



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL MOVIMIENTO FUNCIONAL DE ATLETAS UTILIZANDO
KINOVEA**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

21941070 MARÍA FERNANDA BERLIOZ PARADA

21941364 TRACY CRISTINA GUEVARA GARCÍA

ASESOR: KARLA REYES

SAN PEDRO SULA

OCTUBRE, 2023

DEDICATORIA

Esta dedicatoria va dirigida primordialmente a Dios, quien en todo momento me dio las fuerzas necesarias para culminar esta etapa. Asimismo, deseo dedicarle este logro a mi mamá, mi papá y hermano quienes fueron mi motor para nunca detenerme, a quienes les debo lo que soy, quienes con todo su aprecio y amor supieron guiarme en el camino del bien.

- TRACY GUEVARA

Dedico esta tesis primeramente a Dios, quien me dio las fuerzas y los ánimos para trabajar de la mejor manera. Igualmente, le dedico mi trabajo a mi padre y a mi madre, que me han apoyado hasta en los momentos que siento que no estaba en lo correcto, ellos me formaron como la ingeniera que pretendo ser.

- MARIA BERLIOZ

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta acá y nunca abandonarme en los momentos más difíciles de este camino. También a mis padres que con mucho esfuerzo y sacrificio nunca dejaron de apoyarme, ni de alentarme para seguir adelante. A mis amigos que siempre estuvieron de mi lado, los que me empujaban a nunca rendirme y confiaron en mí a lo largo de este proceso. Un agradecimiento especial a los docentes por su paciencia y dedicación al enseñar, por brindarme sus conocimientos y gracias a ello adquirir conocimientos nuevos.

- TRACY GUEVARA

Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberme dado la capacidad de estudiar y aprender todas las habilidades necesarias para lograr formular el trabajo y seguir investigando más para ayudar al resto de las personas. Gracias a Dios nunca me rendí y seguí empujando mis límites para ser una profesional digna. A mis amigos, que fueron mi apoyo y mi motivación cuando no encontraba a lo largo de esta etapa. Agradezco por todas las lecciones ofrecidas por mis docentes, que logré aplicar en la tesis y en mi futura vida profesional.

- MARIA BERLIOZ

EPÍGRAFE

"No es grande el que siempre triunfa, sino el que jamás se desalienta"

-José Luis Martín Descalzo

RESUMEN EJECUTIVO

Kinovea y la prueba de Valoración Funcional del movimiento son dos herramientas ampliamente utilizadas en el ámbito deportivo para evaluar y mejorar el rendimiento físico y la salud de los atletas y personas en general. Kinovea es un software de análisis de video, y al utilizarse de la mano con la prueba FMS proporciona una evaluación precisa y completa de la calidad del movimiento funcional y su aplicación en la prevención de lesiones y el rendimiento deportivo. Actualmente, no existen herramientas validadas capaces de suplir la evaluación visual de la prueba FMS para un análisis detallado de la biomecánica del movimiento, por esta razón se lleva a cabo este estudio. Se seleccionaron 22 participantes de los equipos de voleibol, básquetbol y fútbol para aplicarles cuatro ejercicios de la prueba FMS: sentadilla profunda, elevación activa de la pierna recta, paso de valla y desplante en línea. Estos movimientos fueron grabados y posteriormente analizados en Kinovea para la extracción de datos angulares de las articulaciones de la rodilla, cadera y tobillo. Los resultados obtenidos demuestran que Kinovea es una herramienta que puede suplantar la evaluación visual del FMS realizada por los entrenadores, con el fin de obtener resultados más detallados que permitan una evaluación simplificada. Al finalizar la investigación, se asignaron rangos angulares a las puntuaciones establecidas por el FMS, haciendo la evaluación más simple y precisa. Adicionalmente, se observó una correlación débil entre las variables sociodemográficas con los resultados del FMS obtenidos de los participantes, lo que sugiere que existen otros factores que también influyen en la calidad del movimiento en los atletas. Esto subraya la importancia de considerar una variedad de factores al evaluar y mejorar el rendimiento físico de los deportistas.

Palabras claves: biomecánica deportiva, Kinovea, lesiones deportivas, rendimiento deportivo, Valoración Funcional del Movimiento (FMS).

ABSTRACT

Kinovea and the Functional Movement Assessment (FMS) test are two tools widely used in the sports field to assess and improve the physical performance and health of athletes and individuals in general. Kinovea is a video analysis software, and when used in conjunction with the FMS test, it provides an accurate and comprehensive assessment of functional movement quality and its application in injury prevention and sports performance. Currently, there are no validated tools capable of replacing the visual assessment of the FMS test for a detailed analysis of movement biomechanics, which is why this study was conducted. Twenty-two participants from volleyball, basketball and soccer teams were selected to perform four exercises of the FMS test: deep squat, active straight leg raise, hurdle step and in-line lunge. These movements were recorded and subsequently analyzed in Kinovea for the extraction of angular data from the knee, hip, and ankle joints. The results demonstrate that Kinovea is a tool that can complement the visual assessment conducted by coaches during the FMS, providing a level of detail that enriches the evaluation. At the end of the research, angular ranges were assigned to the scores established by the FMS, making the evaluation simpler and more accurate. Additionally, a weak correlation was observed between sociodemographic variables with the FMS scores obtained from the participants, suggesting that there are other factors that also influence movement quality in athletes. This underscores the importance of considering a variety of factors when evaluating and improving the physical performance of athletes.

Key words: Functional Movement Assessment (FMS), Kinovea, sports biomechanics, sports injuries, sports performance.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1	PRECEDENTES DEL PROBLEMA	3
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
2.3	JUSTIFICACIÓN	5
2.4	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	6
2.4.1	PREGUNTA GENERAL	6
2.4.2	PREGUNTAS ESPECÍFICAS	6
2.5	OBJETIVOS	7
2.5.1	OBJETIVO GENERAL	7
2.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
III.	MARCO TEÓRICO	8
3.1	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	8
3.1.1	MACROENTORNO	8
3.1.2	MICROENTORNO	15
3.2	CONCEPTUALIZACIÓN	17
3.2.1	BIOMECÁNICA DEL DEPORTE	17
3.2.2	LESIONES DEPORTIVAS	21
3.2.3	ANÁLISIS DE MOVIMIENTO	32
3.2.4	TEST DE ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS	33
IV.	METODOLOGÍA	37
4.1	ENFOQUE	37

4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	38
4.2.1.	VARIABLE DEPENDIENTE	38
4.2.2.	VARIABLES INDEPENDIENTES	38
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	39
4.3.1.	KINOVEA	40
4.3.2.	PRUEBA DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE MOVIMIENTO (FMS)	40
4.4	MATERIALES	41
4.5	POBLACIÓN Y MUESTRA	42
4.6	METODOLOGÍA DE ESTUDIO	43
4.7	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN	44
4.8	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	45
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	47
5.1	DESCRIPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES	47
5.2	ANÁLISIS DE DATOS	48
5.2.1	DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS RECOLECTADOS	48
5.2.2	MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS	49
5.3	RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN OBJETIVOS	50
5.4	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	64
VI.	CONCLUSIONES	66
VII.	RECOMENDACIONES	69
VIII.	APLICABILIDAD / IMPLEMENTACIÓN	69
IX.	EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL / TRABAJO FUTUROS	70
X.	BIBLIOGRAFÍA	71
IX.	ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Resultados FMS entre hombres y mujeres en la Universidad de Irán.	12
Tabla 2- Estudio en nadadores de grupos elite y no elite.	12
Tabla 3- Capacidades condicionales de las atletas universitarias de fútbol americano.	13
Tabla 4- FMS en jugadores jóvenes profesionales de fútbol.....	14
Tabla 5. Ejercicios en la Valoración Funcional del Movimiento.	34
Tabla 6- Datos de los participantes.....	47
Tabla 7- Variables cuantitativas obtenidas de los participantes.....	48
Tabla 8- Rangos de ángulos para la calificación en el FMS: Evaluando la Calidad del Movimiento.....	51
Tabla 9- Valoración angular en la ejecución de la sentadilla profunda.....	51
Tabla 10. Valoración angular en la ejecución del paso de valla.	52
Tabla 11. Valoración angular en la ejecución del desplante en línea.....	53
Tabla 12. Valoración angular en la ejecución de la elevación activa de la pierna.	53
Tabla 13- Estadística descriptiva de las variables sociodemográficas de cada deporte.....	57
Tabla 14- Pruebas de normalidad.....	61
Tabla 15- Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.....	62
Tabla 16- Correlaciones entre las variables sociodemográficas con los resultados del FMS.	62
Tabla 17 - Comparación entre ángulos obtenidos por Opensim VS. Kinovea.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte 2015.....	9
Figura 2- Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte 2015.....	9
Figura 3- INEGI, Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF) 2019 y 2020.	10
Figura 4- América Latina en los Juegos Olímpicos de Beijing 2022.....	11
Figura 5- Fases del remate en voleibol.	19
Figura 6. Distribución por sexos en una serie de 3,202 lesiones.....	26
Figura 7. Aplicación de Kinovea.....	33
Figura 8- Colocación de los marcadores.....	49
Figura 9- Escenario experimental.....	49
Figura 10. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en una sentadilla profunda.....	54
Figura 11. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en un desplante en línea.....	55
Figura 12. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera y rodilla en un paso de valla.	56
Figura 13. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera y rodilla en la elevación activa de la pierna.....	56
Figura 14- Variaciones en las puntuaciones entre diferentes deportes.....	57
Figura 15- Resultados obtenidos en los diferentes deportes.....	58
Figura 16a- Histograma y diagrama de caja en básquetbol.....	58
Figura 16b- Histograma y diagrama de caja en fútbol.....	59
Figura 16c- Histograma y diagrama de caja en voleibol.....	59
Figura 17- Variaciones en las puntuaciones según cada género.....	60
Figura 18- Histograma de cada género.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1- Formato Functional Movement Screen (FMS).....	75
Anexo 2- Puntuaciones obtenidas de los participantes de fútbol.....	76
Anexo 3- Puntuaciones obtenidas de los participantes de voleibol.....	77
Anexo 4- Puntuaciones obtenidas de los participantes de básquetbol.....	78
Anexo 5- Aplicación de la Valoración Funcional del Movimiento (FMS).	79
Anexo 6- Edición de video en Kinovea.....	79
Anexo 7- Gráficas de desplante en línea.....	80
Anexo 8- Gráficas de elevación de pierna recta.....	85
Anexo 9. Gráficas de sentadilla profunda.....	90
Anexo 10- Gráficas de paso de valla.....	93

LISTA DE SIGLAS

IMC Índice de Masa Corporal

INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

IPAQ Cuestionario Internacional de Actividad Física.

FMS Functional Movement Screen (Valoración Funcional del Movimiento).

I. INTRODUCCIÓN

El análisis del movimiento humano en los deportistas es fundamental en diversas disciplinas, como en la biomecánica, la rehabilitación y la actividad física. La comprensión de los patrones de movimiento, la fuerza aplicada y la activación muscular proporciona información valiosa para evaluar y mejorar el rendimiento atlético, así como para prevenir lesiones. Las capacidades físicas (flexibilidad, fuerza, resistencia y velocidad) son fundamentales en los atletas para el rendimiento atlético óptimo; según cada deporte y necesidades de los atletas estas capacidades pueden variar.

La prueba de Valoración Funcional del Movimiento (FMS) es una herramienta utilizada para examinar los patrones de movimiento fundamentales en los atletas permitiendo una evaluación cuantificable. La prueba FMS comprende de siete ejercicios diseñados para evaluar la estabilidad del tronco, el rango de movimiento y la calidad de la simetría durante la ejecución de movimientos funcionales. Se aplica con el propósito de identificar limitaciones y desequilibrios en sujetos sanos, desafiando la capacidad para realizar movimientos básicos proporcionando información para detectar problemas de estabilidad o movilidad y sobre su potencial de sufrir una lesión (Alfonso-Mora et al., 2017).

Kinovea es un editor de videos gratuito diseñado para el análisis de imágenes con un enfoque en la técnica deportiva. El programa es utilizado principalmente por entrenadores y atletas para estudiar sobre las técnicas deportivas. Esta herramienta permite modificar videos de una manera sencilla, utilizando un sistema que permite la escritura de datos sobre la imagen, la marcación de ejes, cálculos de tiempo mediante cronómetros, cálculo de ángulos, medición de distancias, seguimiento de trayectorias, etc. (Lluch Fruns, 2012). Con Kinovea se permite una mejor visualización de las fases o secuencias del movimiento de una técnica ejecutada por los atletas obteniendo datos en tiempo real para mejorar el rendimiento deportivo (Mocha Bonilla, 2012).

La prueba FMS y Kinovea son herramientas que pueden ser utilizadas en conjunto para el análisis del movimiento humano, especialmente en un contexto deportivo y biomecánico. Aplicando el FMS para la evaluación del movimiento en una serie de patrones funcionales básicos y Kinovea para examinar con mayor detalle los patrones de movimiento, los

profesionales tienen una visión más completa para llevar a cabo un análisis en el movimiento de los deportistas. Esto puede ayudar a identificar de manera más precisa cualquier limitación en el movimiento, desequilibrios o patrones de movimiento inadecuados. Además, Kinovea permite realizar mediciones objetivas y proporcionar retroalimentación visual a los atletas o pacientes.

En el presente informe se iniciará con una breve introducción en el primer capítulo de lo que se estará desarrollando a lo largo de la investigación, continuando con el segundo capítulo en el cual se presentará el problema a resolver y se definirán los objetivos que ayudarán a entender la viabilidad del software para la problemática. En el tercer capítulo, se expondrá el marco teórico, donde se compararán las investigaciones de la valoración FMS con softwares junto a análisis biomecánico de atletas. En el cuarto capítulo se establecerá la metodología con la que se trabajará para poder obtener los resultados. Para el quinto capítulo, se expondrán los resultados obtenidos de las técnicas aplicadas. En el sexto capítulo se analizarán los resultados para formular las conclusiones con base a los objetivos. En el séptimo capítulo se recomendará la manipulación de los métodos de manera correcta. Seguidamente en el octavo capítulo se analizará la implementación de la herramienta y posteriormente, en el noveno capítulo, se expondrá como podría evolucionar la investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La biomecánica se ha convertido en un tema de gran relevancia en la actualidad, ya que la búsqueda de un óptimo rendimiento y una técnica adecuada en los atletas es esencial. En esta sección, se presentan los antecedentes de la problemática identificada en relación con el rendimiento deportiva para lo cual se han desarrollado herramientas que permiten evaluar la calidad del movimiento en atletas. Se justifica la importancia de contar con herramientas validadas para en análisis biomecánico de deportista, definiendo las bases para las preguntas de investigación y los objetivos que se buscan alcanzar.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

La biomecánica deportiva es un tema de interés en la actualidad, ya que muchos entrenadores procuran que sus atletas presenten una buena técnica y desempeño para realizar cualquier tipo de movimiento. Cuando se decide ejecutar cierta técnica para algún movimiento, se realiza un análisis para detectar y corregir las fallas del movimiento realizado (Suarez, 2009). Una mala ejecución de cualquier movimiento puede causar lesiones en los deportistas y perjudicar su bienestar deportivo. Las lesiones pueden afectar al deportista, perjudicando la calidad de vida en cuanto a la movilidad del cuerpo, corriendo el riesgo que no se pueda desempeñar de la misma manera.

La Valoración Funcional del Movimiento (FMS) es una prueba creada en el año 2006 por Gray Cook, Lee Bourton y Barbara Hoogenboom. Inicialmente, estos profesionales publicaron artículos que abordaban la importancia de utilizar patrones de movimiento fundamentales antes de realizar ejercicio físico. Su objetivo principal era evaluar la funcionalidad de atletas aparentemente sanos. Este enfoque permitió que las pruebas que conforman el FMS se convirtieran en una herramienta útil en el ámbito del entrenamiento. A través de estas pruebas, es posible determinar si un deportista está en condiciones de participar en competiciones o si requiere trabajar en ciertos aspectos de su movilidad y estabilidad antes de hacerlo (Huffington, 2019).

El FMS consiste en el desarrollo de siete ejercicios: sentadilla profunda, paso de valla, movilidad del hombro, elevación activa de la pierna, desplante en línea, estabilidad rotatoria

y estabilidad del tronco *push-ups*. Los ejercicios son realizados por individuos para evaluar sus capacidades básicas de movimiento, así como la estabilidad del cuerpo y desbalances musculares y de acuerdo con la eficiencia con que lo desarrolle se le asigna una puntuación.

En un estudio con 36 futbolistas universitarios de 18 a 24 años, se aplicó la prueba FMS y se evaluó su desempeño por cuatro fisioterapeutas. Se estableció un punto de corte en una puntuación de 14, considerando que puntuaciones por debajo de este nivel indicaban un mayor riesgo de lesión. Los resultados revelaron que el 29% de los participantes obtuvo puntuaciones inferiores a 14, mientras que el 71% restante superó este umbral, sugiriendo un riesgo bajo de lesiones. A pesar de la limitación en los estudios de confiabilidad de la prueba FMS, este estudio demostró su fiabilidad al examinar la concordancia entre los evaluadores y la estabilidad de la prueba mediante el método de prueba-reprueba (Alfonso-Mora et al., 2017).

Un estudio se llevó a cabo con 46 estudiantes de la Universidad del Valle de México, abarcando diversas disciplinas deportivas. Estos estudiantes, con edades entre 17 y 20 años y de ambos géneros, se sometieron a la evaluación de la Valoración Funcional del Movimiento (FMS) y se les calificó de acuerdo con lo establecido del FMS. Los datos presentaron variaciones según la disciplina practicada. En básquetbol, el 15% obtuvo puntuaciones superiores a 14, mientras que, en fútbol el 20% lo hizo. Por otro lado, en taekwondo, ninguno superó los 14.5 y, finalmente, en voleibol, el 28.5% logró puntuaciones por encima de 14.5. Sin embargo, en general, el estudio concluyó que no existía una relación significativa entre los resultados de la evaluación FMS y la disciplina deportiva practicada por los participantes (González Fimbres et al., 2015).

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Valoración Funcional del Movimiento (FMS) es utilizada como método estándar que conlleva la evaluación visual de la calidad de movimiento de un individuo mientras realiza una serie de siete movimientos funcionales básicos. Un evaluador capacitado observa al individuo de diferentes ángulos para evaluar la técnica y calidad del movimiento mientras realiza cada uno de los ejercicios, siendo calificado en una escala del 0 a 3 (Huffington, 2019). Actualmente, no existen herramientas validadas para realizar este estudio de movimiento de manera confiable y precisa en nuestros atletas locales. La falta de una herramienta puede causar incertidumbre en cuanto a la capacidad para predecir el riesgo de lesiones en estos atletas. Se da la necesidad de realizar este estudio de manera objetiva para establecer una validación de Kinovea para aplicar la prueba FMS y su efectividad en la evaluación del movimiento humano.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El mayor desarrollo que ha tenido la biomecánica ha asociado con la ortopedia y kinesiología. Actualmente, la biomecánica deportiva ha sido un tema de interés en relación con el análisis del movimiento humano incluyendo investigaciones acerca de los riesgos de las lesiones en los atletas. A través del análisis biomecánico, se pueden recolectar datos sobre algunos parámetros del movimiento humano como ser velocidad, posición, aceleración, entre otros. Para realizar un análisis que permita mejorar el rendimiento y desempeño de los deportistas, evitándoles lesiones que pueda perjudicarlos en su práctica deportiva (Zheng & Barrentine, 2000).

Todo deportista desea tener una buena técnica y buen rendimiento para la ejecución de cualquier movimiento. El desarrollo de herramientas tecnológicas, que permiten analizar el movimiento humano, mediante el procesamiento de datos que provienen de distintas capturas de del movimiento, ha permitido que se puedan realizar estudio mediante la captura de imágenes o videos ejecutando un movimiento para posteriormente someterlo a un programa que pueda medir diferentes parámetros biomecánicos. Con un análisis sobre la movilidad se pueden determinar posibles desequilibrios o disfunciones que puedan llevar a provocar lesiones. Al comprender las fuerzas y las acciones musculares involucradas en un

movimiento, los entrenadores y los atletas pueden hacer ajustes precisos en la forma y el entrenamiento para obtener resultados óptimos.

El análisis del movimiento funcional de atletas siempre se ha hecho mediante la observación visual con aplicación de distintas pruebas dependiendo de qué capacidades condicionales, como la movilidad, flexibilidad y equilibrio se deseen medir. Ofrecer una herramienta para ver el trayecto del ejercicio, grado de movimiento de articulaciones, y la velocidad del movimiento permite analizar los rangos de los grados en contraste con la evaluación visual, para determinar que valores deberían ser los apropiados o usuales en los atletas de un deporte específico. Esta herramienta ofrece una pauta para apoyar al rendimiento del atleta y a prevenir lesiones, dependiendo del diagnóstico del estudio se puede determinar la intensidad de entrenamiento de yoga o estiramientos necesaria para que el atleta mejore.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1 PREGUNTA GENERAL

- ¿Qué métodos pueden utilizarse para realizar la Valoración Funcional del Movimiento utilizando Kinovea en los estudiantes deportistas de UNITEC de San Pedro Sula?

2.4.2 PREGUNTAS ESPECIFICAS

- ¿Cómo se aplica la prueba de Valoración Funcional del Movimiento (FMS) para evaluar los niveles de movilidad de los estudiantes universitarios a través de Kinovea?
- ¿Qué diferencias existen entre la valoración visual de FMS en comparación con la evaluación de FMS propuesta a través de los parámetros medidos con Kinovea?
- ¿De qué forma se analizan los datos recopilados sobre la flexibilidad y rangos de movimiento para identificar correlaciones entre los parámetros de movimiento humano y los niveles de movilidad en las prácticas deportivas?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar una valoración funcional del movimiento utilizando Kinovea en los estudiantes deportistas de UNITEC de San Pedro Sula.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar la prueba de Valoración Funcional del Movimiento (FMS) a los estudiantes del campus para evaluar sus niveles de movilidad, capturando las imágenes para su análisis.
- Validar la valoración de FMS visual, en comparación con la evaluación FMS que se puede proponer a través de los parámetros medidos con Kinovea.
- Analizar los datos recopilados sobre la flexibilidad, rangos de movimiento y variables sociodemográficas para identificar correlaciones entre los parámetros de movimiento humano en las prácticas deportivas.

III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expone un análisis sobre la situación actual, a nivel de macroentorno y microentorno acerca del deporte con el fin de identificar la influencia que ha tenido tanto en Honduras como en otros países. Así mismo, se revisan y analizan las teorías, conceptos y trabajos previos relacionados al análisis biomecánico en diferentes ramas deportivas. Además, es una guía la cual orienta la investigación, estableciendo conexiones entre hallazgos anteriores y los objetivos del estudio.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el siguiente capítulo se describe cómo los deportes inciden en Latinoamérica y el Caribe, y sus efectos en la población activa. Para cuantificar la influencia del deporte en los atletas se utilizan softwares para hacer el análisis de movimiento, y tener la comprensión de lesiones deportivas.

3.1.1 MACROENTORNO

Para realizar un análisis del movimiento funcional de los atletas se debe de comprender el deporte que practican. En Latinoamérica, los deportes han formado parte de la cultura y la economía desde su creación (Alabarces, 2009).

Los deportes en Latinoamérica provienen o inician con la influencia británica y europea.

Desde 1806 se registra que hubo un match de cricket entre los invasores ingleses en Argentina. Hasta 1867 se introduce el fútbol en este país, impulsando como deporte nacional en 1884 cuando se fundó el Buenos Aires English High School con un currículum escolar con práctica de deportes. Países como Uruguay, Chile, y Brasil tienen la misma raíz inglesa que impulsó el deporte. Lamentablemente este deporte solo estaba disponible para los extranjeros y las elites de las sociedades iberoamericanas (Alabarces, 2009).

A inicios del siglo veinte se comenzó a popularizar el fútbol entre las sociedades de bajo estatus social. En los demás deportes, como el béisbol se originó en Cuba, que fue introducido por marineros norteamericanos e impulsado por partido de estudiantes cubanos al regreso de sus estudios metropolitanos. En Chile, el nivel de practica de actividad física durante los años ha aumentado levemente, aun así, el 31.8% de la población participa en deportes o actividad física (Ministerio del Deporte, 2016).



Figura 1- Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte 2015.
Fuente: (Ministerio del Deporte, 2016b).

Igualmente, en la encuesta anteriormente aplicada, se trató de relacionar el interés de la población en dichas actividades con hacerlas, pero su relación era nula. En 2015, el 48.7% de la población declara tener interés en la actividad física o el deporte, pero no lo practica, en este caso sería mayormente las mujeres (53.7%) (Ministerio del Deporte, 2016).

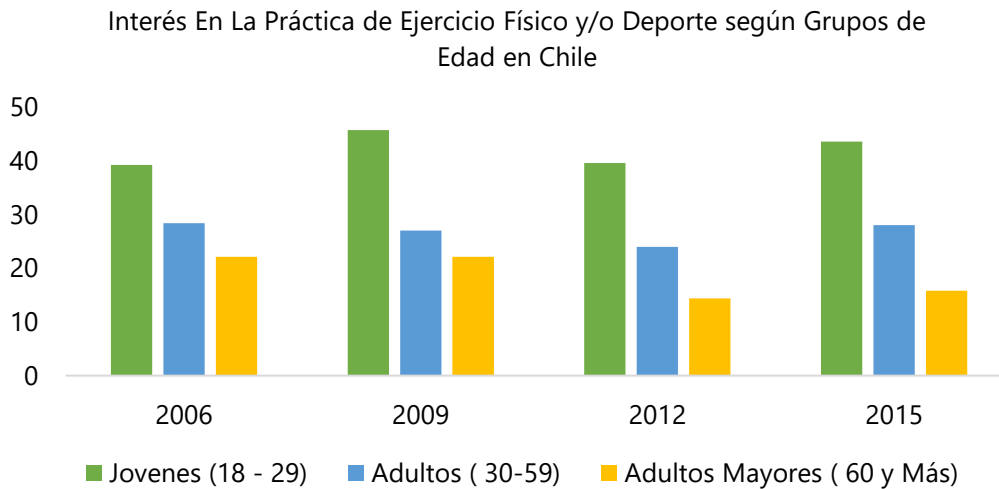


Figura 2- Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte 2015.
Fuente: (Ministerio del Deporte, 2016b).

Un estudio hecho en México por la INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), estudió la población adulta urbana que practica actividades físico-deportivas. El Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF) 2020 señala que 39 de cada cien practican estas actividades, esto representa un millón menos de personas físicamente activas en 2019. Igualmente se hizo un estudio sobre el motivo de la práctica de estos

deportes y el tiempo de dedicación semanal que se le contribuye, donde se indica que mayormente las personas hacen actividad por motivos de salud 4.8 horas a la semana (INEGI, 2021).

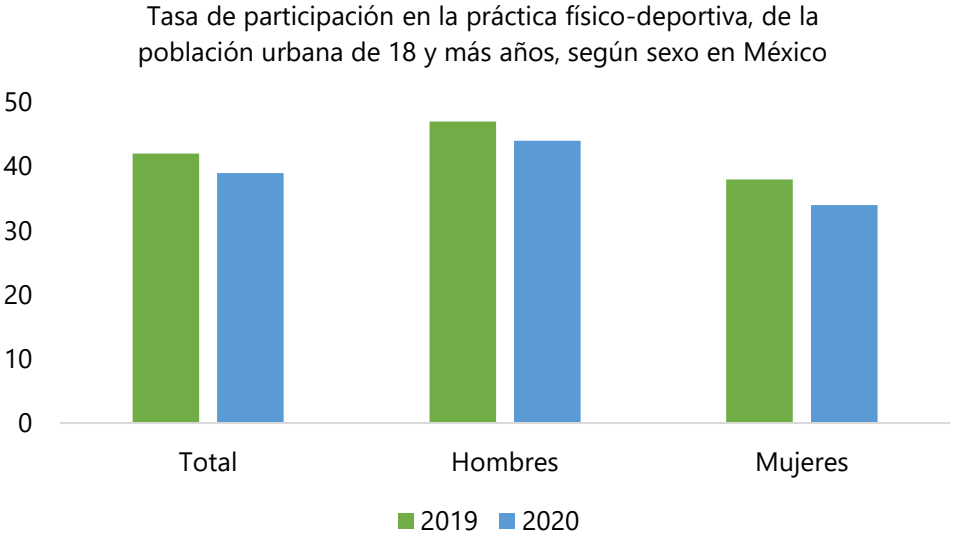


Figura 3- INEGI, Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF) 2019 y 2020. Fuente: (Infografía, 2022).

Los deportes en América Latina tienen influencias internacionales, y esto se destaca en los juegos Olímpicos. Los Juegos Olímpicos fueron creados en 1896 en Atenas, no obstante Latinoamérica logro formar parte de ellos hasta 1928, siendo México y Argentina los primeros dos países de la representación latina. Conforme pase el tiempo se ha aumentado la presencia de los países latinoamericanos en variedad de disciplinas y numero de atletas (Infografía, 2022). En la siguiente grafica se visualiza los top medallistas en los juegos de invierno de Beijing 2022.

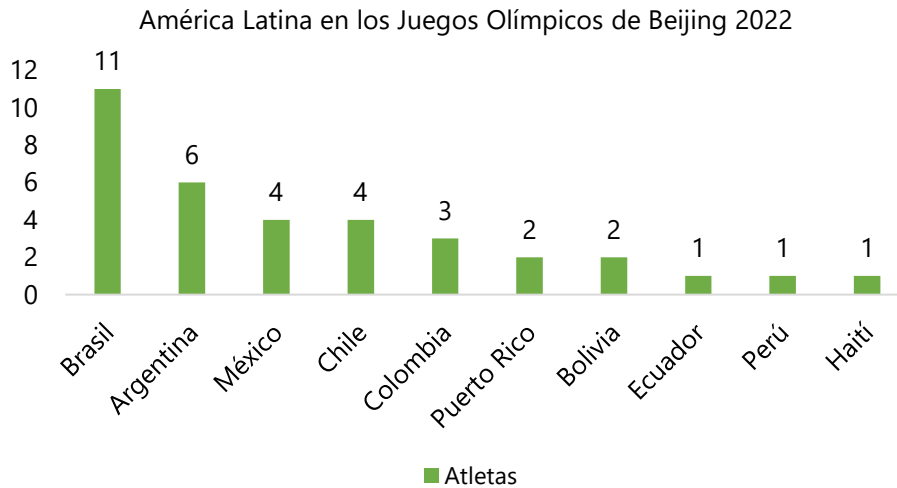


Figura 4- América Latina en los Juegos Olímpicos de Beijing 2022.

Fuente: Comité Olímpico Internacional, Investigación Statista.

Debido al involucramiento atlético de Latinoamérica, tanto en deporte profesional o como pasa tiempo, es de vital importancia estudiar la movilidad del atleta para ver la prevalencia de lesiones y lograr evitarlas. La valoración FMS ha sido estudiada durante varios años, y se ha comprobado su eficiencia para analizar la probabilidad de lesiones al hacer la actividad. En el año 2015, se hizo una investigación donde formaron parte 160 atletas universitarios, mitad hombres y mitad mujeres, que competían en la división 1 de la NCAA (National Collegiate Athletic Association) en rugby, fútbol y natación. Se les hizo la valoración FMS y se les dio seguimiento en la temporada de competencia. Dentro del grupo, la puntuación compuesta media de FMS para el grupo lesionado fue de 13.6 mientras que el grupo no lesionado fue de 15.5 (Annan, 2021).

En un estudio hecho por la universidad de Irán, donde su población consistía de 50 hombres y 50 mujeres que practicaban fútbol, balonmano y básquetbol en la Universidad de Irán, obtuvieron estos resultados de FMS (Shojaedin et al., 2014).

Tabla 1- Resultados FMS entre hombres y mujeres en la Universidad de Irán.

Variable	Hombres (N = 50)	Mujeres (N = 50)
Sentadilla Profunda	15.77 ± 1.55	16 ± 0.40
Paso de valla	14.32 ± 0.73	14.9 ± 2.17
Desplante en línea	15.26 ± 1.34	15.21 ± 2
Movilidad del Hombro	15.26 ± 0.73	17.97 ± 2.04
Elevación activa de pierna recta	14.12 ± 1.40	17.13 ± 2.14
Estabilidad del tronco en push - ups	16.3 ± 2.10	14 ± 1.22
Estabilidad Rotatoria	17.45 ± 2.54	15.20 ± 3.42

Fuente: (Shojaedin et al., 2014).

En donde más estudios hay sobre el análisis de movimiento funcional de atletas dentro de Latinoamérica es en Brasil. Dentro de las categorías de deporte, también se encuentra la de nadadores de grupos elite y no elite. En total se analizaron 49 nadadores, los cuales obtuvieron estos resultados (Lucas et al., 2021):

Tabla 2- Estudio en nadadores de grupos elite y no elite.

Prueba	Grupo Elite (n = 32)	Grupo no Elite (n= 17)	P	ES
Sentadilla profunda	2.53 ± 0.51	2.00 ± 0.61	0.005 ^{a*}	0.99
Paso de valla derecho	2.53 ± 0.51	2.00 ± 0.61	0.005 ^{a*}	0.99
Paso de Valla Izquierdo	2.34 ± 0.55	1.76 ± 0.56	0.002 ^{a*}	1.08
Desplante en línea derecho	2.53 ± 0.57	2.35 ± 0.70	0.413 ^a	0.3
Desplante en línea izquierdo	2.53 ± 0.58	2.29 ± 0.69	0.237 ^a	0.4
Movilidad del hombro derecho	2.56 ± 0.62	2.47 ± 0.72	0.714 ^a	0.14
Movilidad del hombro izquierdo	2.53 ± 0.62	2.65 ± 0.61	0.472 ^a	0.2
Elevación activa de pierna recta derecha	2.53 ± 0.62	2.29 ± 0.59	0.149 ^a	0.4
Elevación activa de pierna recta izquierda	2.41 ± 0.62	2.18 ± 0.53	0.159 ^a	0.4

Prueba	Grupo Elite (n = 32)	Grupo no Elite (n= 17)	P	ES
Estabilidad del tronco en push up	2.81 ± 0.39	2.18 ± 0.53	0.000 ^{a*}	1.44
Estabilidad rotatoria derecha	2.28 ± 0.46	2.06 ± 0.56	0.170 ^a	0.46
Estabilidad Rotatoria Izquierda	2.28 ± 0.52	2.00 ± 0.61	0.114 ^a	0.52
Puntuación compuesta	17.03 ± 1.81	14.59 ± 1.94	0.000 ^{a*}	1.35

Fuente: (Lucas et al., 2021).

Tabla 3- Capacidades condicionales de las atletas universitarias de fútbol americano.

Pruebas	Sentadilla Profunda	Paso de Valla	Desplante en línea	Movilidad de hombro	Elevación activa de pierna recta	Estabilidad de tronco	Estabilidad rotatoria	Puntuación final
Atleta 1	2	2	2	2	2	2	1	13
Atleta 2	2	2	3	0	3	2	2	14
Atleta 3	2	2	3	2	3	2	2	16
Atleta 4	2	2	2	0	2	0	2	10
Atleta 5	3	2	2	0	2	2	0	11
Atleta 6	2	3	0	2	3	3	2	13
Atleta 7	3	2	3	3	0	1	0	9
Atleta 8	2	2	2	3	3	1	1	14
Atleta 9	2	2	2	2	3	3	2	16
Atleta 10	2	2	2	2	3	1	1	13
Atleta 11	2	2	2	0	1	0	2	9
Atleta 12	2	2	2	2	2	2	2	14
Atleta 13	2	2	3	2	2	3	2	16
Atleta 14	1	1	1	3	3	0	1	10
Atleta 15	2	2	3	2	2	3	3	17
Atleta 16	3	2	3	3	3	1	2	14
Atleta 17	2	2	2	3	1	1	1	12
Atleta 18	0	2	2	0	3	0	0	7
Media	2	2	2	2	2	1	2	13
DESV. STD	0.75593	0.378	0.79881	1.2071	0.9411	1.183216	0.91026	2.8735

Fuente: (Silva et al., 2021).

En un estudio que se aplicó sobre universitarias que juegan fútbol americano en el Centro Universitario de Andrade en Brasil, muestra la variación entre las capacidades condicionales de las atletas (Silva et al., 2021).

Uno de los deportes más jugados en Latinoamérica es el fútbol. En un estudio hecho por la revista Brasileña de Fisiología de ejercicio, se analizó el FMS a 50 jugadores jóvenes

profesionales de fútbol en la Universidad de estado de Rio de Janeiro, en el cual se dividieron en tres grupos (U15, U17, y U20) para correlacionarlo con su poder pico, y tiempo de trotes de 10-M y 30-M. Se obtuvieron los siguientes resultados (Santos et al., 2021):

Tabla 4- FMS en jugadores jóvenes profesionales de fútbol.

	U15 (N = 9)	U17 (N = 29)	U20 (N = 18)
Estatura (cm)	173.12 ± 6.03	178.50 ± 6.23	177.79 ± 6.11
Peso (Kg)	64.46 ± 4.13	72.48 ± 8.42	71.65 ± 5.98
Puntuación FMS	13.88 ± 1.83	14.82 ± 1.41	15.05 ± 2.04
Poder Pico (W)	1727.77 ± 221	2056.51 ± 334	1820.16 ± 265
Poder relativo (W/Kg)	27.44 ± 1.69	28.57 ± 3.02	25.56 ± 2.77
Trote de 10-M (s)	1.78 ± 0.05	1.78 ± 0.08	1.68 ± 0.05
Trote de 30-M (s)	4.23 ± 0.15	4.17 ± 0.12	4.05 ± 0.12

Fuente: (Santos et al., 2021).

3.1.1.1 Lesiones Deportivas

Las lesiones deportivas son provocadas por el estrés generado en la práctica del deporte, al no ser analizadas de su origen y mejora hay una mayor probabilidad que los atletas presenten lesiones agudas y crónicas. A falta de métodos estandarizados de recolección de datos es difícil precisar las incidencias y prevalencia de dichas lesiones. Hay dos tipos de lesiones que se provocan donde el 80% de las lesiones sufridas son de tejidos blandos y el 20% restante son de fracturas o daños a órganos internos. En el fútbol las lesiones que más se provocan son en tejidos blandos, con un porcentaje de 53.9%, que incluyen esguinces, calambres, desgarros, contusiones y demás, esto se debe a ser un deporte de contacto. Estos traumas pueden ser disminuidos al evitar el uso excesivo de los tendones (Osorio,2007).

3.1.2 MICROENTORNO

El microentorno comprende la demanda que existe actualmente en el deporte a nivel nacional. Debido a que el estudio se lleva a cabo en las instalaciones de UNITEC, se menciona los deportes con los que cuenta la universidad así también las instalaciones deportivas dentro del campus. Además, se nombran las diferentes federaciones deportivas que existen en honduras y se encargan de fomentar el deporte a nivel nacional.

3.1.2.1 DEPORTES EN UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA DE SAN PEDRO SULA

En la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) sede de San Pedro Sula, cuenta con diversos deportes como ser fútbol, voleibol, baloncesto, natación, entre otras disciplinas como fútbol sala y tenis de campo. La universidad consta de diferentes instalaciones que son la cancha de fútbol 7x11, cancha de tenis de campo, piscina multiusos, gimnasio y el polideportivo. Asimismo, UNITEC tiene talleres de los diferentes deportes para mantener al estudiante activo a través de los entrenamientos brindados (UNITEC, 2023).

3.1.2.2 DEPORTE EN HONDURAS

En honduras el deporte es muy variado, la práctica deportiva consta de todas las disciplinas olímpicas como ser atletismo, béisbol, baloncesto, karate, judo, natación y ciclismo. Sin embargo, el fútbol es el deporte más popular en el país. La Confederación Deportiva Autónoma de Honduras, CONDEPAH, fue establecida el 27 de septiembre de 1993 como un organismo que agrupa a la mayoría de las federaciones y asociaciones deportivas nacionales del país. Cada una de estas federaciones cuenta con autonomía administrativa, personalidad jurídica y patrimonio propio, y están sujetas al régimen jurídico establecido en la Constitución de la República y en otras leyes vigentes aplicables a las instituciones descentralizadas. La sede de CONDEPAH se encuentra en la ciudad de Tegucigalpa, que es un municipio del distrito central de Honduras (Pavón, 2019).

La Federación Nacional de Atletismo de Honduras, conocida como "FENAHTLE", es la máxima autoridad que dirige directamente el deporte en el país. Después del fútbol, el atletismo ocupa un lugar destacado como uno de los deportes más populares tanto en

Tegucigalpa como en San Pedro Sula, y en menor medida en otros departamentos de Honduras (Pavón, 2019).

La Federación Nacional de Fútbol de Honduras (FENAFUTH) es la organización encargada de supervisar y administrar el fútbol en Honduras. Esta entidad es responsable de organizar y gestionar las competencias de fútbol a nivel nacional, incluyendo la Liga Nacional de Honduras y otras categorías de fútbol, así como las selecciones nacionales de fútbol. La FENAFUTH también se encarga de promover el desarrollo y crecimiento del fútbol en Honduras, así como de representar al país en las competiciones internacionales de fútbol, como la Copa del Mundo de la FIFA y la Copa Oro de la CONCACAF. Además, establece las reglas y regulaciones para el fútbol en Honduras y trabaja en la formación y capacitación de jugadores, entrenadores y árbitros (Federación Nacional de Fútbol de Honduras, 2023).

Por otro lado, también hay una entidad rectora del voleibol en honduras. La Federación Nacional Hondureña de Voleibol (FNHV) es la encargada de fomentar el voleibol en el país, tanto a nivel competitivo como recreativo. La federación organiza y supervisa competencias de voleibol en Honduras, incluyendo torneos locales, regionales y nacionales, así como eventos de categorías juveniles y adultos (Educación Física HN, 2017). Igualmente, la Federación Nacional de Baloncesto en Honduras (FENABAH) es una entidad que vela por la promoción y práctica del baloncesto. La FENABAH es responsable de administrar las selecciones nacionales de baloncesto y supervisar su participación en los torneos internacionales organizados por la Federación Internacional de Baloncesto. También se encarga de proveer equipamiento deportivo a todas las ligas de baloncesto afiliadas en Honduras (Pavón, 2019).

El fútbol es el deporte más popular entre los hondureños y su historia se remonta al inicio del siglo XX. A lo largo del tiempo, se organizó de manera adecuada con la creación de una Liga Nacional que contaba con diez equipos en la década de los sesenta. Honduras ha dejado huella en dos Copas del Mundo: España 82, Sudáfrica 2010 y en su clasificación para Brasil 2014. Además, ha tenido destacadas actuaciones en la Copa América, la Copa de Naciones UNCAF, competencias a nivel olímpico y el Campeonato Mundial Juvenil. El país ha sido testigo del surgimiento de talentosos jugadores que han representado con orgullo,

dignidad, nobleza y valentía los colores nacionales tanto en la selección nacional como en los equipos en los que juegan (Pavón, 2019).

3.2 CONCEPTUALIZACIÓN

3.2.1 BIOMECÁNICA DEL DEPORTE

La biomecánica del deporte estudia los principios y métodos de la mecánica que son utilizados para estudiar el movimiento humano en la práctica deportiva. El fin de la biomecánica es comprender la técnica deportiva a manera de mejorar el entrenamiento y así mismo optimizar el rendimiento de los deportistas con el fin de evitar lesiones. Al momento de entender cómo se aplican las fuerzas y la manera en la que se mueven las articulaciones durante la ejecución de una actividad deportiva en específico, se pueden identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias de entrenamiento más eficaces (Cossio-Bolaños & Arruda, 2009).

La biomecánica del deporte emplea métodos científicos de la mecánica para examinar cómo las fuerzas afectan al deportista, considerando el comportamiento de los implementos deportivos, equipos, calzado y superficies. Los dos principales objetivos de la biomecánica del deporte son la prevención de lesiones y el mejoramiento del rendimiento. La biomecánica del deporte aplica su conocimiento para analizar y mejorar el rendimiento deportivo, así como para desarrollar estrategias que reduzcan el riesgo de lesiones que se relacionan al deporte. Esto incluye el desarrollo y uso de diversos dispositivos y equipos de para mejorar componentes de aptitud física como fuerza, resistencia, flexibilidad y velocidad (Haag et al., 2016).

Las técnicas de análisis biomecánico cualitativas implican la observación sistemática y el juicio reflexivo de la calidad del movimiento humano. Este enfoque es comúnmente utilizado para informar sobre la intervención más adecuada para mejorar el rendimiento. Los modelos de observación, como el análisis de fases y los modelos de análisis temporales, junto con el modelo de análisis crítico del recurso, son fundamentales para este tipo de análisis. Los avances tecnológicos han permitido la grabación, exhibición y evaluación de elementos dinámicos en tiempo real. Los métodos utilizados para el análisis biomecánico cuantitativo son similares a los métodos cualitativos, pero carecen de subjetividad ya que

utilizan una variedad de instrumentos de recolección de datos para capturar, observar y evaluar el rendimiento. El componente esencial en la utilización de métodos de análisis cuantitativo es la selección de variables clave (Haag et al., 2016).

3.2.1.1 Tipos de deporte

- Voleibol

Entre los movimientos analizados del voleibol se encuentra el salto y el aterrizaje. La capacidad de salto es un componente clave del éxito competitivo en el voleibol de sala y de playa, porque permite al atacante rematar por encima del bloqueo y al bloqueador penetrar con los brazos muy por encima de la red, aumentando así la eficacia del bloqueo. Las propiedades musculares individuales, las condiciones de movimiento y la técnica de salto contribuyen a determinar la altura de un salto. El salto puede ser utilizado para diferentes componentes:

- Componente del remate y el saque

La técnica del salto de remate en voleibol es un enfoque de tres pasos con un salto a dos piernas, un contra movimiento y el uso de un balanceo del brazo. Debido a estas condiciones de movimiento, las alturas del salto de remate son mayores que las alturas alcanzadas durante un salto en cuclillas o un salto con contra movimiento desde una posición de pie. La cinemática del SPJ de voleibol fue analizada por primera vez por Coleman et al. Aunque el SPJ es un salto con dos piernas, sólo la amplitud de movimiento de la rodilla derecha y la velocidad angular máxima de la hiperextensión del hombro izquierdo estaban significativamente relacionadas con la altura del salto (Tilp, 2017). Encontraron que, durante la fase ascendente, el pie derecho está más cerca del CdM que el izquierdo y, por lo tanto, contribuiría predominantemente a la aceleración vertical del CdM.

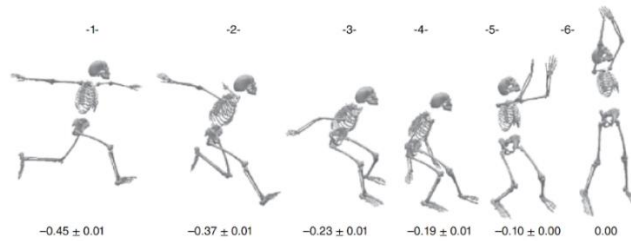


Figura 5- Fases del remate en voleibol.

Fuente: (Tilp, 2017).

- Componente de bloqueo

Al igual que un portero de fútbol reacciona ante un atacante que se acerca, los bloqueadores minimizan el ángulo de ataque del adversario extendiendo los brazos por encima de la red. Mecánicamente, esto produce un momento angular alrededor del eje transversal. Como el bloqueador está en el aire durante el salto, las leyes de la física implican una conservación del momento. Por lo tanto, el momento generado por los brazos tiene que ser contrarrestado por un momento igual y opuesto de una parte diferente del cuerpo. Si este movimiento compensatorio no es ejecutado activamente por las piernas, la compensación puede producirse mediante un movimiento hacia atrás del tronco.

Esto no sería preferible ya que disminuiría la capacidad del bloqueador para alcanzar al siguiente con sus brazos y podría abrir una brecha entre los brazos y la red. También puede observarse que la compensación del momento angular de los brazos por los miembros inferiores se produce alrededor del eje anteroposterior. Para evitar un error técnico por penetración en la línea central, o un aterrizaje incontrolado, estos momentos angulares deben ser compensados durante el aterrizaje.

- Básquetbol

En un partido de básquetbol el objetivo de los jugadores es anotar puntos para su equipo, por ende, es necesario que el deportista realice un salto, un tiro libre, un tiro en suspensión o un tiro fijo. En básquetbol el lanzamiento que más se realiza es el salto con las dos piernas llegando a representar el 70% de todos los lanzamientos, esto requiere que los atletas tengan un mayor nivel de rendimiento para la ejecución del salto a manera

de llegar a la altura suficiente para encestar. Algunos de los factores que influyen en la altura a la que se ejecuta un tiro incluyen la altura del cuerpo del jugador, la altura del salto y la disposición de las partes del cuerpo. Estos factores llevan a una extensión del cuerpo en los jugadores que realizan el tiro en salto (Struzik et al., 2014).

Se han realizado estudios biomecánicos sobre los tiros de los basquetbolistas para medir variables cinemáticas como los valores de los ángulos máximos y de las velocidades angulares de las articulaciones de los deportistas, también se analiza el ángulo de lanzamiento y la velocidad del balón. Por lo tanto, los estudios que se han realizado se han enfocado más en la técnica del tiro más que en las capacidades motoras del jugador (Struzik et al., 2014).

El análisis de las fuerzas de reacción del suelo generadas mediante un tiro en baloncesto brinda información sobre las fases de despegue y aterrizaje. La información obtenida ayuda a comprender la altura y tiempo de salto, pero también proporciona aspectos sobre la salud. Los jugadores de baloncesto deben de ejecutar una técnica adecuada; cualquier aterrizaje brusco puede ocasionar carga excesiva en las extremidades inferiores aumentando el riesgo de una lesión. Cada jugador puede tener un único estilo de tiro, haciendo diferente la técnica de cada uno, aunque parezcan similares. Un tiro de suspensión requiere un alto nivel de rendimiento el cual obliga a los basquetbolistas a utilizar sus capacidades de salto y de coordinación al máximo. Una habilidad motora que deben de poseer los jugadores es la potencia que, generada por los miembros inferiores, esto es debido a que en el básquetbol se realizan movimientos explosivos, es decir aceleraciones, cortes rápido y saltos (Struzik et al., 2014).

- Fútbol

El fútbol es el deporte más popular en el mundo, con más de 270 millones de jugadores (Plais et al., 2019). El juego tiene reglas, siendo la principal que el jugador no debe de tocar el balón con las manos o los brazos. Se han desarrollado diferentes estrategias y técnicas para marcar goles, pero además de esto existen varios factores que afectan, algunos siendo de naturaleza biomecánica. Los factores biomecánicos que son relevantes en el fútbol son aquellos que están relacionados al rendimiento técnico de las

habilidades futbolísticas, el equipo utilizado durante el juego y los mecanismos causales de las lesiones (Lees & Nolan, 1998).

La habilidad que más es utilizada en el fútbol es patear, por lo tanto, conocer acerca de la biomecánica de la patada es un factor importante. El papel de la biomecánica es importante debido a que se puede realizar un análisis para mejorar la técnica deportiva y el rendimiento del deportista, de esta manera se obtiene como resultado un control de entrenamiento. La biomecánica al ser utilizada por los profesionales en el fútbol, se puede brindar una ayuda a los jugadores para mejorar su rendimiento deportivo en lo físico, técnico, táctico y fisiológico (Lees et al., 2010).

El fútbol requiere la interacción con otros jugadores, por ende, es muy común que se presenten riesgos de lesiones traumáticas. Las lesiones en las extremidades superiores son las más comunes en el fútbol, sin embargo, también existe la posibilidad de que ocurran lesiones en la columna vertebral. Estas lesiones si requieren que el jugador tenga largo reposo, evitándole la actividad física y afectando su rendimiento. Las lesiones en los isquiotibiales y la rodilla representan de un 60 a 65% de todas las lesiones provocadas en el fútbol. En el fútbol profesional, la Liga Europea ha reportado del 4 a 6% de lesiones lumbares y torácicas, y un 9% en torneos internacionales (Plais et al., 2019).

3.2.2 LESIONES DEPORTIVAS

3.2.2.1 *Definición*

Una lesión se produce cuando el cuerpo se somete a fuerzas que son mayores a la capacidad de su resistencia. La fuerza a la que el cuerpo es sometido puede causar una lesión aguda de tipo instantáneo y continua, o también una lesión crónica la cual es periódica en un tiempo prolongado. Las lesiones agudas se caracterizan por provocar dolor intenso, inflamación y dificultad de movimiento, mientras que las lesiones crónicas causan una inflamación persistente y dolor que puede presentarse incluso en reposo. La manera en la que se pueden evitar lesiones es a través de la ejecución correcta y saludable en la práctica deportiva, esto implica tomar las medidas necesarias como calentar y estirar antes y después

de realizar cualquier actividad física y mantener una buena técnica y postura en la ejecución de la práctica deportiva (Rosas, 2011).

Las lesiones deportivas son un grave problema en la actualidad que afectan a los atletas de todas las edades, comúnmente en atletas jóvenes. Las lesiones deportivas pueden causar problemas en futuros en la práctica del deporte o en la actividad física. Si bien es cierto que una lesión puede afectar cualquier rango de edad, hay diferencias físicas y fisiológicas entre jóvenes y adultos que hace más propenso a las edades tempranas a sufrir una lesión. Los deportistas jóvenes presentan cartílagos de crecimiento que están más desprotegidos, por ende, son más vulnerables a las lesiones a causa del estrés mecánico por las exigencias en el deporte. Por otro lado, existen factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos que tienen que ver con la relevancia de la aparición de las lesiones deportivas, como los factores que se asocian al género, siendo más expuestos los hombres a sufrir lesiones traumáticas (Peña et al., 2023).

Las lesiones deportivas son una de las consultas médicas más frecuentes por parte de los deportistas. En las prácticas deportivas el 80% de las lesiones sufridas involucran los tejidos duros como los tendones, articulaciones, músculos y ligamentos, el restante 20% comprenden a fracturas y daños en los órganos. Las áreas de cuerpo que usualmente se lesionan son la rodilla 45.5%, el tobillo 9.8% y el hombro 7.7%. Dependiendo del tipo de lesión ocasionada en los tejidos blandos se producen desgarros, esguinces, abrasiones, calambre y contusiones, representando un 75% de las lesiones que se producen en la práctica deportiva. Las lesiones deportivas más comunes son los esguinces, especialmente los de la rodilla representando de un 25 a 40% (Ciro et al., 2007).

Debido a la gravedad de las lesiones que los deportistas sufren se ve afectado el rendimiento deportivo y algunos deben de retirarse completamente del deporte. Las lesiones crónicas que causan el retiro de los deportistas son las lesiones crónicas (Maffulli et al., 2010). Se aproxima que anualmente llegan 2.6 millones de visita al departamento de emergencia que se relacionan a lesiones deportivas en individuos de 5 a 24 años. Los deportes que más lesiones causan visitas al departamento de emergencia son el fútbol, básquetbol, ciclismo y fútbol americano. Las lesiones más comunes diagnosticadas en sala

de emergencia, aproximadamente de 20 a 30% de cada una, son esguinces, fracturas y contusiones. Las fracturas son las más comunes en los deportistas masculinos, siendo las fracturas de las extremidades superiores más ocurrentes. Alrededor del 30 a 35% de las lesiones ocurren en el antebrazo, la muñeca y la mano; siendo el pie y el tobillo representando el 20% (Coleman, 2019).

3.2.2.2 Tipos y clasificación de las lesiones deportivas

Las lesiones deportivas son las que ocurren en la práctica de cualquier tipo de deporte o actividades físicas. Las lesiones pueden variar el grado de graves y diferentes partes del cuerpo pueden ser perjudicadas. Debido al estrés deportivo, los atletas pueden presentar lesiones agudas o crónicas. Ningún tipo de lesión es más frecuente, la aparición del tipo de lesión varía de acuerdo con el deporte que se practique. Las lesiones por sobrecarga se dan más en aquellos deportes los cuales no hay contacto físico, como ser el atletismo. Por otro lado, las lesiones agudas se presentan en deportes que involucran el contacto físico como ser el baloncesto, fútbol y rugby (Moreno Pascual et al., 2008).

Las lesiones ligamentosas son más frecuentes que los esguinces leves y moderados. Las lesiones ligamentosas son entre el 20 a 40% de las lesiones deportivas. Luego aparecen las lesiones musculares, representando el 20 a 30% y en deportes como el fútbol puede llegar a ser hasta un 40%. Las fracturas, la cuales afectan el tejido óseo, únicamente comprenden del 3 a 10% de las lesiones deportivas. Por otro lado, se pueden encontrar lesiones cartilaginosas, contusiones articulares y las lesiones meniscales siendo las menos ocurrentes (Moreno Pascual et al., 2008).

Las lesiones deportivas más comunes comprenden las lesiones por estrés óseos, lesión cerebral traumática (LCT) y las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA). Hay factores que influyen para la obtención de las lesiones como, por ejemplo, la alteración de la mecánica del aterrizaje y la alineación dinámica pueden provocar las lesiones del LCA y lesiones por estrés óseo (Lin et al., 2018).

- Lesión por estrés óseo

Las lesiones por el estrés óseo se generan por una sobrecarga de los huesos debido a micro traumas acumulativos. Las lesiones en el espectro de la enfermedad se dividen en diferentes grados de gravedad, y las lesiones tempranas se denominan comúnmente "reacción de estrés" y no presentan una línea de fractura en las imágenes. Para evaluar y clasificar la gravedad de la lesión, las imágenes por resonancia magnética (IRM) se utilizan ampliamente. Si el grado de la lesión por estrés en los huesos es alta, se requiere más tiempo de recuperación antes de que un deportista vuelva al juego. Las partes del cuerpo que más tiempo de recuperación requieren son el cuello, el femoral y la pelvis (Lin et al., 2018). Comúnmente son las féminas que están más expuestas que los hombres a una lesión de este tipo.

- Ligamento Cruzado Anterior (LCA)

El LCA es un componente crucial para brindarle estabilidad a la rodilla, evitando que la tibia se desplace hacia adelante con respecto al fémur, de esta manera proporciona estabilidad en movimientos rotatorios. La rodilla debe encontrarse estable más que todo en los deportes que implican cambios de dirección, cortes y saltos. Cuando el LCA presenta lesiones o deficiencia, la realización de actividades deportivas que involucran movimientos multidireccionales se vuelve más difícil debido a la inestabilidad en la rodilla. Aproximadamente al año ocurren 200,000 lesiones de ligamento cruzado anterior y más del 50% de los casos ocurren en atletas de secundaria y universidad. Debido a la práctica deportiva del fútbol, se reportan más casos de lesiones LCA en los hombres (Lin et al., 2018).

- Lesión Cerebral Traumática (LCT)

Una lesión cerebral traumática es un tipo de lesión que provoca alteraciones fisiopatológicas en la función cerebral debido a fuerzas biomecánicas. Este tipo de lesión es más común que se ocasionen en deportes que involucran colisiones y contacto físico. Existen investigaciones las cuales mencionan que este tipo de lesión es más común en atletas femeninas en comparación a los hombres (Lin et al., 2018).

3.2.2.3 Factores que contribuyen a las lesiones

Diversos factores afectan a los deportistas para que sufran una lesión, algunos de estos factores pueden ser prevenidos, mientras que otros simplemente ya son parte del deportista. El peor miedo de un deportista es lesionarse y debido a eso tenga que retirarse permanente del deporte. Los factores de riesgos que contribuyen a lesiones se dividen en dos categorías: factores intrínsecos (interno) que se relacionan con el atleta y extrínsecos (externos) relacionados al ambiente. Otra manera en la cual los factores se dividen es modificables y no modificables, siendo los modificables el interés en el deporte para que no puedan afectar al atleta y mejorar su plan de entrenamiento incluyendo la flexibilidad, fuerza y equilibrio (Ciro et al., 2007). Los factores de riesgo se dividen es:

Factores intrínsecos

- Edad y género

Un deportista puede presentar lesiones a cualquier edad independientemente sea hombre o mujer. Sin embargo, existen reportes en los cuales se menciona que entre mayor sea un individuo, mayor es el riesgo de que sufra una lesión a causa del desacondicionamiento físico y la presentación de enfermedades. Aunque la mayor incidencia de las lesiones se presenta en la adolescencia (Ciro et al., 2007). Se presentan más casos de lesiones deportivas en atletas que están activos en la práctica de las actividades físicas, especialmente en aquellos deportes que conllevan competencia (Moreno Pascual et al., 2008).

En las edades más comunes que ocurren las lesiones es de 15 a 25 años, en una revisión de 3,202 lesiones, realizada por (Moreno Pascual et al., 2008), la edad media fue de 19.5 años, sin embargo se presentan más lesiones a los 17 años. Cabe mencionar que las lesiones son más ocurridas en los varones, de las 3,202 lesiones el 81% (2,595) corresponde al género masculino y el restante al género femenino. A pesar de esto, hay lesiones en la cual las mujeres están más expuestas a sufrirlas como lo es la lesión del ligamento cruzado anterior o los esguinces de tobillo.

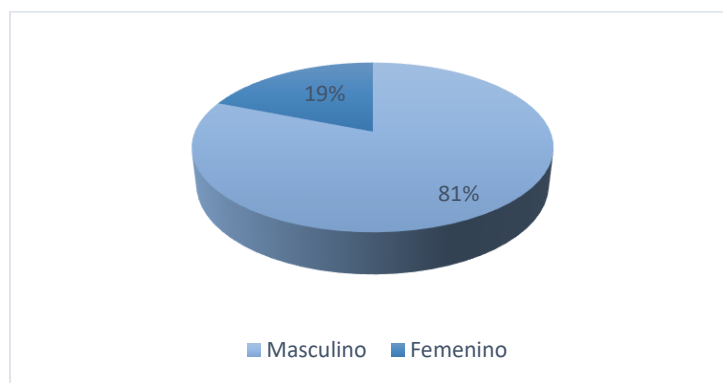


Figura 6. Distribución por sexos en una serie de 3,202 lesiones.
Fuente: (Moreno Pascual et al., 2008).

- Composición corporal

La composición corporal del atleta puede afectar directamente al riesgo de sufrir lesiones deportivas. Estos incluyen el peso corporal, que puede generar una mayor carga y ejercer presión sobre las articulaciones y el esqueleto axial. Además, la cantidad de tejido graso y la densidad mineral ósea también desempeñan un papel importante en la incidencia de lesiones, ya que una menor densidad ósea se asocia con un mayor riesgo de fracturas.

Además, las diferentes medidas antropométricas también influyen en la propensión de las lesiones, aunque esta relación puede variar según el deporte. Cada deporte demanda ciertas características físicas y morfológicas, y la combinación inadecuada entre el cuerpo del atleta y los requisitos del deporte puede aumentar las posibilidades de sufrir lesiones (Ciro et al., 2007).

- Estado de salud

Tener antecedentes de lesiones previas y experimentar inestabilidad articular aumenta la susceptibilidad a sufrir nuevas lesiones, principalmente debido a las secuelas que quedan como resultado de la lesión anterior o a una rehabilitación insuficiente o inadecuada. En muchos casos, estas nuevas lesiones están relacionadas con la persistencia de problemas no resueltos de la lesión previa o con un proceso de recuperación que no fue adecuadamente llevado a cabo (Ciro et al., 2007).

- Acondicionamiento físico

Los aspectos de la condición física de un deportista, como la fuerza muscular, la potencia, el consumo de oxígeno y la flexibilidad articular, varían según su nivel de desarrollo. Se ha observado que a medida que estas variables se desarrollan más, parece disminuir la incidencia de lesiones deportivas (Ciro et al., 2007).

- Alineamiento corporal

El mal alineamiento anatómico, ya sea debido a deformidades fijas o dinámicas, ejerce estrés adicional en las áreas activas del cuerpo. Condiciones congénitas o del desarrollo, como la coalición tarsal, pie cavo, pie pronado, primer metatarsiano corto, metatarso aducto y discrepancia en la longitud de las extremidades, pueden aumentar la predisposición a lesiones en atletas. La inestabilidad lumbopélvica o central también ha sido señalada por algunos investigadores como un factor de riesgo para lesiones deportivas en las extremidades inferiores, especialmente en mujeres. Estos factores deben ser tenidos en cuenta en la prevención y el manejo de lesiones en el ámbito deportivo (Ciro et al., 2007).

Factores extrínsecos

- Régimen de entrenamiento

El manejo inadecuado del plan de entrenamiento es un factor significativo que puede contribuir a las lesiones deportivas. Es por eso por lo que la participación en sistemas atléticos no controlados puede aumentar la incidencia de lesiones deportivas agudas. Además, los programas de entrenamiento que carecen de una adecuada correlación entre la intensidad y duración de las cargas, combinados con una alta frecuencia de competiciones en temporadas largas sin períodos suficientes de recuperación, pueden llevar a un aumento significativo de lesiones en los atletas. Si a esto se añade una preparación física y mental inadecuada del individuo, los riesgos se incrementan aún más (Ciro et al., 2007).

- Equipos para la práctica deportiva y para la protección

Cuando los implementos que el atleta utiliza no son los adecuados, también ropa deportiva incorrecta o en mal estado, como zapatos desgastados, son fuentes comunes de lesiones en el ámbito deportivo. En este sentido, el uso de elementos de protección, como cascos y espinilleras en deportes de contacto o deportes extremos, es de gran importancia para prevenir lesiones. Al utilizar equipos de protección se reduce la posibilidad del deportista a sufrir una lesión (Ciro et al., 2007).

- Factores humanos

La presión ejercida por padres, entrenadores y la sociedad en general puede llevar a exigencias físicas poco realistas, sobrecargando al deportista y aumentando el riesgo de sufrir lesiones. Además, los compañeros de equipo, los oponentes y el árbitro también juegan un papel importante en este contexto (Ciro et al., 2007).

- Características del campo de práctica

La superficie o terreno de juego es un factor crucial que influye en la incidencia de lesiones deportivas. Esta incidencia tiende a aumentar cuando los deportes se practican en superficies irregulares, blandas o excesivamente duras, como el concreto o los pisos rígidos de un gimnasio (Ciro et al., 2007).

- Factores ambientales

El clima es un factor que puede llevar a un deportista a contraer una lesión, en las situaciones de lluvia o de nieve, se altera el terreno del juego aumentando la incidencia de una lesión en la práctica deportiva (Ciro et al., 2007).

3.2.2.4 Prevención de las lesiones deportivas

Las lesiones deportivas causan que los atletas no puedan desempeñarse y los obligue a tomar un largo tiempo de recuperación. Por esta razón el deportista debe de realizar las actividades físicas adecuadamente para prevenir lesionarse y perjudicar su carrera. Básicamente existen dos diferentes estrategias utilizadas para la prevención de lesiones, la pasiva y la activa. Las estrategias pasivas no exigen que el atleta realice adaptaciones activas durante la práctica. Una vez que se implementa la estrategia de prevención (como cumplir con nuevas reglas o usar equipo de protección), el atleta se protege automáticamente. Por

otro lado, las estrategias activas implican que el atleta coopere y ajuste su comportamiento dentro del contexto deportivo (Frisch et al., 2009).

La efectividad de un programa de prevención de lesiones no solo se basa en su contenido, sino también en el éxito de su aceptación y aplicación continua. A menudo, se requieren esfuerzos significativos para convencer a entrenadores y técnicos de que adopten un programa de prevención específico durante períodos prolongados. El cumplimiento de la formación en prevención tanto a nivel de equipo como a nivel de deportistas individuales es esencial. El programa de prevención de lesiones se vuelve eficaz cuando existe una cooperación por parte de los formadores quienes deben de dar a conocer la información completa de a duración y el contenido del programa brindando la correcta ejecución de los ejercicios y la frecuencia, por otro lado el cumplimiento por parte del deportista es de mucha importancia (Frisch et al., 2009).

Los programas de prevención de lesiones enfocados en atletas jóvenes han sido mayormente evaluados en el contexto de deportes de equipo, como fútbol, baloncesto, voleibol, entre otros. Hasta donde se sabe, en la literatura no se han presentado programas de prevención específicos para deportes individuales. Esto puede deberse a razones prácticas, ya que la aplicación y el alto grado de cumplimiento son más factibles de lograr en los deportes de equipo en comparación con las disciplinas individuales. Además que en los deportes de equipo se puede dirigir a múltiples deportistas simultáneamente (Frisch et al., 2009).

La prevención de las lesiones deportivas puede seguir el diseño de cuatro pasas propuesto por Van Mechelen, Hlobil y Kemper los cuales son: conocer la amplitud del problema, identificar los factores y mecanismos que las causan, implementar medidas preventivas y, finalmente, evaluar su efectividad. Identificar los posibles factores que causan las lesiones es esencial, ya que permite tomar medidas preventivas para abordarlos de manera efectiva (Martínez, 2008).

3.2.2.5 Tratamiento y rehabilitación de lesiones deportivas

La lesión en los músculos es uno de los problemas médicos más frecuentes, especialmente en jugadores de fútbol. Las lesiones musculares constituyen el 31% de casos de las lesiones y representan el 27% de las ausencias por lesiones en jugadores de fútbol profesional masculino. El 92% de todas las lesiones musculares se concentran en los cuatro grupos principales de músculos de las piernas: los isquiotibiales, los aductores, los cuádriceps y los músculos de la pantorrilla. Las lesiones más comunes en los futbolistas son en los isquiotibiales representando el 12% de todas las lesiones (Ueblacker et al., 2016).

El tratamiento de las lesiones musculares presenta un desafío, especialmente en el ámbito deportivo de élite, donde la disponibilidad de los jugadores puede tener importantes consecuencias económicas y estratégicas tanto para el jugador como para el equipo y el equipo. Para determinar el tratamiento necesario para el deportista, primeramente, es necesario establecer un diagnóstico preciso. Los riesgos de un diagnóstico incorrecto son significativos, ya que puede afectar el progreso del jugador en su proceso de rehabilitación y su retorno al juego, y también se espera que tenga un impacto en las tasas de recurrencia y complicaciones de la lesión (Ueblacker et al., 2016). Los principios de tratamiento actuales carecen de una base científica sólida y se aplican mayormente como medicina empírica debido a la falta de estudios basados en evidencia.

- Medicación oral

Diversos estudios clínicos y científicos han presentado resultados contradictorios e incluso negativos sobre los efectos de los medicamentos antiinflamatorios no esteroides (AINEs) en el proceso de curación de lesiones musculares. Los AINEs reducen la percepción del dolor mediante la inhibición de la síntesis de prostaglandinas, lo que puede ocasionar problemas, ya que una percepción precisa e inalterada del estado del músculo lesionado es crucial para la rápida y progresiva rehabilitación del deportista. Por lo tanto, no se recomienda el uso de AINEs en el tratamiento de lesiones musculares. No obstante, se puede considerar la administración de indometacina en caso de que se observen signos de calcificación o miositis osificante (Ueblacker et al., 2016).

- Tratamiento por inyección

El tratamiento por inyecciones frecuentemente son las más utilizadas con resultados empíricamente positivos. El propósito de administrar medicamentos directamente mediante inyección en el tejido muscular lesionado es regular el tono muscular, favorecer un entorno propicio para la regeneración muscular y, en caso de presencia de hematoma o seroma, drenarlos durante la misma sesión. En la actualidad, hay diversos tipos de medicamentos que se emplean para este tipo de infiltración (Ueblacker et al., 2016).

- Tratamiento de la contusión lumbar

La contusión muscular generalmente resulta en compresión o presión del tejido, lo cual puede conducir a la formación de un hematoma dentro del músculo. Esta acumulación de sangre puede ocasionar dolor y limitar la movilidad. Para una contusión, el enfriamiento, la compresión y la elevación suelen ser eficaces. Un día después de sufrir una contusión muscular, los jugadores suelen tener la capacidad de realizar actividades usando una venda de compresión, y es posible comenzar a correr a un ritmo ligero el segundo día después, teniendo en cuenta el nivel de dolor e hinchazón.

El proceso de rehabilitación suele avanzar rápidamente, permitiendo que el jugador lesionado vuelva a entrenar completamente y participe en competiciones en la mayoría de los casos para el tercer o cuarto día. Se recomienda realizar seguimientos mediante evaluaciones clínicas y ultrasonidos para detectar la formación de hematoma y determinar si es necesario realizar una aspiración (Ueblacker et al., 2016).

- Tratamiento no quirúrgico frente a cirugía

La mayoría de las lesiones pueden ser tratadas sin la necesidad de someterse a una cirugía, una cantidad pequeña de casos serán necesarios que se lleve a cabo una cirugía. Un desgarro total en el origen o la inserción de músculo se cure espontáneamente, por esta razón, en este tipo de caso se requiere de una inserción quirúrgica (Ueblacker et al., 2016). El tratamiento quirúrgico va a depender del lugar en donde se ocasione la lesión y de la gravedad que el deportista presente.

- Fisioterapia y rehabilitación

De acuerdo con la lesión, se debe de realizar un plan de rehabilitación. La correcta fisioterapia, los ejercicios de rehabilitación y la terapia de entrenamiento son elementos cruciales para la recuperación de un músculo lesionado. El progreso gradual del ejercicio en etapas sucesivas no solo permite que los músculos se adapten a patrones de movimiento complejos, sino que también proporciona información valiosa a los médicos y terapeutas. El jugador está preparado para pasar a la siguiente fase únicamente cuando se encuentra libre de molestias o dolor (Ueblacker et al., 2016).

3.2.3 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO

El análisis de movimiento es el componente clave del movimiento funcional de los atletas. Hay distintas formas de evaluar el movimiento:

- Manual: se puede hacer una entrevista de la cantidad de dolor que se experimenta al hacer el movimiento del ejercicio completo
- Automático: Se pueden utilizar marcadores y grabar los movimientos de ejercicio completos para analizar rango de movimiento, ángulo, análisis de velocidad, aceleración, fuerza, y distancia de una forma más integral.

3.2.3.1 Softwares aplicados

Hay distintos softwares aplicados para ser el análisis automático de los movimientos biomecánicos:

- Kinovea

Kinovea es un software donde permite la captura de los movimientos y permite la manipulación de los videos. Se aplica la rotación de imágenes, anotaciones, observaciones, trayectoria, medida de ángulos, media de tiempos, medidas de distancia, y se extiende en gráficos/tablas.

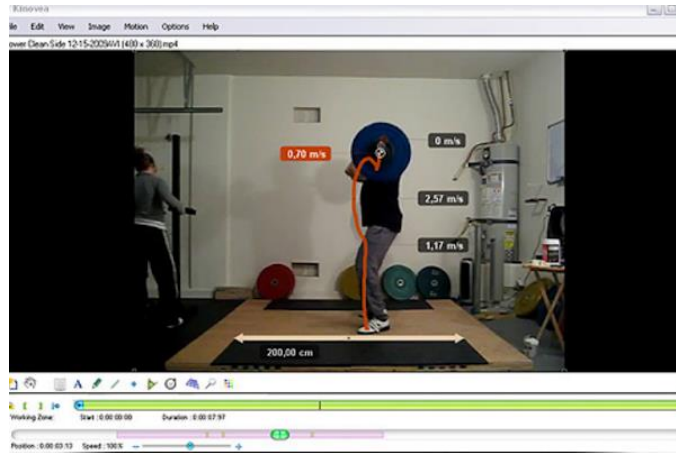


Figura 7. Aplicación de Kinovea.

Fuente: (Kinovea, s. f.)

- Dartfish

Dartfish es un software donde permite el análisis de movimientos específicos a deportes, como la posesión de la pelota en fútbol, la trayectoria de la pelota en tenis/béisbol, movimiento de los brazos en natación y muchos más. Este software tiene la capacidad de analizar aproximadamente 14 deportes y es utilizado vastamente en investigaciones deportivas para los atletas, entrenadores y centros universitarios.

3.2.4 TEST DE ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS

Existen diversos métodos de análisis de movimientos que se utilizan para mejorar el rendimiento de los atletas y evaluar lesiones. Estos métodos pueden incluir pruebas específicas diseñadas para evaluar aspectos técnicos y funcionales del movimiento, así como análisis más generales que se aplican para identificar problemas biomecánicos o riesgos de lesiones. Por un lado, las pruebas específicas se centran en aspectos particulares de un deporte o actividad física. Estas pruebas proporcionan información detallada sobre las habilidades y capacidades de un atleta en su disciplina.

Los análisis generales de movimiento se enfocan en la biomecánica y la técnica de movimiento. Estos análisis pueden utilizarse para identificar patrones de movimiento ineficientes o factores de riesgo de lesiones en atletas. Los sistemas de captura de movimiento y las herramientas de análisis de datos pueden ayudar a evaluar la postura, la alineación corporal y la mecánica de movimiento en tiempo real a través de grabaciones.

3.2.4.1 FMS (Functional Movement Screen)

El término "screen/screening" en inglés tiene una compleja traducción al español, aunque en demasiadas ocasiones es traducido como "valoración/evaluación" cuando en realidad no es ese su significado más preciso. Por tanto, podemos decir que el término "screening" en el contexto que nos ocupa viene a significar un examen de detección o exploración de determinadas disfunciones del sistema de movimiento. Según sus propios creadores, el FMS es un sistema de screening que trata de permitir al profesional evaluar los patrones de movimiento fundamentales de un individuo (Nahuel, 2023).

Según sus creadores, cada una de las siete pruebas es un movimiento específico, que requiere de la apropiada función del sistema de cadena cinética del cuerpo. Entre los siete ejercicios se encuentra la sentadilla profunda, paso de valla, movilidad del hombro, elevación activa de la pierna, desplante en línea, estabilidad rotatoria y estabilidad del tronco *push-ups*. Una explicación del desarrollo de patrones de movimiento pobres es la presencia de lesiones anteriores. Los individuos que han sufrido una lesión pueden tener una disminución en la información propioceptiva si no es tratada o es tratada inapropiadamente. El resultado será una movilidad y estabilidad alteradas, y la influencia de asimétricas, llevando eventualmente a patrones de movimiento compensatorios.

En las siguiente tabla se detalla el objetivo y el componente de evaluación en cada una de las pruebas encontradas en el FMS (Huffington, 2019).

Tabla 5. Ejercicios en la Valoración Funcional del Movimiento.

Nombre de la prueba	Objetivo	Componente de evaluación
Sentadilla profunda	Desafiar por completo la mecánica corporal al ejecutar una acción de manera adecuada y optima.	La movilidad bilateral, simétrica y funcional de las articulaciones de las caderas, las rodillas y los tobillos. Además, evalúa la estabilidad y el control motor de la musculatura central del individuo.
Paso de valla	Poner a prueba y evaluar la mecánica adecuada del paso y del cuerpo durante un movimiento de escalonamiento.	Mide la movilidad funcional bilateral y la estabilidad de las articulaciones de las caderas y las rodillas.

Nombre de la prueba	Objetivo	Componente de evaluación
Elevación activa de la pierna	Medir la disociación entre la extremidad inferior y el tronco mientras se mantiene la estabilidad.	Se evalúa la capacidad del sujeto para estirar y flexionar las piernas sin que su cuerpo superior se desplace o se tambalee. Midiendo la flexibilidad activa de los isquiotibiales y los gastrocnemios se asegura que la pelvis y el tronco se mantengan estables.
Desplante en línea	Desafiar el tronco y las extremidades para resistir el movimiento manteniendo el equilibrio.	Pone a prueba la estabilidad de la pierna, la alineación del tobillo, la rodilla y la cadera. Este ejercicio combina fuerza, equilibrio y flexibilidad para realizarlo de manera eficiente y segura.
Movilidad del hombro	La movilidad del hombro implica una variedad de movimientos que incluyen abducción y rotación externa, flexión y extensión, así como aducción y rotación interna.	Implica la combinación de varios movimientos específicos, incluyendo la rotación interna con la aducción del hombro y la rotación externa con la abducción del hombro permitiendo una evaluación completa de la amplitud de movimiento en el hombro, lo que es esencial para determinar la movilidad y la funcionalidad de esta articulación en particular.
Estabilidad rotatoria	Lograr una coordinación neuromuscular adecuada y la transferencia eficiente de energía de un segmento del cuerpo a otro a través del torso.	La estabilidad del tronco se evalúa en diferentes planos durante un movimiento combinado de la extremidad superior e inferior.
Estabilidad del tronco	Fortalecer los músculos y las estructuras que mantienen la estabilidad de la columna vertebral y el tronco, permitiendo una mayor resistencia y control durante actividades.	Mide la estabilidad del tronco en el plano sagital mientras se realiza la flexión.

Fuente: (Elaboración propia).

El factor importante en la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento es identificar déficits en la simetría, la movilidad y la estabilidad del sistema de movimiento por su influencia en la instauración de programas motores alterados/compensatorios a lo largo

de la cadena cinética y su posible influencia en incrementar el riesgo lesivo. Aunque esto no haya sido realmente constatado por las investigaciones científicas, el FMS tiene como propósito ayudar a predecir aquellos sujetos con mayor riesgo lesivo que vayan a participar por primera vez o retornar a programas de acondicionamiento físico-deportivo mediante la identificación de asimetrías y déficits de movilidad y estabilidad en poblaciones sanas asintomáticas (Nahuel, 2023).

IV. METODOLOGÍA

En este capítulo, se detalla la metodología que se ha aplicado en esta investigación. Esto incluye la elección del enfoque utilizado, la delimitación del alcance del estudio, la definición de las variables de investigación, la descripción de las técnicas e instrumentos empleados, así como una explicación minuciosa de la metodología de investigación que se ha seguido para abordar y resolver la problemática planteada.

4.1 ENFOQUE

La investigación aborda un enfoque cuantitativo considerando que se centra en la recolección de datos y análisis del movimiento funcional de deportistas. Al realizar un examen de ejercicios específicos, primeramente, se deben de medir y cuantificar las variables biomecánicas como ser los ángulos de articulación, movimientos articulares, rango de movimiento, tensión del tendón y activación/fuerza muscular. La recolección de estas variables permite crear una base objetiva para la investigación y de esta manera poder realizar comparaciones estadísticas. Una vez se establecen las comparaciones, se pueden generar las conclusiones basadas en evidencia numérica.

En cuanto al alcance, se presenta una investigación descriptiva y exploratoria. En esta investigación se pretende realizar una valoración funcional del movimiento para evaluar la calidad con la que los estudiantes deportistas ejecutan los cuatro ejercicios seleccionados de la prueba FMS. Para la recopilación de datos cuantitativos sobre el movimiento humano y las fuerzas aplicadas se usará el método de análisis de video, utilizando la herramienta Kinovea. La investigación es exploratoria ya que la biomecánica deportiva en los estudiantes de UNITEC San Pedro Sula no ha sido estudiada. Los datos recopilados pueden ser utilizados para generar ideas futuras para investigaciones más específicas. En el contexto del análisis del movimiento humano y la biomecánica deportiva, se involucran los datos de diferentes parámetros biomecánicos y su relación con el rendimiento deportivo.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de esta investigación se establecieron las variables de investigación que son esenciales para delimitar el alcance y los objetivos del estudio. Estas variables de investigación determinarán la dirección y el enfoque de la investigación, así como la forma en que se recopilan y analizan los datos.

4.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE

El movimiento funcional se refiere a la habilidad del cuerpo para realizar ciertos movimientos y actividades físicas con eficacia y sin dolor. El movimiento funcional es la variable dependiente de esta investigación, se define para evaluar la manera en la que una persona realiza patrones de movimiento en específico encontrados en la prueba FMS.

4.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables sociodemográficas son de interés para investigar su influencia en aspectos biomecánicos, rendimiento deportivo, prevención de lesiones y otros parámetros relacionados con el movimiento humano. Al manipular o controlar estas variables independientes, es posible analizar su efecto sobre las variables dependientes.

- Tipos de deporte

La participación en diversas disciplinas deportiva comprende de qué manera las demandas específicas de cada actividad impactan en aspectos vitales, tales como la capacidad de movimiento funcional, la eficiencia biomecánica de los movimientos y el nivel de rendimiento físico alcanzado. El análisis resulta ser esencial para proporcionar conocimientos que benefician a atletas y entrenadores.

- Género

El género comprende las diferencias y similitudes en el rendimiento deportivo y la biomecánica entre hombres y mujeres. Se detallan las variaciones en la fuerza muscular, la flexibilidad, la coordinación motora y otros aspectos relacionados con el movimiento funcional, en función del género.

- Edad

La edad de los participantes se utiliza para analizar cómo varía el movimiento de las personas en función de las diferencias de edad. Se analiza cómo la flexibilidad, la fuerza

muscular o la coordinación motora se ven afectadas. Esto puede ayudar en la identificación de patrones de desarrollo motor a lo largo de la vida y en la elaboración de programas de entrenamiento específicos para diferentes grupos de edad.

- Talla

La talla influye en la biomecánica del movimiento. Las personas de mayor altura suelen tener extremidades más largas, lo que afecta su capacidad para ejecutar ciertos movimientos de manera diferente en comparación con individuos más bajos. Esta variación en la longitud de las extremidades puede impactar la mecánica de la marcha, la postura, y la eficiencia en diversas actividades físicas. Además, la altura también se relaciona con la distribución de fuerzas en las articulaciones durante el movimiento, lo que puede tener implicaciones en términos de estabilidad y carga en las articulaciones, especialmente en actividades que involucran levantamiento de peso o movimientos de impacto.

- Peso e índice de masa corporal (IMC)

El peso corporal y el índice de masa corporal (IMC) son factores que influyen en la biomecánica del movimiento y en la distribución de la carga en las articulaciones durante la práctica de actividades físicas. Estas variables tienen un impacto en la función motora, ya que afectan la capacidad de una persona para llevar a cabo movimientos de manera efectiva. El peso corporal, en particular, puede afectar la resistencia y la fuerza requerida para realizar ejercicios, lo que a su vez puede incidir en la técnica y el rendimiento. Por su parte, el IMC proporciona información adicional sobre la composición corporal, lo que puede ser crucial para comprender cómo las personas se mueven y cómo se distribuye la carga en sus articulaciones durante la actividad física.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

En esta sección se describen todas las técnicas que serán empleadas para realizar la investigación y los instrumentos necesarios para llevarla a cabo. En el análisis del movimiento humano y la biomecánica deportiva, se utilizan diversas técnicas e instrumentos para recopilar datos y realizar mediciones precisas. Para realizar el análisis del movimiento

humano se hará uso de un software para la precisión de los parámetros biomecánicos obtenidos.

4.3.1. KINOVEA

Kinovea es un software de análisis de movimiento a través de la captura de videos el cual ofrece ayuda a deportistas, entrenadores y médicos con el objetivo de analizar sus movimientos y técnicas para poder corregirlos y mejorar el rendimiento y desempeño de la técnica empleada. Tiene sus inicios en septiembre 2006, reemplazando a Videa. Kinovea trabaja con más de ocho formatos de videos, una vez se carga el video se pueden realizar anotaciones como líneas de movimiento, ángulos de tiro y giros realizados por los atletas. La herramienta puede ser empleada en cualquier tipo de deporte en el que se presente la coordinación, el ritmo y movimiento para el análisis y mejora del movimiento.

Kinovea es un programa de código abierto y gratuito, lo que lo hace accesible para una amplia variedad de usuarios que no tienen acceso a costosos programas para realizar un análisis de video. Kinovea es utilizado debido a que permite el análisis de video ampliamente utilizado en entornos deportivos y de biomecánica. Una de las razones principales de su uso, es su capacidad para analizar el rendimiento deportivo. El programa ayuda a evaluar el progreso de los pacientes al observar cómo realizan movimientos específicos y analizar áreas problemáticas. Especialmente, Kinovea tiene una interfaz de usuario intuitiva que facilita la grabación, el análisis y la anotación de videos la cual puede ser utilizado por personas con diferentes niveles de experiencia en tecnología (Lluch Fruns, 2012).

4.3.2. PRUEBA DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE MOVIMIENTO (FMS)

La prueba de Valoración Funcional de Movimiento (FMS) evalúa la calidad del movimiento en atletas con el fin de conocer sus capacidades básicas para moverse. Los entrenadores aplican la prueba debido a su facilidad de uso, ya que requiere pocos materiales para llevar a cabo la evaluación. El FMS consiste en 7 ejercicios de movimientos básicos, los cuales son: sentadilla profunda, paso de valla, movilidad del hombro, elevación activa de la pierna, desplante en línea, estabilidad rotatoria y estabilidad del tronco *push-ups*. Cada uno de estos evalúa aspectos diferentes de la movilidad del cuerpo (Warren et al., 2018).

El propósito del FMS es evaluar el rendimiento atlético de movimientos básicos y de estabilización, con el fin de determinar la estabilidad, movilidad y fuerza muscular en los individuos sometidos a la evaluación. Estas evaluaciones son ampliamente empleadas en diversos deportes como una manera efectiva de medir la calidad del movimiento. Resultan indispensables en los procesos de mejora de la técnica biomecánica en un deporte, la estabilización central y el control motor, además de ser esenciales para garantizar la eficacia y prevenir lesiones (Warren et al., 2018).

4.4 MATERIALES

En esta sección se describen todos los materiales que fueron utilizados para el desarrollo del alcance del proyecto de investigación.

- **Marcadores:** Los marcadores se refieren a puntos o elementos visuales específicos que se colocan en el cuerpo del sujeto para facilitar el seguimiento y medición de movimientos. Estos marcadores son necesarios para rastrear y analizar con precisión las posiciones y movimientos de las partes del cuerpo durante una actividad. Los marcadores fueron elaborados de cartulina y se colocaron estratégicamente en las articulaciones del cuerpo del deportista con el fin de un análisis de video más preciso al momento de trasladar las grabaciones a Kinovea.
- **Cámara de video de teléfono iPhone:** Las cámaras para la grabación de los videos fueron a través de los teléfonos modelo iPhone 12 el cual está equipado con una cámara avanzada que presenta características destacadas. Su sistema de doble cámara, compuesto por una cámara principal de 12 MP y una cámara ultra gran angular del mismo tamaño, permite a los usuarios capturar imágenes desde diferentes perspectivas y ángulos. Además, el modo nocturno mejora significativamente la calidad de las fotos en condiciones de poca luz, mientras que la tecnología Smart HDR 3 garantiza un rango dinámico equilibrado y detallado en las imágenes. La capacidad de grabar video en 4K a diferentes velocidades de cuadro y en Dolby Vision HDR, junto con la estabilización de imagen, añade un nivel adicional de calidad y precisión a las grabaciones. En conjunto, estas características

hacen que la cámara del iPhone 12 sea una herramienta potente y versátil para capturar momentos especiales con una calidad impresionante.

- Valla para la prueba: Se puede utilizar una valla o un objeto similar a una altura adecuada para realizar el "hurdle step". El cual es un ejercicio utilizado en el ámbito de la evaluación del movimiento y la biomecánica. Se utiliza para evaluar la movilidad, estabilidad y control de la cadera y la rodilla durante un movimiento específico, simulando el paso de una valla.
- Palo de yoga: Se utiliza el palo de yoga, que es utilizado mayormente para estiramientos previos a ejercicios, para permitir que el atleta tenga una postura correcta tanto del tren superior como el tren inferior.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

La Universidad Tecnológica Centroamericana de San Pedro Sula cuenta con diversos equipos deportivos en el cual participan varios estudiantes realizando actividad física diariamente. Con la finalidad de analizar la movilidad funcional de los estudiantes, revisar la ejecución de técnicas y evitar el riesgo de posibles lesiones, se eligió a la población deportiva de baloncesto, voleibol y fútbol mediante un muestreo conglomerado, ya que este analiza a un grupo específico que está formado por una variedad de componentes. Este método de muestreo por conglomerados se emplea cuando los conjuntos presentan similitudes, pero poseen diversidad interna. En esencia, se eligen estos conjuntos al dividir la población total en múltiples secciones.

Para los equipos de básquetbol y fútbol se seleccionó una muestra de 7 estudiantes y una muestra de 8 para voleibol, tanto femenino como masculino, exceptuando el equipo femenino de básquetbol ya que no se cuenta con uno, así poder aplicar la prueba FMS y posteriormente realizar el análisis del movimiento humano de cada deportista universitario. De esta manera los estudiantes deportistas conocerán la manera en la que ejecutan ciertos movimientos para que de esta manera puedan mejorar la biomecánica deportiva evitándoles posibles lesiones.

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En el tipo de investigación descriptiva y exploratoria se busca comprender en profundidad el comportamiento biomecánico de los deportistas universitarios. Esto implica estudiar y analizar detalladamente las diferentes variables y factores biomecánicos que intervienen en el análisis del movimiento humano durante la práctica deportiva. Es decir, se trata de un enfoque que tiene como objetivo principal describir y caracterizar los diferentes aspectos al momento de emplear diversas técnicas y procedimientos para la recolección de datos y obtener su respectiva validación. El análisis biomecánico en el contexto deportivo es fundamental para entender las demandas físicas y los posibles riesgos de lesiones asociadas a la práctica deportiva. Asimismo, los resultados de esta investigación pueden contribuir al desarrollo de estrategias y programas de entrenamiento más eficientes y seguros para los deportistas universitarios.

Para llevar a cabo esta investigación, se emplean técnicas y procedimientos de recolección de datos, como el análisis de video, utilización del software Kinovea y la aplicación de la prueba FMS. Estas herramientas permiten obtener información objetiva y precisa sobre la ejecución de movimientos, fuerzas aplicadas, ángulos articulares, activación muscular y otros aspectos relevantes. Además de describir y caracterizar los aspectos biomecánicos, este tipo de enfoque también pretende detectar patrones y tendencias en el comportamiento biomecánico de los deportistas. Así, se podrían identificar áreas de mejora en el rendimiento deportivo y evaluar la eficacia de las intervenciones o cambios realizados en los programas de entrenamiento.

Es importante destacar que, dado que se trata de una investigación exploratoria, los hallazgos obtenidos podrían servir como base para futuros estudios más amplios y profundos en el área de la biomecánica deportiva. También, se pueden generar hipótesis que posteriormente sean contrastadas en investigaciones posteriores. Los resultados de este estudio pueden tener implicaciones significativas para la optimización del rendimiento deportivo y la prevención de lesiones en los atletas.

Los estudiantes seleccionados para llevar a cabo el estudio fueron aquellos deportistas que están activos en los equipos masculinos y femeninos de voleibol, fútbol y

básquetbol (no cuenta con equipo femenino) en la universidad, entrenados por los docentes asignados para cada deporte. A todos los deportistas se les tomaron datos como la edad y ciertas variables antropométricas. Una vez se seleccionaron los estudiantes se procede a realizar la siguiente etapa.

Continuando con la descripción de la metodología de recolección de datos, se les ha solicitado a los estudiantes realizar cuatro de los siete ejercicios de la prueba FMS (Functional Movement Screen); sentadilla profunda, desplante en línea, paso de valla y levantamiento con la pierna recta, se procede con la grabación de cada una de las ejecuciones para su posterior análisis utilizando el software de análisis de video Kinovea. Para cada ejercicio realizado, se da una puntuación de 0 a 3 de acuerdo con el desempeño con el cual fue desarrollado el ejercicio, de esta manera se puede conocer el riesgo de lesiones a la que el deportista se expone.

4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Para el análisis biomecánico, la metodología de validación es fundamental para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. El análisis biomecánico es de gran importancia en diversas áreas, ya que proporciona una comprensión detallada y cuantitativa de cómo funciona el cuerpo humano y otros sistemas biológicos bajo diferentes condiciones y estímulos. Una razón por la cual es relevante el análisis biomecánico es para mejorar el rendimiento deportivo ayudando a atletas y entrenadores a optimizar la técnica y la eficiencia del movimiento. Permite identificar áreas de mejora y prevenir lesiones asociadas a patrones de movimiento inadecuados.

En el contexto de este estudio, la validación de los datos obtenidos sobre el análisis biomecánico en los deportistas universitarios es un paso crítico para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados. Implica la verificación y revisión de los datos recopilados durante el análisis para asegurarse de que sean coherentes, consistentes y libres de errores. La validación de datos aplicada en el estudio es la validación por revisión del supervisor. En este proceso, el encargado de validar los datos recopilados es el asesor temático quien revisa, verifica y aprueba la consistencia de la información antes de su posterior análisis. Así

es como el supervisor ayuda a que los datos sean validados, lo que a su vez aumenta la credibilidad y la confiabilidad de los resultados de la investigación.

4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Semana 1					Semana 2					Semana 3				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Revisión literaria de artículos científicos con base a análisis biomecánico humano.															
Realización de búsqueda de la biomecánica de deporte y su impacto.															
Realización de tomas de video de prueba de movimiento humano y ejercicios.															
Realización de pruebas del uso del software KINOVEA.															
Búsqueda de materiales/herramientas para la toma de videos de ejercicios en atletas.															
Realización de toma de video del muestreo conglomerado de los atletas.															

Actividades	Semana 4					Semana 5					Semana 6				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Recolección de videos de los participantes.															
Procesar videos a la herramienta de edición de videos Kinovea.															

Actividades	Semana 7					Semana 8					Semana 9				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Evaluación en el FMS de los ejercicios realizados por los participantes de fútbol, voleibol y básquetbol.															

Fuente: (Elaboración propia).

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir una recolección de datos. La investigación se centró en la recopilación de videos de atletas universitarios realizando ejercicios de la prueba FMS para poder realizar un análisis. A lo largo de este apartado, se detallan los hallazgos relevantes, respaldados por datos cuantitativos recopilados durante el proceso de estudio. Estos resultados no solo proporcionan respuestas a nuestras preguntas de investigación, sino que también contribuyen de manera significativa al entendimiento en profundidad del análisis biomecánico en los deportistas universitarios.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES

El total de estudiantes que participaron en el estudio fue de veintidós, todos siendo parte de los equipos representativos de básquetbol, voleibol y fútbol de UNITEC San Pedro Sula. Para seleccionar los deportistas, se utilizó el muestreo conglomerado. La tabla 3 presenta un resumen estadístico de las variables obtenidas de los participantes en el estudio. Se puede observar la edad, la altura, el peso y el índice de masa corporal. Con los datos recolectados se pretende identificar si estos influyen en la ejecución de los movimientos solicitados, este análisis realizado en el programa Kinovea.

Tabla 6- Datos de los participantes.

Sujeto	Género	Deporte	Edad	Talla (m)	Peso (kg)	IMC
1	Masculino	Básquetbol	18	1.73	72.57	24.25
2	Masculino	Voleibol	18	1.78	71.21	22.48
3	Masculino	Fútbol	20	1.7	54.43	18.83
4	Masculino	Básquetbol	18	1.71	72.57	24.82
5	Masculino	Voleibol	21	1.79	87.09	27.18
6	Masculino	Voleibol	21	1.8	90.72	28.00
7	Masculino	Fútbol	22	1.78	62.60	19.76
8	Masculino	Fútbol	22	1.77	74.84	23.89
9	Masculino	Básquetbol	18	1.82	70.31	21.23
10	Masculino	Fútbol	22	1.75	63.50	20.74
11	Masculino	Fútbol	21	1.75	76.20	24.88
12	Masculino	Básquetbol	17	1.77	69.40	22.15
13	Femenino	Fútbol	19	1.6	54.43	21.26
14	Masculino	Básquetbol	17	1.83	64.41	19.23
15	Femenino	Voleibol	18	1.6	54.43	21.26
16	Masculino	Básquetbol	20	1.8	88.45	27.30
17	Masculino	Fútbol	21	1.79	76.20	23.78
18	Femenino	Voleibol	20	1.67	81.65	29.28
19	Masculino	Básquetbol	18	1.87	74.84	21.40
20	Masculino	Voleibol	16	1.75	70.31	22.96
21	Masculino	Voleibol	24	1.8	65.77	20.30
22	Masculino	Voleibol	26	1.88	86.18	24.38

Fuente: (Elaboración Propia).

Tabla 7- Variables cuantitativas obtenidas de los participantes.

	Edad	Talla (m)	Peso (kg)	IMC
Media	19.86	1.76	71.92	23.15
Mediana	20	1.78	71.89	22.72
Moda	18	1.80	54.43	21.26
Desviación estándar	2.46	0.0721	10.67	2.92
Mínimo	16	1.6	54.43	18.83
Máximo	26	1.88	90.72	29.28
Nivel de confianza	1.0886	0.0320	4.7311	1.2937

Fuente: (Elaboración Propia).

5.2 ANÁLISIS DE DATOS

En esta sección, se abordará el análisis de los datos obtenidos en esta investigación con el fin de descubrir patrones, relaciones y tendencias, así como para cumplir con los objetivos planteados. A través este análisis, se busca extraer conclusiones respaldadas por evidencia. Se proporciona las herramientas y los pasos necesarios para interpretar los datos de manera efectiva y obtener una comprensión más profunda.

5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS RECOLECTADOS

En el proceso de recolección de datos para este estudio, se capturaron las trayectorias de movimiento de los deportistas durante la ejecución de cada ejercicio realizado. Se utilizaron sistemas de captura de movimiento basado cámaras y marcadores, esto permitió registrar la posición de los marcadores colocados en los diferentes puntos clave en el cuerpo de los participantes. Estos marcadores incluyeron puntos de referencia en articulaciones principales y extremidades. Los datos capturados abarcaron múltiples repeticiones del movimiento realizado. Los datos fueron posteriormente procesados y analizados utilizando Kinovea para obtener los ángulos articulares y rangos de movimiento en las articulaciones durante las fases del movimiento.

La precisión y la consistencia en la colocación de los marcadores es fundamental durante la recolección de datos, de esta manera se asegura la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. Cada sujeto realizó una repetición de cada ejercicio bajo condiciones controladas para minimizar la variabilidad y capturar las variaciones típicas en la técnica. La

sincronización entre las cámaras y la captura de los marcadores permitieron la generación de las trayectorias y la reconstrucción de los movimientos articulares en tiempo real.



Figura 8- Colocación de los marcadores.

Fuente: (Elaboración Propia).



Figura 9- Escenario experimental.

Fuente: (Elaboración Propia).

5.2.2 MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS

Para el análisis de los datos recolectados, se emplearon métodos estadísticos utilizando Microsoft Excel 2016 y Minitab Statistical Software 21 con el objetivo de obtener información sobre los patrones de movimiento de los deportistas. Inicialmente, se calcularon los ángulos en las articulaciones de la rodilla, cadera y en algunos casos el tobillo para cada ejercicio, datos obtenidos de Kinovea. Los datos fueron sometidos a un análisis descriptivo para calcular estadísticas básicas como promedios, desviaciones estándar, moda y mediana, permitiendo una comprensión inicial de la variabilidad en los patrones de movimiento.

Además, se realizó un análisis de correlación para explorar posibles relaciones entre las variables numéricas con los resultados obtenidos de la prueba FMS. Finalmente, se empleó un análisis estadístico y herramientas de visualización para representar gráficamente los resultados.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN OBJETIVOS

Con base a los objetivos establecidos en esta investigación, se implementaron técnicas e instrumentos descritos en la metodología con el propósito de recopilar datos y obtener resultados que permitieran una interpretación acerca de la movilidad funcional del movimiento en los deportistas.

Los deportistas seleccionados en este estudio se sometieron a la prueba de Valoración Funcional del Movimiento (FMS), con el objetivo de recopilar datos para la investigación. El FMS, compuesto originalmente por siete ejercicios, se adaptó en esta investigación para incluir solo cuatro ejercicios: la sentadilla profunda, el paso de valla, el desplante en línea y la elevación activa de la pierna. Cada uno de estos ejercicios fue registrado en video con el consentimiento de los participantes, y posteriormente se procesaron para llevar a cabo un análisis detallado en Kinovea. Cada individuo fue evaluado en función de la calidad de su ejecución en los movimientos.

Una vez se obtuvo la calificación final de todos los participantes del estudio, se extrajeron todos los ángulos del movimiento en la fase isométrica con el fin de determinar si la evaluación visual por parte del observador coincide con los datos cuantitativos recopilados de Kinovea al ofrecer una medición más detallada de los patrones de movimiento. Esta validación mejora la precisión y la confiabilidad de la evaluación de la calidad del movimiento humano del FMS. Al comparar y validar estas dos aproximaciones, se contribuye al desarrollo de una evaluación más efectiva.

Las siguientes tablas presentan un rango de valores angulares que corresponden a las calificaciones asignadas a los individuos en función de la calidad de ejecución de cada ejercicio. Estos rangos angulares se utilizan como criterio para evaluar y calificar el desempeño de los participantes en cada ejercicio, lo que permite una evaluación más precisa de la calidad del movimiento.

Tabla 8- Rangos de ángulos para la calificación en el FMS: Evaluando la Calidad del Movimiento.

Prueba	Rango de ángulos				
	Desplante en línea			Elevación activa de la pierna	
	Articulación			Articulación	
Puntuación	Rodilla	Cadera	Tobillo	Rodilla	Cadera
3	76°-90°	90°-105°	60°-85°	175°-180°	90°-105°
2	61°-75°	106°-130°	55°-59°	151°-174°	70°-89°
1	≤60°	>130°	<55°	127°-150°	≤69°
0	Presenta dolor o molestias que impiden realizar el movimiento.			Presenta dolor o molestias que impiden realizar el movimiento.	

Prueba	Range of angles				
	Sentadilla profunda			Paso de valla	
	Articulación			Articulación	
Puntuación	Rodilla	Cadera	Tobillo	Rodilla	Cadera
3	≤90°	≤60°	<65°	81°-90°	85°-104°
2	91°-110°	61°-80°	65°-73°	45°-80°	71°-90°
1	≥111°	81°-120°	≥75°	<45°	<70°
0	Presenta dolor o molestias que impiden realizar el movimiento.			Presenta dolor o molestias que impiden realizar el movimiento.	

Fuente: (Elaboración Propia).

La sentadilla profunda evalúa la movilidad de la cadera, rodillas y tobillos; el paso de valla evalúa la movilidad de las caderas y rodillas, así también la capacidad de mantener el equilibrio durante el movimiento del paso. El desplante en línea evalúa la movilidad de la cadera y la rodilla, estabilidad del tronco y la pelvis, también el equilibrio al momento de realizar el desplante. Por último, la elevación activa de la pierna evalúa la movilidad de la cadera, la pierna y la capacidad del sujeto en elevar la pierna lo más recta posible sin flexionar la rodilla.

De tal manera, se presenta la valoración angular obtenida de Kinovea en la ejecución de cada uno de los ejercicios realizados por los participantes.

Tabla 9- Valoración angular en la ejecución de la sentadilla profunda.

Ángulo	Número de personas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Rodilla	22	47.99	129	80.14	23.97
Cadera	22	51.9	113.5	82.75	16.77
Tobillo	22	49.97	90.5	69.94	10.06

Fuente: (Elaboración Propia).

En la sentadilla profunda, la rodilla en promedio tiende a flexionarse 80.14°. La rodilla tiene una mayor desviación estándar en comparación a la cadera y tobillo. La desviación estándar de 23.97° indica una variabilidad en los ángulos entre los individuos, resultado de diferencias en la anatomía, la técnica de movimiento o la movilidad de la rodilla. La media de la cadera muestra que, en promedio, la articulación de la cadera tiende a estar en una posición más extendida que la rodilla. La desviación estándar de 16.77° indica que, aunque hay variabilidad, es menor en comparación con la rodilla. Sugiriendo una mayor consistencia en los ángulos de la cadera. La media del tobillo indica que la articulación del tobillo tiende a estar en una posición más flexionada. La desviación estándar sugiere una variabilidad relativamente baja en los ángulos del tobillo en comparación con la rodilla.

Tabla 10. Valoración angular en la ejecución del paso de valla.

Ángulo	Número de personas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Rodilla derecha	22	58.48	92.9	73.65	13.71
Rodilla izquierda	22	35.67	91.6	62.26	16.09
Cadera	22	66.37	104.2	84.05	9.58

Fuente: (Elaboración Propia).

En el paso de valla, se observa una variabilidad de ángulos entre la rodilla derecha e izquierda. Es importante destacar que la rodilla izquierda muestra una desviación estándar significativamente mayor en comparación con la rodilla derecha y la cadera. En particular, la desviación estándar de 9.58° en la cadera sugiere que existe una variabilidad relativamente baja en los ángulos en comparación con las rodillas. Además, la media de ángulo en la cadera se sitúa en 84.05°. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la asimetría en el movimiento de las rodillas durante el paso de valla e indican que la cadera muestra una mayor estabilidad en términos de ángulos de movimiento.

Tabla 11. Valoración angular en la ejecución del desplante en línea.

Ángulo	Número de personas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Rodilla derecha	22	59.4	98.2	80.7	11.2
Rodilla izquierda	22	66.46	99.74	83.47	10.27
Tobillo derecho	22	46.97	87.44	65.03	13.05
Tobillo izquierdo	22	44.6	84.95	66.97	9.80
Cadera	22	89.5	143.15	109.13	12.7

Fuente: (Elaboración Propia).

Los datos del desplante en línea muestran una media del ángulo de la rodilla derecha de 80.7°, con una desviación estándar de 11.2°. La media del ángulo de la rodilla izquierda es de 83.47°, con una desviación estándar de 10.27°. Al igual que en la rodilla derecha, se observa una variabilidad, aunque en promedio, tienden a ser un poco más altos que en la rodilla derecha. El tobillo derecho presenta la mayor desviación estándar de 13.05° entre las demás articulaciones indicando una variabilidad considerable en los ángulos. El tobillo izquierdo tiene una desviación estándar de 9.80°. Similar a la rodilla izquierda, los ángulos tienden a ser un poco más altos que en el lado derecho, y la variabilidad es relativamente baja. La media del ángulo de la cadera es de 109.1°, con una desviación estándar de 12.7° indicando que la cadera muestra un ángulo más amplio en comparación con las articulaciones de la rodilla y el tobillo.

Tabla 12. Valoración angular en la ejecución de la elevación activa de la pierna.

Ángulo	Número de personas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Rodilla derecha	22	118.1	179.2	159.1	16.9
Rodilla izquierda	22	128.1	180.4	156.9	14.1
Cadera derecha	22	55.6	114.3	90.2	15.2
Cadera izquierda	22	58.8	108.5	87.1	13.2

Fuente: (Elaboración Propia).

En la elevación activa de la pierna, la media del ángulo de la rodilla derecha es de 159.1° , con una desviación estándar de 16.9° . Estos valores indican una variabilidad en los ángulos de la rodilla derecha, y la media sugiere una extensión notoria en la articulación. Igualmente, con la rodilla izquierda, se observa una variabilidad considerable en los ángulos, y la media también sugiere una extensión significativa en esta articulación. La media del ángulo de la cadera derecha es de 90.2° , con una desviación estándar de 15.2° . Estos datos indican una variabilidad en los ángulos de la cadera derecha, con una media que indica una posición cercana a la extensión. Al igual que en la cadera derecha, la variabilidad en los ángulos de la cadera izquierda es notoria, y la media sugiere una posición cercana a la extensión en esta articulación.

La gráfica de la figura 10, representa cómo cambian los ángulos de movimiento de la cadera, la rodilla y el tobillo a lo largo del tiempo durante una sentadilla profunda. Esta representación es esencial para realizar análisis biomecánicos y entender las diferentes fases del movimiento. En la figura 10, podemos observar a un individuo realizando una sentadilla en la fase isométrica. La gráfica nos permite comprender el patrón de movimiento en detalle. A medida que el sujeto desciende, los ángulos articulares disminuyen gradualmente hasta alcanzar el punto más bajo de la sentadilla. Se destacan específicamente los ángulos más bajos que el sujeto alcanza, los cuales son seleccionados para el estudio. Este enfoque en los ángulos críticos proporciona información valiosa para el análisis de la técnica y la biomecánica del movimiento de la sentadilla.

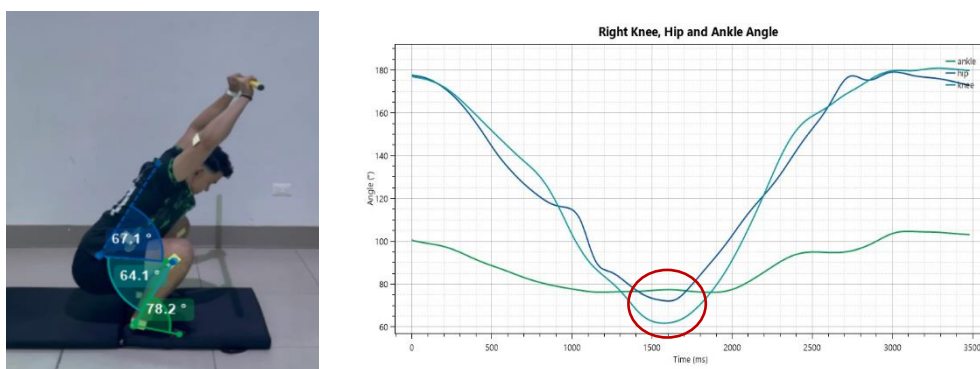


Figura 10. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en una sentadilla profunda.

Fuente: (Elaboración Propia).

Asimismo, se presentan gráficas similares para los demás ejercicios realizados por los participantes, donde se recopilan datos de los ángulos articulares en cada fase isométrica del movimiento. Esto permite una evaluación de la cinemática de los ejercicios y ofrece una perspectiva detallada de cómo se desarrollan los movimientos en cada uno de ellos. Estos datos de ángulos articulares son fundamentales para analizar y comparar la calidad y la técnica de ejecución en los distintos ejercicios, lo que contribuye a una comprensión de la biomecánica y la funcionalidad del movimiento en cada caso.

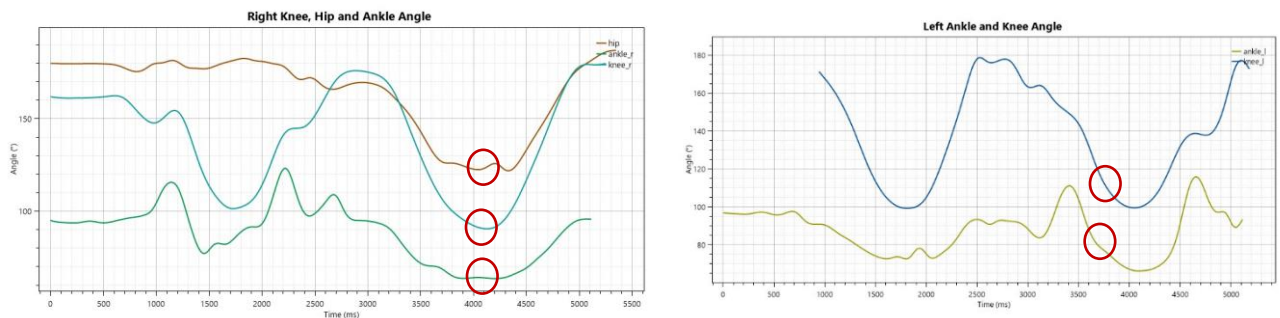
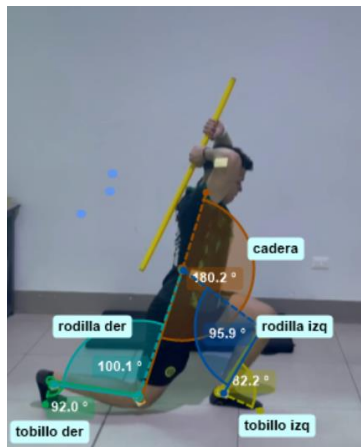


Figura 11. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo en un desplante en línea.

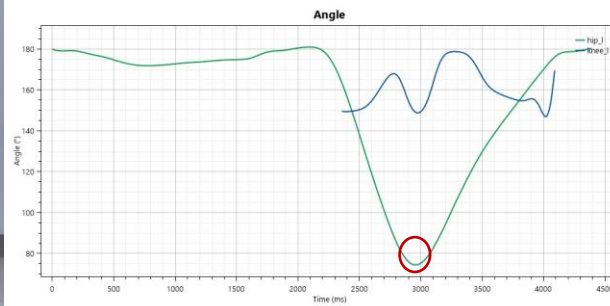
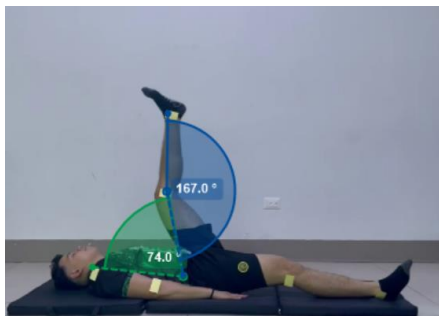
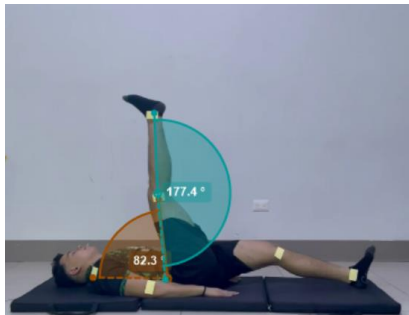
Fuente: (Elaboración Propia).

Figura 12. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera y rodilla en un paso de valla.



Fuente: (Elaboración Propia).

Figura 13. Gráfica de ángulos de las articulaciones de la cadera y rodilla en la elevación activa de la pierna.



Fuente: (Elaboración Propia).

La estadística descriptiva de la tabla 13 proporciona un panorama completo de la edad, talla, peso e IMC en función de cada disciplina en los veintidós participantes. A través de esta estadística, se calculan los valores promedio, que proporciona una medida central en la distribución de estos datos. Esto nos permite identificar patrones, tendencias y

características centrales en estos parámetros, además de evaluar la variabilidad presente en cada uno.

Tabla 13- Estadística descriptiva de las variables sociodemográficas de cada deporte.

	Básquetbol				Fútbol				Voleibol			
	Edad	Talla (m)	Peso (kg)	IMC	Edad	Talla (m)	Peso (kg)	IMC	Edad	Talla (m)	Peso (kg)	IMC
Media	18	1.79	73.22	22.91	21	1.73	66.03	21.88	20.5	1.76	75.92	24.48
Mediana	18	1.8	72.57	22.15	21	1.75	63.50	21.26	20.5	1.79	76.43	23.67
Desviación estándar	1	0.0569	7.48	2.71	1.15	0.0660	9.76	2.31	3.30	0.0868	12.54	3.31
Mínimo	17	1.71	64.41	19.23	19	1.6	54.43	18.83	16	1.6	54.43	20.30
Máximo	20	1.87	88.45	27.30	22	1.79	76.20	24.88	26	1.88	90.72	29.28

Fuente: (Elaboración Propia).

En la figura 14, se muestra una comparación de las puntuaciones obtenidas entre deportes. En los tres deportes analizados, se observa que la mayoría de las puntuaciones caen en el rango de 6 a 8. Estos resultados sugieren que, independientemente del tipo de deporte, los individuos tienden a desempeñarse de manera similar en cuanto a la ejecución de cada movimiento. Esto podría indicar que el tipo de deporte en sí mismo no parece tener una influencia en la forma en que los participantes realizan los movimientos evaluados en la prueba. Sin embargo, es importante considerar que otros factores, como la experiencia en el deporte o la técnica individual, podrían estar influyendo en estos resultados y deberían ser objeto de futuras investigaciones para una comprensión más completa.

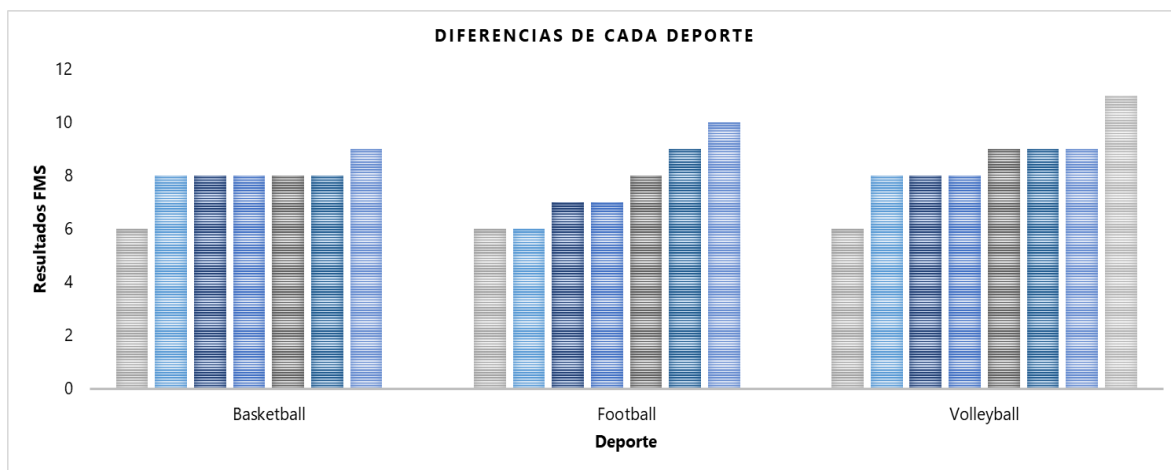


Figura 14- Variaciones en las puntuaciones entre diferentes deportes.

Fuente: (Elaboración Propia).

Según cada deporte, se observan patrones de puntuación diferentes. En el caso del básquetbol, los participantes tienden a mantenerse en un rango estable, donde la mayoría obtiene una puntuación de 8. En contraste, en el fútbol, las puntuaciones obtenidas son mucho más variadas, abarcando desde valores bajos hasta altos. Por último, en el voleibol, se destaca que las puntuaciones de 8 y 9 son las más comunes entre los participantes. Estos patrones reflejan las diferencias en el rendimiento y la consistencia de los participantes en cada deporte, lo que proporciona información sobre la distribución de las puntuaciones en cada disciplina.

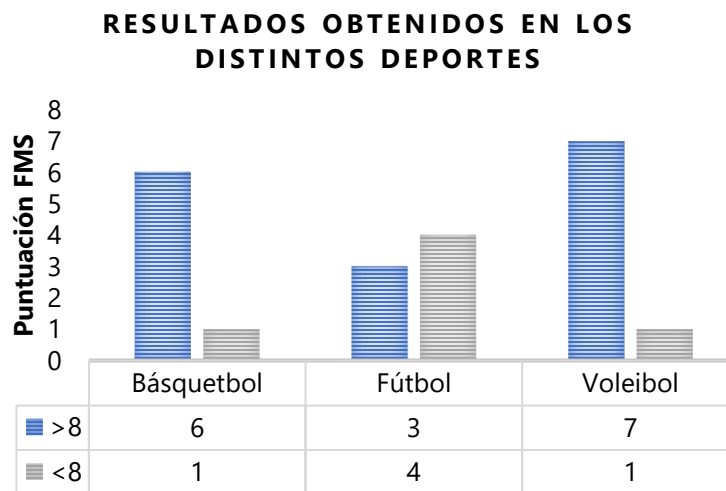


Figura 15- Resultados obtenidos en los diferentes deportes.

Fuente: (Elaboración Propia).

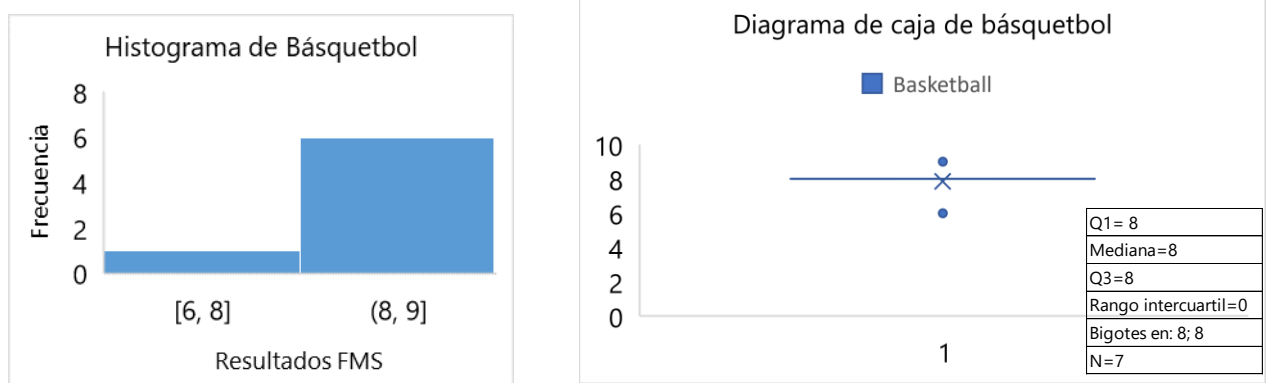


Figura 16a- Histograma y diagrama de caja en básquetbol.

Fuente: (Elaboración Propia).

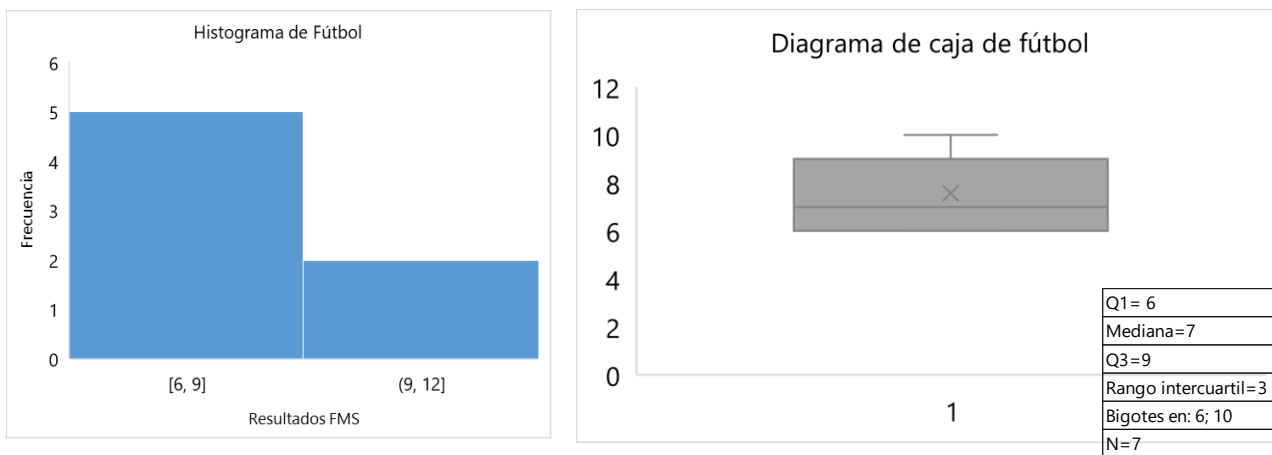


Figura 17b- Histograma y diagrama de caja en fútbol.

Fuente: (Elaboración Propia).

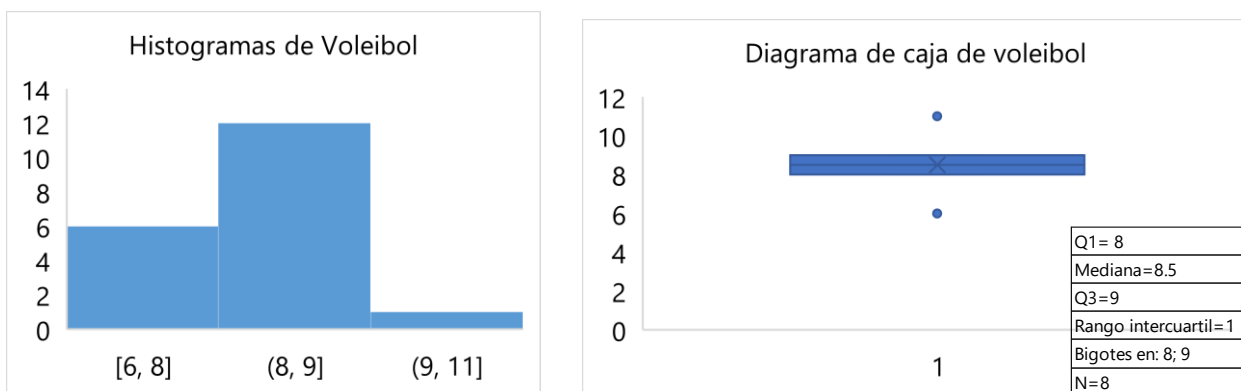


Figura 18c- Histograma y diagrama de caja en voleibol.

Fuente: (Elaboración Propia).

En la figura 16a, b y c, se presentan los histogramas y los diagramas de caja de baloncesto, fútbol y voleibol. Los histogramas se utilizan para visualizar la distribución de datos numéricos en un conjunto de datos revelando la frecuencia de ocurrencia de valores dentro de intervalos específicos en el eje horizontal, con la cantidad de observaciones en el eje vertical, ofreciendo una visión clara de cómo se agrupan o dispersan los valores. Así mismo, los diagramas de caja brindan una representación simplificada de la distribución de datos. En ellos se identifica la mediana, los cuartiles y los valores atípicos. Estos gráficos son valiosos para comprender la dispersión de datos y las tendencias centrales. Combinar ambos tipos de gráficos en la figura proporciona una visión completa de cómo se distribuyen los datos en estos deportes, permitiendo una mejor comprensión de su variabilidad y características distintivas.

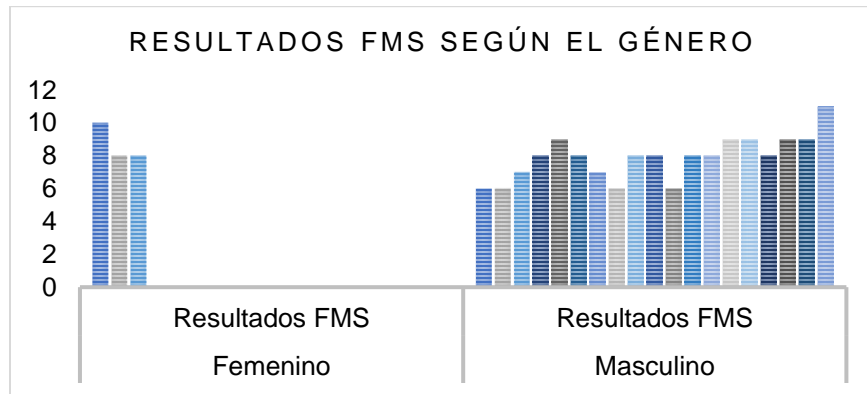


Figura 19- Variaciones en las puntuaciones según cada género.

Fuente: (Elaboración Propia).

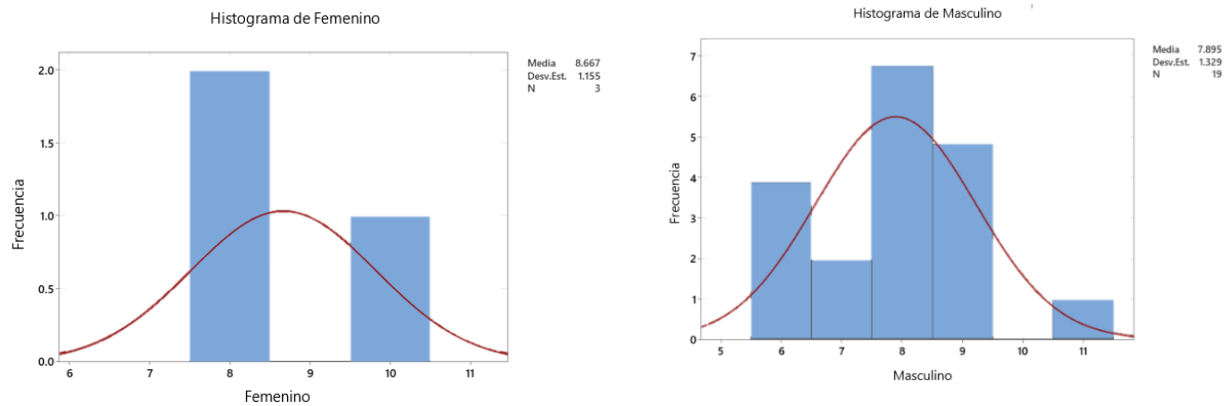


Figura 20- Histograma de cada género.

Fuente: (Elaboración Propia).

De un total de 22 participantes, se seleccionaron 19 hombres y 3 mujeres. La puntuación más alta alcanzada entre las mujeres fue de 10, mientras que los demás participantes obtuvieron una puntuación de 8 como puede ser observado en la figura 17. Entre los hombres, la puntuación más común fue de 8. El histograma de la figura 18 refleja una variabilidad en las puntuaciones asignadas a los participantes masculinos.

Previo a realizar la correlación entre las variables, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk como parte de una evaluación preliminar de los datos utilizando "Statistical Software MiniTab 21". La prueba de Shapiro-Wilk se aplica con el propósito de determinar si las variables que se van a correlacionar siguen una distribución normal. Esto es importante porque los análisis de correlación de Pearson se basan en la suposición de que las variables

están distribuidas normalmente. La distribución normal es un tipo específico de distribución de probabilidad en la que los datos se distribuyen simétricamente alrededor de su media, formando una curva en forma de campana. Si los datos no siguen una distribución normal, es posible que los resultados del análisis de correlación no sean válidos ni confiables.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk como un paso inicial en el análisis de datos. Mediante esta prueba, se determinó si las distribuciones de las variables se asemejan a una distribución normal. Esto es esencial para asegurar la validez y la interpretación adecuada de los resultados de las correlaciones.

Tabla 14- Pruebas de normalidad.

Shapiro-Wilk			
	Valor estadístico	N	p-Valor
Edad	0.982	22	>0.100
Talla (m)	0.967	22	>0.100
Peso (kg)	0.990	22	>0.100
IMC	0.981	22	>0.100
Resultados FMS	0.989	22	>0.100

Fuente: (Elaboración Propia).

Los valores estadísticos obtenidos, siguen la prueba de normalidad de Ryan-Joiner, la cual indica qué tan bien los datos están normalmente distribuidos al calcular una correlación entre las variables. Mientras los valores más se acercan a 1, se puede decir que la población es normal. El valor p supera el nivel de significancia predeterminado (0.05), lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, es apropiado considerar el uso del coeficiente de correlación de Pearson para analizar las relaciones entre estas variables.

La capacidad y calidad del movimiento en atletas y deportistas es influenciada por diversos factores como la edad, género, experiencias deportivas y características físicas propias de cada individuo. Una de las razones del estudio fue encontrar patrones que indiquen cómo estos factores se relacionan con la forma en que las personas realizan movimientos en el contexto deportivo. Esto permitió comprender cómo las variables sociodemográficas influyen en la calidad de los movimientos en los deportistas. Estos

hallazgos son útiles para mejorar el rendimiento deportivo, y a futuro ayudar a los entrenadores a diseñar programas de entrenamiento adaptados a las necesidades individuales de los atletas.

Coeficiente de Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson es una herramienta fundamental para evaluar la relación que existe entre las diferentes variables biomecánicas al proporcionar una medida cuantitativa. La correlación permite identificar patrones y entender de una mejor manera cómo interactúan en el contexto del movimiento humano. Obteniendo los ángulos de la flexión de la rodilla, cadera y tobillo al momento de realizar una sentadilla profunda, un desplante en línea, la elevación de pierna recta y un paso de valla, se busca si existe una correlación entre los ángulos articulares con las medidas antropométricas (edad, altura, peso, IMC).

Tabla 15- Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.

Rango de valores de r_{xy}	Interpretación
$0.00 \leq r_{xy} < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq r_{xy} < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq r_{xy} < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq r_{xy} < 1.00$	Correlación fuerte

Fuente: (Lalinde et al., 2018).

En la tabla 15 se muestran los rangos de la correlación que se puede presentar entre dos variables, estos valores representan una correlación nula, débil, moderada o fuerte. Con la ayuda de esta tabla se determina si las variables de esta investigación están correlacionadas entre sí. Se presentan las tablas de las variables sociodemográficas y los resultados de la prueba FMS aplicada, en las cuales se determina el tipo de correlación existente.

Tabla 16- Correlaciones entre las variables sociodemográficas con los resultados del FMS.

	Edad	Talla (m)	Peso (kg)	IMC
FMS resultados	0.266637	0.116012	0.165425	0.094871

Fuente: (Elaboración Propia).

Los coeficientes de correlación obtenidos indican que las relaciones entre las variables son bastante débiles. La variable que muestra la correlación más destacada es la

edad con los resultados de la FMS, y esta correlación es positiva. Esto sugiere que, a medida que la edad aumenta, los resultados de la FMS tienden a mejorar ligeramente, aunque la relación es relativamente baja. En contraste, la relación entre el índice de masa corporal (IMC) y los resultados de la prueba FMS prácticamente se acerca a la inexistencia.

Comparación entre Kinovea y OpenSim

Se utilizó el software de OpenSim para ver la comparación de la obtención de datos. El software de Kinovea toma el ángulo inicial de la pose neutra para la cadera y rodilla de 180°, mientras que el ángulo inicial del tobillo se toma como 90°. Mientras que en OpenSim, el valor inicial del ángulo de la pose neutra de cada ejercicio es de 0 grados, para que los grados estuvieran en el mismo cuadrante del plano cartesiano valor se les restó 180° a los resultados de cadera y rodilla, y se le restó 90° a los resultados de los tobillos de lo obtenido en OpenSim para hacer la comparación con Kinovea. Se hizo la comparación del sujeto 9 en los dos programas.

Tabla 17 - Comparación entre ángulos obtenidos por Opensim VS. Kinovea

Ejercicio en OpenSim										
Sentadilla Profunda			Desplante en línea					Paso de valla		
R. D	C.D	T. D	R. D	C.D	T. D	T. I	R. I	R. D	C.D	R. I
70.54	72.84	56.47	57.95	94.84	41.86	54.78	66.84	76.40	74.76	71.625

Ejercicio en Kinovea										
Sentadilla Profunda			Desplante en línea					Paso de valla		
R. D	C.D	T. D	R. D	C.D	T. D	T. I	R. I	R. D	C.D	R. I
89.39	82.32	61.4012413	60.77	102.43	53.73	53.71	71.27	91.90	88.43	88.30

Porcentaje de error										
Sentadilla Profunda			Desplante en línea					Paso de valla		
R. D	C.D	T. D	R. D	C.D	T. D	T. I	R. I	R. D	C.D	R. I
21.09	11.51	8.02	4.63	7.41	22.09	2.01	6.22	16.87	15.46	18.88

Fuente: (Elaboración Propia).

Nota: R.D = Rodilla Derecha, C.D= Cadera Derecha, T.D = Tobillo Derecho, R.I = Rodilla Izquierda, T.I = Tobillo izquierdo, y C.I = cadera izquierda.

5.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se aplicó la prueba FMS a los estudiantes del campus para extraer los ángulos de las articulaciones con el fin de asignar rangos angulares a cada puntuación del FMS. Los resultados de este estudio muestran una relación entre la evaluación visual de los movimientos funcionales y la evaluación basada en los parámetros medidos con Kinovea. Esto sugiere que los profesionales de la salud y los entrenadores pueden utilizar la evaluación visual como una herramienta para identificar posibles problemas en los patrones de movimiento. Sin embargo, es importante reconocer que la evaluación visual tiene limitaciones inherentes. La subjetividad del evaluador y la posibilidad de sesgos pueden influir en los resultados. Además, la evaluación visual no proporciona datos cuantitativos precisos sobre los movimientos, lo que puede limitar su utilidad en la identificación de deficiencias específicas.

La evaluación visual y la evaluación basada en Kinovea pueden complementarse mutuamente. La evaluación visual es una herramienta rápida y útil para detectar problemas evidentes en los patrones de movimiento, mientras que la evaluación a través de Kinovea proporciona información detallada para un análisis más profundo y el seguimiento a largo plazo. Los profesionales de salud y los entrenadores pueden hacer una combinación de ambos enfoques para la evaluación en atletas.

Al comparar los resultados obtenidos de FMS de los participantes de diferentes deportes, no existe una diferencia significativa en proporción a los resultados. Lo cual indica que la calidad del movimiento funcional no está ligada a una disciplina deportiva específica, sino que es una característica individual de cada participante. La diferencia de los valores obtenidos en cada ejercicio se relaciona a otros factores como la genética, la historia de lesiones, la movilidad y la fuerza individuales, pueden influir en la forma en que una persona realiza movimientos funcionales, independientemente del deporte que practique. Esto resalta la importancia de evaluar la calidad del movimiento de manera individualizada, reconociendo que las necesidades y limitaciones pueden variar de una persona a otra, incluso dentro del mismo deporte.

En una investigación de González Fimbres et al., 2015 se aplicó la prueba FMS a 46 individuos, participantes en equipos de voleibol, fútbol, básquetbol y taekwondo. Se definió que puntuaciones menores a 14 representan riesgo a lesión, mientras que una puntuación superior de este valor indica menor riesgo para los deportistas. Un 19.5% de los participantes presentó dolor al momento de ejecutar los movimientos. Los resultados obtenidos indicaron que estos deportistas con dolor y puntuación menor de 14 sean suspendidos de las actividades y que sus entrenadores les brinden entrenamientos funcionales para mejorar sus puntuaciones.

En un estudio realizado por Moreta, 2021 indica que la cadera presenta mayor desviación estándar en comparación con la rodilla y tobillo en la sentadilla profunda, el desplante en línea y la elevación activa de la pierna recta. En el paso de valla, la mayor desviación estándar se encuentra en el tobillo derecho y seguidamente la cadera. Lo que dice esto es que en la investigación los ángulos de la cadera son más dispersos, hay una mayor variabilidad en los ángulos de la articulación entre los individuos. La variabilidad puede deberse a razones como diferencias individuales en la anatomía, la técnica de movimiento, la fuerza muscular o incluso lesiones previas.

Los futbolistas del campus de UNITEC San Pedro Sula no presentaron ningún tipo de dolor al momento de realizar los ejercicios solicitados. Al aplicar únicamente cuatro ejercicios, la puntuación de corte fue 8. El puntaje entre los futbolistas varió entre 6 y 10 puntos. De los siete participantes del equipo de fútbol, el 43% obtuvo una puntuación inferior de 8, mientras que el restante 57% lo superó, indicando bajas posibilidades de lesionarse en sus prácticas deportivas.

En un estudio realizado por (Alfonso-Mora et al., 2017) se tomaron 36 futbolistas universitarios de para aplicar la prueba FMS, la cual fue evaluada por cuatro fisioterapeutas para calificar el desempeño de cada jugador. La puntuación de corte se estableció en 14, en el cual los puntajes inferiores indicaban un riesgo de lesión. Las calificaciones variaron entre 12 y 19 puntos, y el 29% de los participantes obtuvo una puntuación menor a 14, mientras que el 71% superó este umbral, sugiriendo un bajo riesgo de lesión.

La correlación de las variables proporcionó información sobre las posibles relaciones entre los factores estudiados. En este caso, se tomó la correlación entre la edad, talla, peso y el índice de masa corporal (IMC) con los resultados de la prueba FMS. Se observaron correlaciones débiles entre los resultados obtenidos de la prueba FMS con las variables sociodemográficas. No se encontraron diferencias significativas en los niveles de flexibilidad y rangos de movimiento entre grupos sociodemográficos. Estas diferencias pueden deberse a factores sociodemográficos como la edad, el género y el nivel de experiencia deportiva.

En otro estudio realizado a escolares chilenos se utilizó la prueba de correlación de Spearman y Pearson para observar la relación que existe entre las variables antropométricas con resultados de la prueba FMS. La investigación encontró una relación positiva entre la estatura y la puntuación total del FMS (0.62; $p < 0.01$). Por lo tanto, se concluyó que existe una relación positiva entre la estatura con la calidad de movimientos fundamentales. Asimismo, las variables de porcentaje de grasa corporal y el índice cintura-cadera presentan una relación negativa con algunas pruebas del FMS (Lavados et al., 2021).

Finalmente, al comparar el uso de sistema de OpenSim con Kinovea, se obtiene de resultados que en los ángulos del tobillo derecho se encuentra el mayor porcentaje de error, de 22.09%, mientras que en los ángulos de las rodillas se muestra el menor porcentaje de error, con un promedio de 14.20% entre los tres ejercicios analizados. Cabe mencionar que el ejercicio de elevación de pierna recta activa no puede ser captado por el software de OpenSim, por ende, no puede ser comparado. Estos porcentajes de error determinan que se deben de hacer más pruebas entre ambos softwares para comprobar que resultados son más precisos.

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados de la evaluación basada en Kinovea proporcionan datos cuantitativos precisos sobre los ángulos de movimiento. De esta manera los evaluadores pueden

utilizar los ángulos proporcionados como una herramienta objetiva para asignar calificaciones al evaluar la calidad del movimiento de los participantes. Los datos cuantificables no solo facilitan la evaluación inicial, sino que también puede servir como una referencia para el seguimiento y la mejora a lo largo del tiempo. Al monitorear los cambios en los ángulos de las articulaciones, los evaluadores pueden identificar progresos o áreas que necesiten atención específica en el programa de entrenamiento o rehabilitación de cada persona.

2. La aplicación de la prueba FMS proporcionó información sobre sus niveles de movilidad y calidad de movimiento funcional. Los resultados revelaron una amplia variedad en los valores angulares de las articulaciones, indicando la presencia de limitaciones o desequilibrios en el movimiento de algunos participantes. Al obtener los resultados de FMS, no se encontraron diferencias entre los participantes de diferentes disciplinas deportivas, indicando que la calidad del movimiento funcional es una característica individual y no está determinada por el deporte practicado. Factores como la genética, historial de lesiones movilidad y fuerza individuales influyen en la forma en que una persona ejecuta un movimiento. Por esta razón, al momento de aplicar la prueba se evalúa la calidad del movimiento de manera personalizada, reconociendo que las necesidades y limitaciones pueden variar entre individuos, incluso dentro del mismo deporte.
3. La evaluación realizada con Kinovea complementa la evaluación visual de los movimientos funcionales. Los profesionales de la salud y entrenadores pueden aplicar la evaluación visual como una herramienta inicial útil para identificar posibles problemas en los patrones de movimiento de los participantes. Sin embargo, la evaluación de Kinovea proporciona datos cuantitativos precisos sobre los ángulos de movimiento, lo que la convierte en una herramienta objetiva para asignar calificaciones al evaluar la calidad del movimiento. Estos datos cuantificables no solo facilitan la evaluación inicial, sino que también sirven como referencia para el seguimiento y la mejora a lo largo del tiempo. Al monitorear los cambios en los ángulos de las articulaciones, los evaluadores pueden

identificar progresos y áreas que requieran atención específica en los programas de entrenamiento o rehabilitación de los participantes.

4. El coeficiente de correlación de Pearson se empleó para explorar las relaciones entre las variables sociodemográficas, la edad, la talla, el peso y el índice de masa corporal (IMC), en relación con los resultados de la prueba FMS. Los resultados revelaron correlaciones positivas, aunque débiles entre estas variables. Las correlaciones positivas indican que cuando una variable aumenta, la otra tiende a aumentar también. Sin embargo, es importante destacar que, en este estudio, aunque se observa una tendencia positiva, esta relación no es particularmente fuerte ni significativa. Las variables sociodemográficas no pueden ser consideradas como indicadores predictivos de los resultados de FMS, ya que no existe una relación lineal evidente. La falta de correlación indicó que pueden existir otros factores y aspectos que pueden influenciar en la relación entre estas variables.
5. Finalmente, al comparar el procesamiento de los videos en los softwares de OpenSim y Kinovea del sujeto #9, se calculó un porcentaje de error máximo de 22.09% y un mínimo de 2.01% entre los ángulos obtenidos por 3 ejercicios de los 4 evaluados de la valoración FMS. La articulación con menor variación de resultados de ángulos en este caso es la rodilla, mientras que la cadera y tobillo tienen un porcentaje de error usualmente mayor que 10%. Esto indica que se deben de hacer más estudios para comprobar cual software podría ofrecer resultados más precisos, dependiendo de su uso y aplicación, pero el software que puede hacer el análisis completo de la valoración FMS de la movilidad y estabilidad del tronco o hombros sería Kinovea.

VII. RECOMENDACIONES

El estudio se basó en una muestra de 22 estudiantes y en la evaluación un único experto en FMS, por lo tanto, los datos obtenidos proporcionan información sobre el comportamiento de este grupo específico de individuos. Para mejorar la precisión del rango de los ángulos medidos, es crucial llevar a cabo un estudio más exhaustivo, con un mayor número de participantes y la participación de múltiples evaluadores expertos. Esta expansión en la muestra y la diversidad de evaluadores permitirán obtener rangos más precisos y reducir la variabilidad en las mediciones. Como resultado, los hallazgos serán más sólidos y aplicables a una gama más amplia de individuos, mejorando así la validez y la utilidad de la investigación en el contexto de las mediciones de ángulos en la Valoración Funcional del Movimiento.

Dado que hubo limitaciones en cuanto a las herramientas necesarias para llevar a cabo la aplicación de la prueba FMS en esta investigación, se adaptó el escenario experimental de manera que las pruebas se realizaran de la manera más cercana posible a las recomendaciones de los evaluadores expertos en FMS. Sin embargo, se sugiere que en futuras investigaciones se considere la utilización del Kit de prueba FMS, ya que esto contribuirá a mejorar la precisión y la exactitud en la recopilación de datos. Esto garantizará que los resultados obtenidos sean aún más fiables y representativos de la prueba FMS en su forma estándar.

VIII. APLICABILIDAD / IMPLEMENTACIÓN

Kinovea es una herramienta que proporciona una visión detallada de los movimientos corporales, lo que resulta fundamental para entrenadores, terapeutas y atletas. Los hallazgos de dicho análisis pueden ser utilizados para identificar áreas de mejora en la técnica deportiva, ayudando así a los atletas a perfeccionar sus movimientos y reducir el riesgo de lesiones. Además, en el ámbito de la rehabilitación, el análisis biomecánico con Kinovea puede guiar la terapia al ofrecer información precisa sobre los patrones de movimiento y la alineación corporal, lo que facilita la recuperación de lesiones y la restauración de la función física óptima. Al implementar Kinovea en los análisis

biomecánicos, se brinda a posibilidad de que los entrenadores cuenten con una herramienta útil con la capacidad de evaluar el movimiento funcional de los atletas.

Con Kinovea se permite una evaluación detallada de los movimientos funcionales que se evalúan en la FMS, permitiendo una medición más precisa de los ángulos articulares. Esta capacidad de medición más detallada complementa de manera significativa la evaluación visual. Al proponer rangos específicos de ángulos articulares asociados a cada puntuación del FMS, se simplifica la evaluación de la calidad del movimiento en los atletas. Este enfoque brinda una visión más completa y objetiva de la capacidad de movimiento, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas correctivas específicas para mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones.

IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL / TRABAJO FUTUROS

Mediante la investigación realizada, se ha establecido el vínculo existente entre Kinovea y la prueba FMS. Sin embargo, para lograr una comprensión más completa de la biomecánica deportiva, es esencial considerar algunas mejoras en investigaciones futuras. Una de estas mejoras radica en la ampliación del tamaño de la muestra, lo que podría aumentar la precisión de los datos recopilados. Asimismo, la incorporación de un mayor número de evaluadores podría mejorar aún más el análisis al proporcionar diversas perspectivas y opiniones expertas. Estas medidas ayudarían a consolidar y fortalecer la validez de los resultados, así como a ofrecer una visualización más completa de la relación entre Kinovea y la prueba FMS en el contexto de la biomecánica deportiva.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alfonso-Mora, M. L., López Rodríguez, L. M., Rodríguez Velasco, C. F., & Romero Mazuera, J. A. (2017). Reproducibilidad del test Functional Movement Screen en futbolistas aficionados. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10(2), 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.07.001>
2. Annan, A. (2021). *El Functional Movement Screen (FMS), factores de riesgo y lesiones en deportistas* [bachelorThesis]. <https://rid.ugr.edu.ar/handle/20.500.14125/256>
3. Ciro, J. A. O., Rodríguez, M. P. C., V, E. A., Giraldo, S. P., & Ching, I. C. G. (2007). Lesiones deportivas. *Iatreia*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.4396>
4. Coleman, N. (2019). Sports Injuries. *Pediatrics in Review*, 40(6), 278-290. <https://doi.org/10.1542/pir.2018-0221>
5. Cossio-Bolaños, M. A., & Arruda, M. de. (2009). Aplicaciones de la biomecánica al fútbol. *Revista Educación Física Chile*, 268, Article 268. <http://revistas.umce.cl/index.php/refc/article/view/2114>
6. Educación Física HN. (2017, septiembre 29). Historia del Voleibol en Honduras. *Educación Física hn*. <https://www.educacionfisicahn.com/2017/09/historia-del-voleibol-en-honduras.html>
7. *Federación Nacional de Fútbol de Honduras*. (2023). Fenafuth. <https://fenafuth.org.hn/>
8. Frisch, A., Croisier, J.-L., Urhausen, A., Seil, R., & Theisen, D. (2009). Injuries, risk factors and prevention initiatives in youth sport. *British Medical Bulletin*, 92, 95-121. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldp034>
9. González Fimbres, R. A., Griego Amaya, H., & Porras Hoyos, A. A. (2015). Proporción de resultados del FMS™ entre distintas disciplinas deportivas en atletas universitarios. *Revista de Ciencias Del Ejercicio FOD*, 10(10), Article 10.
10. Haag, H., Keskinen, K., & Talbot, M. (2016). *Directorio de Ciencias del Deporte*, 6ª edición | *International Council of Sport Science and Physical Education*. <https://www.icsspe.org/es/content/directorio-de-ciencias-del-deporte-6%C2%AA-edici%C3%B3n>
11. Huffington, E. T. (2019). *FUNCTIONAL MOVEMENT SYSTEM (FMS) Y LA PREDICCIÓN DE LESIONES EN DEPORTISTAS*.

12. INEGI (Ed.). (2021). ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA INTERNACIONAL DEL DEPORTE PARA EL DESARROLLO Y LA PAZ. *COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 197/21*, 1.
13. *Infografía: ¿Cuántos atletas latinoamericanos competirán en Beijing 2022?* (2022, febrero 4). Statista Daily Data. <https://es.statista.com/grafico/26766/numero-de-atletas-latinoamericanos-en-los-juegos-olimpicos-de-invierno-beijing-2022>
14. Kinovea. (s. f.). Recuperado 26 de octubre de 2023, de <https://www.kinovea.org/>
15. Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., & Rodríguez, J. E. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: Definición, propiedades y suposiciones*. 37.
16. Lavados, F. M., Naiman, V. P., Concha, C. P., Uarac, M. A. M., Correa, M. S.-M., & Burgos, R. G. (2021). Asociación entre variables antropométricas y calidad de movimientos fundamentales en una muestra de escolares chilenos entre 12 y 14 años (Association between anthropometric variables and quality of fundamental movements in a sample of Chilean schoolchil. *Retos*, 40, 359-364. <https://doi.org/10.47197/retos.v1i40.81775>
17. Lees, A., Asai, T., Andersen, T. B., Nunome, H., & Sterzing, T. (2010). The biomechanics of kicking in soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 28(8), 805-817. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.481305>
18. Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 211-234. <https://doi.org/10.1080/026404198366740>
19. Lin, C. Y., Casey, E., Herman, D. C., Katz, N., & Tenforde, A. S. (2018). Sex Differences in Common Sports Injuries. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 10(10), 1073-1082. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.03.008>
20. Lluch Fruns, J. (2012). *Análisis de imágenes: Aplicación de Kinovea en podología*. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/122247>
21. Maffulli, N., Longo, U. G., Spiezia, F., & Denaro, V. (2010). Sports Injuries in Young Athletes: Long-Term Outcome and Prevention Strategies. *The Physician and Sportsmedicine*, 38(2), 29-34. <https://doi.org/10.3810/psm.2010.06.1780>
22. Martínez, L. C. (2008). Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 43(157), 30-40. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(08\)70066-5](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(08)70066-5)

23. Ministerio del Deporte. (2016a). *Política Nacional de Actividad Física y Deporte 2016-2025*. <https://5aldia.cl/wp-content/uploads/2018/04/POLITICA-ACT-FISICA.pdf>
24. Ministerio del Deporte (Ed.). (2016b). *Política Nacional de Actividad Física y Deporte 2016-2025. primer*. <https://5aldia.cl/wp-content/uploads/2018/04/POLITICA-ACT-FISICA.pdf>
25. Mocha Bonilla, J. A. (2012). *El uso del kinovea (software de video análisis del movimiento) como herramienta para el desarrollo de los fundamentos técnicos individuales de los basquetbolistas juveniles del club importadora alvarado* [bachelorThesis]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/2666>
26. Moreno Pascual, C., Rodríguez Pérez, V., & Seco Calvo, J. (2008). Epidemiología de las lesiones deportivas. *Fisioterapia*, 30(1), 40-48. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(08\)72954-7](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(08)72954-7)
27. Moreta, J. (2021). *La biomecánica y los patrones de movimientos fundamentales* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación-Carrera de Pedagogía de la Actividad Física y Deporte]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/33791>
28. Pavón, L. (2019, diciembre 6). *Historia deportiva en Honduras*. <https://www.deportestvc.com/otros-deportes/historia-deportiva-en-honduras-deportes-mas-practicados-e-importantes-del-pais-2023-02-14>
29. Peña, J., Gil-Puga, B., Piedra, A., Altarriba-Bartés, A., Loscos-Fàbregas, E., Chulvi-Medrano, I., Casals, M., & García-de-Alcaraz, A. (2023). Epidemiología y factores de riesgo en chicas jóvenes deportistas: Baloncesto, fútbol y voleibol. *Apunts. Educación física y deportes*, 2(152), Article 152. <https://doi.org/10.5672/apunts.2014->
30. Plais, N., Salzmann, S. N., Shue, J., Sanchez, C. D., Urraza, F. J., & Girardi, F. P. (2019). Spine Injuries in Soccer. *Current Sports Medicine Reports*, 18(10), 367-373. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000638>
31. Rosas, R. (2011). *Lesiones Deportivas: Clínica y Tratamiento*. 30(3), 36-42.
32. Santos, D. A. N., Eiras, F. G. M., Gonet, D. T., Robalinho, M. J. de A., & Vasconcellos, F. V. do A. (2021). Relationship between functional movement screen and physical performance in elite young soccer players. *Revista Brasileira de Fisiologia Do Exercício*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.33233/rbfex.v20i2.4313>

33. Shojaedin, S. S., Letafatkar, A., Hadadnezhad, M., & Dehkhoda, M. R. (2014). Relationship between functional movement screening score and history of injury and identifying the predictive value of the FMS for injury. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 21(4), 355-360.
<https://doi.org/10.1080/17457300.2013.833942>
34. Silva, G. C. da, Aldenucci, B. G., & Filho, F. A. K. (2021). ANALISE DO FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN EM ATLETAS DE FUTEBOL AMERICANO FEMININO AMADOR. *Revista UNIANDRADE*, 22(3). <https://doi.org/10.5935/revuniandrade.v22i3.1213>
35. Struzik, A., Pietraszewski, B., & Zawadzki, J. (2014). Biomechanical analysis of the jump shot in basketball. *Journal of Human Kinetics*, 42, 73-79. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0062>
36. Suarez, G. R. (2009). *Biomecánica Deportiva y Control del Entrenamiento*.
37. Ueblacker, P., Haensel, L., & Mueller-Wohlfahrt, H.-W. (2016). Treatment of muscle injuries in football. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2329-2337.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1252849>
38. UNITEC. (2023). *Programa de deportes*. <https://www.unitec.edu/programa-de-deportes>
39. Warren, M., Lininger, M. R., Chimera, N. J., & Smith, C. A. (2018). Utility of FMS to understand injury incidence in sports: Current perspectives. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 9, 171-182. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S149139>
- Zheng, N., & Barrentine, S. W. (2000). Biomechanics and motion analysis applied to sports. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 11(2), 309-322.
40. Tilp, M. (2017). The biomechanics of volleyball. *Handbook of sports medicine and science: volleyball*, 29-37.
41. Wagner, E. A. (1982). Sport Participation in Latin America. *International Review of Sport Sociology*, 17(2), 29-39.
42. Alabarces, P. (2009). El deporte en América Latina. *Razón y palabra*, (69), 1-19.
43. Arbena, J. L., & LaFrance, D. G. (Eds.). (2002). *Sport in Latin America and the Caribbean*. Rowman & Littlefield Publishers
44. Nahuel, L. O. J. (2023). FMS valoración funcional del movimiento. *Mundo Entrenamiento*. <https://mundoentrenamiento.com/fms-valoracion-funcional-del-movimiento/>

IX. ANEXOS

En esta sección, se presenta una variedad de información que enriquece y respalda el contenido principal de este documento. Estos anexos abarcan desde datos estadísticos y gráficos hasta ejemplos concretos y fuentes de referencia adicionales, lo que permite profundizar en los aspectos específicos de la temática tratada en la investigación. A través de estos anexos, se busca proporcionar una visión más completa del tema, ofreciendo la oportunidad de explorar en detalle los datos y recursos relacionados con la materia en cuestión.

Anexo 1- Formato Functional Movement Screen (FMS).

Nombre:				
Prueba	Puntuación Parcial		Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados				
Paso de valla	D			
	I			
Zancada en línea	D			
	I			
Elevación activa con la pierna recta	D			
	I			
Total				

Fuente: (Elaboración Propia).

A continuación, se presentan los resultados de cada individuo que fue sometido a realizar los ejercicios de la prueba FMS, dividido según cada deporte.

Anexo 2- Puntuaciones obtenidas de los participantes de fútbol.

Fútbol			
Nombre:	Sujeto 3		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	1	1	
Paso de valla	D	3	3
	I	3	
Zancada en línea	D	1	1
	I	1	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	7		

Nombre:	Sujeto 13		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	3	3
	I	3	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	3	3
	I	3	
Total	10		

Nombre:	Sujeto 8		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	1	1	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	1	1
	I	1	
Total	6		

Nombre:	Sujeto 17		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	3	3
	I	3	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	9		

Nombre:	Sujeto 11		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	1	1	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	1	1
	I	1	
Total	6		

Nombre:	Sujeto 7		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	1	1
	I	1	
Total	7		

Nombre:	Sujeto 10		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	8		

Fuente: (Elaboración Propia).

Anexo 3- Puntuaciones obtenidas de los participantes de voleibol.

Voleibol			
Nombre:	Sujeto 18		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	8		

Nombre:	Sujeto 6		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	1	1	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	3	3
	I	3	
Total	8		

Nombre:	Sujeto 20		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	3	3	
Paso de valla	D	3	3
	I	3	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	1	1
	I	1	
Total	9		

Nombre:	Sujeto 5		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	3	3	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	2	2
	I	2	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	9		

Nombre:	Sujeto 2		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	1	1	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	1	1
	I	1	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	6		

Nombre:	Sujeto 15		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	3	3
	I	3	
Elevación activa con la pierna recta	D	1	1
	I	1	
Total	8		

Nombre:	Sujeto 21		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	2	2
	I	2	
Zancada en línea	D	3	3
	I	3	
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2
	I	2	
Total	9		

Nombre:	Sujeto 22		
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones
Sentadilla con brazos estirados	2	2	
Paso de valla	D	3	3
	I	3	
Zancada en línea	D	3	3
	I	3	
Elevación activa con la pierna recta	D	3	3
	I	3	
Total	11		

Fuente: (Elaboración Propia).

Anexo 4- Puntuaciones obtenidas de los participantes de básquetbol.

Basquetbol									
Nombre:		Sujeto 9				Nombre:		Sujeto 1	
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones	Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones		
Sentadilla con brazos estirados	2	2		Sentadilla con brazos estirados	1	1			
Paso de valla	D	2	2	Paso de valla	D	2	2		
	I	2			I	2			
Zancada en línea	D	2	2	Zancada en línea	D	2	2		
	I	2			I	2			
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2	Elevación activa con la pierna recta	D	1	1		
	I	2			I	1			
Total	8			Total	6				

Nombre:		Sujeto 12			
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones		
Sentadilla con brazos estirados	2	2			
Paso de valla	D	2	2		
	I	2			
Zancada en línea	D	2	2		
	I	2			
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2		
	I	2			
Total	8				

Nombre:		Sujeto 16			
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones		
Sentadilla con brazos estirados	2	2			
Paso de valla	D	2	2		
	I	2			
Zancada en línea	D	3	3		
	I	3			
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2		
	I	2			
Total	9				

Nombre:		Sujeto 19			
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones		
Sentadilla con brazos estirados	2	2			
Paso de valla	D	2	2		
	I	2			
Zancada en línea	D	2	2		
	I	2			
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2		
	I	2			
Total	8				

Nombre:		Sujeto 14			
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones		
Sentadilla con brazos estirados	2	2			
Paso de valla	D	2	2		
	I	2			
Zancada en línea	D	2	2		
	I	2			
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2		
	I	2			
Total	8				

Nombre:		Sujeto 4			
Prueba	Puntuación Parcial	Puntuación Final	Observaciones		
Sentadilla con brazos estirados	2	2			
Paso de valla	D	2	2		
	I	2			
Zancada en línea	D	2	2		
	I	2			
Elevación activa con la pierna recta	D	2	2		
	I	2			
Total	8				

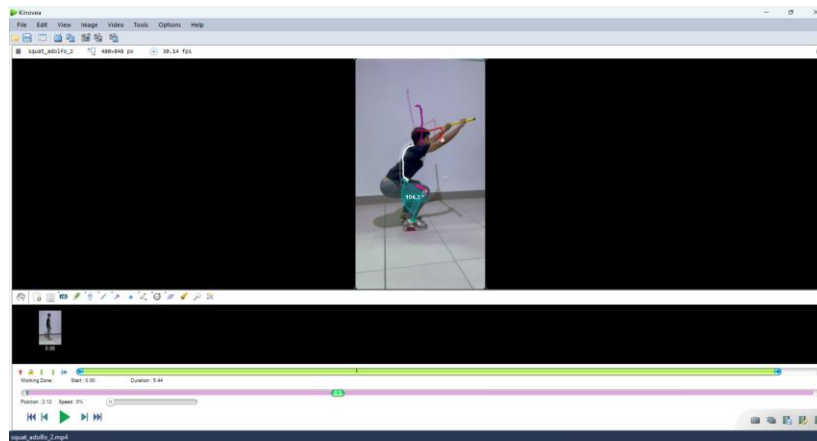
Fuente: (Elaboración Propia).

Anexo 5- Aplicación de la Valoración Funcional del Movimiento (FMS).



Fuente: (Elaboración Propia).

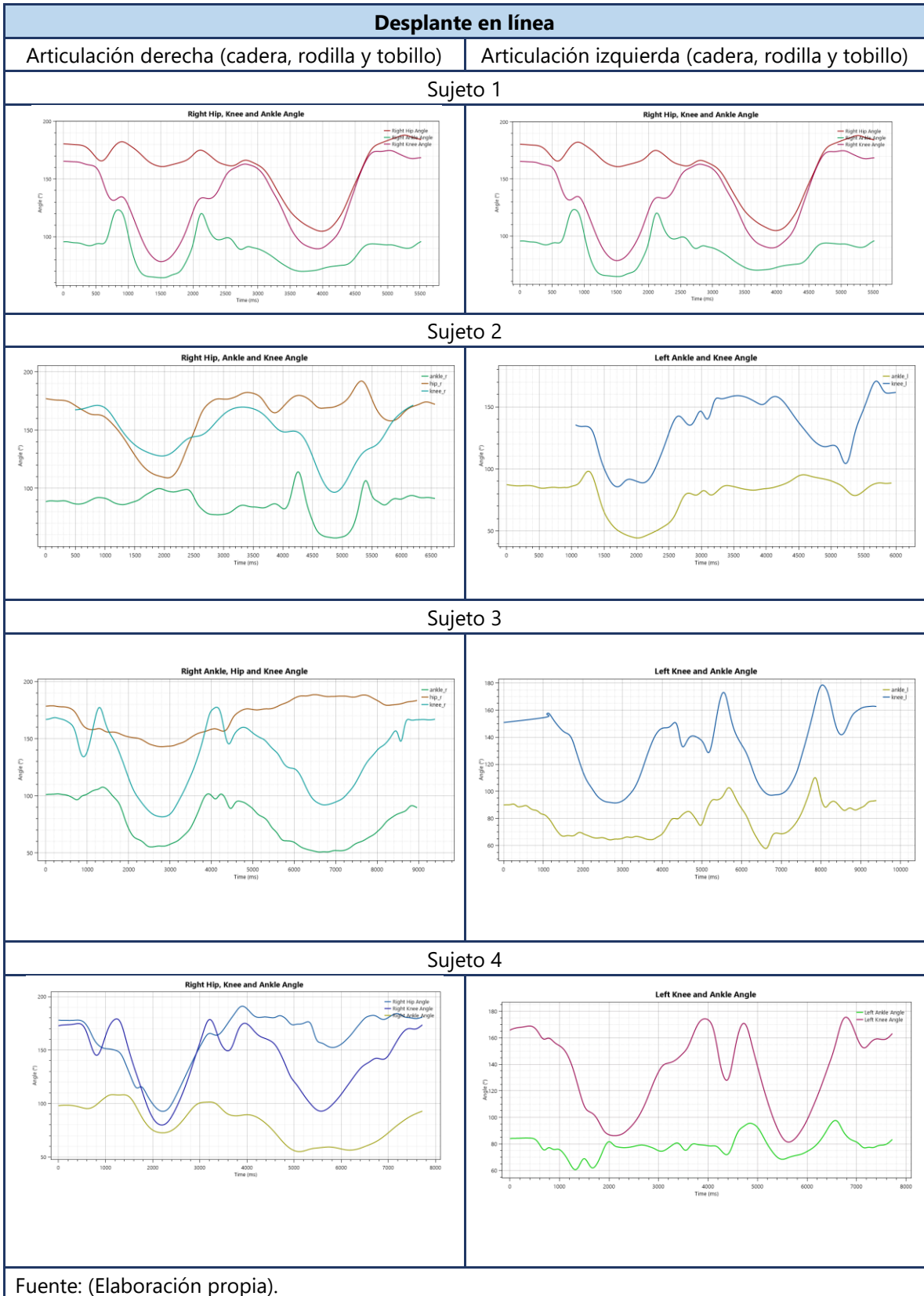
Anexo 6- Edición de video en Kinovea.



Fuente: (Elaboración Propia).

A continuación, se muestran los gráficos que representan la cinemática angular de cada participante mientras realiza la ejecución de cada ejercicio solicitado. De las gráficas se extrajeron todos los puntos de los ángulos de la rodilla a través del tiempo en el que se realiza cada ejercicio. Con estos datos se realizó un análisis estadístico descriptivo para obtener promedios, los puntos máximos y mínimos, desviación estándar, la asimetría, entre otros.

Anexo 7- Gráficas de desplante en línea.

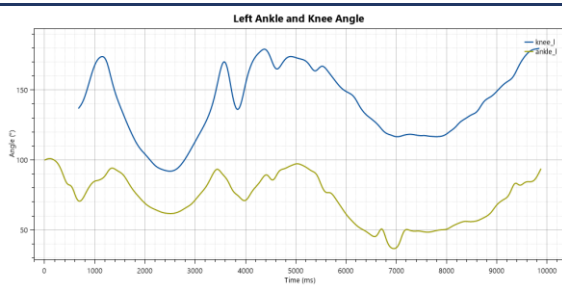
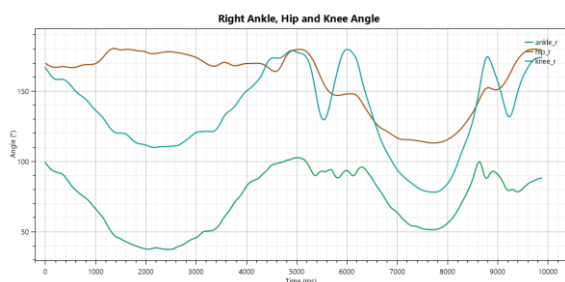


Desplante en línea

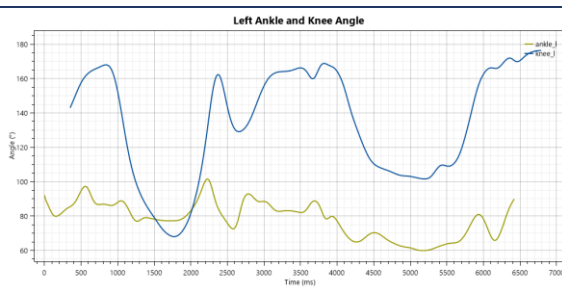
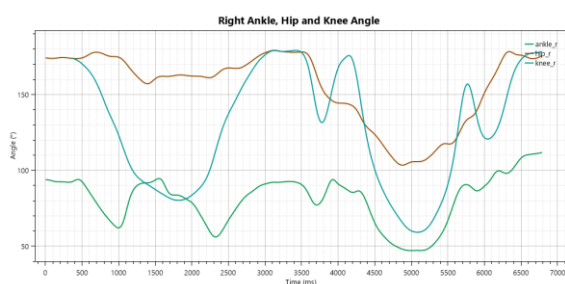
Articulación derecha (cadera, rodilla y tobillo)

Articulación izquierda (cadera, rodilla y tobillo)

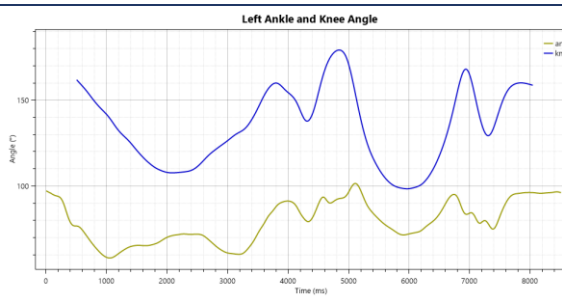
Sujeto 5



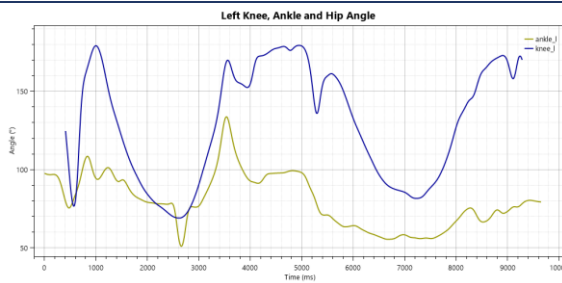
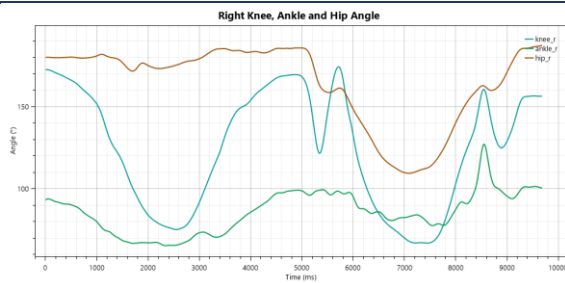
Sujeto 6



Sujeto 7



Sujeto 8



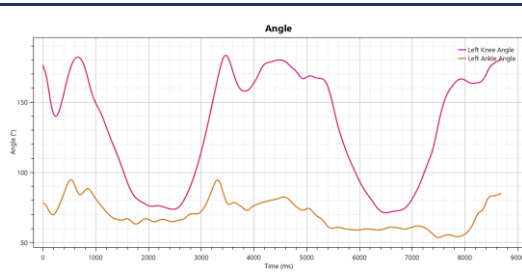
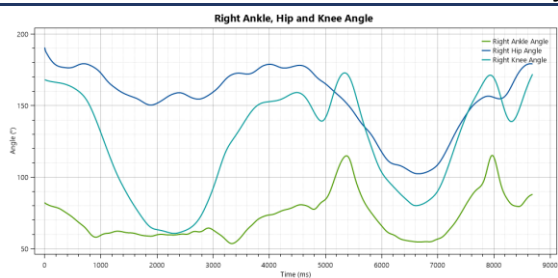
Fuente: (Elaboración propia).

Desplante en línea

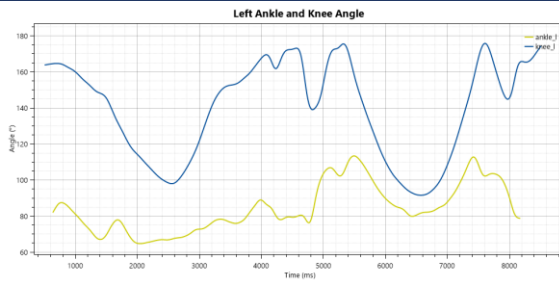
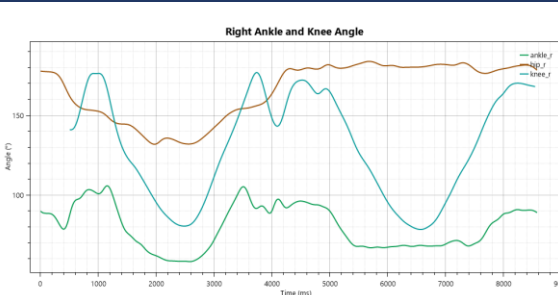
Articulación derecha (cadera, rodilla y tobillo)

Articulación izquierda (cadera, rodilla y tobillo)

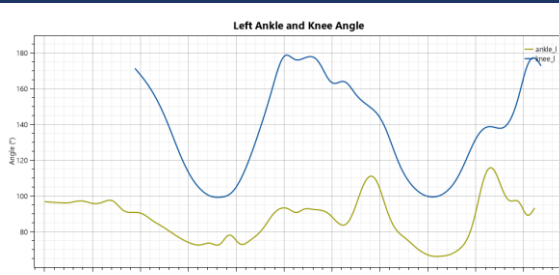
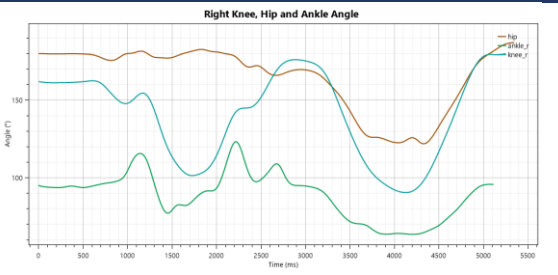
Sujeto 9



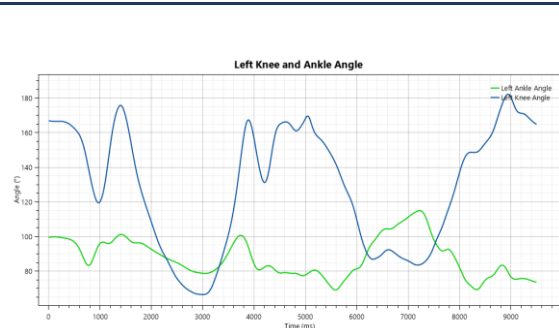
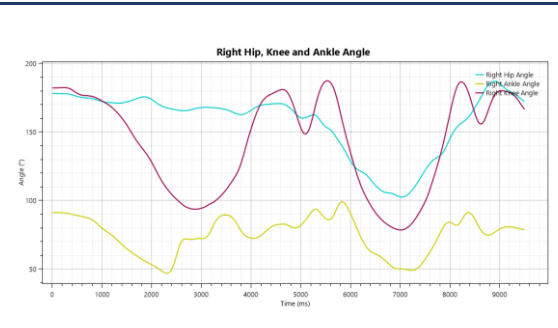
Sujeto 10



Sujeto 11



Sujeto 12



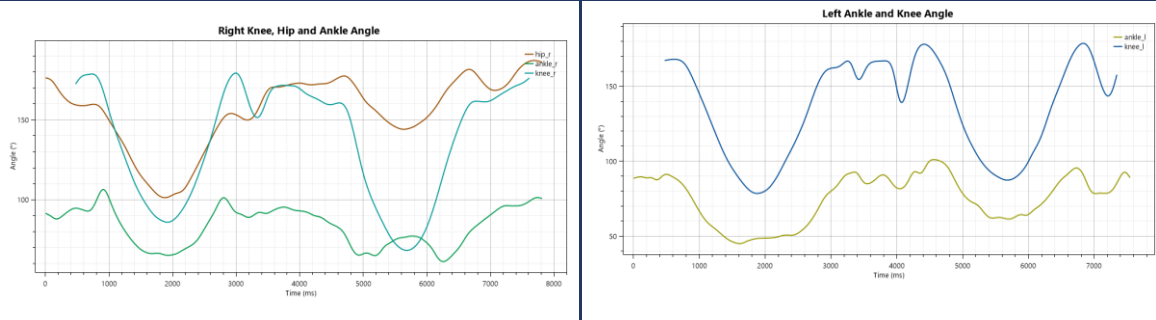
Fuente: (Elaboración propia).

Desplante en línea

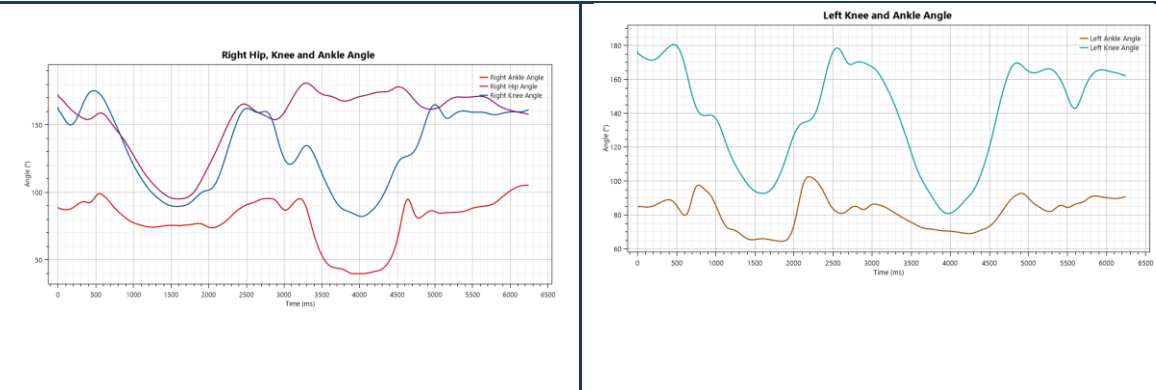
Articulación derecha (cadera, rodilla y tobillo)

Articulación izquierda (cadera, rodilla y tobillo)

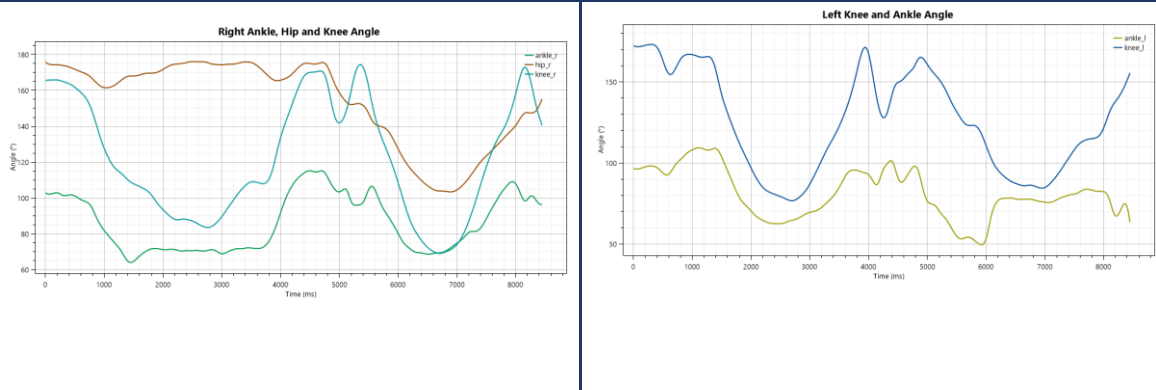
Sujeto 13



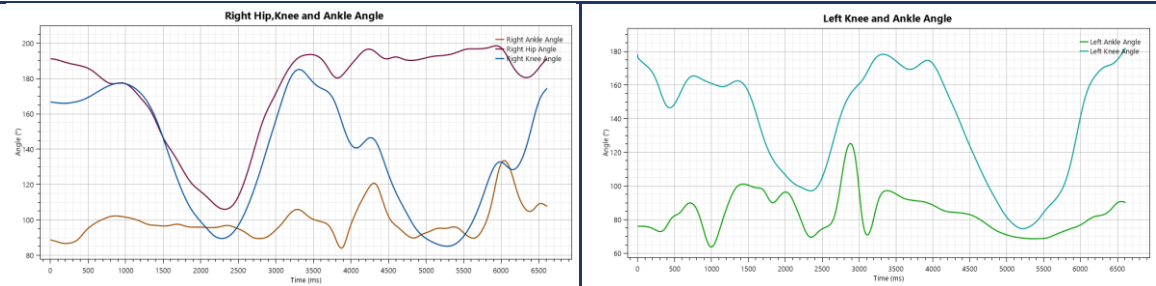
Sujeto 14



Sujeto 15



Sujeto 16



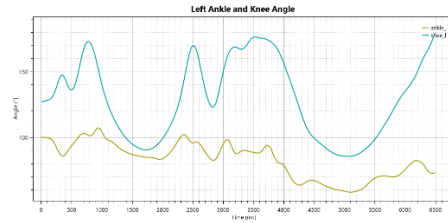
Fuente: (Elaboración propia).

Desplante en línea

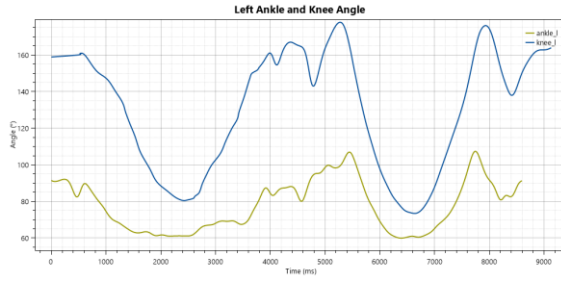
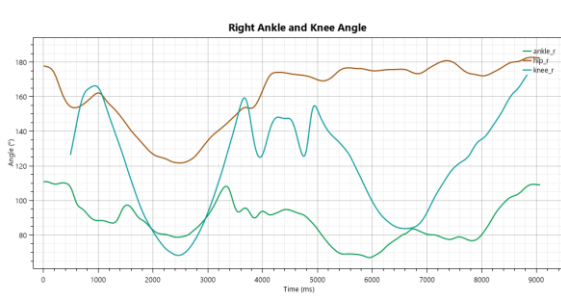
Articulación derecha (cadera, rodilla y tobillo)

Articulación izquierda (cadera, rodilla y tobillo)

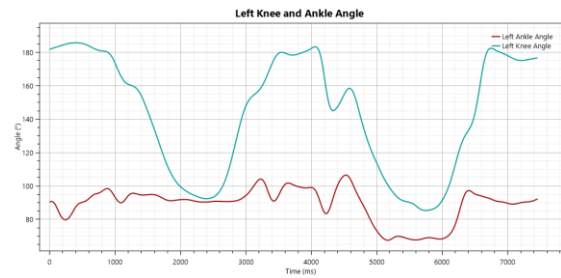
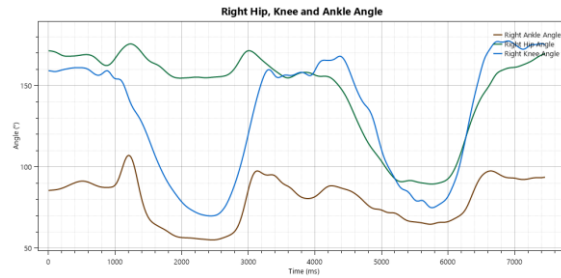
Sujeto 17



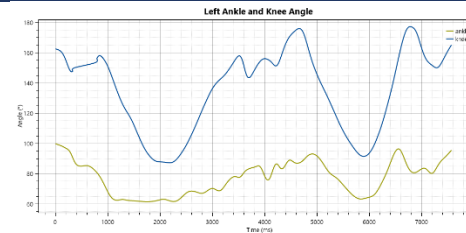
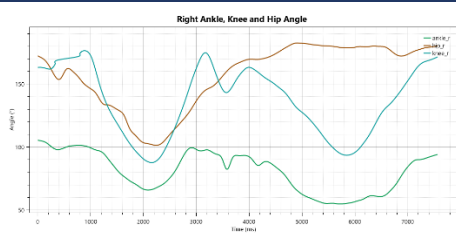
Sujeto 18



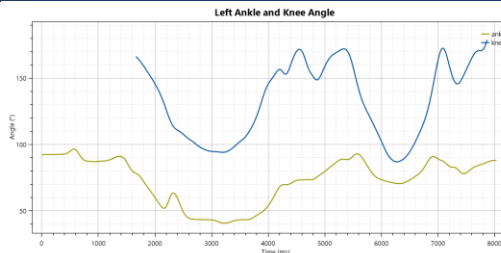
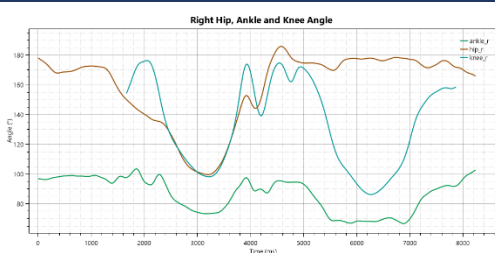
Sujeto 19



Sujeto 20

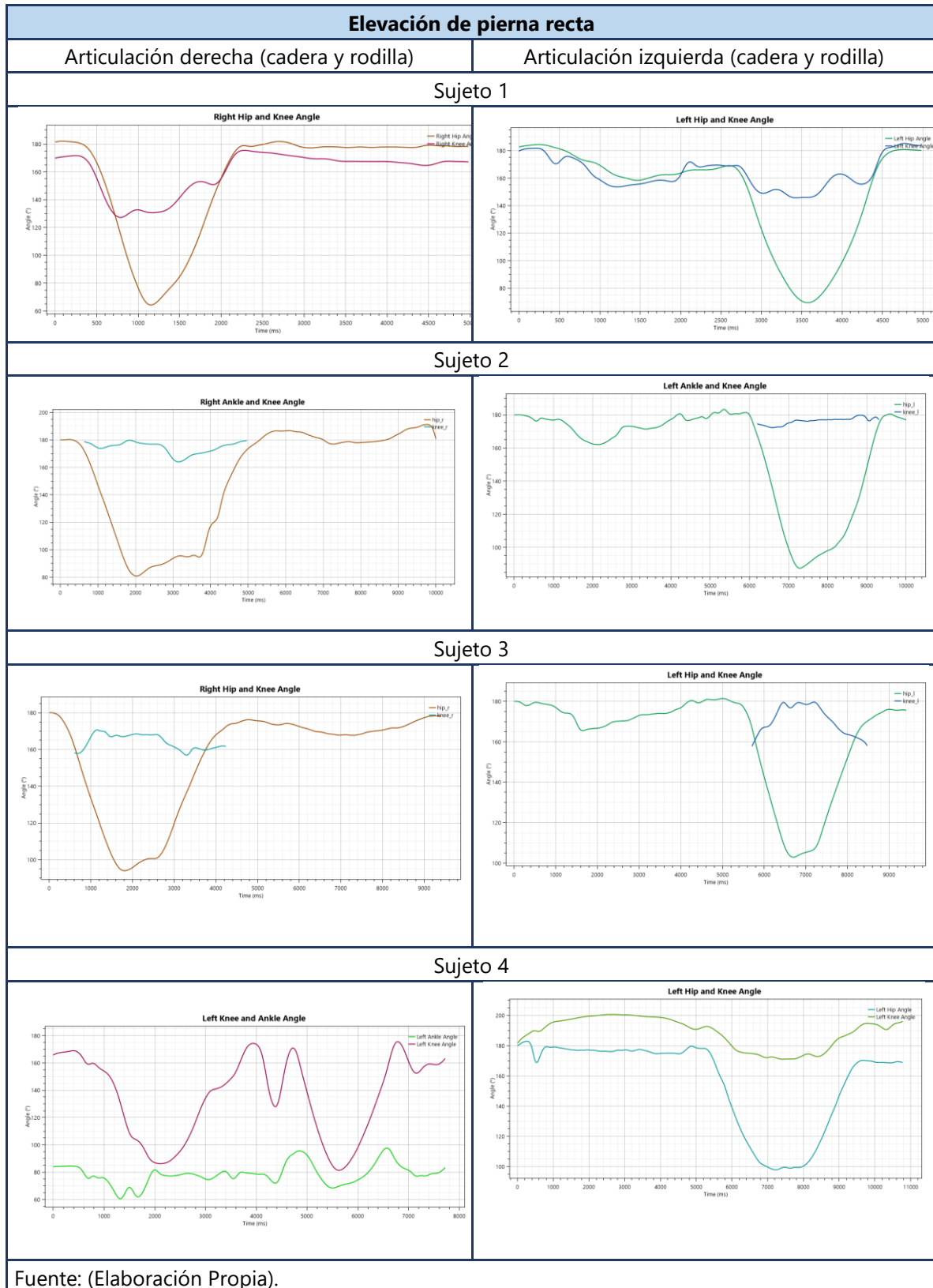


Sujeto 21



Fuente: (Elaboración Propia).

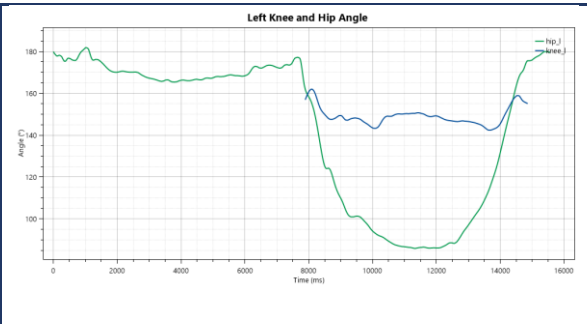
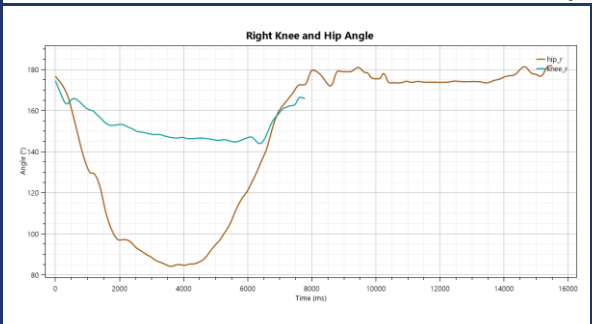
Anexo 8- Gráficas de elevación de pierna recta.



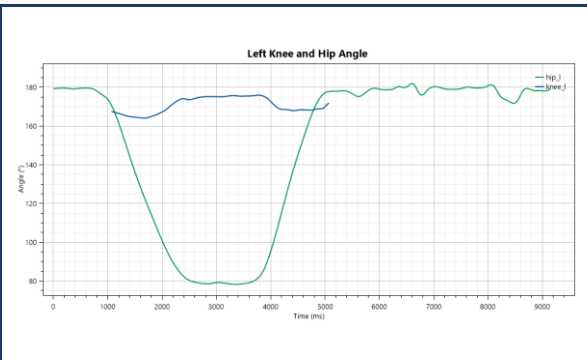
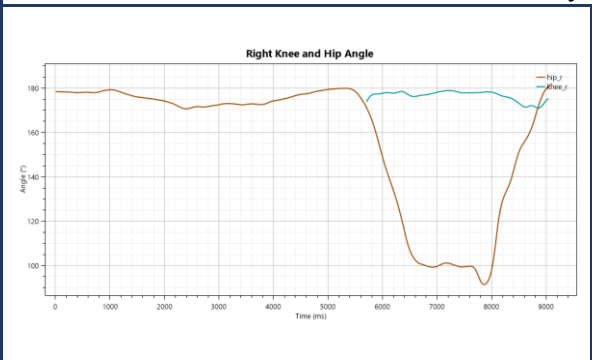
Elevación de pierna recta

Articulación derecha (cadera y rodilla) Articulación izquierda (cadera y rodilla)

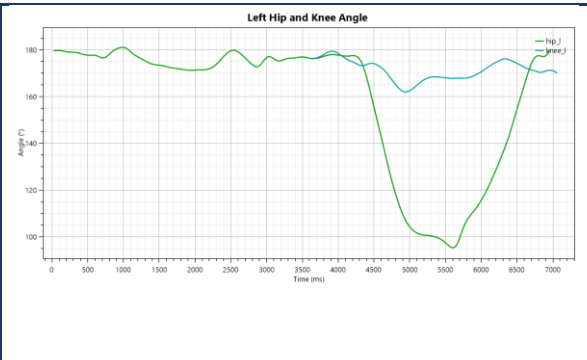
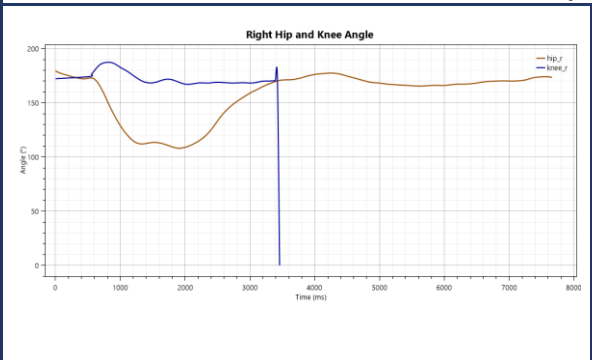
Sujeto 5



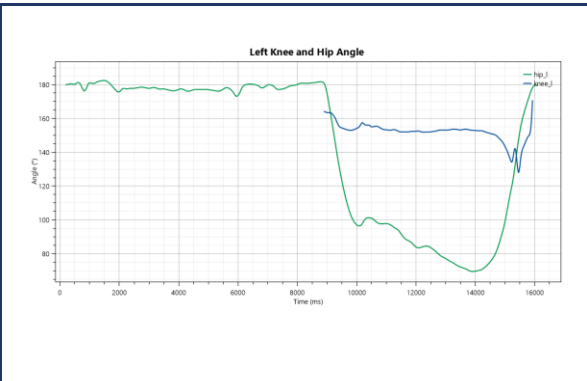
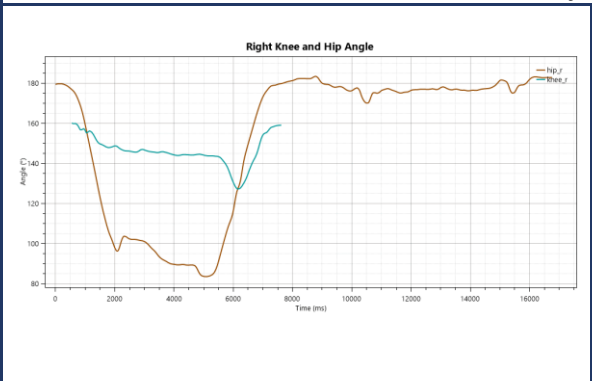
Sujeto 6



Sujeto 7



Sujeto 8



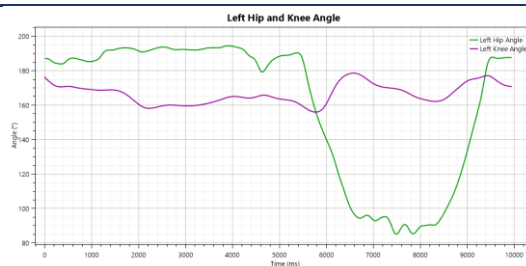
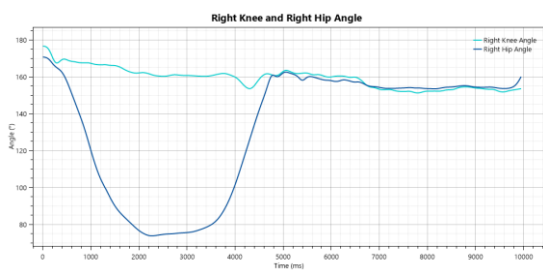
Fuente: (Elaboración Propia).

Elevación de pierna recta

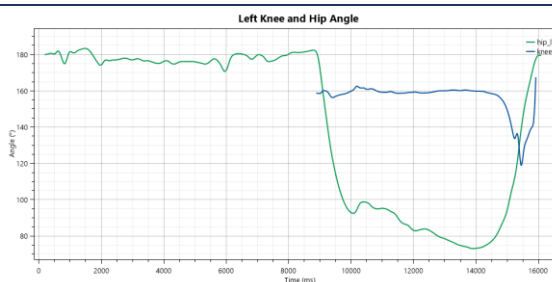
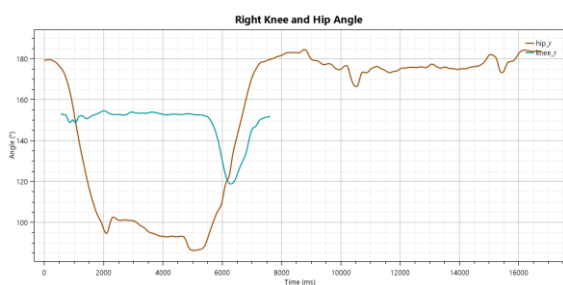
Articulación derecha (cadera y rodilla)

Articulación izquierda (cadera y rodilla)

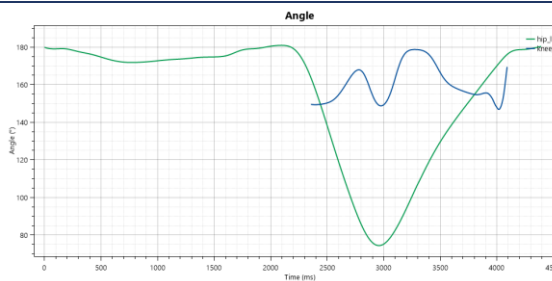
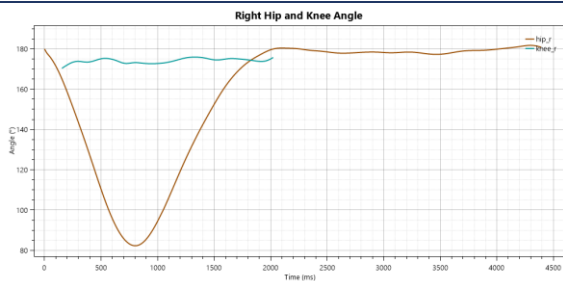
Sujeto 9



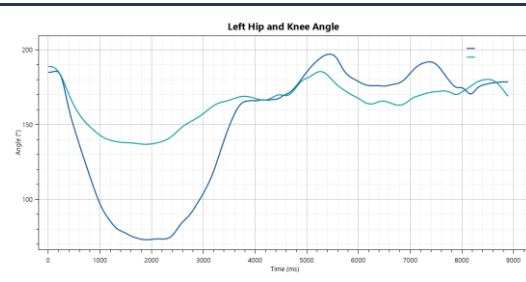
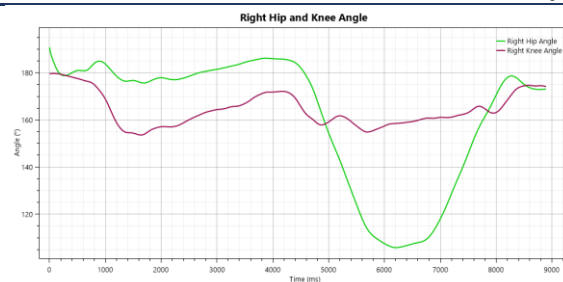
Sujeto 10



Sujeto 11



Sujeto 12



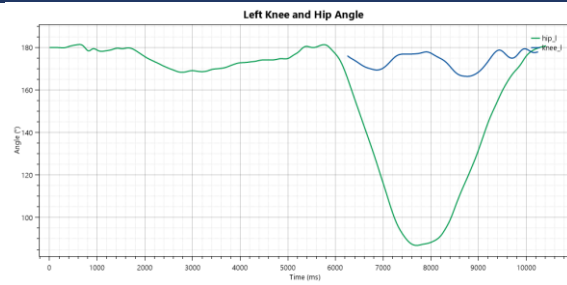
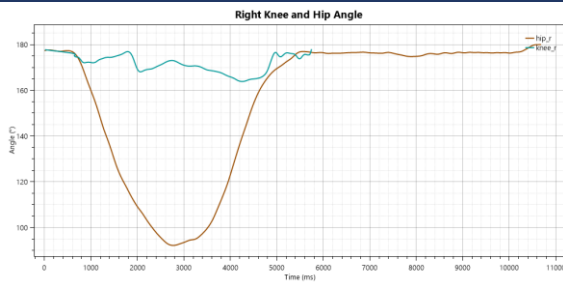
Fuente: (Elaboración Propia).

Elevación de pierna recta

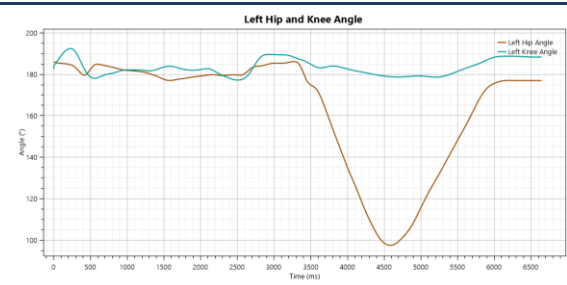
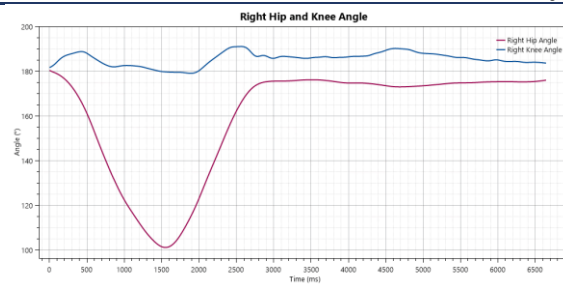
Articulación derecha (cadera y rodilla)

Articulación izquierda (cadera y rodilla)

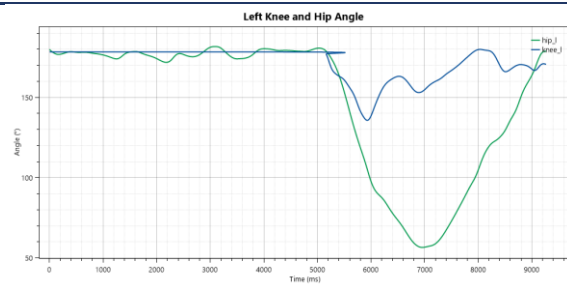
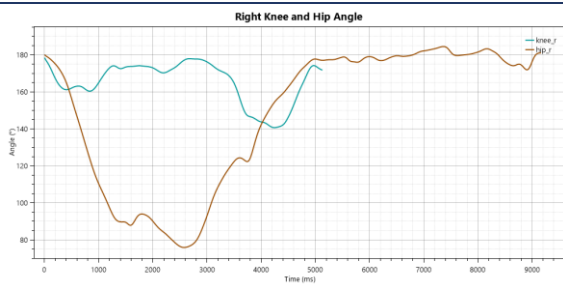
Sujeto 13



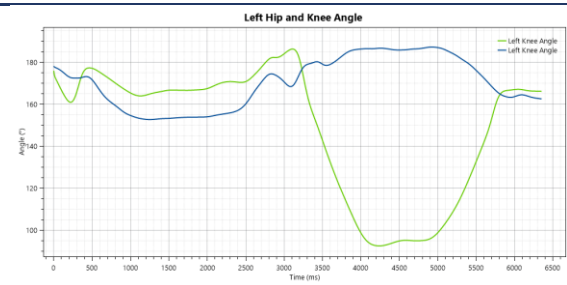
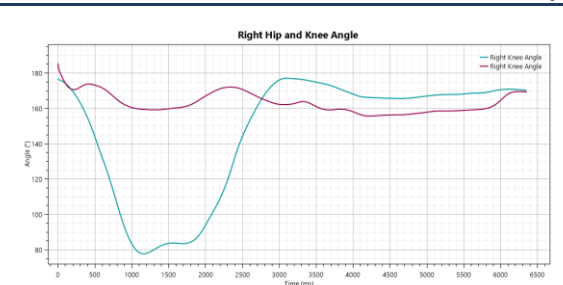
Sujeto 14



Sujeto 15



Sujeto 16



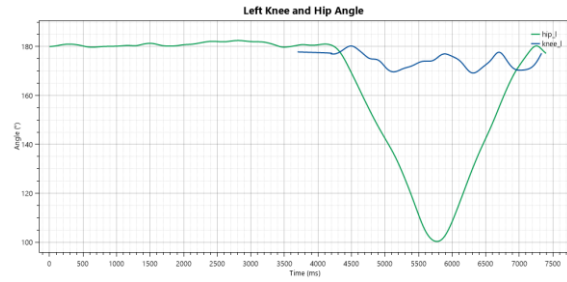
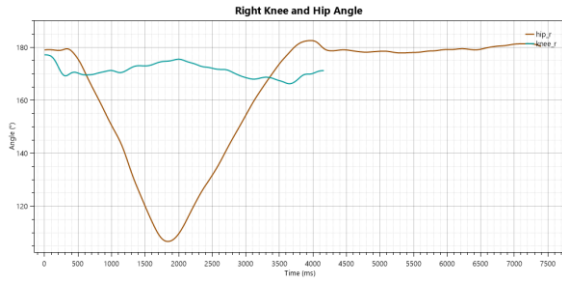
Fuente: (Elaboración Propia).

Elevación de pierna recta

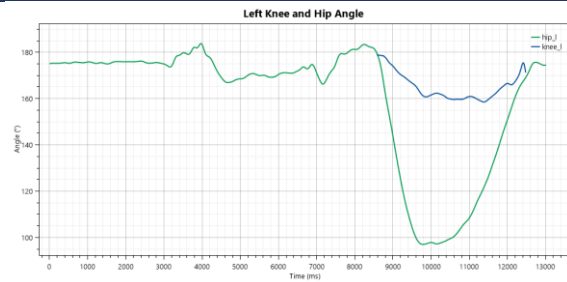
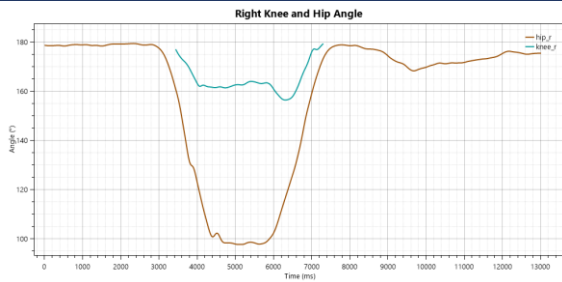
Articulación derecha (cadera y rodilla)

Articulación izquierda (cadera y rodilla)

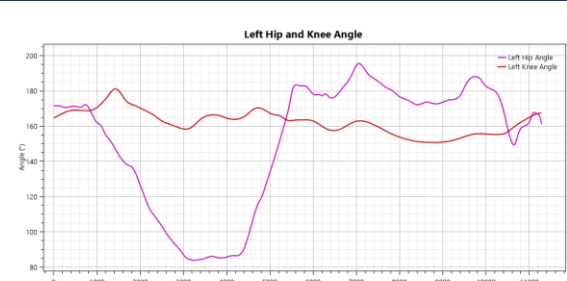
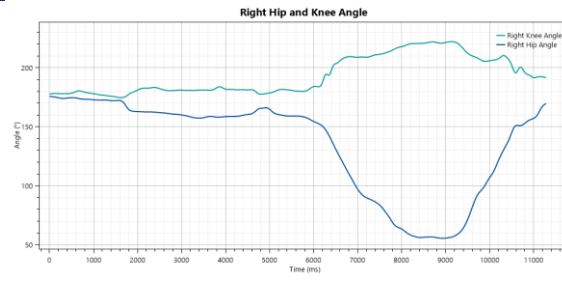
Sujeto 17



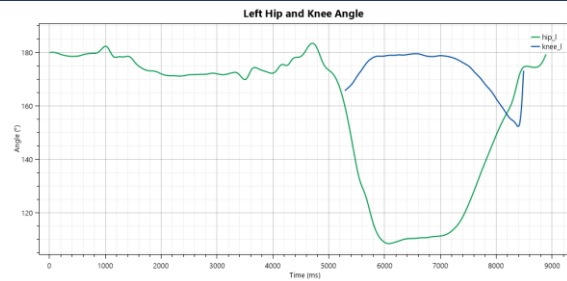
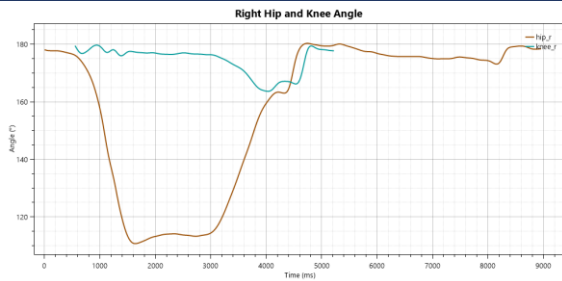
Sujeto 18



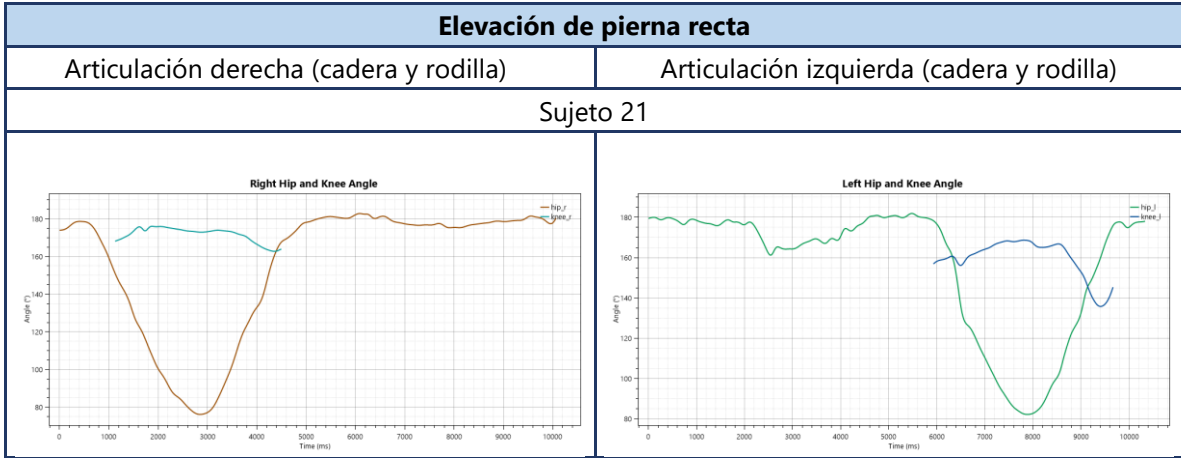
Sujeto 19



Sujeto 20

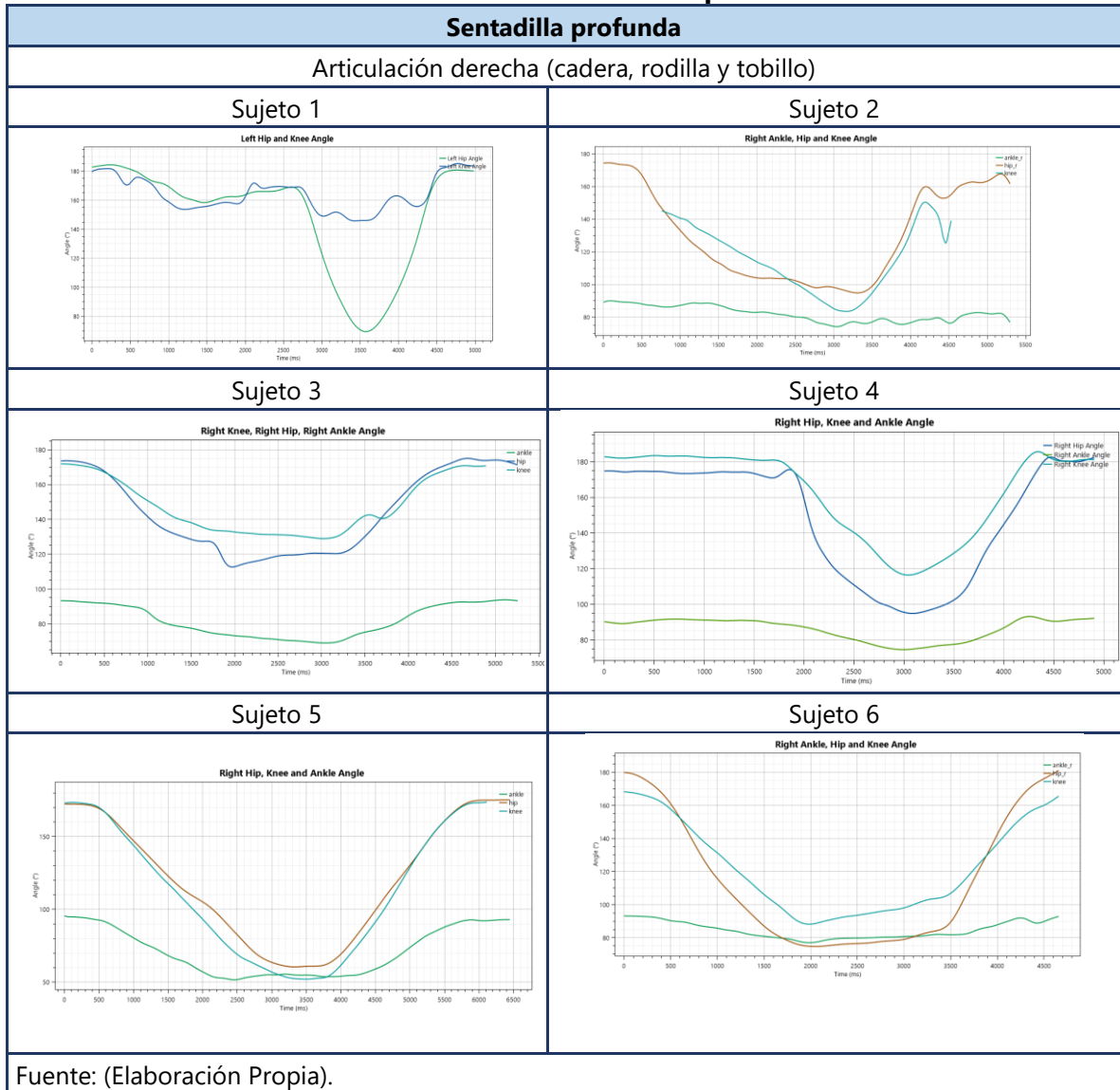


Fuente: (Elaboración Propia).



Fuente: (Elaboración Propia).

Anexo 9. Gráficas de sentadilla profunda.

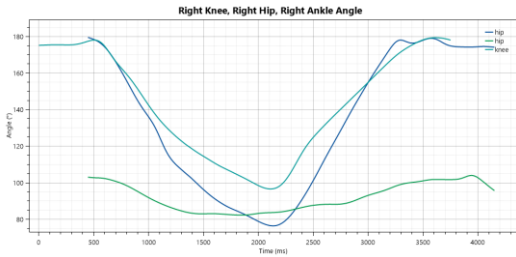


Fuente: (Elaboración Propia).

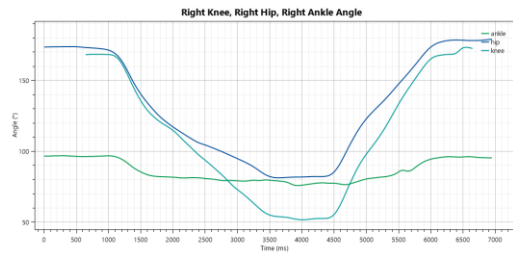
Sentadilla profunda

Articulación derecha (cadera, rodilla y tobillo)

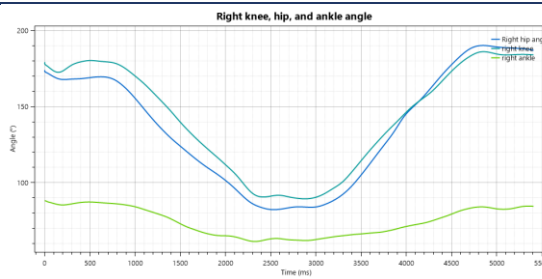
Sujeto 7



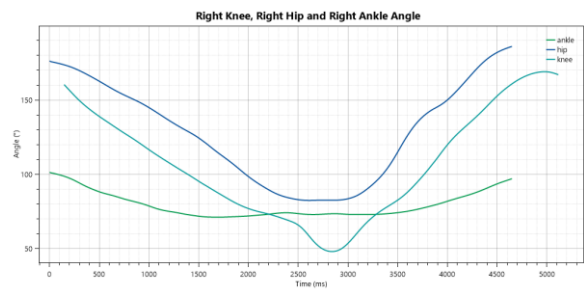
Sujeto 8



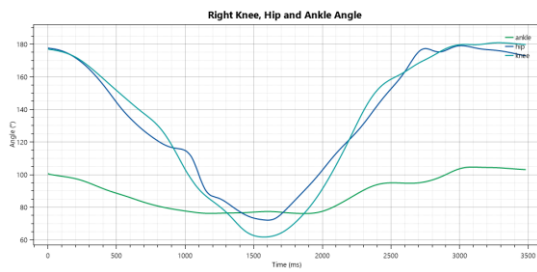
Sujeto 9



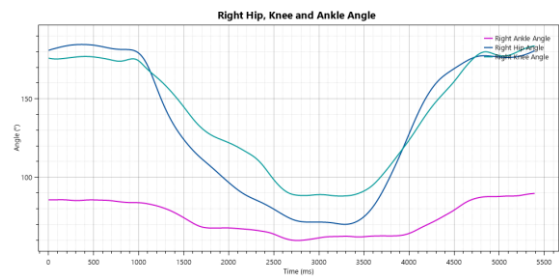
Sujeto 10



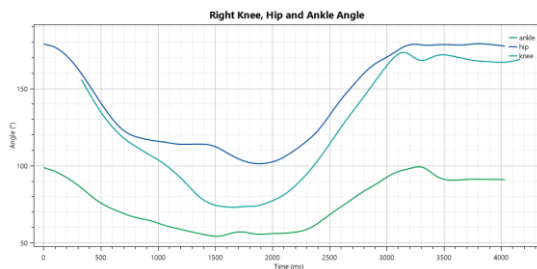
Sujeto 11



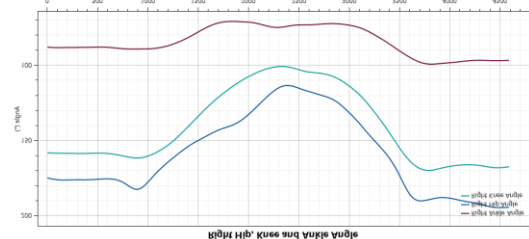
Sujeto 12



Sujeto 13



Sujeto 14

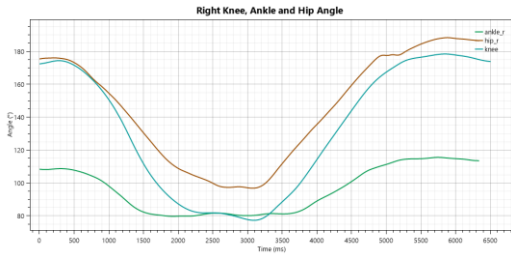


Fuente: (Elaboración Propia).

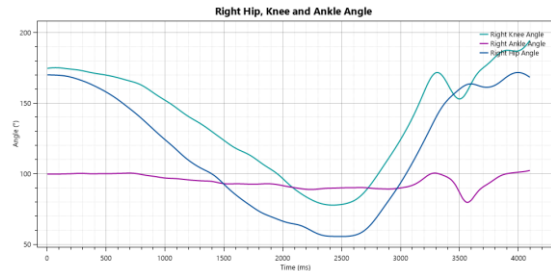
Sentadilla profunda

Articulación derecha (cadera, rodilla y tobillo)

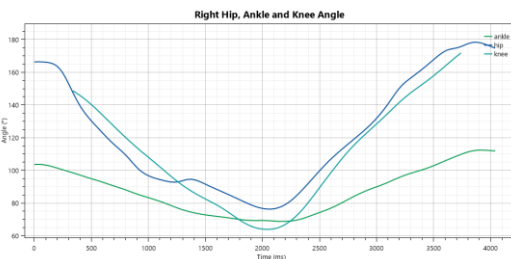
Sujeto 15



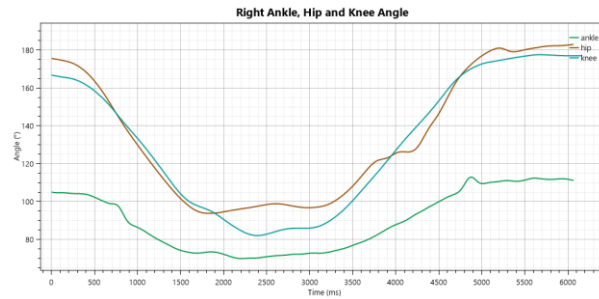
Sujeto 16



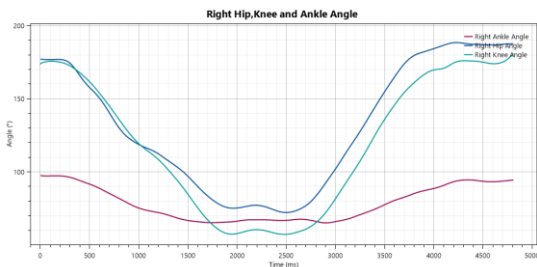
Sujeto 17



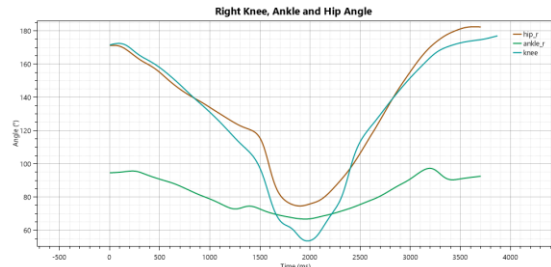
Sujeto 18



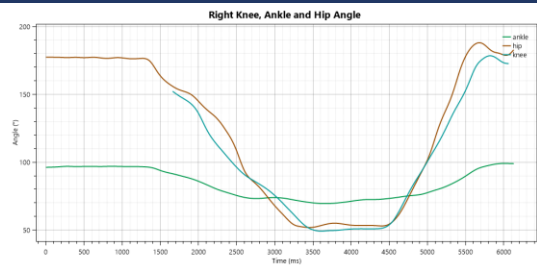
Sujeto 19



Sujeto 20

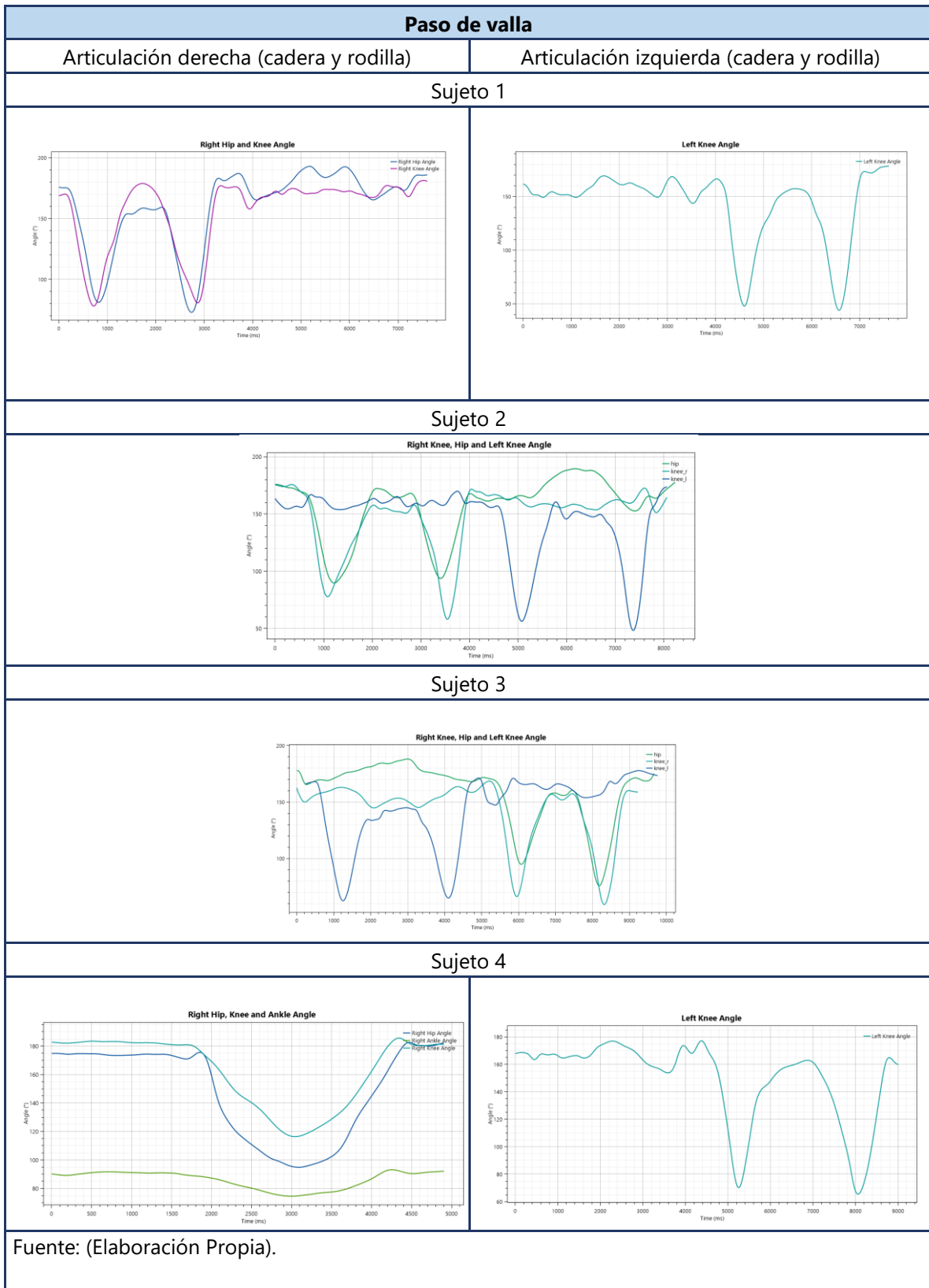


Sujeto 21



Fuente: (Elaboración Propia).

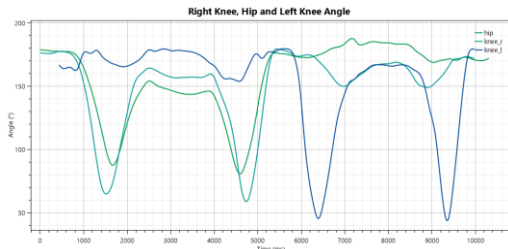
Anexo 10- Gráficas de paso de valla.



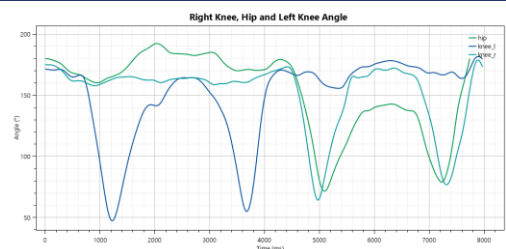
Paso de valla

Articulación derecha e izquierda (cadera y rodilla)

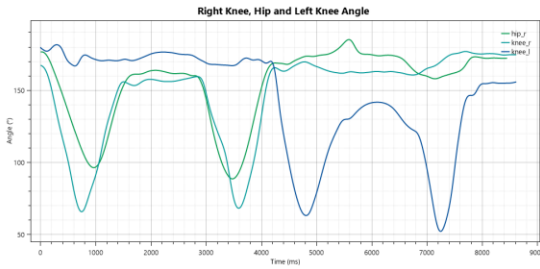
Sujeto 5



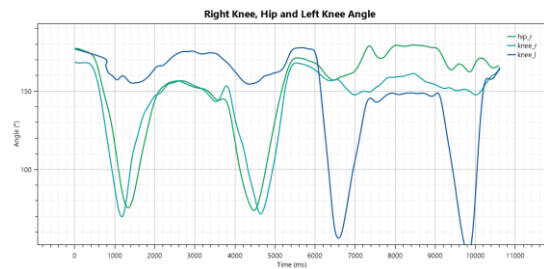
Sujeto 6



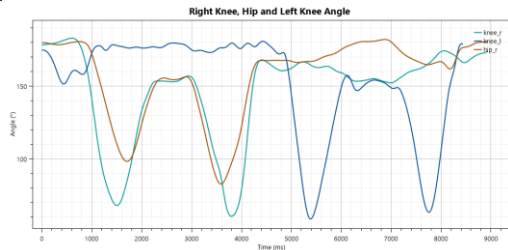
Sujeto 7



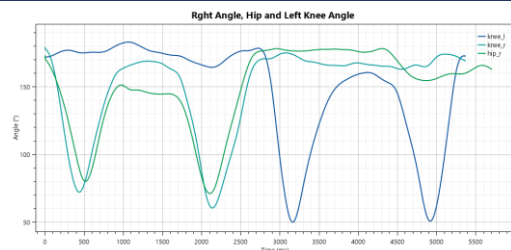
Sujeto 8



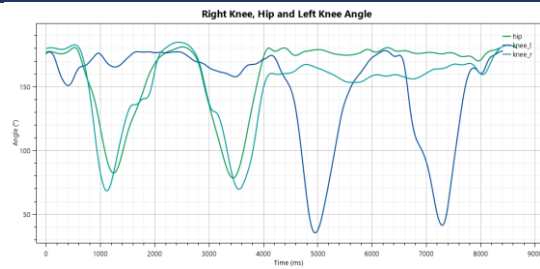
Sujeto 10



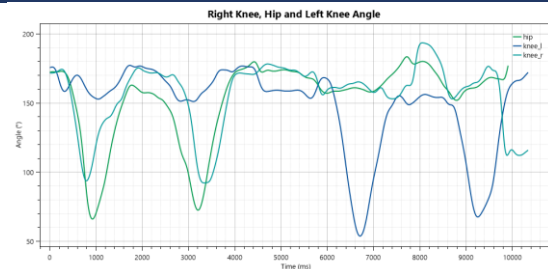
Sujeto 11



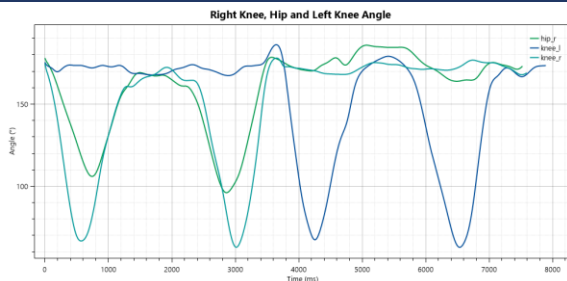
Sujeto 13



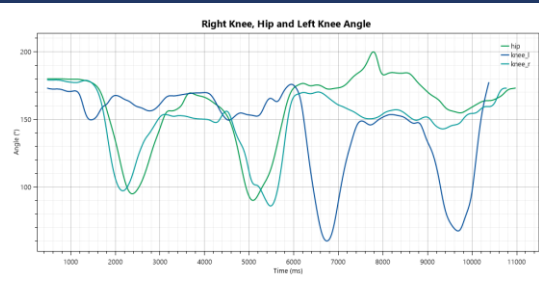
Sujeto 15



Sujeto 17



Sujeto 18



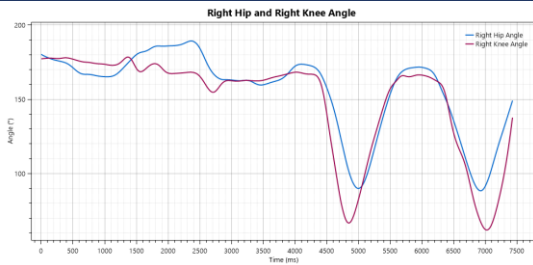
Fuente: (Elaboración Propia).

Paso de valla

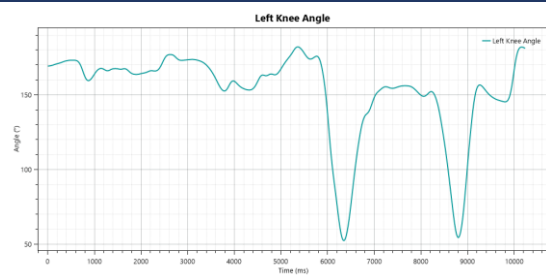
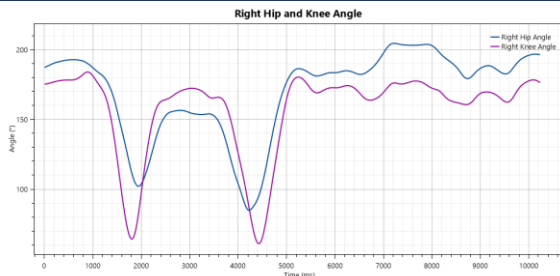
Articulación derecha (cadera y rodilla)

Articulación izquierda (rodilla)

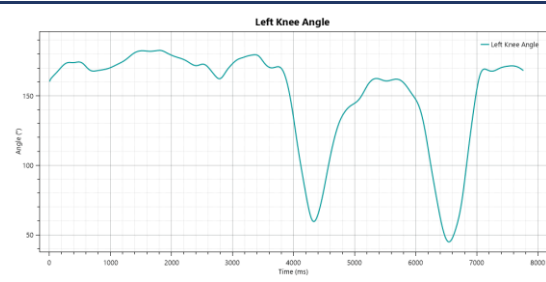
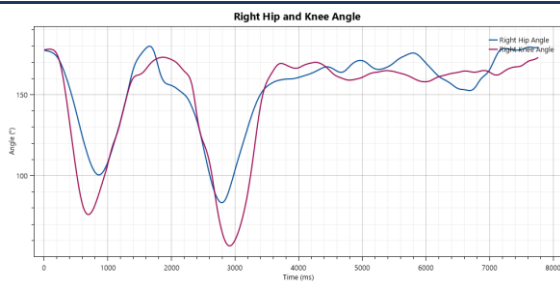
Sujeto 9



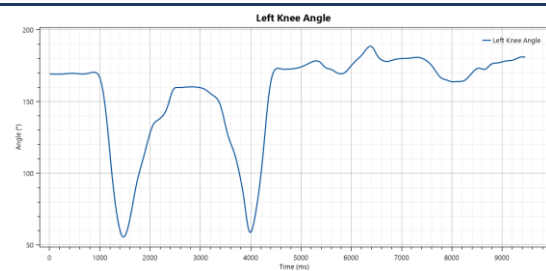
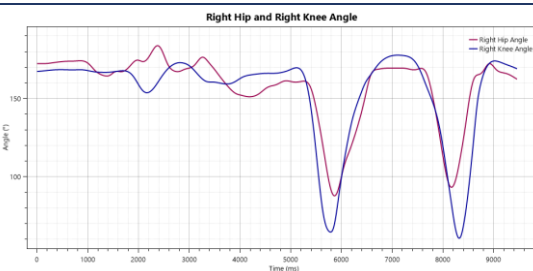
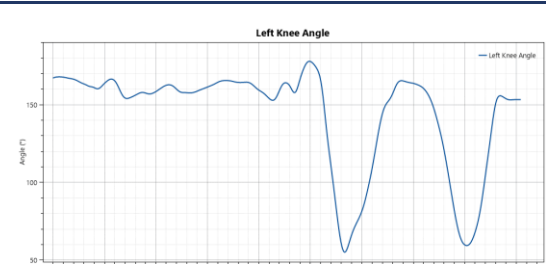
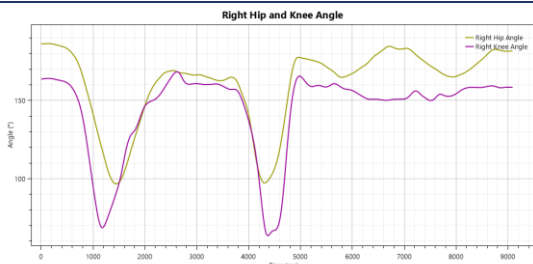
Sujeto 12



Sujeto 14



Sujeto 16

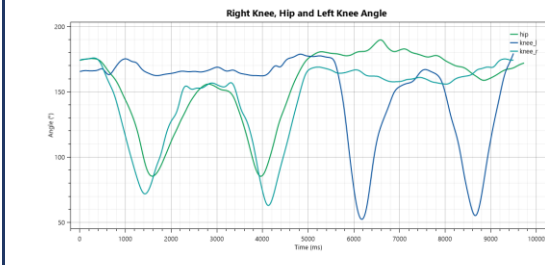


Fuente: (Elaboración Propia).

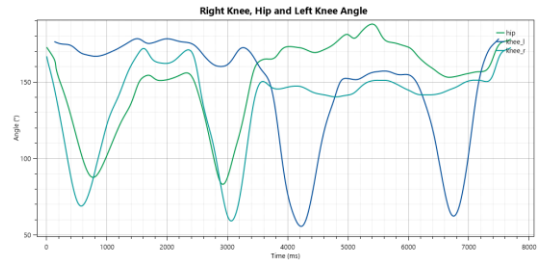
Paso de valla

Articulación derecha e izquierda (cadera y rodilla)

Sujeto 20



Sujeto 21



Fuente: (Elaboración Propia).