AND (athlete performance OR sports performance) AND (automation OR real-time) 22 papers</b>
<b>Período de búsqueda</b>	<b>2013-2023</b>
<b>Número de documentos encontrados sin filtro</b>	<b>68</b>
<b>Idioma</b>	<b>Artículos en inglés</b>
<b>Filtro por área buscada</b>	<b>Ingeniería, Biomédica, Bioingeniería, Profesiones saludables. Bioquímica, Genética.</b>
<b>Tipo de documentos</b>	<b>Artículos</b>
<b>Número de documentos encontrados con filtro</b>	<b>22</b>

**1.4.1.1 Análisis de artículos (últimos 5 años).** Según el estudio "Machine Learning in Rehabilitation Assessment for Thermal and Heart Rate Data Processing" realizado por Ales Prochazka y colaboradores, se exploró el potencial del aprendizaje automático para analizar datos fisiológicos, como la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal, obtenidos durante sesiones de rehabilitación. Los autores utilizaron diversas técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones en estos datos y correlacionarlos con el nivel de condición física y posibles trastornos médicos. Los resultados mostraron que es posible utilizar estos datos para determinar el nivel de condición física y detectar cambios en el estado de salud. Este estudio es relevante para el proyecto ya que demuestra la viabilidad de utilizar técnicas de aprendizaje automático para analizar datos fisiológicos y evaluar el rendimiento deportivo. Además, el uso de sensores como cámaras térmicas y dispositivos de monitoreo de la frecuencia cardíaca se alinea con las tecnologías que se están considerando para el proyecto.

Según el estudio "Ensuring athlete physical fitness using Cyber-Physical Systems (CPS) in training environments" de Hongtao Zhou y D Maryama Binti Ag Daud, se propone un método innovador para evaluar la condición física de atletas utilizando sistemas ciberfísicos y el Internet de las Cosas (IoT). Los autores desarrollaron un sistema que recopila datos de diversos sensores, como los que miden la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y la saturación de oxígeno, para evaluar el rendimiento físico de los atletas en tiempo real. Los resultados de la investigación mostraron que este sistema es capaz de identificar con precisión el nivel de condición física de los atletas. Este estudio es de gran interés para el proyecto, ya que presenta una aplicación práctica de las tecnologías IoT y de aprendizaje automático en el ámbito deportivo. Además, la metodología utilizada puede servir como base para desarrollar la propia propuesta del proyecto.

Según el estudio "Motion Assessment for Accelerometric and Heart Rate Cycling Data Analysis" de Hana Charvátová y colaboradores, se investigó la posibilidad de utilizar datos de acelerómetros y frecuencia cardíaca para evaluar el movimiento durante el ciclismo. Los autores encontraron que al combinar estos datos y aplicar técnicas de aprendizaje automático, es posible clasificar diferentes tipos de movimiento con alta precisión. Además, identificaron las ubicaciones óptimas para los sensores en el cuerpo. Este estudio es relevante para el proyecto, ya que demuestra la utilidad de los acelerómetros y la frecuencia cardíaca para evaluar el movimiento y el

rendimiento deportivo. Los resultados de este estudio pueden ayudar a seleccionar los sensores más adecuados y a desarrollar algoritmos de clasificación para el proyecto.

Según el estudio "A Spatiotemporal Deep Learning Approach for Automatic Pathological Gait Classification" realizado por Pedro Albuquerque y colaboradores, se propone un novedoso enfoque para el análisis de la marcha utilizando técnicas de aprendizaje profundo. El estudio destaca la importancia de analizar la marcha para diagnosticar y evaluar la recuperación de personas con patologías. Los autores proponen un sistema de análisis de la marcha basado en una sola cámara 2D-RGB, que ofrece una evaluación objetiva y complementaria a los métodos tradicionales. El estudio resalta las limitaciones de los enfoques tradicionales basados en representaciones compactas de la marcha, que no capturan completamente la información temporal y las dependencias entre los movimientos sucesivos.

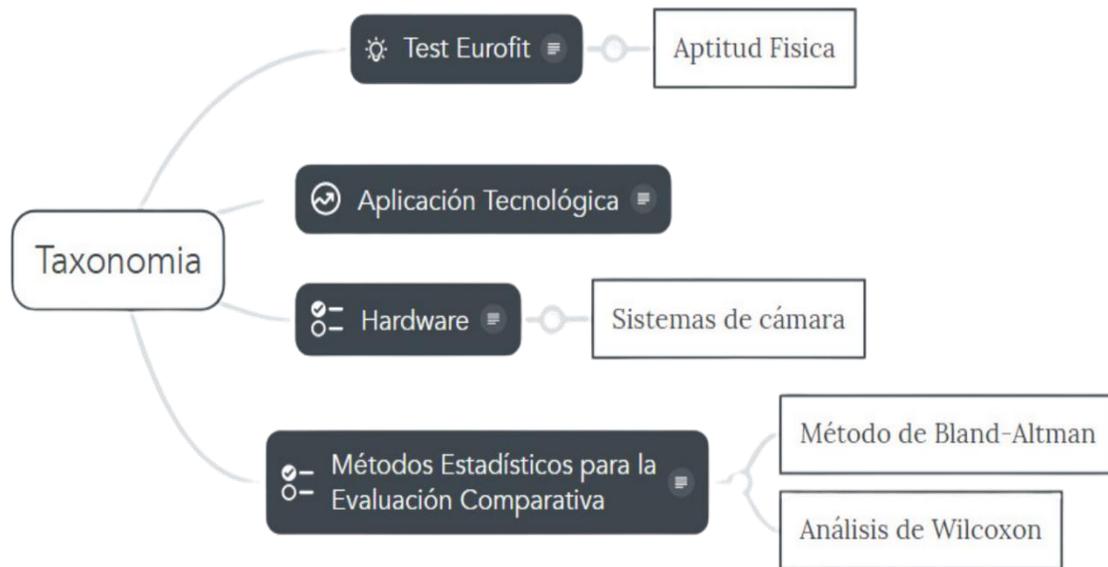
Para abordar este problema, los autores proponen un enfoque de aprendizaje profundo espacio-temporal que utiliza una selección de fotogramas clave para representar un ciclo de marcha. Al combinar redes neuronales convolucionales y recurrentes, el sistema puede aprender patrones temporales y espaciales, mejorando la precisión de la clasificación de patologías de la marcha. Este estudio es de gran relevancia para el proyecto debido a que utiliza técnicas de aprendizaje profundo, lo que demuestra la aplicabilidad de estas tecnologías en el análisis de la marcha y la evaluación deportiva. El sistema emplea visión por computadora utilizando una cámara 2D-RGB, lo que es similar a la propuesta de utilizar cámaras para capturar el movimiento de los atletas. Aunque el proyecto no se centra específicamente en la clasificación de patologías, los métodos utilizados en este estudio pueden ser adaptados para evaluar el rendimiento deportivo y detectar anomalías en el movimiento. Además, el sistema propuesto en el estudio logró superar los métodos tradicionales, lo que sugiere que los enfoques basados en aprendizaje profundo pueden ofrecer una precisión superior en la evaluación de la marcha.

#### ***1.4.2 Marco teórico***

En la figura 1, se indica el orden y clasificación del marco teórico:

## Ilustración 1.

### Taxonomía



### 1.4.3 Marco conceptual

**1.4.3.1 Test Eurofit.** El Test Eurofit es una batería de pruebas estandarizadas desarrollada para evaluar las cualidades físicas en diferentes grupos de edad, incluyendo niños, jóvenes y adultos. Este conjunto de pruebas se utiliza ampliamente en el ámbito deportivo y educativo para medir aspectos fundamentales de la aptitud física, tales como la coordinación, flexibilidad, velocidad, equilibrio, resistencia y fuerza (Sánchez, 2023); las pruebas incluidas en la batería Eurofit son:

***Carrera de ida y vuelta (10x5 metros).*** Esta prueba evalúa la velocidad y agilidad del participante. El individuo corre entre dos líneas separadas por 5 metros, y debe tocar el suelo más allá de cada línea en cada vuelta. Se mide el tiempo total que tarda en completar diez tramos de 5 metros (ida y vuelta).

***Salto de longitud con los pies juntos.*** Esta prueba mide la potencia y fuerza explosiva de las piernas. El participante debe saltar lo más lejos posible desde una posición estática con los pies juntos, y la distancia se mide desde el punto de despegue hasta donde caen los talones.

***Flexión profunda (sit and reach).*** Diseñada para evaluar la flexibilidad de la parte baja de la espalda y los isquiotibiales. El participante se sienta con las piernas estiradas y se inclina hacia adelante para alcanzar la mayor distancia posible sin flexionar las rodillas. Se mide la distancia alcanzada con las manos más allá de los pies.

***Prueba de resistencia cardiorrespiratoria (Course-Navette o prueba de los 20 metros).*** Esta prueba mide la capacidad aeróbica. El participante corre de un lado a otro en una distancia de 20 metros a un ritmo que aumenta progresivamente, guiado por señales de audio. La prueba continúa hasta que el participante no puede seguir el ritmo.

***Flexiones de brazos (upper body strength).*** Esta prueba mide la fuerza muscular de la parte superior del cuerpo. El participante realiza el máximo número de flexiones de brazos posibles con una técnica correcta en un tiempo determinado.

***Equilibrio en una pierna (Flamingo balance test).*** Esta prueba mide la capacidad de equilibrio estático. El participante se coloca sobre una pierna, manteniendo la otra doblada hacia atrás, y se mide el tiempo que puede mantener esta posición sin perder el equilibrio.

***Dominadas (pull-ups o flexiones en barra).*** Esta prueba mide la fuerza muscular de la parte superior del cuerpo, especialmente los músculos dorsales y de los brazos. El participante realiza tantas dominadas como pueda, levantando su cuerpo hasta que la barbilla pase por encima de la barra.

***Prueba de abdominales (sit-ups en un minuto).*** Esta prueba evalúa la resistencia muscular del core. El participante realiza el máximo número de abdominales posibles en un minuto, manteniendo una técnica adecuada.

Cada una de estas pruebas se evalúa de acuerdo con protocolos estandarizados para asegurar la precisión y consistencia de las mediciones, proporcionando una evaluación integral de las capacidades físicas del participante.

1.4.3.1.1 **Aptitud Física.** La aptitud física se define como la capacidad general de una persona para realizar actividades físicas de manera eficiente y efectiva. (Jiménez Gutiérrez, A. ,2007). Esta capacidad abarca varios componentes clave que son fundamentales para un rendimiento físico óptimo:

*Resistencia cardiovascular.* La capacidad del sistema cardiovascular y respiratorio para suministrar oxígeno a los músculos durante actividades prolongadas, como correr o nadar.

*Fuerza muscular.* La capacidad de los músculos para generar fuerza máxima durante una contracción, como en el levantamiento de pesas o la realización de dominadas.

*Resistencia muscular.* La capacidad de los músculos para realizar una actividad repetida durante un periodo prolongado sin fatigarse, como en la realización de flexiones de brazos o abdominales.

*Flexibilidad.* La capacidad de mover las articulaciones a través de su rango completo de movimiento, como se evalúa en la prueba de flexión profunda (sit and reach).

*Coordinación.* La capacidad de realizar movimientos precisos y controlados utilizando diferentes grupos musculares, esencial en deportes como el fútbol sala y en pruebas como la carrera de ida y vuelta (10x5 metros).

*Equilibrio.* La capacidad de mantener el control del cuerpo tanto en movimiento como en posición estática, como se mide en la prueba de equilibrio en una pierna (Flamingo balance test).

*Velocidad.* La capacidad de mover el cuerpo rápidamente, como se evalúa en la carrera de ida y vuelta (10x5 metros).

Cada uno de estos componentes de la aptitud física es importante para el desempeño deportivo y la salud general, y puede ser desarrollado y mejorado a través del entrenamiento específico y la práctica regular.

**1.4.3.2 Aplicación tecnológica.** La aplicación tecnológica desarrollada para este proyecto se basa en el uso de visión artificial para automatizar la captura y análisis de datos durante las pruebas del Test Eurofit. La aplicación utiliza las siguientes tecnologías:

***Python.*** Lenguaje de programación utilizado para desarrollar la aplicación.

***MediaPipe.*** Biblioteca para la detección y análisis de poses del cuerpo en tiempo real.

***OpenCV.*** Biblioteca para el procesamiento de imágenes y la visualización en tiempo real.

**1.4.3.3 Hardware.** Se refiere a los componentes físicos de un sistema informático, como la CPU, la memoria, el disco duro y los dispositivos de entrada/salida.

**1.4.3.3.1 Sistemas de cámara.** En este proyecto, se emplean sistemas de cámara para la captura y análisis de movimientos durante las pruebas Eurofit. Este sistema permite evaluar de manera detallada los patrones de movimiento, como ángulos articulares y trayectorias, a través del análisis de imágenes y video.

Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó una cámara Logitech C920. Esta cámara fue seleccionada por sus capacidades técnicas, que incluyen una resolución Full HD de 1080p y enfoque automático, características esenciales para capturar imágenes claras y detalladas necesarias para el análisis preciso de movimientos.

La cámara está integrada en la aplicación tecnológica desarrollada mediante el uso de bibliotecas de visión por computadora como OpenCV y MediaPipe. Esta integración permite la captura en tiempo real de los movimientos de las atletas, que luego son procesados para evaluar variables clave de las pruebas físicas.

**1.4.3.4 Métodos estadísticos para la evaluación comparativa.** En esta sección, se abordarán dos métodos estadísticos fundamentales empleados en la evaluación comparativa de resultados obtenidos mediante distintas plataformas o metodologías de medición. Estos métodos son cruciales para determinar la concordancia, consistencia y precisión entre diferentes enfoques de medición en el campo de la evaluación de la aptitud física.

**1.4.3.4.1 Método de Bland-Altman.** El método de Bland-Altman, también conocido como análisis de límites de acuerdo, es una técnica estadística utilizada para evaluar la concordancia entre dos métodos de medición cuantitativa. Este método no solo identifica la existencia de sesgos sistemáticos entre las mediciones, sino que también cuantifica la magnitud de la discrepancia y establece límites de acuerdo que representan la variabilidad esperada entre las mediciones. Es especialmente útil comparar una nueva técnica de medición con un estándar de referencia establecido (Giavarina, 2015). Este enfoque gráfico y estadístico es esencial para evaluar la exactitud y precisión de un nuevo método frente a uno convencional. Las ecuaciones empleadas en el método de Bland-Altman son:

*Diferencias entre las mediciones.* La diferencia entre la medición del software y la medición del deportólogo para el  $i$ -ésimo par de datos. Se define como:

$$d_i = \text{datos del software}_i - \text{datos del deportologo}_i$$

*Media de las diferencias.* Es el promedio de todas las diferencias, calculada como:

$$\underline{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

*Desviación estándar de las diferencias.* Mide la dispersión de las diferencias, alrededor de la media. Se calcula utilizando la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \underline{d})^2}$$

*Límites de acuerdo.* Indican el rango dentro del cual se espera que caiga la mayoría de las diferencias entre las mediciones. Se calculan como:

$$\text{Límite superior: } \underline{d} + 1.96 \cdot s$$

$$\text{Límite inferior: } \underline{d} - 1.96 \cdot s$$

Donde:

1.96 = es un factor que se usa para extender el intervalo alrededor de la media de las diferencias, de manera que se capture el rango en el que se espera que caigan la mayoría de las diferencias entre las mediciones en un 95% de los casos.

**1.4.3.4.2 Análisis de Wilcoxon.** El análisis de Wilcoxon, también conocido como prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, es una técnica estadística no paramétrica utilizada para comparar dos muestras relacionadas.

Esta prueba es particularmente útil para determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de datos, especialmente cuando los datos no siguen una distribución normal. A diferencia de las pruebas paramétricas como la ‘t’ de Student, el análisis de Wilcoxon no asume normalidad en la distribución de los datos, lo que la hace adecuada para una amplia gama de aplicaciones en investigaciones científicas y médicas (Derrick & White, 2017). La prueba de Wilcoxon es fundamental para evaluar la consistencia entre métodos de medición y proporciona una valoración robusta de la similitud entre dos conjuntos de datos. La ecuación para los límites de acuerdo en el método de Wilcoxon es:

$$W = \sum R_+$$

Donde:

$R_+$  = Es la suma de los rangos positivos de las diferencias entre las muestras emparejadas, en nuestro caso datos tomados por el software y el deportólogo (Wilcoxon, 1945).

#### ***1.4.4 Marco Contextual***

Nuestro trabajo se desarrolla en la ciudad de San Juan de Pasto, ubicada en el sur de Colombia. El enfoque principal se centra en un equipo amateur de fútbol sala femenino que representa a la región. La elección de este contexto espacial responde a la necesidad de evaluar y mejorar el rendimiento físico y la precisión en la ejecución de los ejercicios del Test Eurofit dentro de un entorno deportivo local.

#### ***1.4.5. Marco metodológico***

**1.4.5.1. Paradigma de investigación.** El paradigma de investigación de este trabajo se enmarca dentro del paradigma tecnológico y experimental. El enfoque se basa en la creación y evaluación de una solución tecnológica, que en este caso es una aplicación basada en visión artificial para mejorar la precisión en la evaluación de las pruebas físicas del Test Eurofit. Este paradigma permite abordar la investigación desde una perspectiva de desarrollo y prueba de tecnologías innovadoras, con un fuerte componente de experimentación y ajuste en condiciones reales.

**1.4.5.2. Enfoque de investigación.** El enfoque de investigación es cuantitativo y aplicado. Se busca obtener datos numéricos y objetivos sobre la precisión y eficiencia de la aplicación desarrollada, mediante la comparación de resultados entre el método tecnológico y el convencional. La investigación se centra en la aplicación práctica y en la validación de la solución propuesta para resolver problemas específicos en la evaluación física.

**1.4.5.3. Tipo de investigación.** El tipo de investigación es descriptivo y comparativo. La investigación descriptiva se enfoca en documentar y analizar las características y el rendimiento de la aplicación tecnológica en el contexto del Test Eurofit. La investigación comparativa evalúa las diferencias entre los resultados obtenidos mediante la nueva aplicación y los métodos convencionales de evaluación, proporcionando una base para medir la efectividad y precisión de la solución.

**1.4.5.4. Población y muestra.**

*Población y Muestra.* La población de estudio está compuesta por las jugadoras del equipo de fútbol sala femenino en Pasto. La muestra se seleccionará en dos fases: inicialmente, se realizarán pruebas con dos mujeres para la validación interna, y posteriormente, se ampliará a ocho mujeres para la validación externa.

*Unidad de Trabajo.* La unidad de trabajo es la aplicación tecnológica desarrollada para la evaluación de las pruebas físicas del Test Eurofit, incluyendo sus algoritmos y funcionalidades.

*Unidad de Análisis.* La unidad de análisis incluye los datos recopilados durante las pruebas físicas realizadas con la aplicación, comparados con los datos obtenidos mediante métodos convencionales de evaluación. Esto incluye medidas de precisión, eficiencia y exactitud de la aplicación en el contexto de la batería Eurofit.

**1.4.5.5. Técnica e instrumentos de recolección de información.**

*Técnica de recolección de información.* Se utilizarán técnicas de observación directa y análisis comparativo. Las pruebas se observarán directamente para asegurar que la aplicación esté funcionando correctamente y se recopilarán datos mediante la aplicación y métodos convencionales para su comparación.

***Instrumentos de recolección de información.*** Aplicación tecnológica desarrollada en Python, que incluye bibliotecas como MediaPipe y OpenCV para capturar y analizar los datos en tiempo real.

Métodos convencionales para la evaluación física, que servirán como referencia para comparar la precisión y eficacia de la aplicación.

#### ***1.4.6. Validez de los resultados***

Para la validación de los resultados se llevarán a cabo dos validaciones, la validación interna y la validación externa.

**1.4.6.1. Validez interna.** La validación interna de este proyecto se enfocará en evaluar el rendimiento de los algoritmos desarrollados utilizando una muestra inicial de dos mujeres del equipo de fútbol sala femenino. Esta etapa tiene como objetivo asegurar la precisión del sistema y minimizar errores en la recopilación de datos. Durante esta fase, se llevarán a cabo pruebas para identificar y corregir posibles fallos y realizar ajustes necesarios en el sistema. La validación interna garantizará que la aplicación funcione correctamente en un entorno controlado antes de su implementación más amplia.

**1.4.6.2. Validez externa.** La validación externa se centrará en la implementación práctica de la aplicación tecnológica en el entorno del equipo de fútbol sala femenino en Pasto, utilizando una muestra de ocho mujeres. En esta fase, se realizarán pruebas para evaluar la precisión y eficiencia de la solución en condiciones reales. Los resultados obtenidos a través de la plataforma se compararán con los generados por métodos convencionales de evaluación, en este caso los datos que toma el deportólogo a la par con nuestro software. Esta validación permitirá verificar la utilidad y confiabilidad de la aplicación en un contexto práctico y determinar su capacidad para satisfacer las necesidades específicas de las atletas. La validación externa es fundamental para demostrar la efectividad y aplicabilidad del sistema en situaciones reales.

## 2. Presentación de resultados

### 2.1 Análisis e interpretación de resultados

#### 2.1.1. Análisis del primer objetivo

El primer objetivo del proyecto consiste en identificar y seleccionar los requerimientos de software y hardware necesarios para el desarrollo de la aplicación tecnológica que automatice la evaluación de las capacidades físicas mediante el Test Eurofit. Para cumplir con este objetivo, se realizó un análisis de las necesidades técnicas del proyecto y se seleccionaron los componentes más adecuados para la implementación.

**2.1.1.1 Selección de software y hardware.** Para el desarrollo del software, se seleccionaron las siguientes herramientas:

**Python.** Se escogió Python como lenguaje de programación principal debido a su versatilidad y la amplia disponibilidad de bibliotecas especializadas en visión por computadora y análisis de datos.

**MediaPipe.** Esta biblioteca se utilizó para la detección de poses y gestos en tiempo real. MediaPipe permite la integración de algoritmos de aprendizaje automático optimizados para dispositivos móviles y de escritorio.

**OpenCV.** OpenCV se seleccionó por su capacidad para realizar procesamiento de imágenes y visión por computadora, esencial para la detección precisa de movimientos y el análisis de repeticiones.

Para el hardware, se consideraron varios factores, como la precisión, la compatibilidad con el software y el costo. El componente seleccionado fue el siguiente:

**Cámara de Alta Resolución.** Se utilizó una cámara Logitech C920 con resolución Full HD (1080p), seleccionada por su capacidad para capturar imágenes claras y detalladas, lo cual es crucial para la detección precisa de movimientos en las pruebas.

**2.1.1.2. Características técnicas de los componentes seleccionados.** A continuación, se presenta una tabla que resume las características técnicas de los componentes seleccionados:

**Tabla 2.**

*Características de los componentes seleccionados*

Componente	Descripción	Características Técnicas
Python	Lenguaje de programación	Compatible con múltiples plataformas, soporte para bibliotecas científicas
MediaPipe	Biblioteca de visión por computadora	Detección de poses en tiempo real, optimización para dispositivos móviles
OpenCV	Biblioteca de procesamiento de imágenes	Soporte para múltiples formatos de imagen, amplia comunidad de usuarios
Cámara Logitech C920	Cámara de alta resolución	Resolución 1080p, enfoque automático, compatible con Windows y macOS

Para la instrumentación de la batería de test Eurofit, es necesario definir los requisitos funcionales y no funcionales del software y hardware utilizados. En la siguiente tabla se abordan algunos de estos requisitos:

**Tabla 3.**

*Requisitos de Software/Hardware*

<b>Requisitos Funcionales</b>	<b>Requisitos No Funcionales</b>
<b>Captura de datos:</b>	<b>Precisión y confiabilidad:</b>
- Medir y registrar variables como tiempos, distancias, y ángulos.	- Alta precisión en la captura y procesamiento de datos.
	- Reducción de errores de medición.
<b>Procesamiento de datos:</b>	<b>Velocidad y rendimiento:</b>
- Procesar los datos capturados de manera eficiente.	- Procesamiento de datos en tiempo razonable.
- Realizar cálculos y análisis pertinentes.	- Eficiencia en pruebas que requieren mediciones en tiempo real.
<b>Almacenamiento y gestión de datos:</b>	<b>Compatibilidad y escalabilidad:</b>
- Almacenar y gestionar los datos de forma organizada y segura.	- Compatibilidad con múltiples sistemas operativos y dispositivos.
	- Capacidad para adaptarse a nuevas pruebas y actualizaciones.
<b>Interfaz de usuario intuitiva:</b>	<b>Seguridad y privacidad:</b>
- Proveer una interfaz intuitiva y fácil de usar.	- Medidas de seguridad para proteger los datos.
- Visualización clara de instrucciones y resultados.	- Privacidad de la información y cumplimiento de regulaciones.
- Permitir la introducción y edición de datos.	- Protección de datos contra accesos no autorizados.

*Nota.* Fuente: Datos obtenidos de Normas y estándares internacionales-año 2024.

**2.1.1.3. Validación y pruebas de códigos desarrollados.** En el desarrollo del primer objetivo, se programaron códigos en Python para evaluar tres ejercicios distintos: carrera 10x5, abdominales y dominadas. Estos códigos cumplen con los requisitos funcionales y no funcionales identificados en la revisión de literatura. En la siguiente tabla, se describe el proceso de validación de funcionamiento de los algoritmos programados:

**Tabla 4.**

*Prueba de calibración*

<b>Prueba</b>	<b>Descripción</b>	<b>Parámetro Ajustado</b>	<b>Resultado Obtenido</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Prueba 1: Calibración de Cámara</b>	Ajuste y calibración de la cámara Logitech C920 para asegurar precisión en la captura de imágenes.	Corrección de distorsiones de lente, ajuste de enfoque automático.	Mejor calidad de imagen y captura precisa de movimientos sin distorsión.	Se observaron mejoras significativas en la detección de gestos con menor tasa de errores.
<b>Prueba 2: Calibración de Algoritmos de Detección</b>	Ajuste de los algoritmos de MediaPipe para mejorar la precisión en la detección de gestos y poses.	Parámetros de detección ajustados para reducir falsos positivos/negativos.	Reducción del 15% en falsos positivos, incremento del 20% en precisión en la detección de repeticiones.	Los ajustes mejoraron notablemente la detección de movimientos finos en abdominales y dominadas.

<b>Prueba 3: Validación con Datos Reales</b>	Comparación entre los resultados generados por el software y las mediciones manuales realizadas por el deportólogo.	Ajuste de umbrales de detección en función de los datos manuales.	Alineación del 95% en los conteos de repeticiones y tiempos entre el software y las mediciones manuales.	Se requiere más ajuste en condiciones de iluminación variables.
<b>Prueba 4: Iteración y Ajuste</b>	Pruebas continuas para mejorar la detección en diferentes condiciones (iluminación, posición de la cámara).	Ajuste de parámetros de detección bajo diferentes condiciones de luz y ángulos de cámara.	Mejora en la detección de movimientos bajo condiciones de poca luz, con un incremento del 10% en precisión.	Requiere ajustes adicionales para condiciones de luz muy bajas.

### 2.1.2. Análisis del segundo objetivo

El segundo objetivo de este proyecto consiste en diseñar un sistema de software/hardware que permita realizar un seguimiento efectivo de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la batería de pruebas Eurofit. Este sistema tiene como finalidad optimizar el proceso de recopilación y análisis de datos, reduciendo la posibilidad de errores humanos y mejorando la eficiencia en la ejecución de las pruebas.

Para alcanzar este objetivo, se han definido las siguientes funcionalidades clave que el sistema debe cumplir:

**Captura y Procesamiento de Datos.** El software debe ser capaz de capturar los resultados de las pruebas Eurofit de manera precisa y eficiente, incluyendo la recolección de datos en tiempo real durante la ejecución de las pruebas.

**Seguimiento y Evaluación de Resultados.** El sistema debe permitir el seguimiento continuo de los resultados obtenidos por los atletas, facilitando la evaluación de su rendimiento a lo largo del tiempo. Esto ayudará a identificar áreas de mejora y a personalizar los entrenamientos.

**Reducción de Errores Humanos.** Al automatizar la recopilación de datos, se busca minimizar la posibilidad de errores que pueden ocurrir durante la medición manual, lo cual es crucial para garantizar la fiabilidad de los resultados.

**Optimización del Tiempo de Ejecución.** El software debe contribuir a reducir el tiempo necesario para llevar a cabo la batería de pruebas Eurofit, permitiendo así una mayor eficiencia en las sesiones de entrenamiento. Para evaluar el rendimiento de la aplicación, se realizaron ejercicios con un tiempo promedio, cuyos resultados se presentan en la tabla a continuación:

**Tabla 5.**

*Validación de Captura de Datos, Seguimiento de Errores y Reducción de Tiempo de Ejecución*

<i>Ejercicio/Aplicación</i>	<i>Tiempo de Ejecución (segundos)</i>	<i>Descripción</i>
Carrera 10x5	52.29	Tiempo total para completar la detección y el conteo de vueltas en la carrera.
Dominadas	25.31	Tiempo total para la detección y el conteo de repeticiones de dominadas.

---

Abdominales	25.53	Tiempo total para la detección y el conteo de repeticiones de abdominales.
Interfaz de Usuario	186.71	Tiempo total en el que la interfaz estuvo activa, desde el inicio hasta el cierre.

---

### **Análisis de los Resultados.**

**Carrera 10x5.** El proceso de captura de movimiento, conteo de vueltas en tiempo real y registro de los resultados en el archivo CSV se completó en 52.29segundos, lo que refleja un rendimiento adecuado para este ejercicio.

**Dominadas.** La detección y el conteo de repeticiones, junto con el almacenamiento de los datos en el archivo CSV, tomaron 25.31 segundos, demostrando un procesamiento eficiente.

**Abdominales.** El tiempo de ejecución fue de 25.53 segundos, lo que sugiere que la detección de repeticiones, validación de cada una y el registro de los resultados en el archivo CSV fue similar al tiempo de las dominadas.

**Interfaz de Usuario.** La interfaz permaneció activa durante 186.71segundos, desde la creación de un nuevo usuario e inicio de sesión, hasta la finalización de las interacciones con los ejercicios y el correspondiente guardado de los datos.

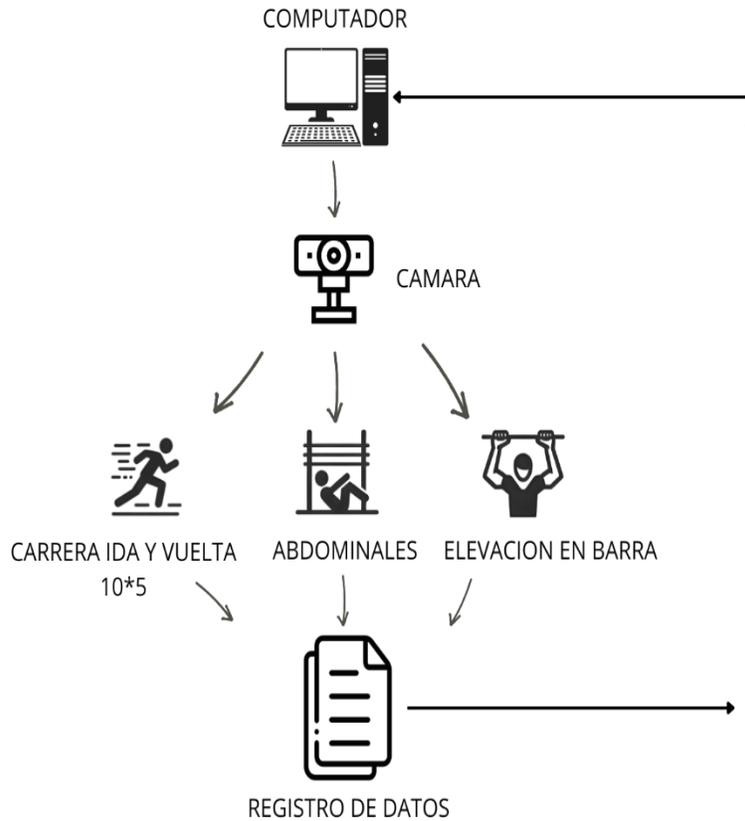
**2.1.2.1. Descripción de la aplicación tecnológica.** La aplicación desarrollada está diseñada para automatizar la captura y análisis de datos en las pruebas del Test Eurofit, específicamente en los ejercicios de carrera 10x5, abdominales y dominadas. La aplicación utiliza una cámara de alta resolución para capturar los movimientos de las atletas y sensores de movimiento para detectar repeticiones y medir tiempos de manera precisa. A través de MediaPipe y OpenCV, el software procesa las imágenes y datos capturados, identificando y contando automáticamente el número de abdominales realizados, las elevaciones en dominadas, y midiendo el tiempo en la prueba de carrera 10x5.

La arquitectura del sistema consiste en una integración de hardware y software que permite la captura en tiempo real de los datos de las pruebas físicas.

La figura siguiente ilustra la arquitectura utilizada para el desarrollo del software, mostrando cómo se integran los componentes de hardware y software para capturar, procesar y analizar los datos de las pruebas físicas.

**Ilustración 2.**

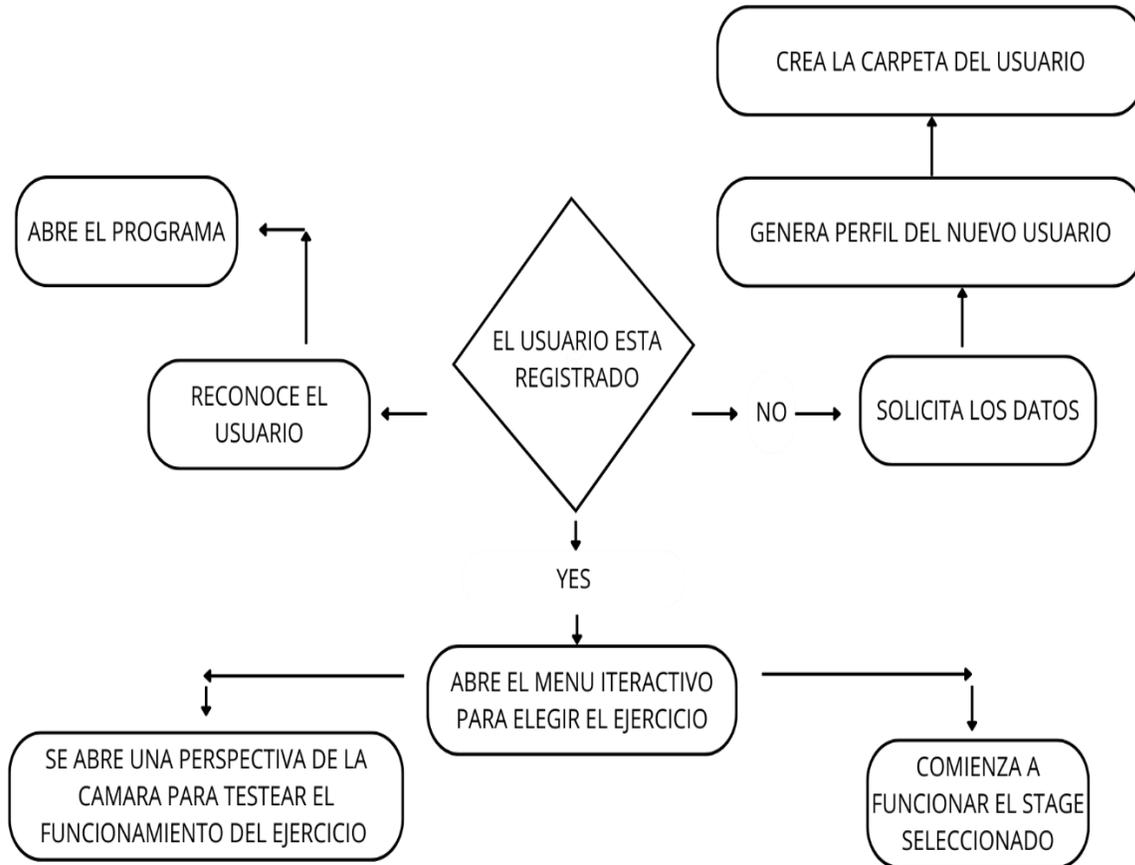
*Arquitectura General*



A continuación, se muestra el flujo de trabajo del software que inicia con la captura de imágenes y datos, seguido por el procesamiento de las imágenes para la detección de poses y movimientos, y finalmente, la generación de resultados que incluyen el número de repeticiones, tiempos de ejecución y evaluación de la calidad del ejercicio.

**Ilustración 3.**

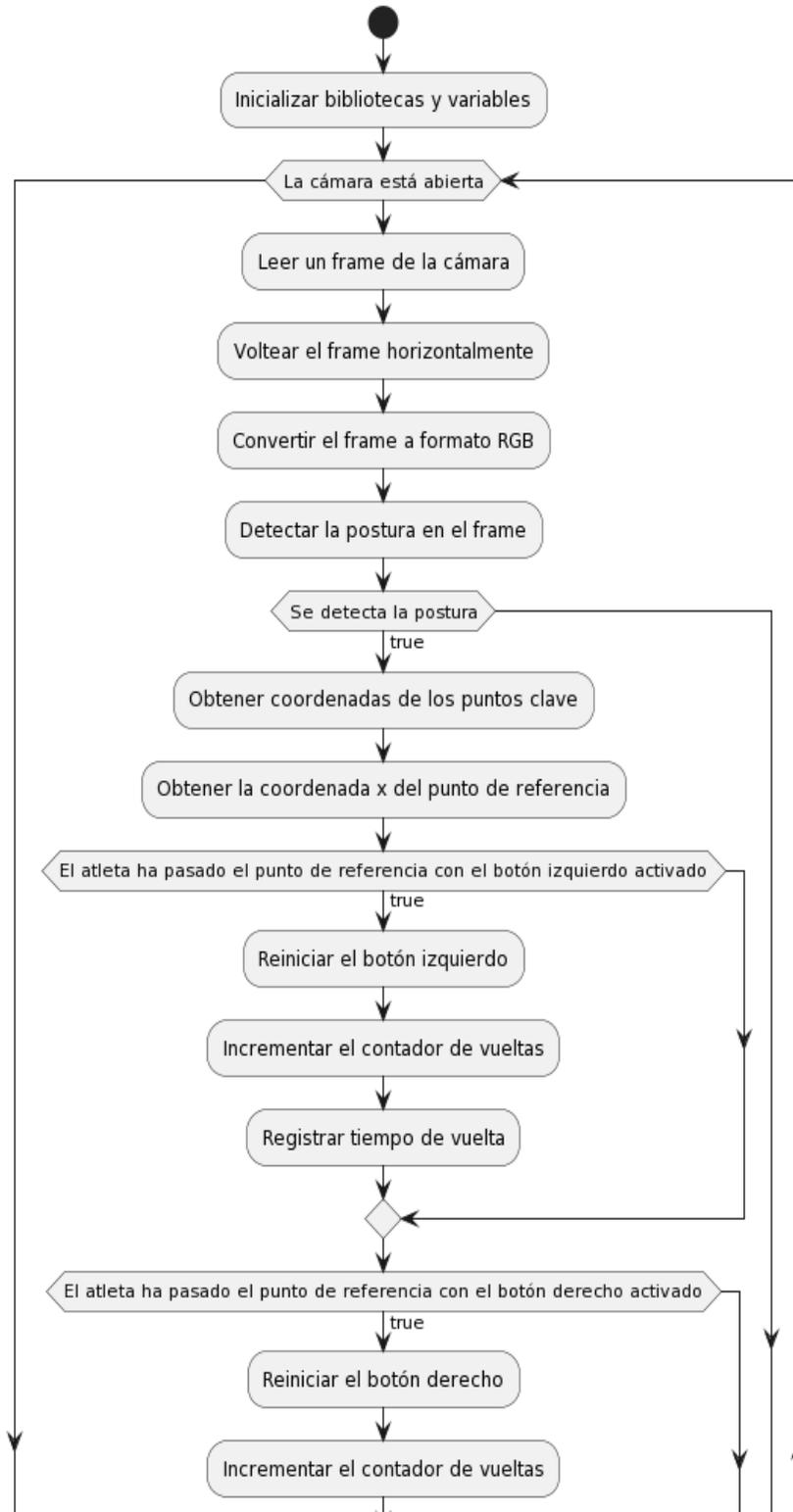
*Diagrama general*

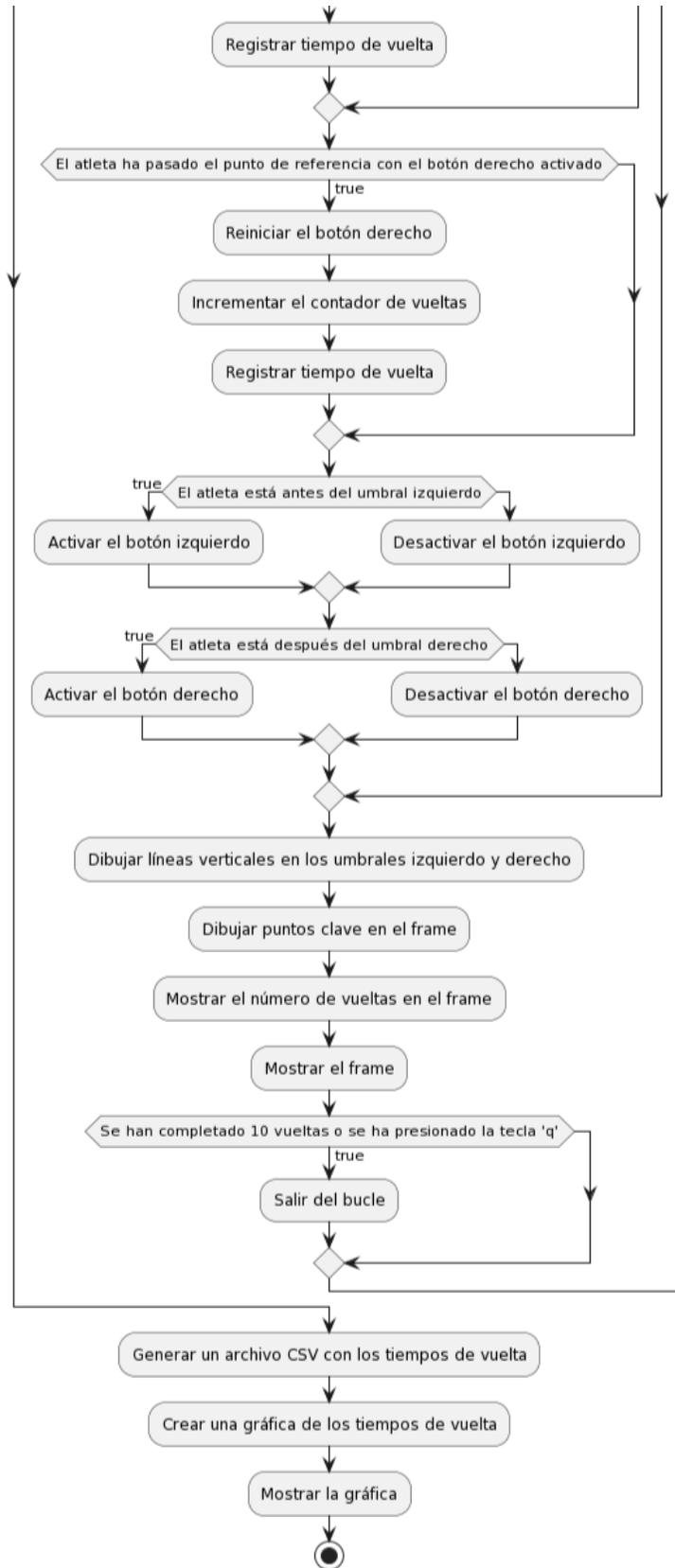


Basándonos en los datos recopilados y el diagrama de flujo general previamente elaborado, procedemos ahora a desarrollar diagramas de flujo específicos para cada uno de nuestros códigos. Estos diagramas estarán dedicados individualmente a los distintos 'stages' o ejercicios de nuestro proyecto. Esta etapa es fundamental para detallar la lógica y estructura detrás de cada fragmento de código, asegurando así una implementación eficiente y coherente en cada aspecto del software.

**Ilustración 4.**

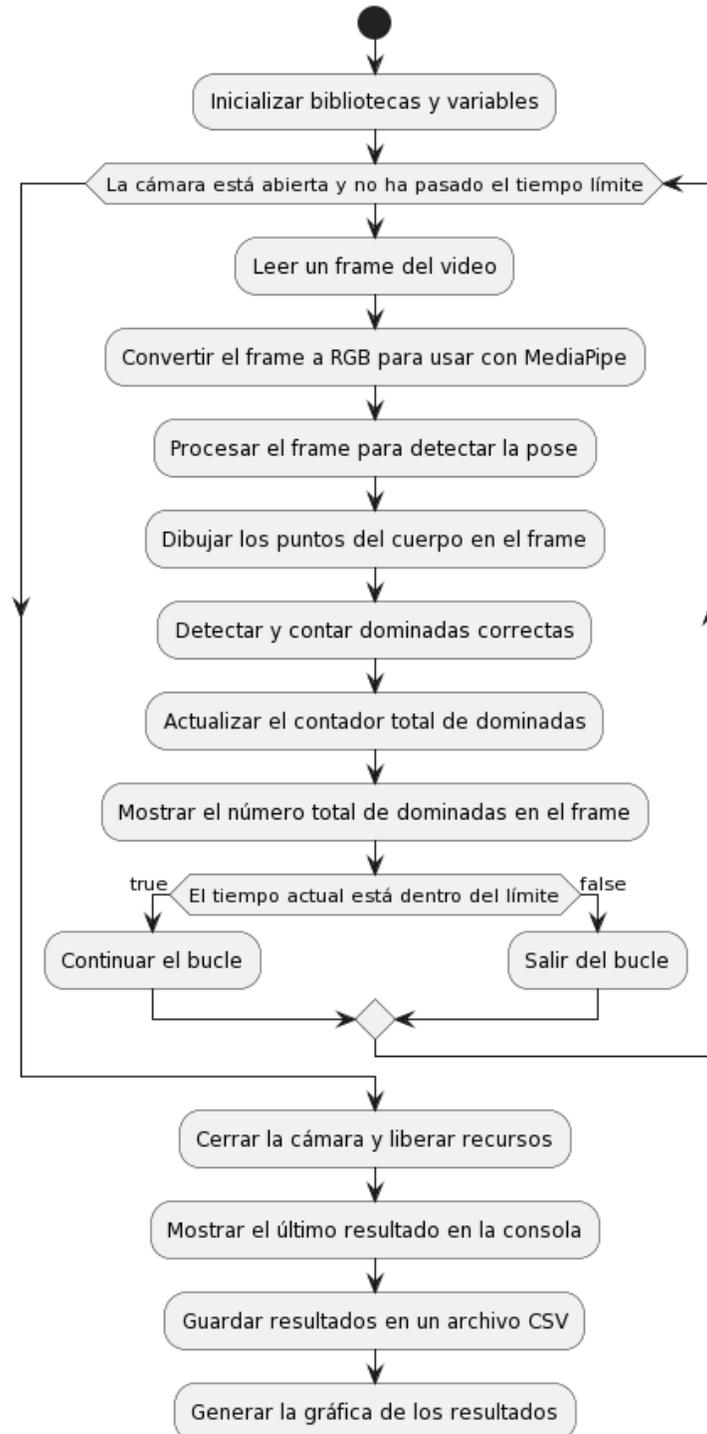
*Diagrama de Flujo(Stage 1 o Carrera 10x5)*





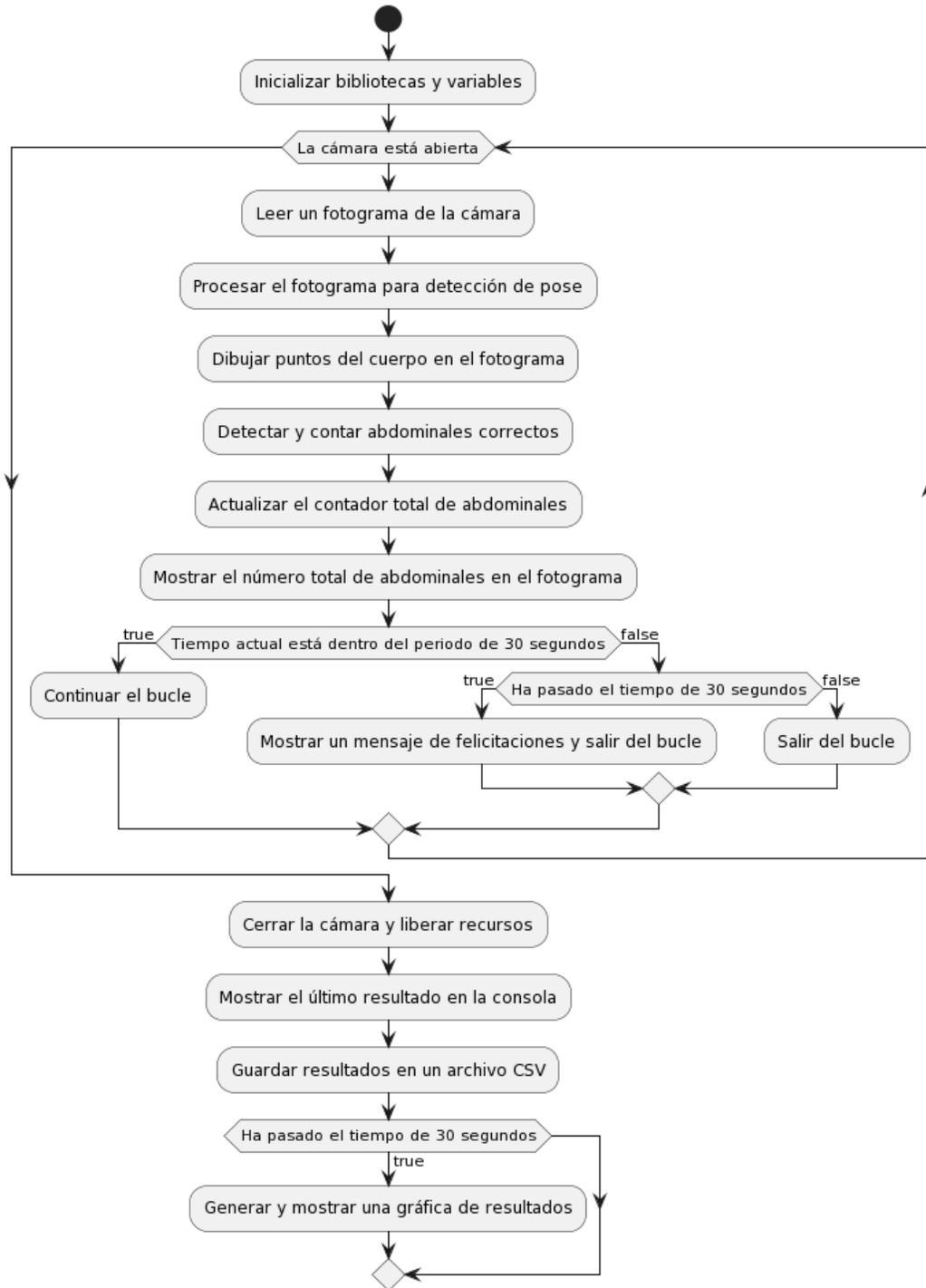
**Ilustración 5.**

*Diagrama de flujo (Stage 2 o Levantamiento en Barras)*



**Ilustración 6.**

Diagrama de flujo (Stage 3 o Abdominales)



**2.1.2.2. Validación y análisis de resultados del software.** La aplicación captura los siguientes datos:

***Número de repeticiones en abdominales y dominadas.*** A través de la cámara y el software de visión por computadora, se detectan automáticamente las repeticiones correctas realizadas por las atletas.

***Tiempos de carrera 10x5.*** El software mide automáticamente el tiempo que cada atleta tarda en completar las idas y vueltas, utilizando marcas virtuales detectadas en el campo visual de la cámara.

***Calidad del ejercicio.*** Se analiza la forma y técnica en la realización de los ejercicios para asegurar que cumplan con los criterios establecidos para cada prueba.

Los datos capturados se registran automáticamente en una base de datos interna, que luego se exporta para su análisis y comparación con los datos recolectados manualmente.

***Proceso de Validación y Pruebas Manuales.*** Para validar la precisión de la aplicación, se realizaron pruebas manuales controladas en las mismas condiciones en que se utilizó la aplicación tecnológica. Estas pruebas manuales fueron ejecutadas por un deportólogo experto que utilizó un cronómetro para medir los tiempos y un conteo visual para las repeticiones. Los datos obtenidos manualmente se registraron en hojas de cálculo diseñadas específicamente para este fin.

#### ***Prueba Manual de Conteo Preciso.***

***Conteo Manual de Abdominales y Dominadas.*** El deportólogo realizó un conteo visual de las repeticiones de abdominales y dominadas, asegurándose de que cada repetición cumpliera con los estándares técnicos establecidos.

***Medición Manual del Tiempo en la Carrera 10x5.*** El tiempo de cada vuelta se midió utilizando cronómetros manuales de alta precisión para garantizar que los datos fueran exactos y sirvieran como referencia para la validación del software.

*Registro de Datos Manuales.* Todos los datos recolectados manualmente se registraron en hojas de cálculo, que luego se utilizaron para la comparación directa con los resultados obtenidos por la aplicación tecnológica.

***Comparación y Análisis de Resultados.*** Los resultados obtenidos por la aplicación tecnológica se compararon con los datos recolectados manualmente utilizando métodos estadísticos. A continuación, se detalla el proceso:

*Comparación de Repeticiones.* Se realizó un análisis de concordancia utilizando pruebas de Wilcoxon para evaluar las diferencias entre el conteo manual y el automatizado de repeticiones en abdominales y dominadas. La diferencia media entre ambos métodos fue mínima, lo que indica que la aplicación tiene una alta precisión en la detección y conteo de repeticiones.

*Análisis de Tiempos.* Se utilizó un análisis de Bland-Altman para evaluar la concordancia en los tiempos medidos manualmente y los registrados por la aplicación durante la carrera 10x5. Los resultados mostraron que la mayoría de las diferencias estaban dentro de los límites aceptables, confirmando que el software es preciso en la medición del tiempo.

*Evaluación de la Calidad del Ejercicio.* Se comparó la evaluación automática de la calidad del ejercicio con la observación manual, mostrando una concordancia alta en la detección de errores técnicos y repeticiones incorrectas. Esto demuestra que la aplicación no solo es capaz de medir, sino también de evaluar la técnica de ejecución de los ejercicios.

***Análisis de Errores.*** Durante el proceso de validación, se realizó un análisis detallado de los posibles errores tanto en las mediciones manuales como en las automáticas:

*Errores en el Conteo Manual.* Se consideraron factores como la fatiga visual y la distracción del evaluador, los cuales pueden afectar la precisión del conteo manual. Para minimizar estos errores, se realizaron múltiples mediciones y se promediaron los resultados.

*Errores en el Software.* Aunque el software mostró una alta precisión, se identificaron posibles errores relacionados con las condiciones de iluminación y la posición de la cámara, que podrían afectar la detección de movimientos. Estos errores fueron documentados y se implementaron ajustes para mejorar la robustez del sistema ante estas variaciones.

### ***Herramientas y Tecnologías Utilizadas.***

*MediaPipe.* Utilizada para la detección en tiempo real de poses y movimientos, facilitando la identificación automática de repeticiones y evaluación de la técnica de ejercicio.

*OpenCV.* Empleada para el procesamiento de imágenes, mejora la precisión en la detección de movimientos y la medición de tiempos.

*Cámara Logitech C920.* Seleccionada por su alta resolución y capacidad de enfoque automático, esencial para capturar imágenes claras y detalladas en diferentes condiciones de iluminación.

La siguiente tabla proporciona una visión general de los parámetros clave para garantizar el correcto funcionamiento del software en cada etapa de las pruebas:

**Tabla 6.**

*Parámetros para un funcionamiento correcto*

---

**TABLA DE PARÁMETROS PARA UN FUNCIONAMIENTO CORRECTO**

---

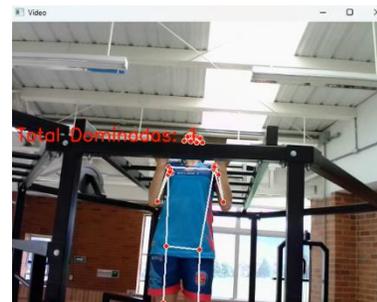
Primera Etapa: Medición del Circuito de 5x10 con medición de tiempo

- Distancia del pie de la cámara a la pista: 12.76 metros.
- Evitar situaciones donde la cámara esté a contraluz.



Segunda Etapa: Medición de Elevaciones de Pecho en Barra

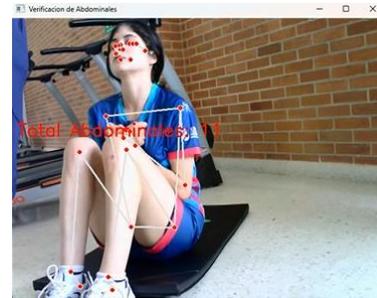
- Altura de la cámara desde el piso: Depende del lugar puede ir en un rango de 1,70 a 2 mts.
- Distancia de la cámara a la barra: Aproximadamente 2.20 metros.
- Utilizar un plano corto para una mejor captura.
- Evitar situaciones donde la cámara esté a contraluz.



---

Tercera Etapa: Medición de Abdominales

- Altura de la cámara desde el piso: 33 centímetros.
- Distancia entre la cámara y el atleta: 1.10 metros.
- Evitar situaciones donde la cámara esté a contraluz.



---

**Resultados de Pruebas en Atletas.** Para probar la funcionalidad del software, se realizaron pruebas con la participación de 8 jugadores seleccionados: 4 practicantes de fútbol sala y 4 amateurs. Los resultados obtenidos se compararon con datos registrados manualmente por un experto deportivo para evaluar la eficacia y fiabilidad del software en diferentes contextos de uso.

Las figuras 7 a 30 presentan un análisis comparativo detallado entre los datos obtenidos mediante el método tradicional, realizado por un deportólogo, y los datos capturados por la aplicación desarrollada para medir el rendimiento en diversos ejercicios. Tenga en cuenta que la recopilación manual de datos, dependiendo de la percepción visual del revisor, puede generar sesgos y errores. En la aplicación, la duración de una carrera de ida y vuelta se registra mediante una cámara que captura el movimiento en dos áreas específicas consideradas objetivos. El tiempo se contabiliza en cada vuelta hasta completar un total de cinco. Una vuelta no se considera válida si no se cruza el límite establecido.

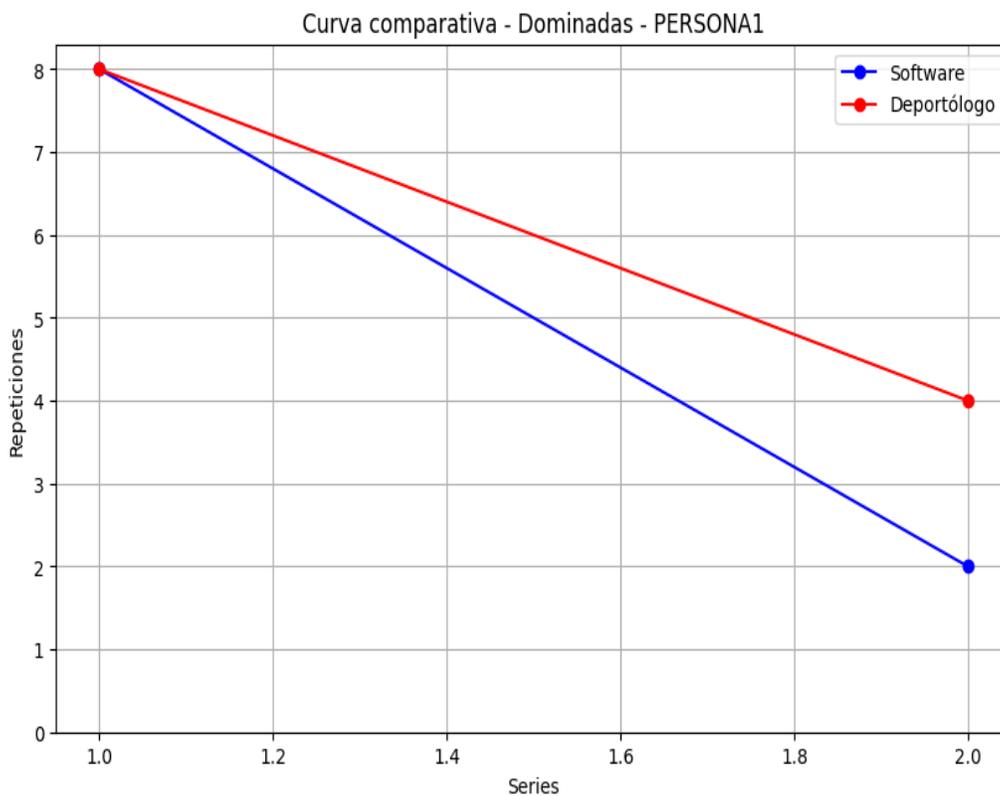
Cuando haces un ejercicio de abdominales, la aplicación utiliza puntos de referencia como la nariz, y una altura en 'Y', para comprobar si lo estás haciendo correctamente. Para las dominadas, se controlan los puntos de las muñecas y el mentón, para garantizar que el ejercicio se realice correctamente en 20 segundos.

El objetivo de este sistema es garantizar que los usuarios realicen los ejercicios correctamente y cuenten las repeticiones con precisión. Sin embargo, cabe señalar que, en algunos casos, el

experto deportivo comprobó repeticiones que la aplicación consideró que no se realizaron correctamente. Esto se debe a que el sistema, al seguir criterios estrictos de evaluación basados en puntos de referencia específicos, puede descartar repeticiones si no cumplen con los parámetros establecidos. Estas diferencias se reflejan en los gráficos 16, 18, 21 y 23, donde se puede observar la diferencia entre el conteo manual y el conteo automático de la aplicación.

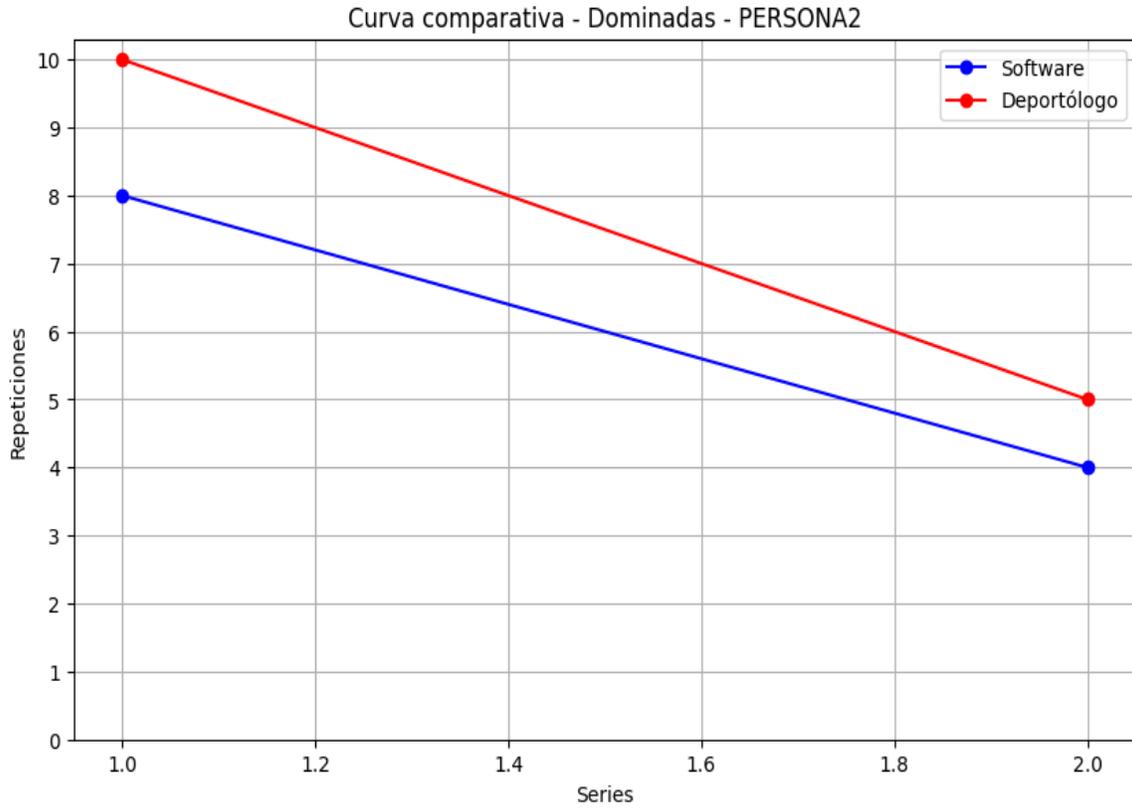
### Ilustración 7.

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona1 (Dominadas)



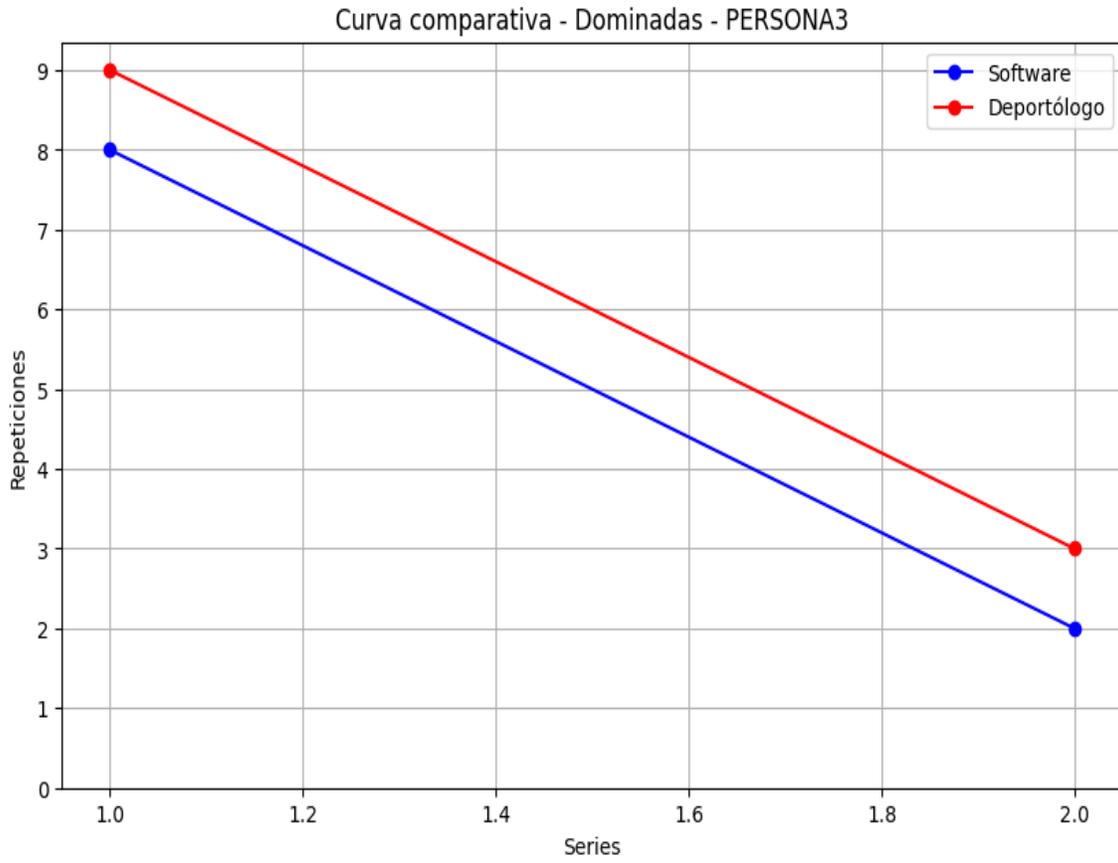
**Ilustración 8.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona2 (Dominadas)



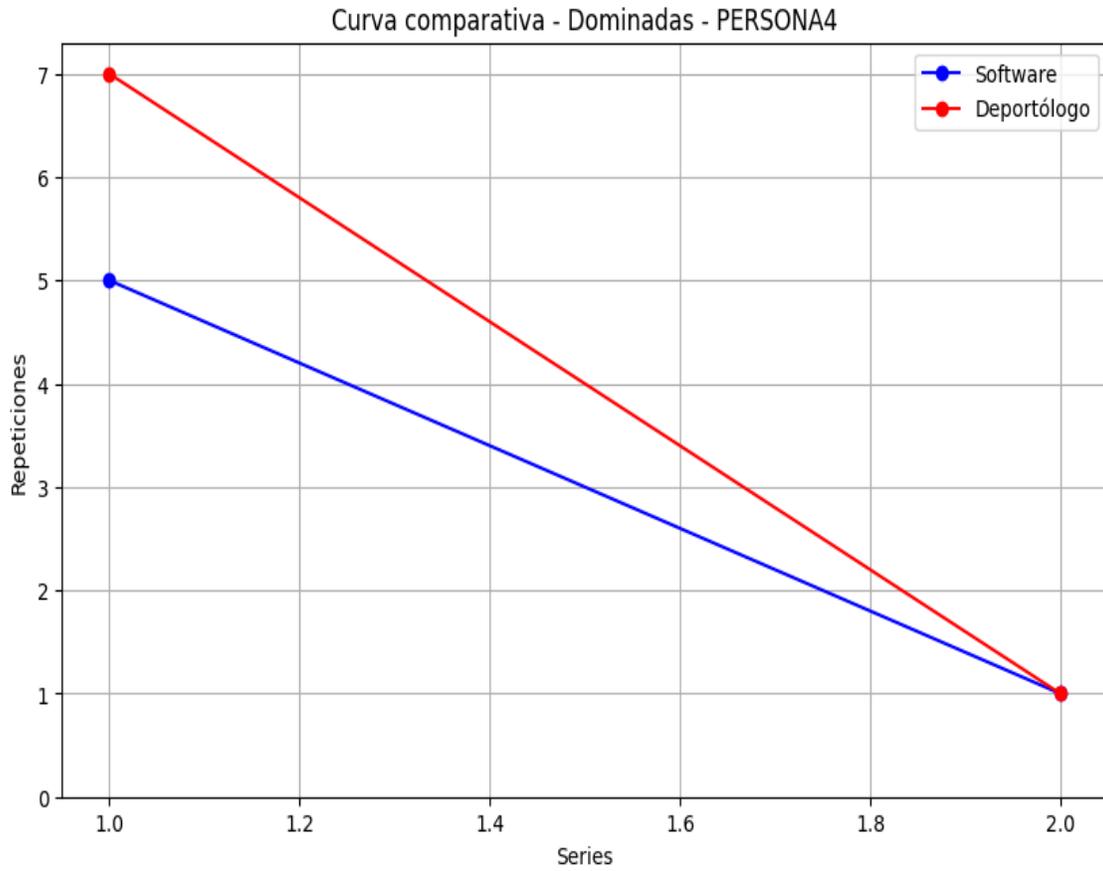
**Ilustración 9.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona3 (Dominadas)



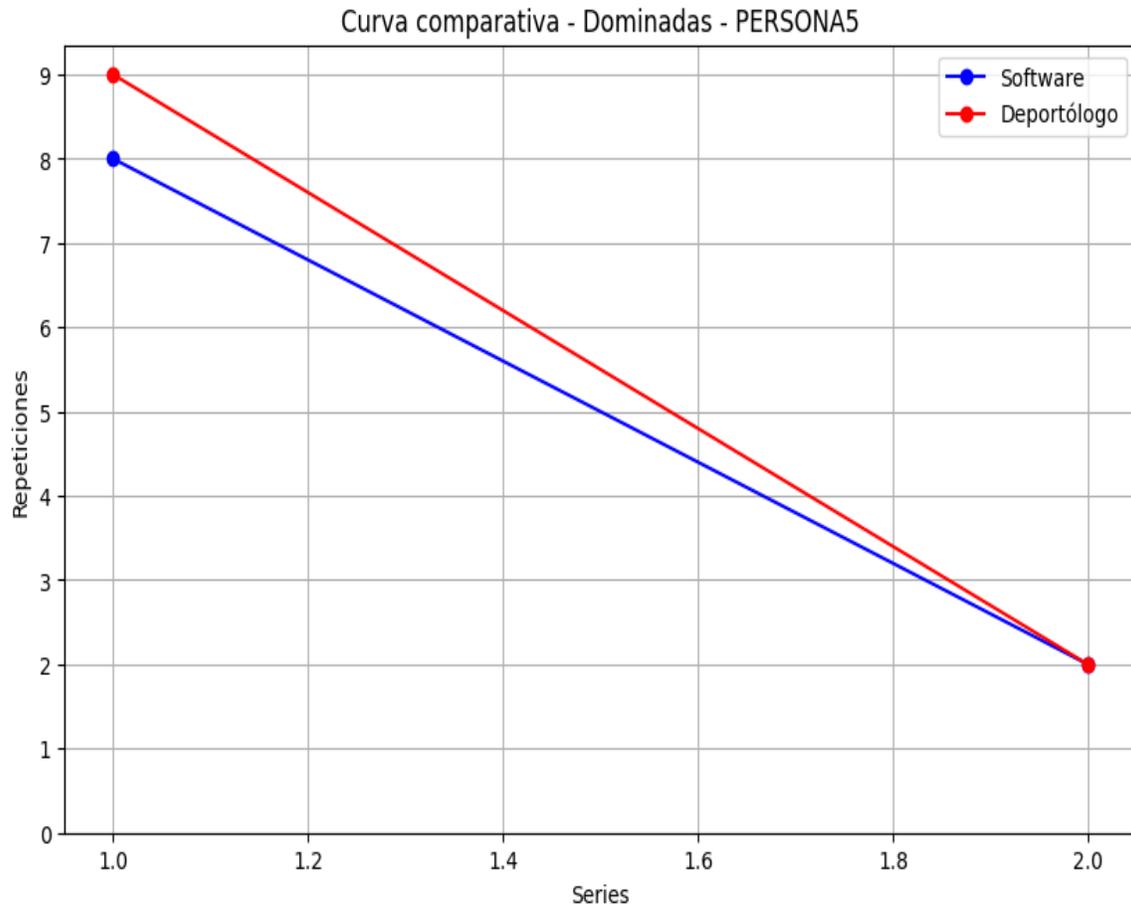
**Ilustración 10.**

*Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona4 (Dominadas)*



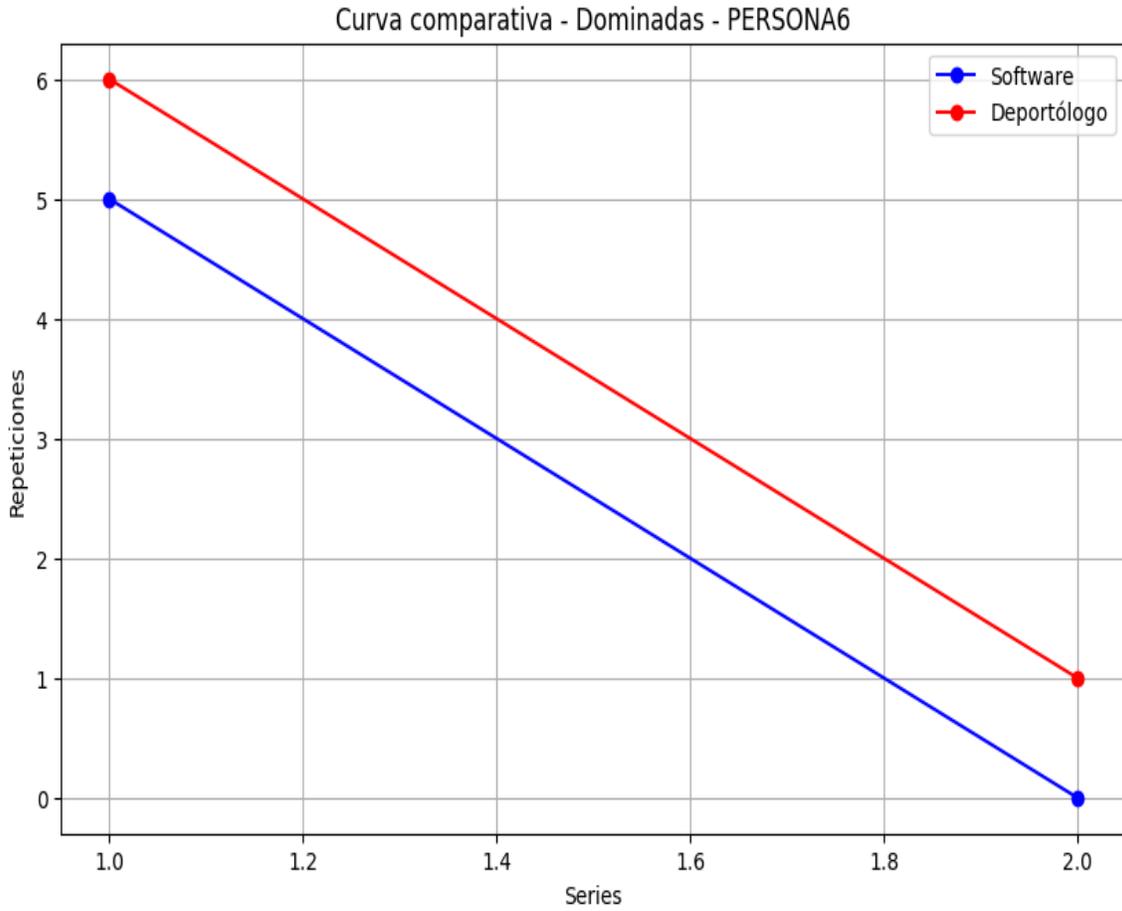
**Ilustración 11.**

*Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona5 (Dominadas)*



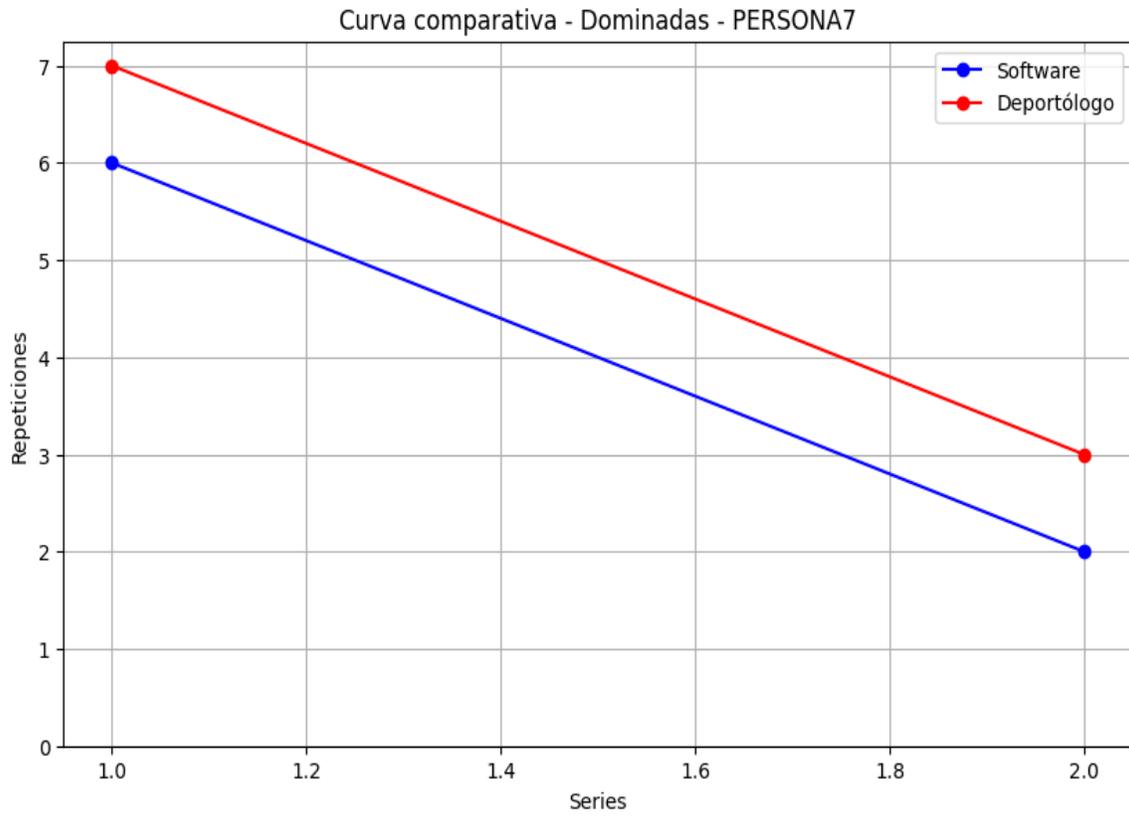
**Ilustración 12.**

*Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona6 (Dominadas)*



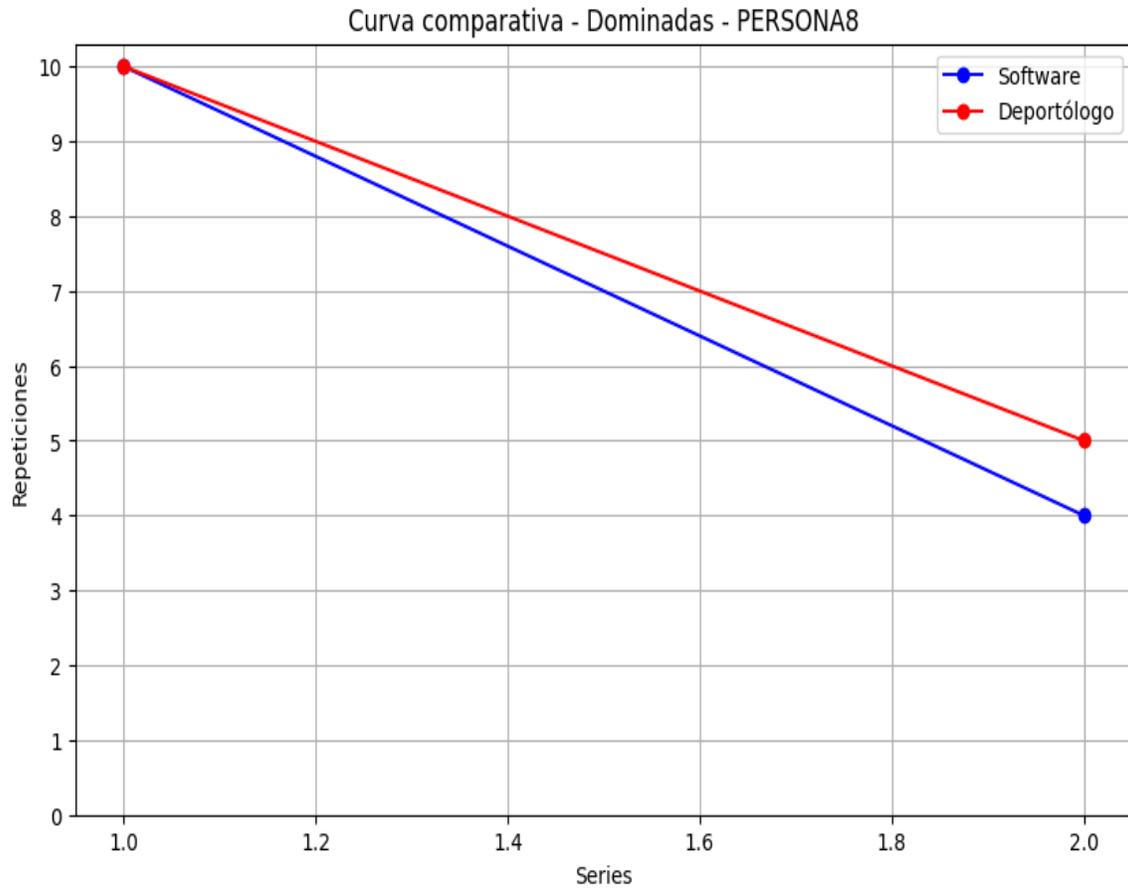
**Ilustración 13.**

*Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona7 (Dominadas)*



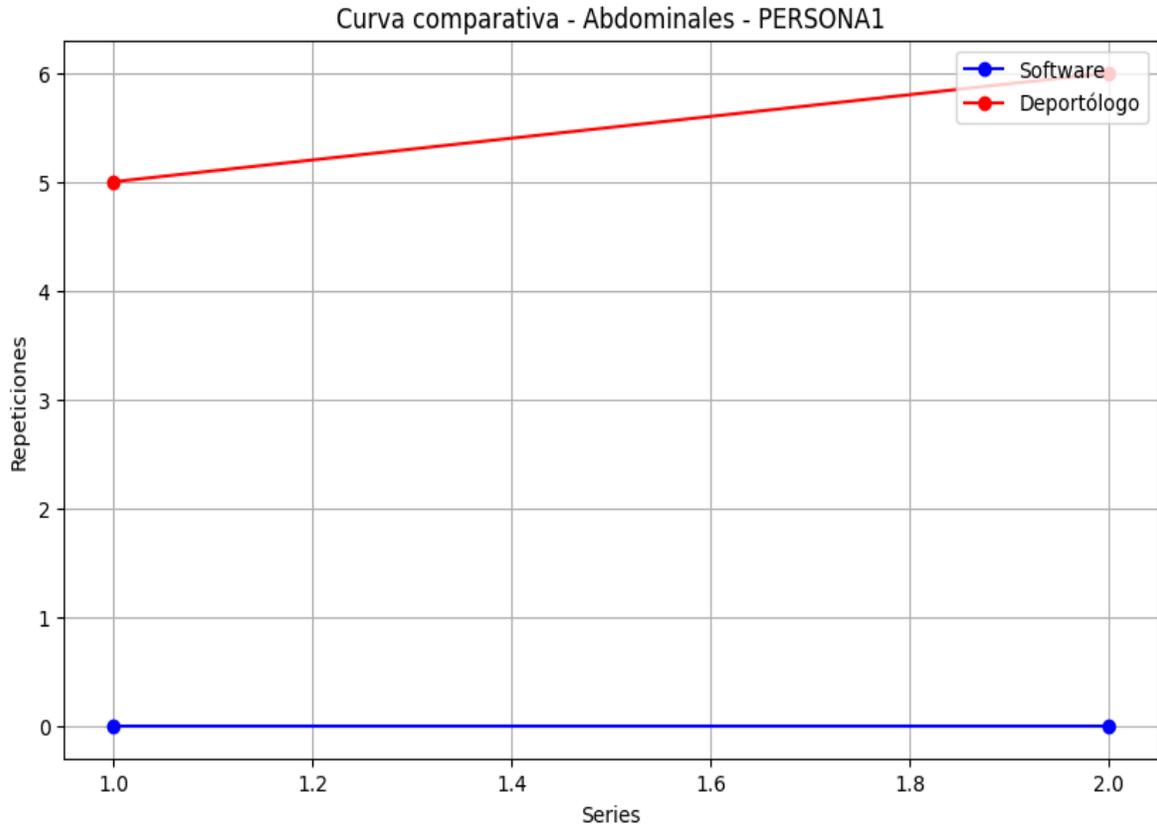
**Ilustración 14.**

*Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona8 (Dominadas)*



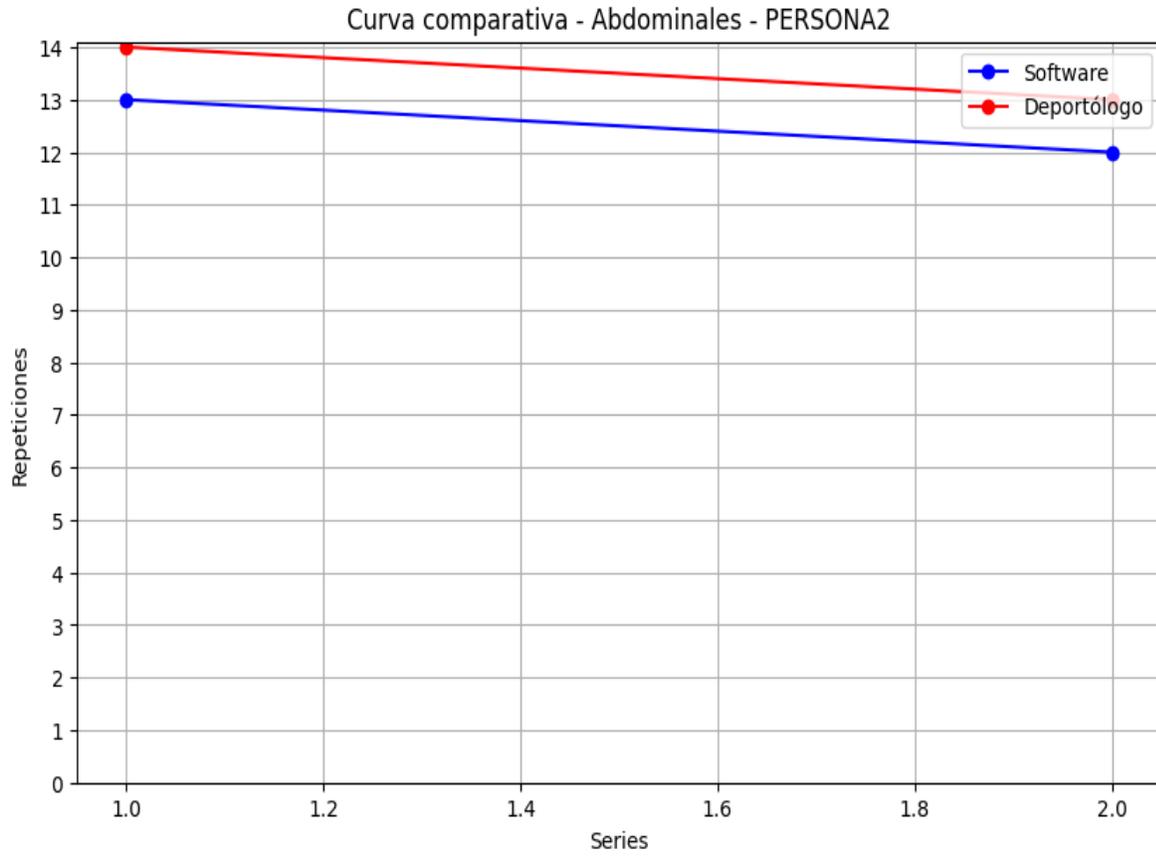
**Ilustración 15.**

*Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona1 (Abdominales)*



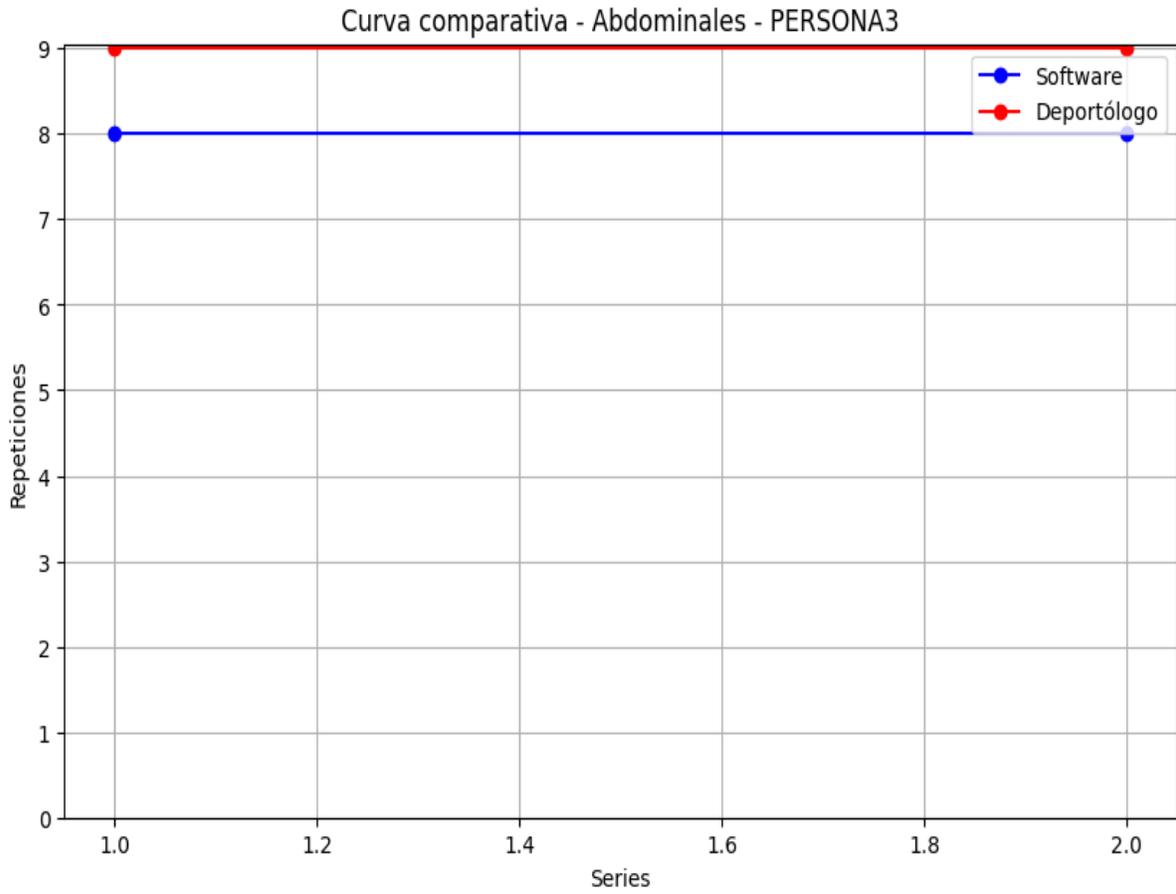
**Ilustración 16.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona2 (Abdominales)



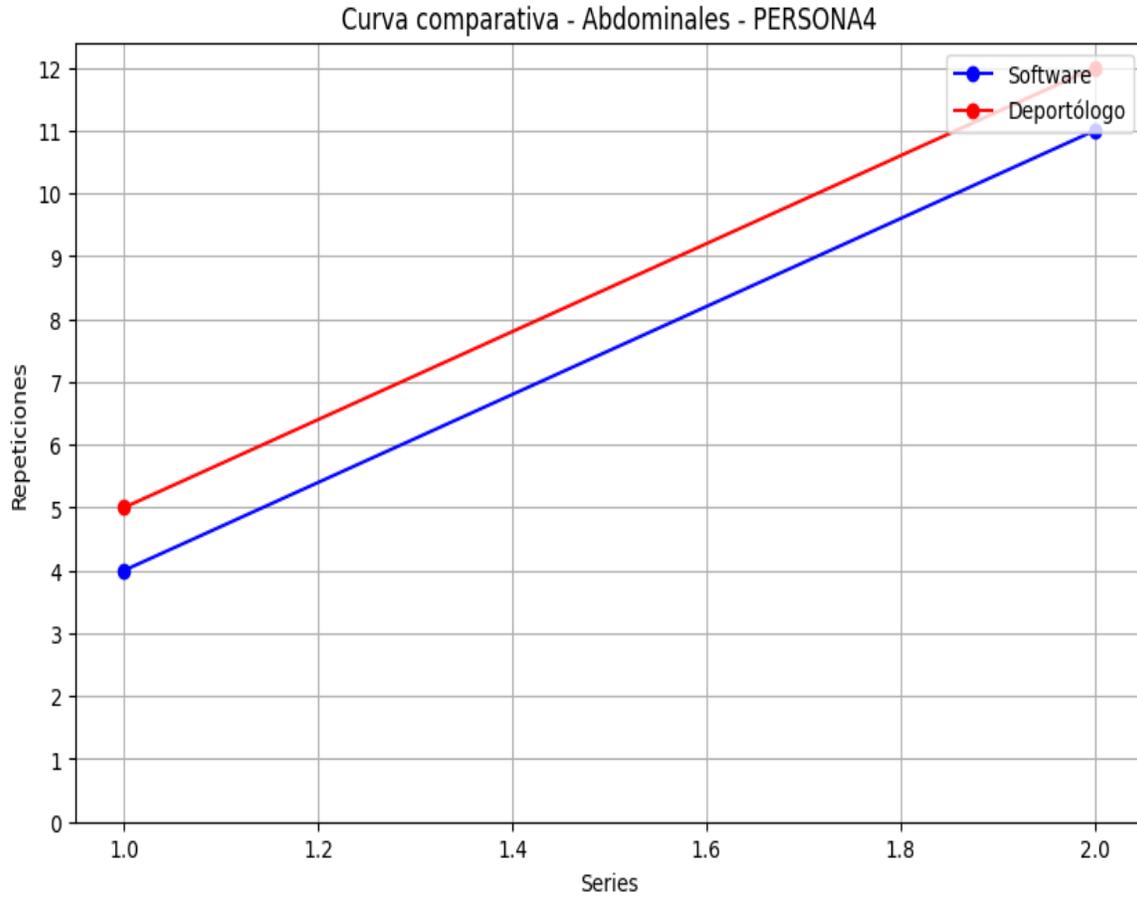
**Ilustración 17.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona3 (Abdominales)



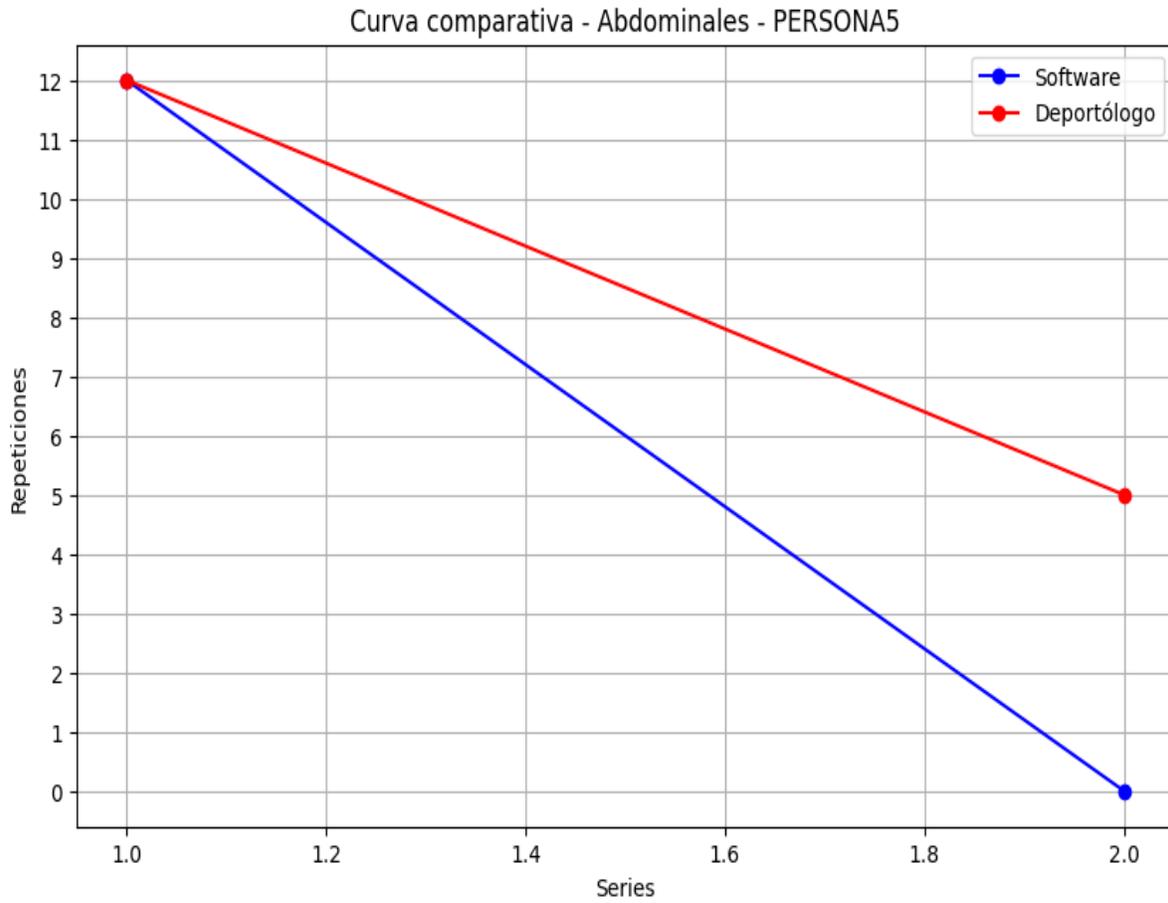
**Ilustración 18.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona4 (Abdominales)



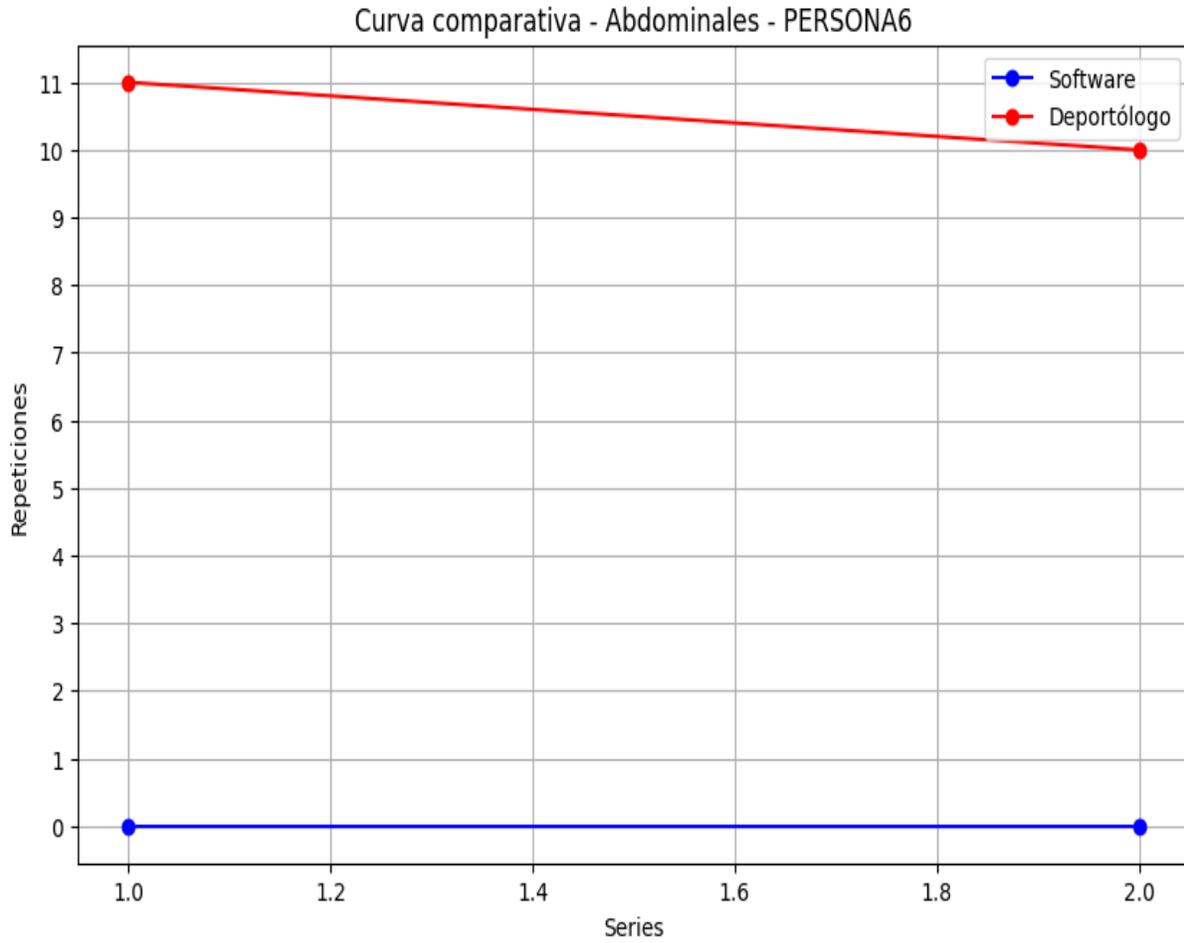
**Ilustración 19.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona5 (Abdominales)



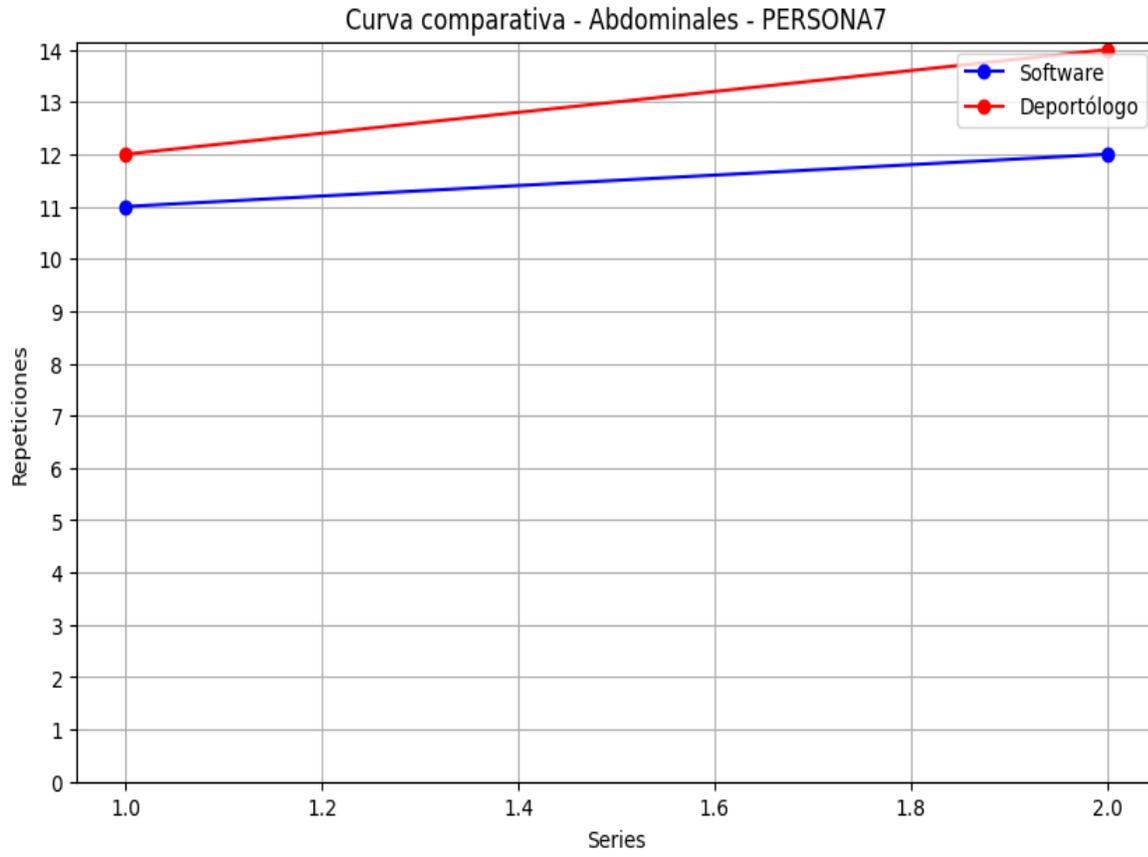
**Ilustración 20.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona6 (Abdominales)



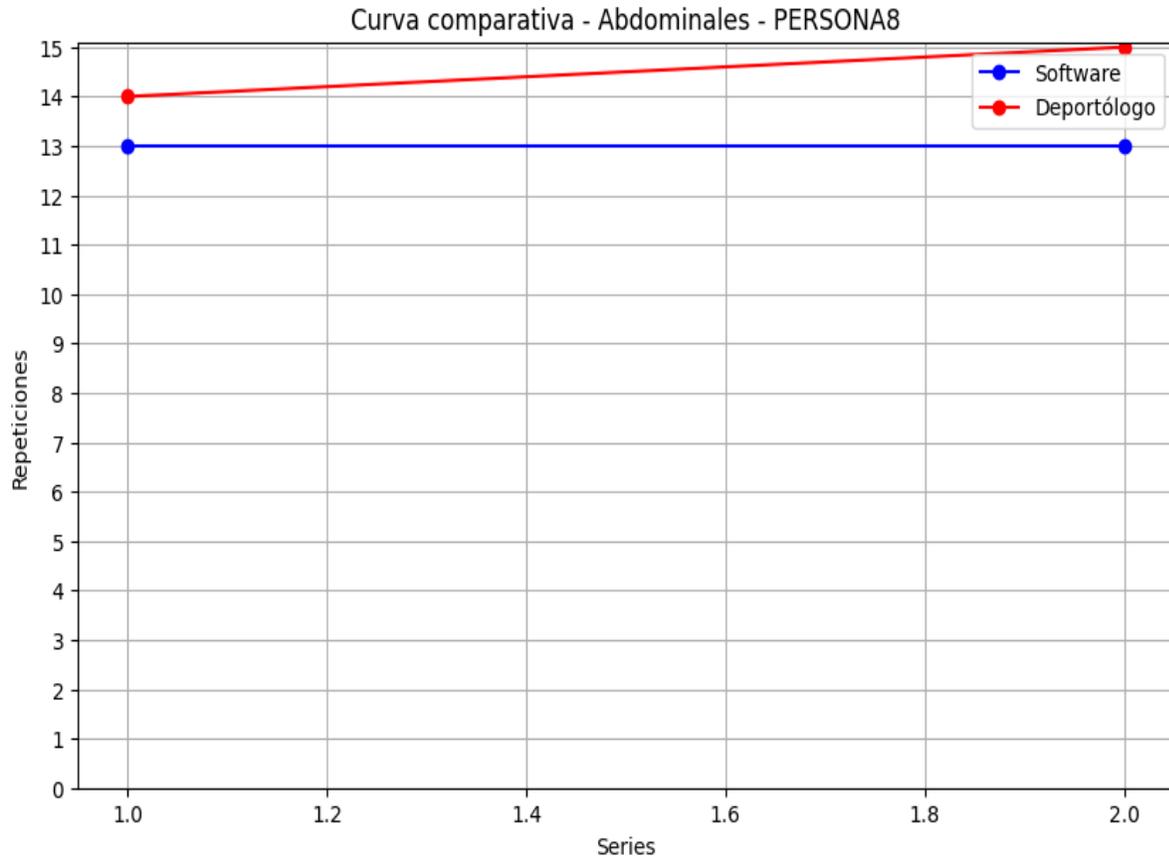
**Ilustración 21.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona7 (Abdominales)



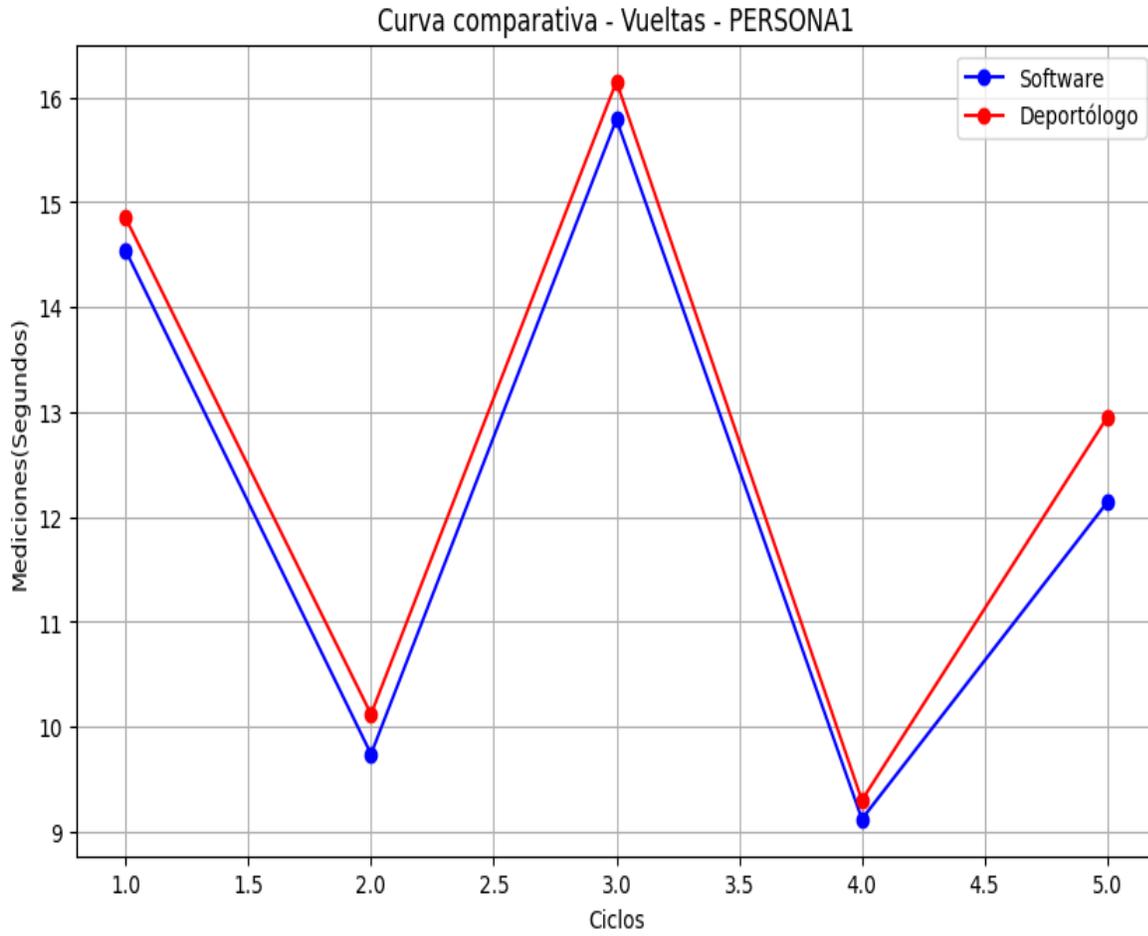
**Ilustración 22.**

Gráfica de datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona8 (Abdominales)



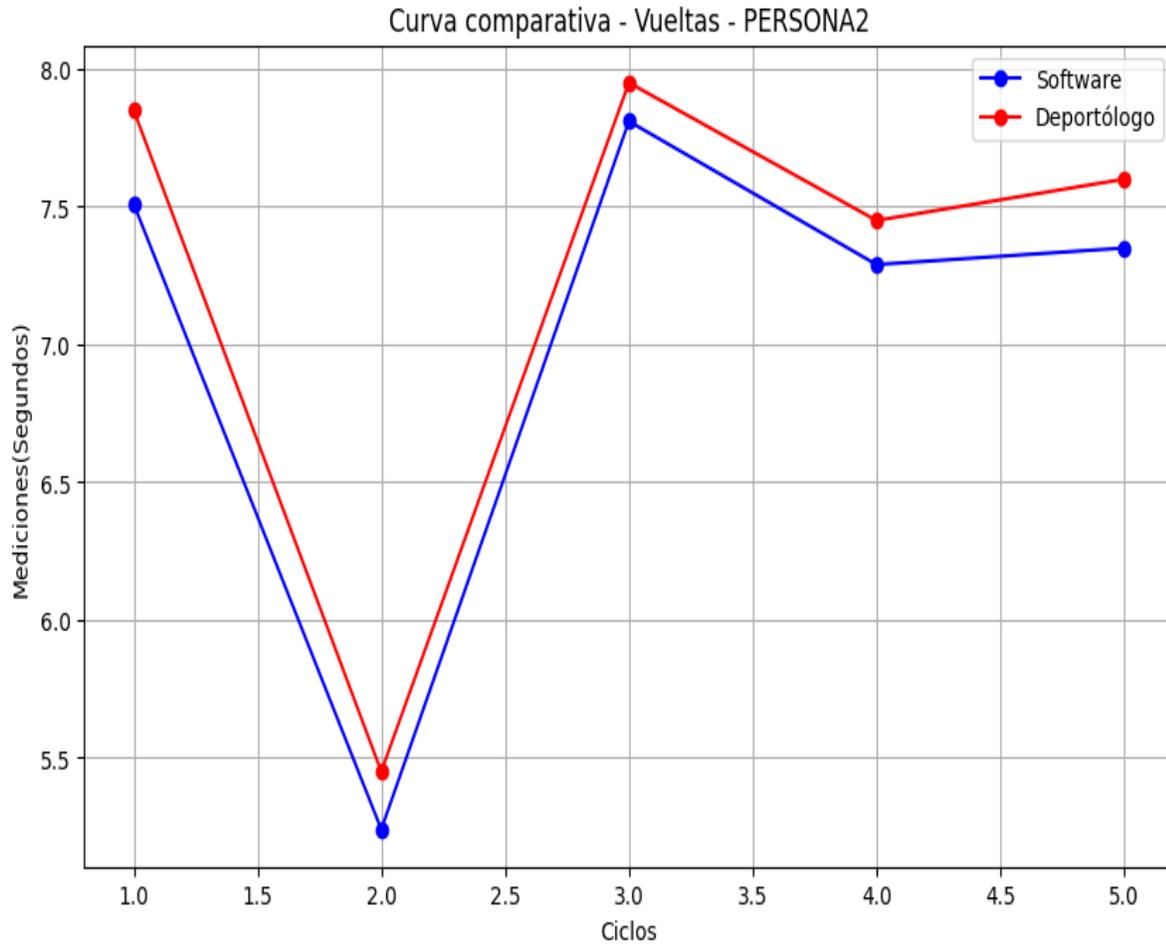
**Ilustración 23.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Personal1 (Carrera 10 x 5)*



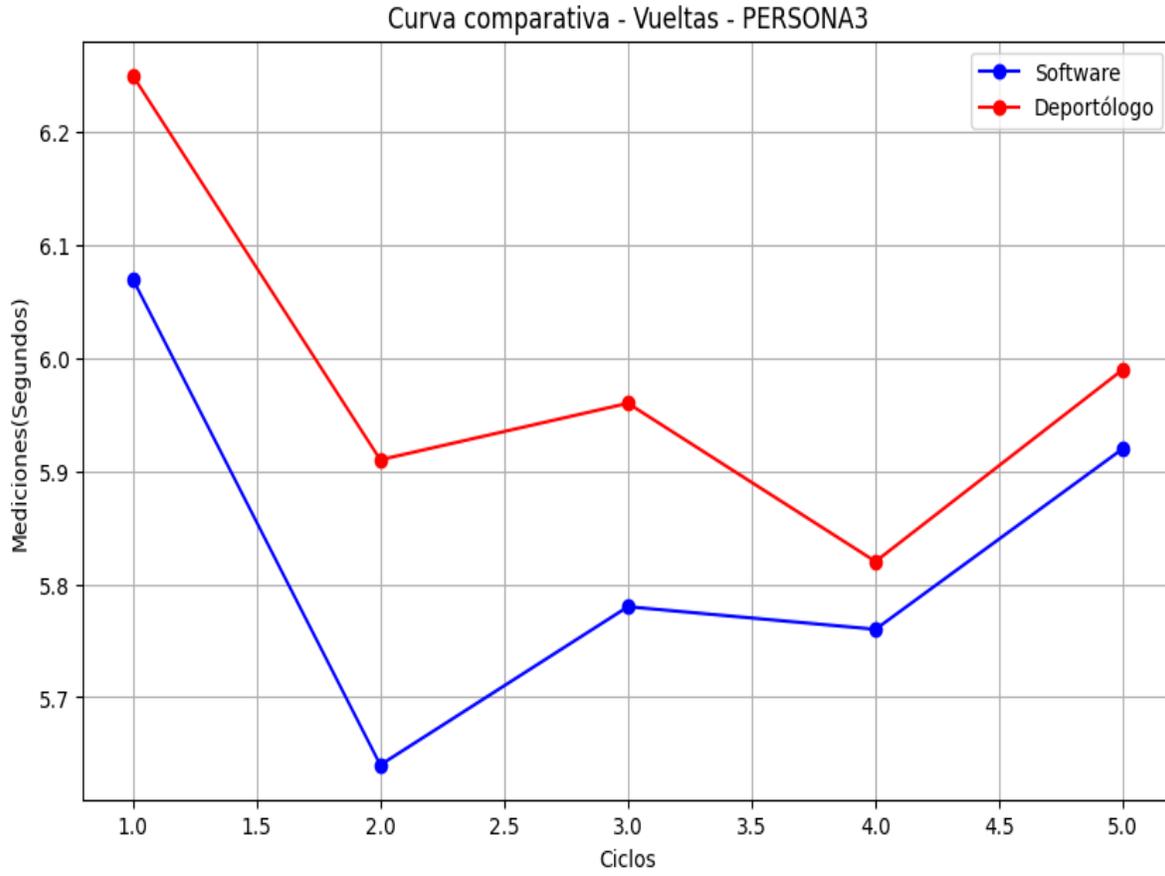
**Ilustración 24.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona2 (Carrera 10 x 5)*



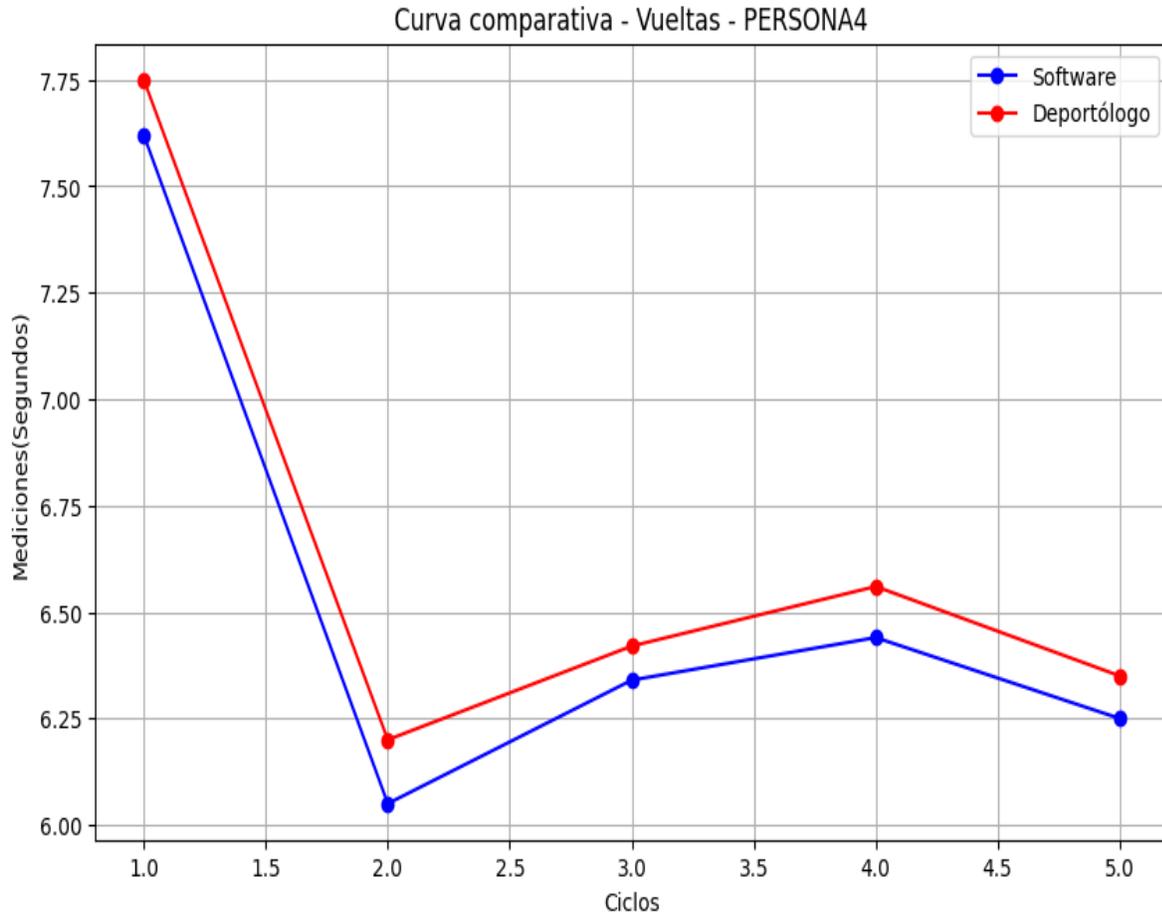
**Ilustración 25.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona3 (Carrera 10 x 5)*



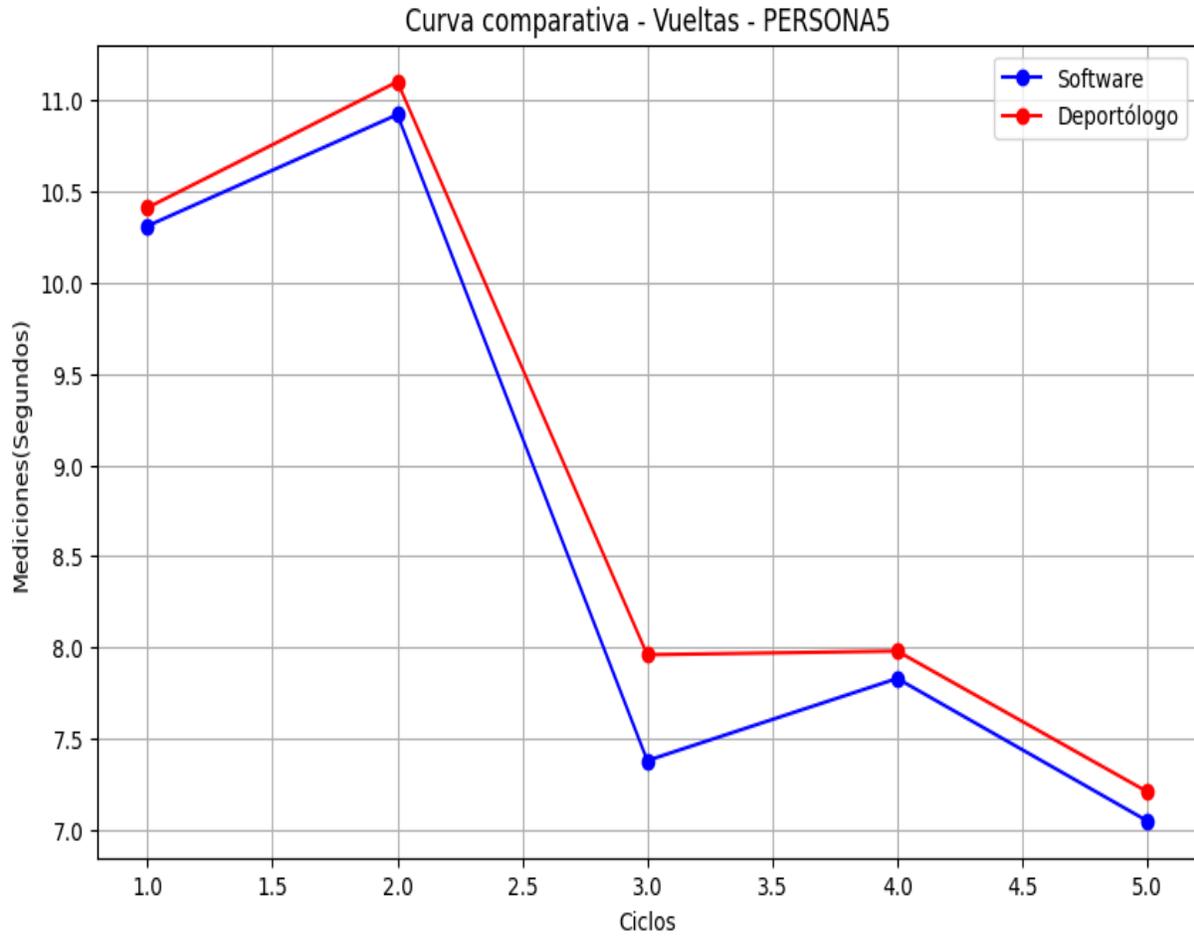
**Ilustración 26.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona4 (Carrera 10 x 5)*



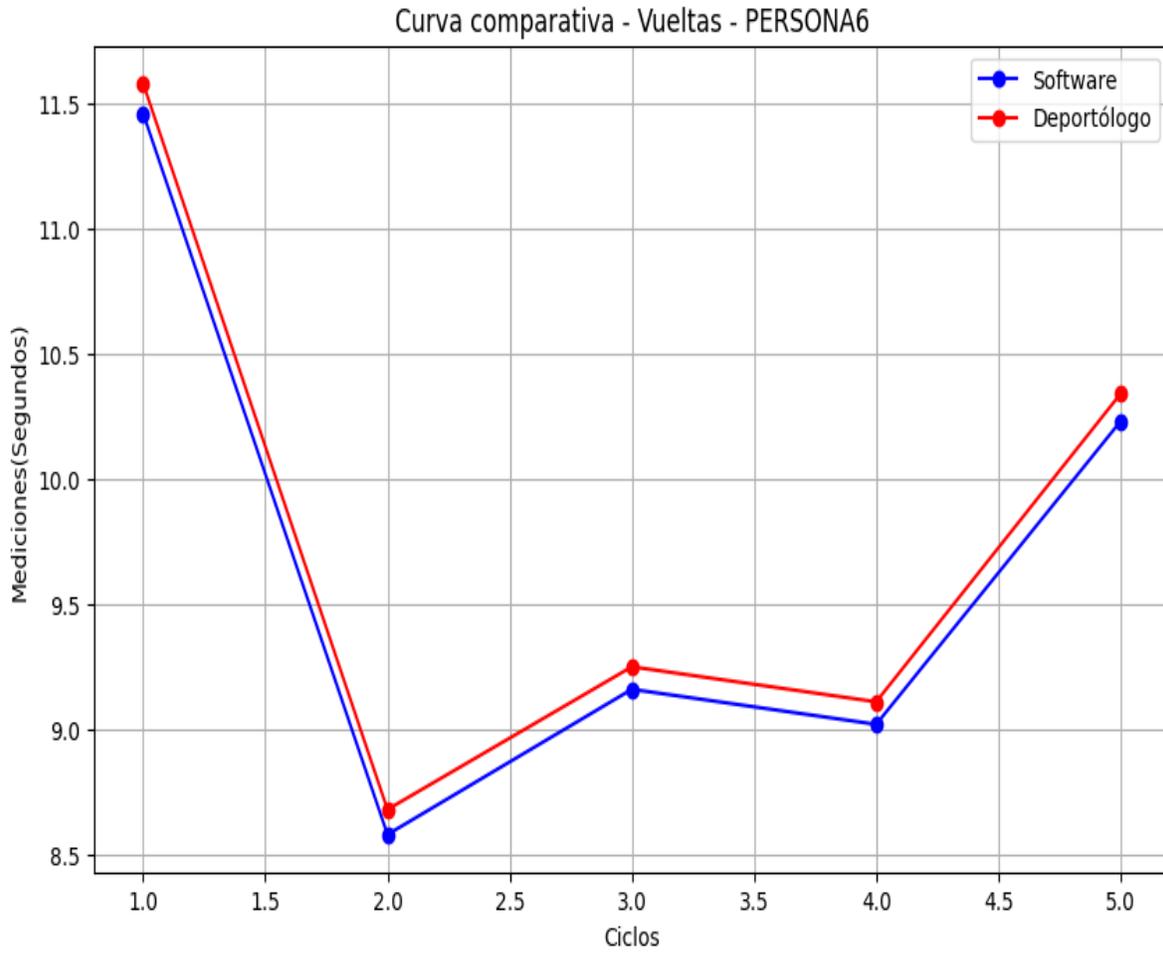
**Ilustración 27.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona5 (Carrera 10 x 5)*



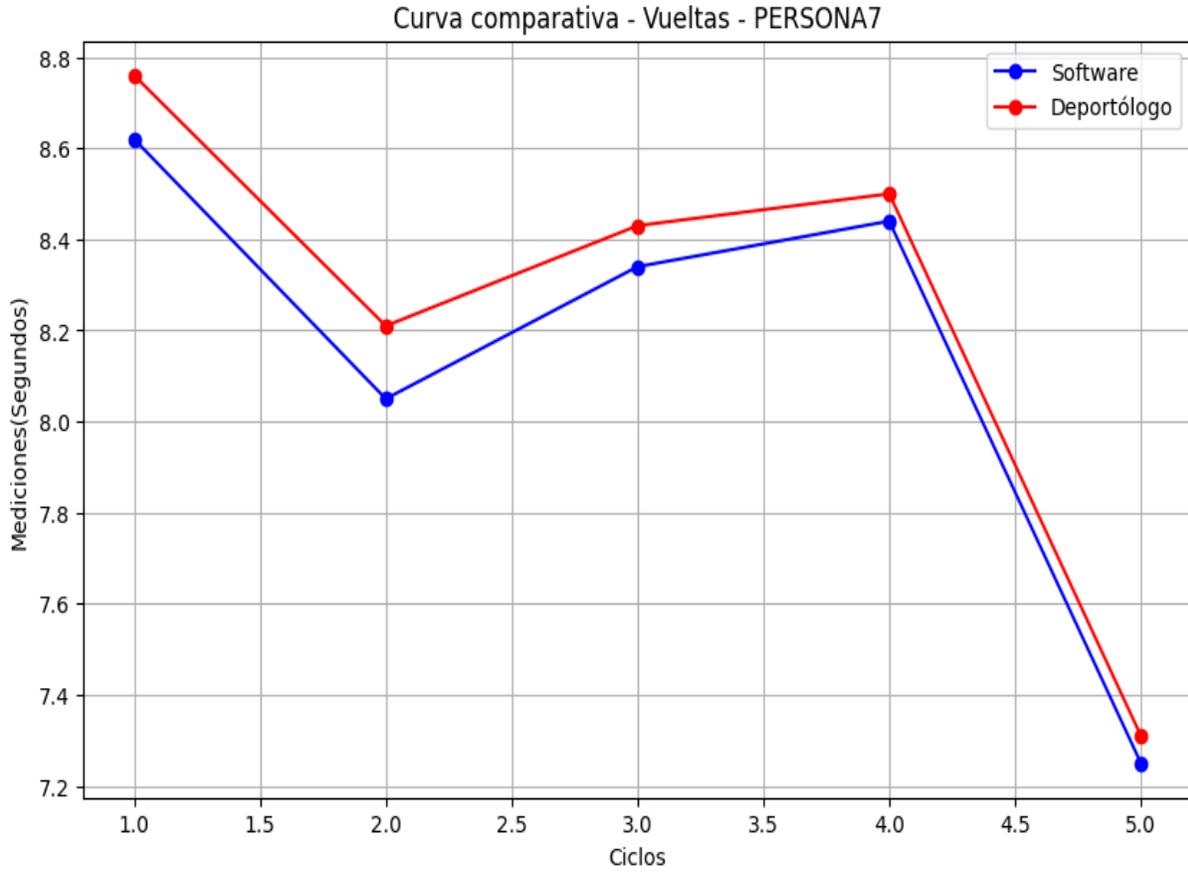
**Ilustración 28.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona6 (Carrera 10 x 5)*



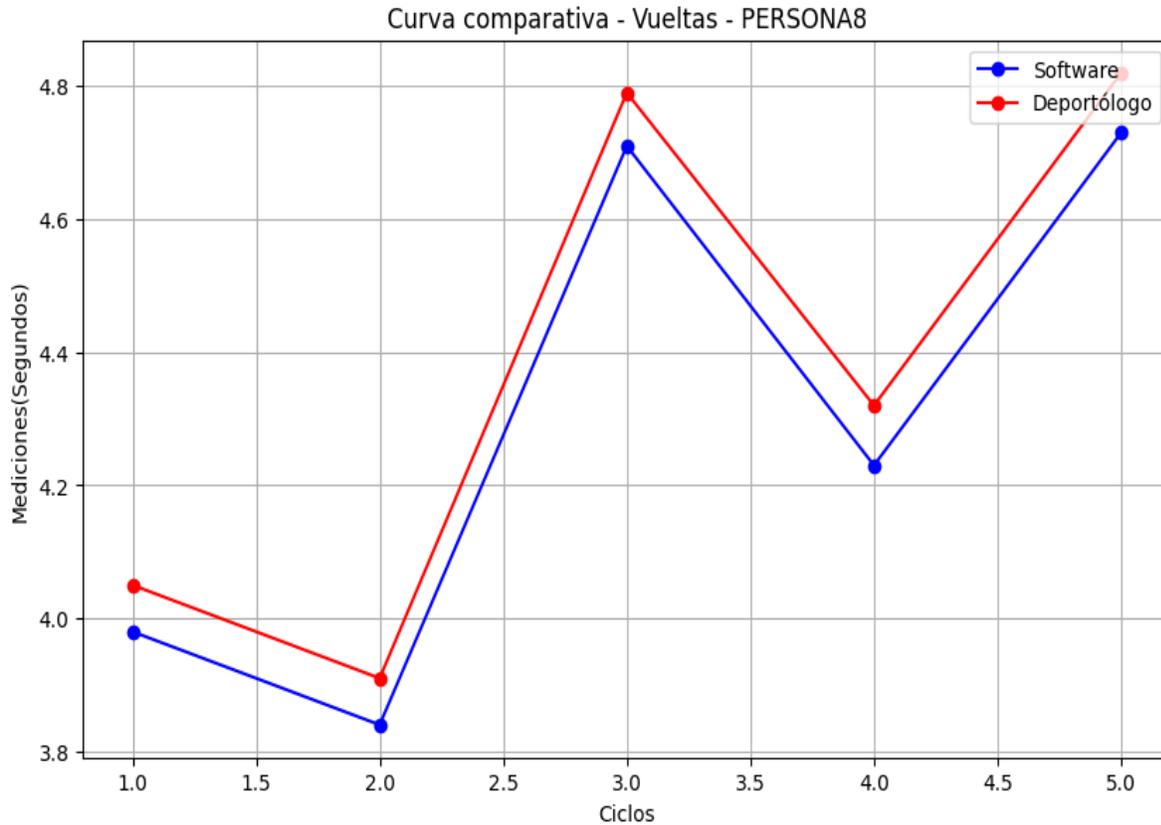
**Ilustración 29.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona7 (Carrera 10 x 5)*



**Ilustración 30.**

*Datos comparativos de Software y Deportólogo de Persona8 (Carrera 10 x 5)*



**Análisis de gráficos.**

*Figura 16.* Muestra la diferencia en el recuento de abdominales entre los métodos manuales y de software. El software registra menos iteraciones, identificando ejecuciones incorrectas que no cumplen con los criterios establecidos.

*Figura 18.* Este gráfico también muestra la diferencia en el número de dominadas registradas. En este caso, el software rechazará algunas repeticiones que el deportista haya comprobado manualmente, quizás por ligeras variaciones en la posición del codo o la altura del brazo, o incluso siguió contando cuando el tiempo ya se había terminado.

*Figura 21.* Presenta los tiempos registrados en la prueba de carrera 10x5. Aunque las diferencias son menores, es posible observar variaciones atribuibles a la precisión del cronometraje manual frente al automatizado.

*Figura 23.* Muestra el número total de repeticiones correctas registradas por el software y los métodos manuales. Las diferencias se explican mediante una evaluación rigurosa del software basada en el posicionamiento preciso de puntos de referencia en el cuerpo. Analizar este gráfico nos permite comprender las diferencias en los resultados y resaltar la precisión del software al evaluar los ejercicios, destacando su capacidad para identificar actividades inusuales que de otro modo podrían pasar desapercibidas durante la observación manual.

### ***Observaciones generales de los datos recopilados.***

*Identificación de Discrepancias.* Se observaron discrepancias entre los datos capturados por el software y los recopilados manualmente por el deportólogo. Estas diferencias resaltan la necesidad de optimizar la precisión tanto en la medición automatizada como en la recolección manual de datos. En particular, se sugiere revisar los criterios utilizados en el método manual para asegurar la consistencia y exactitud en las mediciones.

*Impacto del Cronometraje Manual.* Los errores potenciales en el uso del cronómetro por parte del deportólogo podrían haber influido en la precisión de los resultados manuales. La variabilidad en el tiempo de reacción humana al iniciar y detener el cronómetro puede introducir errores sistemáticos que afecten la comparabilidad con los datos generados por el software.

*Necesidad de Análisis Profundo.* Las diferencias observadas en los tiempos por vuelta entre los dos métodos de recolección de datos subrayan la importancia de realizar un análisis más detallado sobre la precisión de las mediciones. Es esencial identificar las causas específicas de las discrepancias, ya sean inherentes al cronometraje manual o relacionadas con la configuración y algoritmos del software, para mejorar la fiabilidad de las evaluaciones.

El análisis llevado a cabo para alcanzar nuestro segundo objetivo fue fundamental en la identificación de varios aspectos clave en el desarrollo del software. Este proceso incluyó la precisa determinación de los requisitos, la identificación de los tipos de datos necesarios para las pruebas con los 8 participantes y la estrategia para presentar de manera efectiva los resultados. Además, seleccionamos cuidadosamente las herramientas y tecnologías más adecuadas para el proyecto. Por último, establecimos métodos de prueba y documentación, garantizando así la calidad y eficacia del software desarrollado.

### ***2.1.3. Análisis del tercer objetivo***

Para alcanzar el tercer objetivo del estudio, se realizó una evaluación estadística comparativa que contrastaba los resultados obtenidos mediante nuestra plataforma desarrollada con los métodos de medición convencionales utilizados en pruebas realizadas a 8 atletas mujeres. Esta evaluación incorporó dos enfoques estadísticos complementarios: el test no paramétrico de Wilcoxon y el análisis de concordancia de Bland-Altman. Ambos métodos resultaron esenciales para evaluar la precisión y coherencia de las mediciones, proporcionando así una visión integral y rigurosa de la eficacia del sistema de medición automatizado basado en visión artificial.

**2.1.3.1. Resultados del análisis de Wilcoxon para ejercicios de dominadas.** El análisis de Wilcoxon se utilizó para identificar si existían diferencias significativas entre las mediciones obtenidas por el software desarrollado y las realizadas manualmente por el deportólogo. A continuación, se detalla el análisis basado en los datos de la tabla:

Personas 1, 2, 3, 4, 6 y 7; estas personas mostraron un estadístico de Wilcoxon de 0.0 con valores p de 0.31731 o 0.50000. Estos valores p se obtuvieron a partir de la prueba de Wilcoxon para rangos con signo, la cual compara las diferencias entre las mediciones del software y del deportólogo para cada persona. El valor p refleja la probabilidad de obtener un resultado tan extremo como el observado si la hipótesis nula es verdadera, es decir, si no existen diferencias significativas entre las mediciones de ambos métodos. Dado que los valores p superan el umbral común de 0.05, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las mediciones para estas personas.

Persona 5; aunque el valor p es de 0.31731, el promedio de las diferencias es bajo (-0.5000) y la desviación estándar es también baja (0.5000), sugiriendo que, aunque no hay una diferencia estadísticamente significativa según el test de Wilcoxon, las mediciones son consistentes y cercanas entre sí.

Persona 8; similar a la Persona 5, el valor p es 0.31731, pero las diferencias promedio son muy pequeñas (-0.5000) con una desviación estándar también baja (0.5000), lo que refuerza la idea de que las mediciones del software y del deportólogo están bastante alineadas para esta persona, aunque sin ser estadísticamente significativas.

Los resultados del análisis de Wilcoxon indican que, para la mayoría de las personas analizadas, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del software y las realizadas manualmente por el deportólogo. Esto sugiere que el software puede proporcionar resultados comparables a los métodos convencionales, con algunas diferencias mínimas en ciertas mediciones. La precisión y consistencia del software desarrollado podrían deberse a su capacidad para registrar automáticamente la postura correcta durante las dominadas utilizando una cámara, esto debido a lo que podría reducir la variabilidad que se observa en las mediciones manuales.

**2.1.3.2. Resultados del análisis de Bland-Altman para ejercicio de dominadas.** El análisis de Bland-Altman proporciona una evaluación adicional de la concordancia entre las mediciones del software y las del deportólogo. Al observar el promedio de las diferencias y los límites de confianza (95%), podemos inferir el grado de concordancia:

Personas con buena concordancia (1, 2, 3, 4, 6, 7); para estas personas, las diferencias promedio entre las mediciones del software y del deportólogo son moderadas, y los límites de confianza sugieren que las discrepancias están dentro de un rango aceptable.

Personas con menor concordancia (5, 8); aunque no hay diferencias significativas según Wilcoxon, estas personas muestran diferencias promedio pequeñas y una desviación estándar baja, lo que indica variabilidad mínima en las mediciones.

La siguiente tabla resume los resultados de ambos análisis para todas las personas incluidas en el estudio:

**Tabla 7.**

*Análisis de Wilcoxon para Dominadas o Levantamiento en Barra*

Persona	Valor p (Wilcoxon)	Estadístico de Wilcoxon	Promedio de las diferencias	Desviación estándar de las diferencias	Límite superior (95% de confianza)	Límite inferior (95% de confianza)
Persona 1	0.31731	0.0	-10.000	10.000	0.9600	-29.600
Persona 2	0.50000	0.0	-15.000	0.5000	-0.5200	-24.800
Persona 3	0.50000	0.0	-10.000	0.0000	-10.000	-10.000
Persona 4	0.31731	0.0	-10.000	10.000	0.9600	-29.600
Persona 5	0.31731	0.0	-0.5000	0.5000	0.4800	-14.800
Persona 6	0.50000	0.0	-10.000	0.0000	-10.000	-10.000
Persona 7	0.50000	0.0	-10.000	0.0000	-10.000	-10.000
Persona 8	0.31731	0.0	-0.5000	0.5000	0.4800	-14.800

En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de Wilcoxon y Bland-Altman para las pruebas de abdominales, detallando para cada persona los valores p y estadísticos obtenidos, así como el promedio y la desviación estándar de las diferencias entre las mediciones del software y las del deportólogo.

**2.1.3.3. Resultados del análisis de Wilcoxon para ejercicio de abdominales.** El análisis de Wilcoxon se utilizó para identificar si existían diferencias significativas entre las mediciones obtenidas por el software desarrollado y las realizadas manualmente por el deportólogo. A continuación, se detalla el análisis basado en los datos de la tabla:

Personas 1, 2, 3, 4, 6, 7, y 8; estas personas mostraron un estadístico de Wilcoxon de 0.0 con valores p de 0.50000. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las mediciones del software y del deportólogo son iguales para estas personas. En otras palabras, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de estas personas entre los dos métodos.

Persona 5; presentó un valor p de 0.31731, lo que también indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del software y del deportólogo. Sin embargo, el promedio de las diferencias es -25.000 con una desviación estándar de 25.000, lo que sugiere que, aunque no hay una diferencia estadísticamente significativa según el test de Wilcoxon, existe una variabilidad considerable en las mediciones.

Los resultados del análisis de Wilcoxon indican que, para la mayoría de las personas analizadas, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del software y las realizadas manualmente por el deportólogo. Esto sugiere que el software puede proporcionar resultados comparables a los métodos convencionales. La precisión y consistencia del software desarrollado podrían deberse a su capacidad para registrar automáticamente la postura correcta durante las pruebas de abdominales utilizando una cámara, lo que podría reducir la variabilidad que se observa en las mediciones manuales.

**2.1.3.4. Resultados del análisis de Bland-Altman para ejercicio de abdominales.** El análisis de Bland-Altman proporciona una evaluación adicional de la concordancia entre las mediciones del software y las del deportólogo. Al observar el promedio de las diferencias y los límites de confianza (95%), podemos inferir el grado de concordancia:

Personas con buena concordancia (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8); para estas personas, las diferencias promedio entre las mediciones del software y del deportólogo son moderadas, y los límites de confianza sugieren que las discrepancias están dentro de un rango aceptable.

Persona con menor concordancia (5): Aunque no hay diferencias significativas según Wilcoxon, esta persona muestra diferencias promedio más altas y una desviación estándar considerable, lo que indica una mayor variabilidad en las mediciones.

La siguiente tabla resume los resultados de ambos análisis para todas las personas incluidas en el estudio:

**Tabla 8.**

*Análisis de Wilcoxon para Abdominales*

Persona	Valor p (Wilcoxon)	Estadístico de Wilcoxon	Promedio de las diferencias	Desviación estándar de las diferencias	Límite superior (95% de confianza)	Límite inferior (95% de confianza)
Persona 1	0.50000	0.0	-55.000	0.5000	-45.200	-64.800
Persona 2	0.50000	0.0	-10.000	0.0000	-10.000	-10.000
Persona 3	0.50000	0.0	-10.000	0.0000	-10.000	-10.000
Persona 4	0.50000	0.0	-10.000	0.0000	-10.000	-10.000
Persona 5	0.31731	0.0	-25.000	25.000	24.000	-74.000
Persona 6	0.50000	0.0	-105.000	0.5000	-95.200	-114.800
Persona 7	0.50000	0.0	-15.000	0.5000	-0.5200	-24.800
Persona 8	0.50000	0.0	-15.000	0.5000	-0.5200	-24.800

**2.1.3.5. Resultados del análisis de Wilcoxon para ejercicio de carrera 10x5.** El análisis de Wilcoxon se utilizó para identificar diferencias significativas entre las mediciones del software y las realizadas manualmente por el deportólogo. A continuación, se detallan los resultados basados en los datos de la tabla:

Personas 1 a 8; todas las personas mostraron un estadístico de Wilcoxon de 0.0 con valores p de 0.06250. Esto indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que las mediciones del software y las del deportólogo son iguales para estas personas ( $p > 0.05$ ). A pesar

de no alcanzar significancia estadística, los valores p cercanos al umbral convencional sugieren que las diferencias observadas podrían ser relevantes en contextos específicos de medición o en condiciones de prueba más rigurosas.

Los resultados del análisis de Wilcoxon muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del software y las realizadas por el deportólogo para las pruebas de carrera 5x10. Esto sugiere que el software puede proporcionar mediciones comparables a las realizadas manualmente, con la ventaja adicional de ofrecer una mayor consistencia al eliminar el error humano inherente en la medición manual.

**2.1.3.6. Resultados del análisis de Bland-Altman para ejercicio de carrera 10x5.** El análisis de Bland-Altman ofrece una evaluación adicional de la concordancia entre las mediciones del software y las del deportólogo, examinando el promedio de las diferencias y los límites de confianza (95%). Este análisis permite evaluar la precisión y la consistencia del software de manera más detallada:

**Concordancia general.** Las personas 1 a 8 muestran diferencias promedio que oscilan entre -0.4080 y -0.0800, con límites de confianza relativamente estrechos, lo que sugiere que las mediciones del software son consistentemente similares a las realizadas por el deportólogo.

**Variabilidad de las mediciones.** Aunque los promedios de las diferencias son bajos, algunas personas (como la Persona 1 y Persona 5) presentan una desviación estándar más alta, lo que podría indicar variabilidad en las condiciones de prueba o en la respuesta individual a la medición del software.

La siguiente tabla resume los resultados de ambos análisis para todas las personas incluidas en el estudio:

**Tabla 9.***Análisis de Wilcoxon para Carrera 10x5*

Persona	Valor p (Wilcoxon)	Estadístico de Wilcoxon	Promedio de las diferencias	Desviación estándar de las diferencias	Límite superior (95% de confianza)	Límite inferior (95% de confianza)
Persona 1	0.06250	0.0	-0.4080	0.2127	0.0090	-0.8250
Persona 2	0.06250	0.0	-0.2200	0.0713	-0.0803	-0.3597
Persona 3	0.06250	0.0	-0.1520	0.0783	0.0015	-0.3055
Persona 4	0.06250	0.0	-0.1160	0.0242	-0.0686	-0.1634
Persona 5	0.06250	0.0	-0.2340	0.1750	0.1090	-0.5770
Persona 6	0.06250	0.0	-0.1020	0.0117	-0.0791	-0.1249
Persona 7	0.06250	0.0	-0.1020	0.0412	-0.0213	-0.1827
Persona 8	0.06250	0.0	-0.0800	0.0089	-0.0625	-0.0975

Se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos por nuestra plataforma y el método convencional de medida. Este análisis estadístico, usando tanto el método de Wilcoxon como el de Bland-Altman, reveló variaciones en la concordancia entre ambos enfoques dependiendo del tipo de ejercicio evaluado:

**Evaluación estadística.** Para la evaluación de los datos recogidos, se recurrió a métodos de estadística no paramétrica, específicamente el test de Wilcoxon y el método Bland-Altman. Estos enfoques se emplearon con el propósito de contrastar los resultados obtenidos mediante nuestra plataforma con los del método convencional, en relación con la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre las mediciones de ambos métodos.

### **Resultados por tipo de ejercicio.**

**Dominadas.** Los resultados indicaron que, en general, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del software y las del deportólogo para la mayoría de los

participantes. Sin embargo, algunos valores p estuvieron cercanos al umbral de significancia, lo que sugiere la posibilidad de pequeñas discrepancias en ciertos casos. Estas diferencias podrían ser influenciadas por la variabilidad en la percepción humana y la reacción al contar manualmente las repeticiones, lo que destaca la necesidad de una revisión detallada para garantizar que el software mantenga una precisión superior en todas las situaciones.

*Abdominales.* De manera similar a las dominadas, los análisis mostraron que para la mayoría de los participantes no existen diferencias significativas entre las mediciones del software y las realizadas manualmente. Sin embargo, los intervalos de confianza y las diferencias promedio revelaron algunas variaciones que podrían ser indicativas de la necesidad de una calibración más precisa del software. Estas variaciones pueden estar vinculadas a la precisión del cronometraje manual y la percepción del evaluador al iniciar y detener el conteo, sugiriendo que el software podría reducir estos errores mediante una detección más exacta y consistente de las repeticiones.

*Carrera 10x5.* Los análisis mediante las pruebas de Wilcoxon y Bland-Altman revelaron que, aunque las diferencias entre el software y las mediciones manuales no fueron estadísticamente significativas, los promedios de las diferencias y los intervalos de confianza sugieren que el software proporciona mediciones consistentemente alineadas con el método manual. Sin embargo, se observó una mayor desviación estándar en algunos casos, lo que podría reflejar variabilidad en las condiciones de prueba o en la reacción humana al iniciar y detener el cronómetro. Esto sugiere la necesidad de realizar ajustes finos en las condiciones de medición y mejorar la exactitud del software para mitigar estos efectos y asegurar la precisión en la evaluación de este tipo de ejercicio.

### **3. Conclusiones**

El presente estudio sobre el seguimiento del rendimiento físico utilizando tecnologías avanzadas ha proporcionado conocimientos significativos y ha identificado áreas clave para el desarrollo futuro en este campo. A través de la implementación de herramientas como MediaPipe y otras tecnologías de visión artificial, se han extraído valiosas lecciones que pueden orientar futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos.

Primero, se destacó la importancia de una planificación detallada y una ejecución precisa como factores fundamentales para el éxito del proyecto. Este enfoque meticuloso permitió la integración efectiva de tecnologías avanzadas, asegurando el cumplimiento de los objetivos propuestos. La atención a cada detalle facilitó una implementación sin contratiempos y la obtención de resultados precisos, resaltando la necesidad de mantener un rigor similar en proyectos futuros.

Además, la capacidad de adaptación y el profundo conocimiento de las tecnologías empleadas, como MediaPipe, fueron esenciales para alcanzar resultados confiables. La integración exitosa de estas herramientas, adaptadas a las necesidades específicas del proyecto, permitió una recolección de datos más precisa y ajustada al contexto deportivo. Este hecho subraya la importancia de la flexibilidad tecnológica y el dominio exhaustivo de las herramientas utilizadas en la investigación del rendimiento físico.

Asimismo, el estudio reveló una variabilidad en la precisión de los métodos utilizados, lo que subraya la influencia de factores humanos, como la subjetividad y la fatiga, en el análisis de datos. Este hallazgo destaca la importancia de adoptar un enfoque integral que contemple tanto las capacidades tecnológicas como los aspectos humanos del rendimiento. Para investigaciones futuras, sería beneficioso desarrollar estrategias que reduzcan estas variabilidades, mejorando así la consistencia en la recolección y análisis de datos.

Durante el estudio, se identificaron áreas de mejora que son cruciales para el avance de la investigación y el desarrollo tecnológico. Entre ellas, la incorporación de parámetros adicionales para evaluar la calidad técnica de las repeticiones y el desarrollo de mecanismos para detectar cambios en el rendimiento bajo diversas condiciones se presentan como pasos necesarios para crear soluciones más precisas y adaptadas a las necesidades individuales de los atletas.

En última instancia, la experiencia y los conocimientos adquiridos a lo largo de este proyecto han establecido una base sólida para futuras investigaciones en el seguimiento del rendimiento físico. Las lecciones aprendidas no solo han aumentado la eficacia del proyecto actual, sino que también han abierto nuevas posibilidades para innovaciones en la tecnología aplicada al rendimiento deportivo. Este estudio proporciona un punto de partida que podría transformar significativamente la manera en que se monitorea y evalúa la aptitud física.

En resumen, este proyecto representa un avance notable en la comprensión y aplicación de tecnologías avanzadas para el seguimiento del rendimiento físico. Los resultados y las lecciones obtenidas ofrecen una base robusta para futuras innovaciones con el potencial de revolucionar la monitorización y evaluación de la aptitud física. Se recomienda que futuras investigaciones se basen en estos hallazgos, abordando las limitaciones actuales y explorando nuevas posibilidades tecnológicas para mejorar la precisión y aplicabilidad de estas herramientas en el ámbito del rendimiento físico y deportivo.

#### **4. Recomendaciones**

Tras la finalización de nuestro proyecto, ofrecemos dos recomendaciones clave para la optimización y expansión futura del software:

**Implementación de Raspberry Pi.** Se recomienda utilizar una tarjeta Raspberry Pi para facilitar la movilidad y accesibilidad de la plataforma. Esta implementación permitiría operar el sistema de manera más eficiente y práctica, eliminando la necesidad de un computador. La Raspberry Pi ofrece una solución compacta y potente que puede mejorar significativamente la facilidad de uso y la portabilidad del sistema.

**Ampliación de Ejercicios y Mejora de la Capacidad de la Cámara.** Se sugiere aumentar el número de ejercicios monitoreados por el software de 3 a 10, abarcando todos los ejercicios del test Sit and Reach. Esta expansión permitiría aplicar el sistema a una variedad más amplia de deportes y actividades físicas. Además, se propone mejorar la amplitud y el rango dinámico de la cámara para ampliar su capacidad de detección. Esto es especialmente relevante en deportes como el fútbol, donde el tamaño de la cancha requiere un rango de detección más amplio para un seguimiento efectivo.

Estas recomendaciones están orientadas a mejorar la funcionalidad, versatilidad y aplicabilidad del software en diversos contextos deportivos y de entrenamiento físico, asegurando su utilidad y eficacia en un rango más amplio de escenarios y actividades.

## Referencias

- American Council on Exercise (ACE). (s.f.). *Physical Fitness*. Ace Fitness. <https://www.acefitness.org/education-and-resources/lifestyle/blog/112/what-is-physical-fitness>
- Amidi, A., y Amidi, S. (s.f.). *Machine Learning*. Stanford University. <https://stanford.edu/~shervine/teaching/cs-229/cheatsheet-machine-learning-tips-and-tricks>
- Columbia University. (s.f.). *Introduction to Computational Thinking*. Columbia University. <https://www.cs.columbia.edu/~ctg/smp/computational-thinking.pdf>
- Computer Hope. (2024). *¿What is Hardware?* Computer Hope. <https://www.computerhope.com/jargon/h/hardware.htm>
- Carnegie Mellon University. (s.f.). *What are Computational Processes?* Carnegie Mellon University. <https://www.cs.cmu.edu/~tom7/notes/computation.html>
- Council of Europe. (2015). *Eurofit Manual: Handbook for the Eurofit Test of Physical Fitness*. Researchgate.net. [https://www.researchgate.net/publication/278609603\\_Eurofit\\_Manual\\_Handbook\\_for\\_the\\_Eurofit\\_Test\\_of\\_Physical\\_Fitness](https://www.researchgate.net/publication/278609603_Eurofit_Manual_Handbook_for_the_Eurofit_Test_of_Physical_Fitness)
- Derrick, B., y White, P. (2017). Comparing two samples from an individual Likert question. *Rev. International Journal of Mathematics and Statistics*, 18(3), 1-13. <https://uwe-repository.worktribe.com/output/882904>
- GeeksforGeeks. (s.f.). *Data Encoding Techniques*. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/data-encoding-techniques/>
- Giavarina, D. (2015). Understanding Bland Altman analysis. *Rev. Biochemia Medica*, 25(2), 141-151. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4470095/>

HowStuffWorks. (s.f.). *How Computer Hardware Works*. HowStuffWorks.  
<https://computer.howstuffworks.com/computer-hardware-channel.htm>

Jiménez-Gutiérrez, A. (2007). La valoración de la aptitud física y su relación con la salud. *Rev. Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2), 53-71.  
<https://www.redalyc.org/pdf/3010/301023504004.pdf>

Khan Academy. (s.f.). *Data Encoding*. Khan Academy.  
<https://www.khanacademy.org/computing/computer-science/informationtheory/moderninfotheory/v/data-encoding>

Mayo Clinic. (s.f.). *Fitness Basics*. Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/fitness/basics/fitness-basics/hlv-20049447>

Melero-Romero, C., Pradas de la Fuente, F., y Vargas-Corzo, M. C. (2005). Control biomédico del entrenamiento en tenis de mesa. Ejemplo de test de campo. *Archivos de Medicina del Deporte: Rev. de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 22(108), 229-235.  
[https://www.researchgate.net/publication/258155695\\_Control\\_biomedico\\_del\\_entrenamiento\\_en\\_tenis\\_de\\_mesa\\_Ejemplo\\_de\\_test\\_de\\_campo](https://www.researchgate.net/publication/258155695_Control_biomedico_del_entrenamiento_en_tenis_de_mesa_Ejemplo_de_test_de_campo)

Microsoft. (s.f.). *What is Machine Learning?* Microsoft. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/concept-machine-learning-intro>

Nawarycz, T., Pytel, K., y Ostrowska-Nawarycz, L. (2023). Evaluation of health-related fitness using fuzzy inference elements. *Rev. Journal of Human Kinetics*, 75, 303-312.  
<https://doi.org/10.2478/s13312-023-01114-6>

Novotná, S. (2023). Fitness development model of female softball players. *Rev. Journal of Human Kinetics*, 75, 167-177. <https://doi.org/10.2478/s13312-023-01115-5>

Office of Disease Prevention and Health Promotion. (s.f.). *President's Council on Sports, Fitness & Nutrition. Fitness Testing*. Office of Disease Prevention and Health Promotion. <https://www.hhs.gov/fitness/testing/index.html>

Pradas de la Fuente, F., Castellar-Otín, C., Coll-Risco, I., Quintas-Hijos, A., y Rapún-López, M. (2015). Análisis del impacto fisiológico del tenis de mesa en jugadores de élite. *Rev. Alto Rendimiento*, 21(3), 74-78. <https://altorendimiento.com/analisis-del-impacto-fisiologico-del-tenis-de-mesa-en-jugadores-de-elite/>

Sánchez, P. (2023). *Batería Eurofit*. Mundo Entrenamiento. <https://mundoentrenamiento.com/bateria-eurofit/>

The Cooper Institute. (s.f.). *Fitness Testing and Assessment*. The Cooper Institute. <https://www.cooperinstitute.org/fitness-testing-assessment>

Todt, N., Puhl, P., Scarton, A., y Guiramand, M. (2018). Brazilian identity in transition: The look of the foreign media upon the opening ceremony of the Olympic Games Rio 2016. *Rev. Journal of Human Sport and Exercise*, 13(1), S13-S27. <https://doi.org/10.14198/jhse.2018.13.Proc1.02>

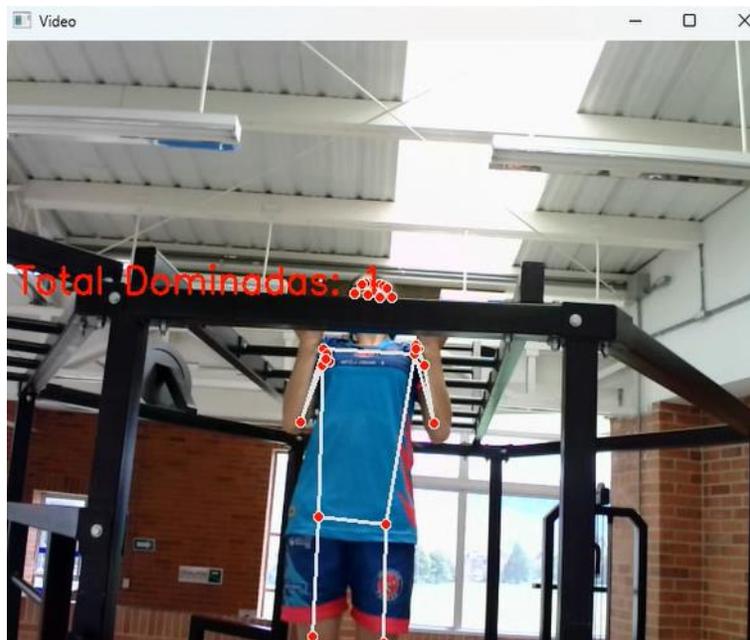
## Anexos

### Anexo A. Stage

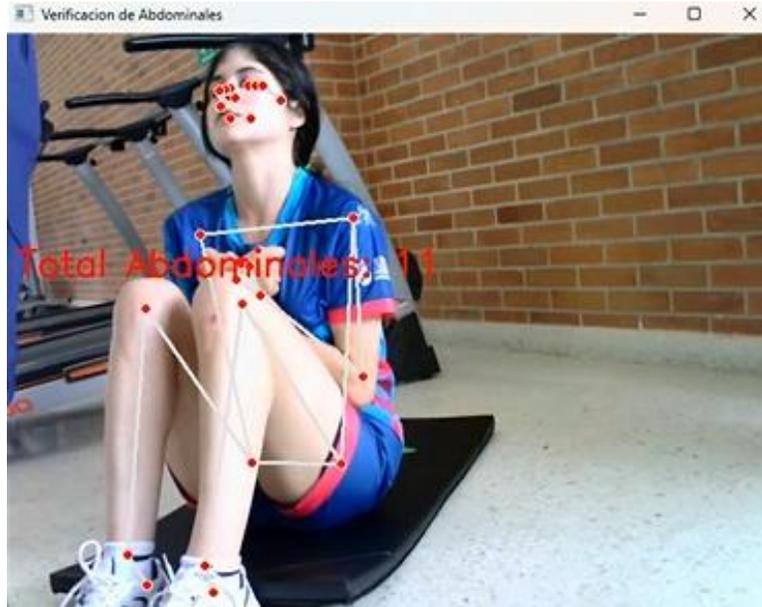
#### Stage 1 (Carrera 10x5)



#### Stage 2 (Levantamiento en Barra)



### Stage 3 (Abdominales)



### Anexo B. Cronograma

		Mes(es)													
Objetivos	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Realizar una revisión sistemática en la literatura científica sobre el procedimiento y técnicas relacionadas con el test Eurofit tradicional.														
	Establecer los requerimientos software/hardware para la instrumentación de la batería de test Eurofit.														
	Analizar los diferentes tipos de tecnologías disponibles y evaluar su idoneidad para la instrumentación de la batería de test Eurofit.														

	<p>Definir los requisitos funcionales y no funcionales del software y hardware necesarios para la instrumentación de la batería de test Eurofit.</p>			—
	<p>Elaborar un informe detallado que describa los requerimientos software/hardware para la instrumentación de la batería de test Eurofit.</p>			— —
<p>2</p>	<p>Desarrollar un sistema software/hardware para realizar la trazabilidad de los resultados obtenidos por la batería instrumentada.</p>			— —

---

Desarrollar un software de procesamiento de datos que permita la interpretación y análisis de los resultados obtenidos por la batería instrumentada.	
Integrar el sistema software con el hardware necesario para la captura y transmisión de los datos de los test Eurofit.	
Realizar pruebas experimentales del sistema software/hardware para garantizar su correcto funcionamiento y la trazabilidad de los resultados obtenidos.	

---

	Documentar el proceso de desarrollo del sistema software/hardware y elaborar un manual de uso para facilitar su manipulación y mantenimiento.		
3	Definir una muestra experimental de participantes y aplicar el test Eurofit utilizando la plataforma desarrollada y el método convencional de medida.		
	Recolectar y registrar los datos obtenidos durante el experimento.		
	Realizar un análisis estadístico comparativo de los resultados obtenidos por la		

---

plataforma desarrollada y el método convencional de medida.	
Evaluar los resultados obtenidos mediante estadística no paramétrica a la hipótesis nula, empleando la aproximación de Wilcoxon y el método Bland- Altman.	
Elaborar un informe que presente los resultados del análisis estadístico y las conclusiones de la comparación entre la plataforma desarrollada y el método convencional de medida.	

---

**Anexo C. Presupuesto**

<b>ITEM</b>	<b>COSTOS Y RECURSOS</b>	<b>MESES</b>	<b>VALOR \$(COP)</b>
1	SOFTWARE LIBRE	14	0
2	INTERNET	14	600.000
3	ENERGÍA	14	300.000
4	DISPOSITIVO HARDWARE	14	3'000.000
5	CAMARA EXTERNA	14	400.000

