UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN

CARRERA DE CULTURA FÍSICA

INFORME DE INVESTIGACIÓN SOBRE:

"ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL TIRO LIBRE A PUERTA EN LOS ATLETAS DE FUTBOL DE LA CATEGORÍA SUB 16 DE LA FEDERACIÓN DEPORTIVA DE TUNGURAHUA"

Requisito previo a la obtención del título: Licenciado en Ciencias Humanas y de la Educación mención cultura física.

Autor: Mauricio Javier Gavilánez Azogue

Tutor: Msc. Raynier Montoro Bombu

AMBATO – ECUADOR

2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Informe de Investigación del tema: "ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL TIRO LIBRE A PUERTA EN LOS ATLETAS DE FUTBOL DE LA CATEGORÍA SUB 16 DE LA FEDERACIÓN DEPORTIVA DE TUNGURAHUA", de Mauricio Javier Gavilánez Azogue, estudiante de la carrera de Cultura Física, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación.

.....

Msc. Raynier Montoro Bombú

C.C.:1757530264

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los criterios emitidos en el informe de Investigación sobre:

"ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL TIRO LIBRE A PUERTA EN LOS ATLETAS DE FUTBOL DE LA CATEGORÍA SUB 16 DE LA FEDERACIÓN DEPORTIVA DE TUNGURAHUA", como también su contenido, las ideas, análisis y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Mauricio Javier Gavilánez Azogue

C.C.:1804621470

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación La comisión de estudios y calificación del informe de trabajo de Graduación o Titulación, sobre el tema: "Estado actual del proceso enseñanza – aprendizaje de la técnica de carrera de los atletas de la categoría 10 a 11 años de la Federación Deportiva de Tungurahua", presentado por el Sr. Diego Mauricio Chiluisa Lagla, egresado de la carrera de Cultura Física, promoción Julio 2014, una vez revisado el trabajo de Graduación o Titulación, considera que tal informe reúne los requisitos básicos tanto Técnicos como Científicos y r eglamentos establecidos.

Por tal razón se autoriza la presentación ante el organismo, para los trámites legales y pertinentes.

PhD. Esteban Loaiza

Mg. Yuri Rosales

DEDICATORIA

A todos los investigadores apasionados al futbol que buscan nuevas alternativas para mejorar el entrenamiento.

A mis padres y hermanos que han estado conmigo brindándome su cariño y consejos, inculcándome siempre la senda de la rectitud.

MAURICIO GAVILÁNEZ

CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR i
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO iii
DEDICATORIA iv
RESUMEN vii
ABSTRACT viii
INTRODUCCIÓN ix
CAPÍTULO I 1
MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes Investigativos 1
1.2 Objetivos 11
1.2.1 Objetivo General 11
1.2.2 Objetivo Específicos 11
1.2.3 Descripción del cumplimiento de los objetivos 11
CAPÍTULO II 13
METODOLOGÍA 13
2.1 Materiales 13
2.2 Métodos 13
CAPÍTULO III 17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 17
3.1 Análisis de los resultados 17
3.2 Discusión de los resultados 24
CAPITULO IV 25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 25
4.1 Conclusiones 25
4.2 Recomendaciones 26
BIBLIOGRAFÍA 27
ANEXOS 31
Anexo 1: Músculos que intervienen en el tiro libre 31

Anexo 2: Modelo tradicional de la enseñanza y nuevo modelo biomecánico (BIOMIN-VAR) **32**
Anexo 3: Fases del tiro **33**
Anexo 4: Fases del tiro libre **33**
Anexo 5: Fases del tiro libre **34**
Anexo 6: Fases del tiro libre **34**
Anexo 7: Kinovea 0.8.27 ..... **35**
Anexo 8: Cámara Eken H9r tipo GoPro 1080p 60fps **35**
..... **35**
Anexo 9: Materiales adicionales **36**
Anexo 10: Ficha de datos, Ubicación de los materiales e instrumentos **36**
Anexo 11: Análisis y registro de la biomecánica de la categoría sub 16 FDT mediante Kinovea 0.8.27 ..... **38**

RESUMEN

La biomecánica en una rama de investigación multidisciplinaria, que se encarga de estudiar el comportamiento de los objetos en movimiento, para ello se apoya en otras ciencias como la medicina, fisioterapia, mecánica, física, informática, etc., con la intención de comprender la movilidad humana y de diseñar modelos o patrones ergonómicos que ayuden al deportista a explotar todas sus capacidades físicas y en su disciplina a crear y mejores implementos deportivos, la biomecánica interna biológica se encarga del estudio de la VO2max, Lactato, Glucosa, Hemoglobina, etc., y desde su perspectiva externa mecánica la cinemática y dinámica, la metodología que se pueden utilizar para su análisis van desde cámaras convencionales a 60hz o más complejas y costosas como los sistemas de captura automática del movimiento 3D VICON.

El tiro libre es una sanción de fútbol establecida en la regla 12 de la IFAB que se produce después de ocasionar una falta, la distancia puede variar dependiendo del lugar donde ocurre la infracción, la presente investigación determinó una distancia de 20m a puerta y la categoría sub 16 de la Federación Deportiva de Tungurahua fue la seleccionada para realizar un estudio de biomecánica, con lo avances tecnológicos y la aparición de los programas para capturar el movimiento se decidió realizar un análisis mediante el software kinovea 0.8.27, pues su licencia es gratuita y fue diseñada para medios educativos, estas son las nuevas técnicas de enseñanza aprendizaje, que es utilizada en los deportistas actualmente.

Con la finalidad de general pautas de investigación se decidió realizar este estudio con en miras a que se sigan estudios de biomecánica con nuevos instrumentos tecnológicos para que puedan conseguir mejorarías en los atletas de todas las categorías de fútbol de FDT.

Palabras claves: Biomecánica, Tiro libre, Futbol, Gesto deportivo, Kinovea, Análisis cinemático, Velocidad salida del balón.

ABSTRACT

Biomechanics is a branch of multidisciplinary research, which is responsible for studying the behavior of objects in motion, for this it relies on other sciences such as medicine, physiotherapy, mechanics, physics, computer science, etc., with the intention of understanding human mobility and designing ergonomic models or patterns that help the athlete to exploit all their physical capabilities and in their discipline to create and better sports implements, biological internal biomechanics is responsible for the study of VO2max, Lactate, Glucose, Hemoglobin, etc., and from its external mechanical perspective the kinematics and dynamics, the methodology that can be used for its analysis goes from conventional cameras to 60hz or more complex and expensive as the automatic capture systems of the movement 3D VICON.

The free kick is a football sanction established in the IFAB's rule 12 that occurs after a foul, the distance can vary depending on the place where the infraction occurs, the present investigation determined a distance of 20m to the goal and the sub 16 category of the Tungurahua Sports Federation was selected to carry out a biomechanical study, with the technological advances and the appearance of the programs to capture movement it was decided to carry out an analysis using the kinovea 0 software.8.27, since its license is free and it was designed for educational means, these are the new techniques of teaching learning, which is used in athletes today.

With the purpose of general research guidelines it was decided to carry out this study with the aim of following biomechanical studies with new technological instruments so that they can achieve improvements in athletes of all FDT football categories.

Keywords: Biomechanics, Free Kick, Football, Sport Gesture, Kinovea, Kinematic Analysis, Ball Exit Speed.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, ubicada en la ciudad de Guayaquil, cuenta con un laboratorio de investigación de biomecánica, y es apoyada por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), existen además otros laboratorios de biomecánica de carácter privado; Considerando estos aspectos resultaría inaccesible realizar un estudio biomecánico con tecnología de gama alta sin evitar los altísimos costos económicos, ventajosamente con el avance de la tecnología se trata de generar alternativas para el estudio del movimiento mediante la utilización de software como skillspector, kinovea, adidas snapshot, etc., aunque demanda más esfuerzo y los resultados son medianamente aceptables, es posible realizarlo, según las investigaciones realizadas por varios autores bibliográficos.

Analizar el tiro libre es un tema que no ha sido estudiado antes en la FDT por lo que es necesario enfocarse en esta temática, puesto que existen muchos deportistas en formación que necesitan más información sobre este tema, partiendo desde las fases que intervienen en este gesto deportivo hasta las velocidades más adecuada en función a la edad del deportista; para conseguir este objetivo es necesario la aplicación de la biomecánica externa y la utilización de software que nos permiten analizar la cinemática, de esta manera registrar el cálculos de valores matemáticos de promedio y deviación estándar.

De esta manera el análisis biomecánico del tiro libre permitió conocer el comportamiento individual de los atletas de FDT, lo que ayudará a evitar y reducir posibles lesiones por la mala ejecución del gesto técnico; de igual manera los deportistas de menor experiencia podrán tratar de imitar la técnica, y prestar atención a ciertos aspectos que antes no lo hacían, pero sin limitar su capacidad futbolística creativa.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

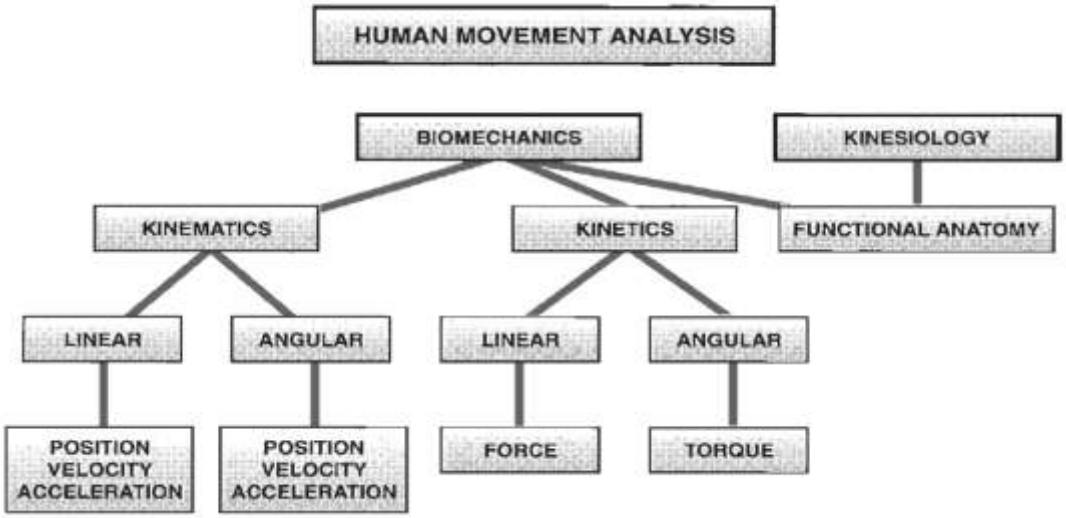
La biomecánica: Bartlett (1997) afirma: "Juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz, puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento" (pág. 1). Para este estudio se utilizó el software que analizan el movimiento Kinovea 0.8.27con el fin de comprender los procesos que suceden en las distintas fases del tiro libre. Por otra parte, Donskoi y Zatsiorski (1997) explica: "Es el conjunto de conocimientos interdisciplinares generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los aportes de la mecánica y distintas tecnologías, primero, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos, en particular del cuerpo humano, y segundo, en resolver los problemas que le provocan las distintas condiciones a las que puede verse sometido" (pág. 311).

En si la biomecánica "Intenta explicar la mecánica de la vida y el vivir. Desde las moléculas hasta los organismos, todo obedece a las leyes de la mecánica. La clarificación de la mecánica clarifica muchas cosas. La biomecánica nos ayuda a apreciar la vida. Nos sensibiliza hacia la observación de la naturaleza. Es una herramienta para el diseño y la invención de dispositivos que mejoren la calidad de la vida, es una herramienta útil, una herramienta simple, una herramienta valiosa y una herramienta inevitable" (Fung, 1993). De esta manera con el apoyo de esta disciplina, la biomecánica se puede ayudar a optimizar la técnica deportiva, evitar lesiones por sobrecarga u otros movimientos erróneos, pero es necesario disponer de instrumentos tecnológicos y personal capacitado para estos fines.

Campos de estudio de la biomecánica desde una óptica interna (Biológica) y externa (Mecánica) se establece la siguiente clasificación. Según (Aguado & Izquierdo, 1995)

Clasificación	Característica	Indicador	Sub-indicadores
INTERNA	Biológica	Fisiológica	FC
			VO2max
			Otros
		Bioquímica	Lactato
			Glucosa
			Hemoglobina
			Otros
EXTERNA	Mecánica	Cinemática	Fotometría
		Dinámica	Estática
			Cinética

Para (Hamill & Knutzen, 2015)



La mecánica: Es una parte de la Física que se enfoca en el estudio del movimiento (Iparraguirre, 2009). Además **la cinemática:** se enfoca en el estudio del movimiento independientemente de las causas que lo producen, los elementos básicos son el espacio, el tiempo y el móvil (Medina, 2010). Por otra parte se dice que: La cinemática de los cuerpos, pueden ser estudiados mediante coordenadas y ángulos detallando sus movimientos, basados en desplazamientos (recorridos), velocidades y aceleraciones (Aguado & Izquierdo, 1995).

De esta llegamos a la conclusión, que mediante la cinemática se puede estudiar la trayectoria de un objeto en función a su velocidad y aceleración. Otros conceptos importantes son **la dinámica** que estudia la relación entre las fuerzas y los movimientos que lo producen, dentro de esta rama científica encontramos la cinética y estática. **la cinética** se enfoca en el estudio de las fuerzas que provocan el movimiento por otra parte **la estática** se enfoca en el estudio de las fuerzas que determinan el equilibrio (Bolaños, 2009). **El movimiento** es el cambio de posición de un cuerpo en el espacio en función al tiempo (Prandanoff, 2002).

Las Formas de movimiento están constituidos por **la traslación o movimiento linear** que se produce cuando un cuerpo mueve todas sus partes en la misma dirección e intervalo de tiempo; **la rotación o movimiento angular** tiene lugar cuando todas las partes de un cuerpo se mueven a lo largo de una trayectoria circular alrededor de una línea (considerada como eje de rotación), con el mismo ángulo, al mismo tiempo (Repetto, 2005).

El Tiro libre: Todo deporte existe bajo la puesta en práctica de reglas concretas; estas abarcan desde las medidas del campo de juego, arbitraje, hasta el juego en sí, una de las reglas básicas de este deporte, es la que corresponde al tiro libre, ya que este se da en la reanudación del juego luego de haberse cometido una infracción, que el juez sancione (Fifa, 1982). Por otra parte en las regla 12 del futbol se explica que los tiros libres directos e indirectos y los penaltis solamente podrán concederse por infracciones cometidas cuando el balón esté en juego (IFAB, 2018).

La técnica: Todas las habilidades son más susceptibles a mejorar y desarrollarse, no así los factores hereditarios, para ello se necesita practicar durante una gran cantidad de tiempo para potenciarlas (William & Hodges, 2005). Para la realización de una práctica deportiva las mejores **horas para el entrenamiento** se encuentran entre las 4pm -8pm, el rendimiento es relativo a la temperatura del cuerpo además se sugiere otras variables como la atención y el estado de ánimo, pueden influenciar en el rendimiento (Waterhouse & Fairhurts, 2005).

La **velocidad de salida del balón** es un criterio que va asociado a la efectividad; Los jugadores de 10-18 años obtienen velocidades de salida del balón de entre 14,9 - 22,2 m/s (Luhtanen, 1988). Del mismo modo los niños entre 8 - 14 años golpean a velocidades de 12 a 15,5 m/s (Day, 1987). De igual modo los deportistas de 17,6 ± 0.5 años encontraron velocidades de balón en el golpeo de empeine 22,3 - 30 m/s (Santos, Lopez, Mallo Sainz, & Navarro, 2010).

Mecánica del cuerpo sería una consecución de movimientos que formarían la mecánica de golpeo del balón en una situación como puede ser un tiro libre, entre ellos destaca: colocar el pie de apoyo a la misma altura del balón; el impulso de la pierna de golpeo desde una posición retrasada respecto al tronco; distancia hacia el balón, el momento del impacto y el frenado (Garcia & Suarez, 2004).

Músculos intervienen para la ejecución de los remates, en su investigación bibliográfica Garcia & Suarez (2004) destaca: la acción del cuádriceps de la pierna que ejecuta el golpeo, así como la acción de flexión de los músculos psoas iliaco, tensor de la fascia lata, recto femoral, y la contracción de los músculos de la pared abdominal. Respecto a la pierna de apoyo, destaca la acción que realizan el glúteo mayor, los isquiotibiales, el cuádriceps y el tríceps sural (Weineck, 1995). **Anexo 1**

Existen varias maneras para **aprender una técnica deportiva**, un modelo propuesto consiste en **la práctica tradicional** de los procesos del entrenamiento y control de la técnica, consiste básicamente en la imitación de una técnica realizada por deportistas superiores o suficientemente adiestrados, así también establece un nuevo modelo biomecánico (BIOMIN-VAR) de edición, análisis e intervención, donde el gesto deportivo tiene 3 etapas la primera dividir el movimiento en sus fases, segundo medir las variables morfológicas, tercero obtener un patrón resultante para optimizar la técnica (Acero, 2006). **Anexo 2**

Fases de un gesto deportivo se proponen dividir, el transcurso del gesto deportivo en partes o procesos parciales que suceden en el tiempo, concluyendo así: **Fase preparatoria** el deportista se prepara el movimiento; **Fase principal** el deportista

realiza la ejecución del movimiento el chut; **Fase final** el gesto concluye y se prepara el enlace con una nueva acción (Meniel & Shnabel, 1988). **Anexo 3**

Fases del tiro libre se considera establecer: **Fase marcha** presente la postura inicial y la oscilación con 5cm de zancada; **Fase impulso** el pie de apoyo soporta todo el peso del cuerpo; **Fase preparatoria** el pie de apoyo debe colocarse a la distancia lateral 25-30cm del balón; **Fase de ejecución** se inicia con una rápida flexión de cadera y extensión de rodilla por parte de la pierna de golpeo. **Fase de continuación o final:** Se prolonga la flexión de cadera y comienza la extensión de la pierna, por la rodilla, llegando lo más adelante posible para luego de a poco ir volviendo hacia atrás, acompañado los brazos con movimientos naturales de recuperación del equilibrio (Milanca & Montiel, 2017). **Anexo 4**

De la misma forma para las **fases del tiro libre** se establece: **Posición inicial** en la postura de pie, flexionar las piernas al nivel de la articulación de las rodilla con una separación entre los pies superior al ancho de los hombros, distancia entre el sujeto balón de 2m; **Carrera de impulso** el tronco cercano a los 90º con respecto a la horizontal, las extremidades flexionadas, relajadas buscando una mecánica natural y fluida que favorezca la acumulación de energía; **Posición unipodal** el pie de apoyo soporta todo el peso del cuerpo, la pierna ejecutora realiza su máxima flexión de rodilla; **Contacto con el balón** el tronco cercano a los 90 º con respecto a la horizontal, con una rotación externa de cadera para garantizar el contacto con el borde interno del pie; **Posición final** comienza la fase de recuperación del equilibrio y se prepara para una nueva acción ofensiva o defensiva (BRICEÑO & Gómez, 2011). **Anexo 5**

Por otra parte, se habla de **las fases del tiro libre** en esta forma: **Posición inicial** desde la posición de pie, una separación mayor al ancho de los hombros y separación hacia el balón de 2m; **Carrera de aproximación** las extremidades deben moverse fluidamente al estar flexionados teniendo una variable como son las zancadas; **Posición unipodal** el pie de apoyo genera estabilidad y la pierna de ataque realiza una flexión de rodilla para ganar mayor fuerza elástica; **Balanceo de la Pierna de Ataque** comienza la liberación de la fuerza elástica pasado desde la mayor flexión de rodilla hasta el instante del

contacto con el balón; **Contacto con el balón** el tronco debe estar cercano a los 90º con respecto a la horizontal, se libera toda la energía elástica; **Post-impacto** el cuerpo consigue una recuperación del equilibrio se puede ser analizado el ángulo de salida del balón (Torres Sanchez, 2015). **Anexo 6**

Según Valencia & Gaviria Alzate (2018) en su investigación denominada **"Gesto técnico del pateo a balón detenido en fútbol: estudio de caso, un análisis comparativo en 3d"** (pág. 15)**.** Explica acerca de su trabajo; cuyo **objetivo** fue comparar el gesto de pateo con el borde interno a balón detenido en fútbol con el pie dominante, entre un sujeto con experiencia y un sujeto inexperto para lo cual utilizo el **método** en el cual cada sujeto realizó tres intentos del gesto en las mismas condiciones, fue elegido el mejor gesto al momento del análisis, según las recomendaciones de su bibliografía; Las grabaciones se realizaron en 3D con ayuda de dos cámaras de alta velocidad, y fueron analizadas con el programa SkillSpector versión 1.3.2. con ello se obtuvo los **resultados** tales como se verificó que el sujeto experimentado reporta datos de velocidad de impacto y ángulos articulares en miembros inferiores, muy superiores al sujeto inexperto; se llegaron a las siguientes **conclusiones** 1) Conocer la técnica es fundamental en la ejecución de un gesto técnico, porque favorece a la velocidad y aceleración del pateo; 2) La fuerza influye de manera directa en la velocidad del balón; 3) La experiencia deportiva influye de una manera favorable en la eficiencia del pateo a balón detenido; 4) Aparentemente, la masa muscular influye directamente sobre la velocidad final alcanzada en el balón, en una relación directamente proporcional fuerza – velocidad (Valencia & Gaviria Alzate, 2018).

En la investigacion realizada por García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, (2006) denominado **"Análisis de los golpeos de empeine y puntera en jugadores de elite de fútbol-sala"** (pág. 274). Explica que su **objetivo** fue describir las características cinemáticas en el cobro del penalti así como las diferencias que puedan encontrarse entre ambas; **metodología** los deportistas fueron tres con edades de 25±2,37 años; 1,73±0,27cm altura; 67± 0,66 kg la grabación fue a 100Hz y se utilizaron algoritmos DLT junto con el software Cyborg 3.0, se analizaron la velocidad lineal y angular en el

tobillo, rodilla, cadera, durante la fase inicial y final del chut; se utilizaron los estadísticos de promedio y desviación estándar para los **resultados,** obteniendo lo siguiente Vel. máx. cadera (m/s) 9,56±2,59; Vel. máx. rodilla (m/s) 14,56±3,21; Vel. máx. tobillo (m/s) 18,57±0,76 se establecen las **conclusiones** 1) En el golpeo de empeine y punta del pie, las velocidades de los segmentos van aumentando progresivamente 2) Para conseguir velocidades altas se necesita un mayor retroceso de la pierna de golpeo (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006).

En su publicación Lozano & Zabala, (2002) denominado **"Perspectiva biomecánica del golpeo en fútbol una revisión a modo de recorrido histórico"** (pág. 1). Se recopilo información acerca de los estudios de la velocidad de salida del balón en un golpeo máximo de empeine en jugadores de Fútbol Junior de diferentes edades siendo la de mayor importancia la siguiente: **metodología** se dividió a veintinueve deportistas en tres grupos con edades comprendidas entre 9-18 años, la velocidad promedio fue 14,9 ± 1,7 m/s para el grupo más joven; 18,4 ± 1,7 m/s segundo grupo; 22,2 ± 2,3 m/s tercer grupo así se obtuvieron los **resultados** donde existe mayor correlación de velocidad de salida del balón y flexión de cadera, extensión de rodilla y estabilización del tobillo; se determinó por tanto la **conclusión** en donde existe una correlación entre la velocidad de salida del balón y la edad y menor grado la correlación velocidad altura o peso de los deportistas (Luhtanen, 1988). De igual manera se analiza otra investigación donde su **objetivo** fue determinar la relación cinemática de (pie, tobillo, rodilla y cadera) y velocidad del balón; Su **metodología** fue analizar seis deportistas que realizaron tres intentos, se midieron la cinemática de la parte frontal en los ángulos (0,15,30,45,60,90) su **conclusión y resultados** con un ángulo de entre 30 y 60 grados es ideal para generar mayor velocidad del balón y se reduce el momento de fuerza aplicado al pie, los picos de fuerzas verticales no minimizarían; las fuerzas de fricción horizontales serían mayores dentro de este rango angular (Isokawa & Lees , 1988).

En su investigación Sanabria Arguello & Agudelo Velásquez, (2017) **"Análisis cinemático y dinámico en el pateo en el futbol sala"** (pág. 1)**.** Detalla su trabajo en donde el **objetivo** es estudiar el caso de un deportista que pertenece a UPTC de

Colombia, para describir la técnica deportiva biomecánica, analizando la ejecución del deportista; su **metodología** fue utilizar una cámara fotográfica, Kinovea, Microsoft Excel y separar el movimiento mediante fotogramas; en los **resultados** se observa un descenso del centro de gravedad en la preparación del movimiento, un ascenso del CG en el momento del impacto, así mismo se evidencia mayor velocidad en los fotogramas (40-42), la velocidad máxima de muslo y pie está en el fotograma (40-42); la **conclusión** es que la cadena cinemática tiene la secuencia en los pateos del muslo, pierna, pie; y el dato encontrado podría significar el movimiento del pie sucede un poco antes de lo esperado (Sanabria Arguello & Agudelo Velásquez, 2017).

En su trabajo de tesis Córdova Edwin, (2012) denominado **"La biomecánica aplicada al fútbol y su incidencia en la técnica del golpe en balón parado en los jóvenes de 13 a 16 años"** (pág. 1). Establece su **objetivo** en identificar cuáles han sido los factores más relevantes a la hora de influenciar el golpeo al balón (velocidad, precisión); saber cuáles son variables que intervienen, mejorar la eficacia en el lanzamiento de una falta directa; la **metodología** se realizaron videos de los golpes ejecutados, se utilizó fichas de observación, encuestas a los deportistas donde se obtuvo los **resultados** se ganó más potencia al golpear al balón, tuvieron un cambio de actitud y la motivación creció al ejecutar los ejercicios, entendieron la importancia del conocimiento teórico deportivo; las **conclusiones** 1) No existen dos golpeos de balón idénticos, ni en los realizados por un mismo deportista; al depender de las propias características antropométricas, biomecánicas, bioenergéticas, perceptivas, existe fenómenos físicos variables de cada lanzamiento. 2) Se definieron parámetros para la ejecución del golpe al balón, el pie de apoyo y la terminación del golpe fueron observados y corregidos. 3) Corregidos erros biomecánicos corporales se obtuvo resultados positivos y se evidenció un cambio de actitud en los deportistas (Córdova , 2012).

Segun el trabajo de tesis realizado por Sarango, Darwin (2017) denominado **"Análisis biomecánico del gesto técnico en el golpeo en futbol y sus relativos dominios de fuerzas y velocidades"** (pág. 1)**.** Describe su **objetivo** ofrecer alternativas para mejorar el bienestar estudiantil de jugadores que presentan problemas en el gesto técnico del

golpeo del balón en el futbol; la **metodología** es una búsqueda bibliográfica cuyos **resultados** fueron que son de vital importancia la información relativa a la acción en el golpeo de balón y gestos técnicos del futbol; la **conclusión** nos habla que la técnica es fundamental para los jugadores, debido que los va direccionando en nivel alto de juego, por este motivo en el análisis biomecánico se debe trabajar conjuntamente con los métodos cualitativos-cuantitativos, el uno para poder describir en una forma ordenada cada movimiento tanto del pie de apoyo como el de contacto con sus respectivos segmentos musculares; El otro nos ayudara con datos de variables como la velocidad y fuerza en el golpeo (Sarango Masache, 2017).

Gonzalez, Jose & Muñoz, Alejandro (2012) en su investigación **"Diferencias cinemáticas del golpeo de fútbol entre futbolistas expertos y sujetos inexpertos"** (pág. 1)**.** Describe su trabajo con el **objetivo** de examinar las diferencias cinemáticas del golpeo con empeine entre futbolistas expertos y deportistas inexpertos; para su **metodología** se analizaron diecisiete jugadores de 17 - 21 años con la ayuda de un sistema de fotogrametría 3D con cuatro cámaras, los sujetos realizaron golpeos con el empeine a máxima potencia finalmente se analizó la velocidad del pie en el impacto, la máxima extensión de cadera, la máxima flexión de rodilla y la duración de las fases del gesto; en los **resultados** se demostró que existe diferencias significativas en la velocidad del pie de la pierna no hábil en el momento del impacto velocidad expertos 14,5±.52, inexpertos: 12.5±.5; $p<.001$ y máxima extensión de cadera grados, expertos: 39.2±1.3, inexpertos: 34.28±3.2;$p<.001$); la **conclusión** es que **e**l golpeo con el empeine total en fútbol presenta diferencias significativas entre grupos de diferente nivel en la pierna menos hábil, los futbolistas expertos analizados presentan una mayor extensión de la cadera en la preparación del golpeo (Gonzalez & Muñoz, 2012).

En la publicación realizada por Montoro, Zapata, Quizhpe, & Espinoza, (2018) denominado **"Adecuaciones específicas para la fase de esfuerzo final en la impulsión de la bala, de los atletas de la categoría sub 16 sexo masculino de la Federación Deportiva de Tungurahua"** (pág. 1). Los autores realizaron un estudio en los atletas sub 16 de la Federación deportiva de Tungurahua donde por medio del análisis

biomecánico se pudo identificar los errores de la ejecución técnica y diseñar un conjunto de ejercicios especiales para el perfeccionamiento de la ejecución técnica de Impulsión de la Bala en la fase de esfuerzo final. El trabajo se llevó a cabo a través de la filmación de la ejecución técnica con una cámara digital, lo que permitió a introducir al software Hu-man, y la computadora como soporte para desarrollar este software que permitió posteriormente realizar el análisis biomecánico de la ejecución técnica de la impulsión de la bala. A pesar de la rica fuente de información establecida para el análisis del movimiento humano mediante el Hu-man, se considera que el programa kinovea es más eficaz para análisis de movimiento (Montoro, Zapata, Quizhpe, & Espinoza, 2018).

Criterios teóricos para la recolección de la información biomecánica la recopilación de información para el análisis, son los pilares fundamentales en la biomecánica deportiva se pude realizar de diversas maneras para poder evaluar un gesto deportivo por ejemplo a partir de una observación que el entrenador realiza en un entrenamiento, hasta la utilización de video cámaras (Hay, 1993). **La fotogrametría** es una técnica cuya finalidad es estudiar con precisión la forma, dimensiones y posición de un objeto, utilizando varias fotografías (Quirós, 2014). De la misma se dice que la biomecánica deportiva emplea diversas metodologías y tecnologías para grabar el movimiento, posemos hablar las de tipo fotogramétrico entre las más habituales, para lo cual se requiere una grabación con cámaras de alta velocidad (Gutiérrez, 1998). **Sistema de registro (cámaras, Fps, DLT):** Las características de las **cámaras** que han sido utilizadas en las investigaciones son de filmación en 3D 1 o 2 cámaras a 60 Hz y la otra a 25 Hz, formando un ángulo de 70º entre ellas, utilizar algoritmos Quintic, Splines y DLT (Lozano & Zabala, 2002). Los algoritmos **DLT** para la reconstrucción espacial de los puntos que determinan el sistema de sólidos rígidos del deportista, requiere la filmación del gesto con dos o más cámaras y la posterior obtención de las correspondientes coordenadas planas en el soporte de digitalización (Gutierrez & Martinez, 1999).

FPS se define a un fotograma, que es cada una de las imágenes que antes eran impresas químicamente en la tira de celuloide del cinematógrafo, actualmente los fotogramas son

extraídos mediante software (Konigsberg, 2004). La **fotogrametría** tridimensional (3D) es una metodología de para analizar el movimiento de una forma confiable es la más utilizada en el ámbito de la biomecánica aplicada al estudio de la técnica deportiva (Pearsall, 1994).

Transformación Lineal Directa o DLT es un método para el análisis de movimiento desarrollado por Abdel-Aziz y Karara en los 70, se obtienen coordenadas espaciales tridimensionales de un objeto con la ayuda de varias fotografías (Romero, 1999).
Tomando los criterios expuestos por los referentes teóricos metodológicos y gracias al avance tecnológico se pudo desarrollar un análisis biomecánico externo utilizando el software de análisis de movimiento Kinovea con una grabación de 60Hz a 120fps.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Analizar la biomecánica del tiro libre a puerta en el plano sagital derecho de los atletas de fútbol de la categoría sub 16 de FDT, mediante un programa de análisis de movimiento.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Analizar los referentes teóricos y metodológicos acerca de la biomecánica del tiro libre en el fútbol.
- Analizar en video los valores angulares de la pierna y velocidad de salida del balón en la ejecución del tiro libre de los atletas de la categoría sub 16 de FDT.
- Comparar la velocidad máxima de (cadera, rodilla, tobillo); velocidad salida del balón, de la categoría sub 16 de FDT con los referentes teóricos.

1.2.3 Descripción del cumplimiento de los objetivos

Analizar los referentes teóricos y metodológicos acerca de la biomecánica del tiro libre en el fútbol: Durante nuestra investigación se recopilo y sintetizo información muy

importante acerca de los sistemas de análisis de movimiento, las cámaras con los parámetros que deben cumplir para un estudio de biomecánica, todo lo relacionado al tiro libre, sus fases, los músculos que intervienen, e información adicional que son las bases donde se fundamentó nuestra investigación.

Analizar y registrar en video los valores angulares de la pierna y velocidad de salida del balón en la ejecución del tiro libre de los atletas de la categoría sub 16 de FDT: La recopilación con su respectivo análisis de los valores angulares, y velocidad de salida del balón, fue registrado en video en formato mkv y kva.

Comparar la velocidad máxima de (cadera, rodilla, tobillo); velocidad salida del balón, de la categoría sub 16 de FDT con los referentes teóricos: Utilizando los referentes teóricos investigados se realizó una comparativa con lo cual la velocidad de salida del balón se encuentra muy cerca de los parámetros normales, mientras que la velocidad máxima de cadera, rodilla y tobillo, no lo está cerca en los parámetros normales.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Kinovea 0.8.27: es un software de análisis de vídeo dedicado al deporte, está dirigido principalmente a los entrenadores, atletas y profesionales médicos. También puede ser útil para ergonomía y en el estudio de animación es una herramienta sirve para observar, analizar, hacer mediciones y comparar vídeos de gestos deportivos. **Anexo 7**

Cámara Eken H9r 1080p 60fps: es una cámara de acción de muy pequeñas dimensiones y orientada a ser utilizada en situaciones desfavorables, ya sean deportes extremos o simplemente travesías al aire libre, pues la resistencia ante golpes, polvo y agua: Hardware, Chip Sunplus 6350, Lente 170 grados, Sensor OV4689, Pantalla 2 pulgadas LCD, Formatos Vídeo 1080P (1920 x 1080) a 30/60fps. **Anexo 8**

Adicionales: Trípode de aluminio expandible, Flexómetro, Cinta doble faz, Esferas de espuma Flex, Balón N5, Platos de entrenamiento. **Anexo 9**

2.2 Métodos

La presente investigación está encaminada a brindar nuevas alternativas de entrenamiento que pueden ser eficientes, así como tener la capacidad de ser utilizada en la etapa de enseñanza en los deportistas, sabiendo que la nueva era tecnológica abre la posibilidad de utilizar nuevas y mejores herramientas enfocadas el análisis deportivo, con esto pueden alcanzar diversas metas planteadas durante las planificaciones anuales del club, logrando aumentar el rendimiento de los atletas y triunfos diversas competencias.

Tipos de Enfoque

Cualitativo: Se sustenta en la recopilación bibliográfica de varios autores que han estudiado la Biomecánica del tiro libre en el fútbol.

Cuantitativo: Es necesario procesos informáticos para la extracción de valores matemáticos, mediante la utilización de los softwares de análisis de movimiento Kinovea 0.8.27.

Exploratoria: Porque era necesario realizar un estudio significativo acerca de la biomecánica del tiro libre en la FDT tema que no ha sido estudiado con antelación.

De campo: Es necesario involucrase con todos los deportistas que pertenecen a la FDT, desde los que llevan 5 años o más hasta los que ingresaron recientemente y observar cuál es su desempeño deportivo. **Transversal:** Debido a que los datos fueron tomados en un tiempo establecido y las variables de estudio fueron medidas una sola vez.

Descriptiva: Por medio de la grabación se consiguió que el atleta posea un ambiente sumamente relajado y natural para la ejecución del tiro libre y una vez finalizado el análisis biomecánico se proceden a emitir criterios y opiniones.

Entrevista: Fue necesario el apoyo del entrenador de la categoría sub 16 de FDT para la selección de una muestra de deportistas.

Población: Actualmente la selección sub 16 de la federación deportiva de Tungurahua en su jornada vespertina cuenta con 36 jugadores, todos los deportistas están dispuestos a que se realicen estudios que puedan ayudar a mejorar su trayectoria deportiva.

Muestra: 10 Atletas de la Federación Deportiva de Tungurahua.

Aspectos éticos: El proyecto investigativo contó con la firma de autorización por parte de FDT, además que toda la información recopilada fue manejada bajo total confidencialidad.

Área de estudio

- Área: Fútbol
- Provincia: Tungurahua
- Cantón: Ambato
- Lugar: Federación Deportiva de Tungurahua (Av. Bolivariana y Av. Víctor Hugo)

Pre selección y Selección del deportista: Durante cuatro (4) semanas de observación de campo en donde todos los deportistas realizaban sus entrenamientos cotidianos y adicionalmente practicaban los tiros libres se observó el desempeño en la cancha y la técnica que utilizan en los remates; al llegar a la semana 4 se realizó un video de la ejecución del tiro libre en una distancia de 20m con una barrera a 9m, todos los atletas fueron grabados para la selección, con el apoyo del entrenador y de la observación se realizó la selección de una muestra de 10 deportista para proceder con el análisis biomecánico. **Procedimiento de grabación:** El día de grabación se realizó un calentamiento general de 15min y 5 min hidratación. **Ubicación de materiales:** Las dimensiones de la cancha sintética son de 45m x90m, el balón N5 ubicado a 20m desde la portería, en la zona del semicírculo del área y perpendicular al punto penalti, la barrera ubicada a 9m delante de la ubicación del balón, el trípode de Aluminio Expandible ubicado a 3,70m desde la horizontal del balón y 1,10m de altura, la configuración de la cámara Eken h9r 4k fue grabación 720p-20fps (H.264) visión panorámica 170grados, el plano de grabación fue plano anatómico sagital derecho y eje latero lateral. **Anexo 10**

Extracción y almacenamiento de datos: Todos los datos recopilados y los recursos utilizados fueron almacenados en una carpeta denominada (FDT-Biomecanica-2020) con la ayuda del software **Kinovea 0.8.27** se analizaron los valores angulares de la extremidad inferior derecha, para lo cual se utilizó la herramienta (ángulo); para el rastreo de la velocidad del balón la herramienta (tracking) y mediante las opciones (herramientas-cinemática lineal), se extrajo los valores máximos y mininos de velocidad

en la cadera, rodilla, tobillo; con estos valores se procedió al cálculo del promedio y desviación estándar y las gráficas implementadas fueron de categoría tipo radial en Excel . **Anexo 11**

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de los resultados

Tabla 1: Frecuencia Vel. Salida del Balón "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (Luhtanen, 1988)"

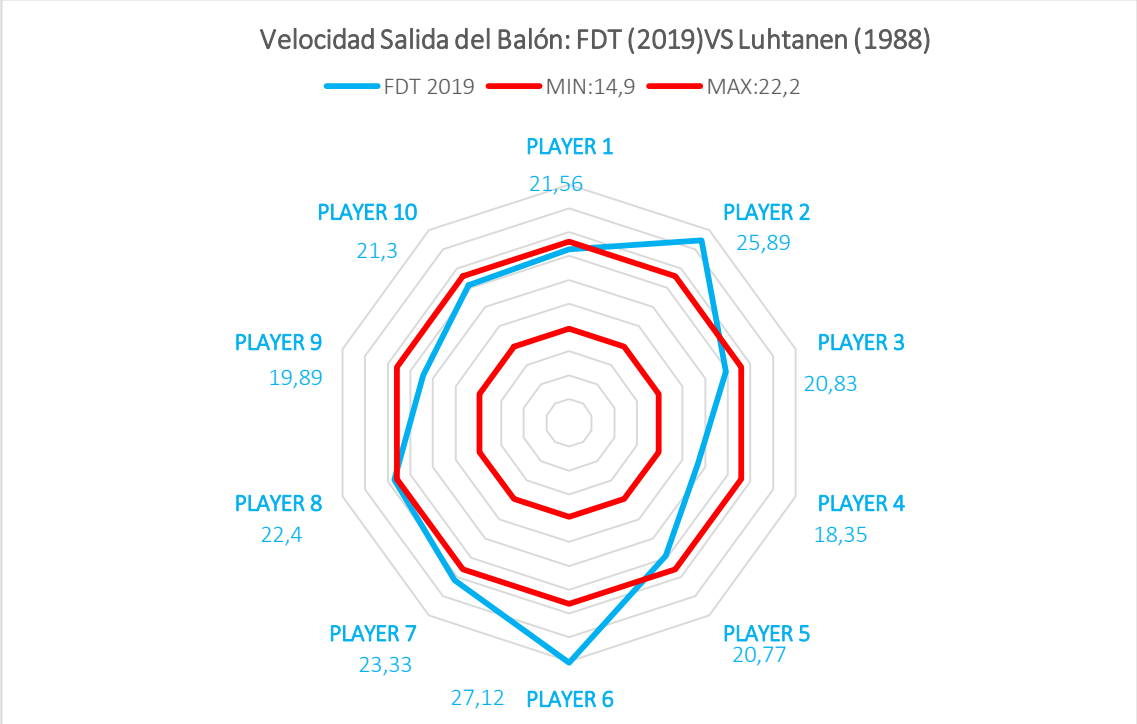
	Velocidad de salida del balón m/s											
	PLAYER 1	PLAYER 2	PLAYER 3	PLAYER 4	PLAYER 5	PLAYER 6	PLAYER 7	PLAYER 8	PLAYER 9	PLAYER 10	PROMEDIO	DES.ESTANDAR
FDT (2019)	21,56	25,89	20,83	18,35	20,77	27,12	23,33	22,40	19,89	21,3	22,14	2,68

Escala Luhtanen (1988) 14,9-22,2m/s	**Frecuencia Jugadores**	**Porcentaje %**
Dentro	6	60
Valor min	0	0
Valor máx.	4	40
Total	10	100

Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Grafico 1: Frecuencia Vel. Salida del Balón "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (Luhtanen, 1988)"



Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Análisis: La velocidad de salida del balón, establece valores de 14,9 hasta 22,2 m/s. De una muestra de 10 jugadores correspondientes al 100% se encontró que el 60% de jugadores se encuentran dentro de la escala; el 40% de jugadores se encuentra sobre los valores máximos de la escala. Los valores encontrados establecen un promedio y desviación estándar de 22,14±2,68 m/s.

Tabla 2: Frecuencia Vel. Max. Cadera "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006)"

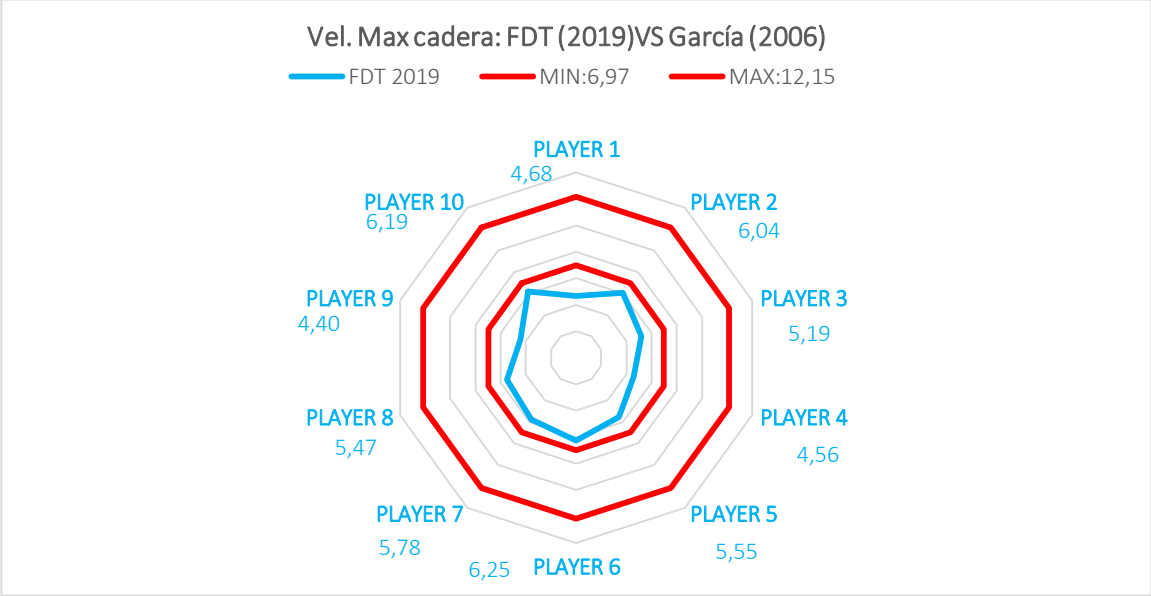
	Velocidad Máxima Caderas m/s											
	PLAYER 1	PLAYER 2	PLAYER 3	PLAYER 4	PLAYER 5	PLAYER 6	PLAYER 7	PLAYER 8	PLAYER 9	PLAYER 10	PROMEDIO	DES.ESTANDAR
FDT (2019)	4,68	6,04	5,19	4,56	5,55	6,25	5,78	5,47	4,40	6,19	5,41	0,68

Escala García (2006) 9,56±2,59 m/s	**Frecuencia Jugadores**	**Porcentaje %**
Dentro	0	0
Valor min	10	100
Valor máx.	0	0
Total	10	100

Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Grafico 2: Frecuencia Vel. Max. Cadera "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006)"



Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Análisis: La cinemática lineal correspondiente a la velocidad máxima de cadera, establece valores de 9,56±2,59 m/s. De una muestra de 10 jugadores correspondientes al 100%; Se encontró que el 100% de jugadores se encuentran fuera de los valores mínimos de la escala; Los valores encontrados establecen un promedio y desviación estándar de 5,41±0,68 m/s.

Tabla 3: Frecuencia Vel. Max. Rodilla "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006)"

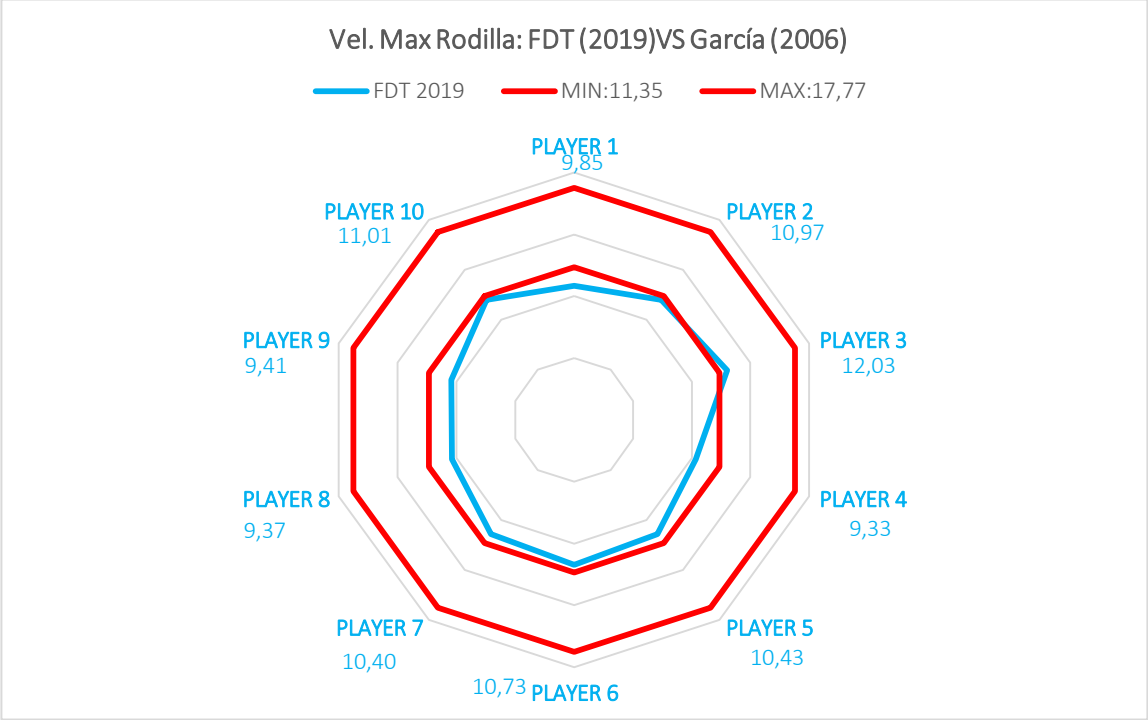
	Velocidad Máxima Rodilla m/s											
	PLAYER 1	PLAYER 2	PLAYER 3	PLAYER 4	PLAYER 5	PLAYER 6	PLAYER 7	PLAYER 8	PLAYER 9	PLAYER 10	PROMEDIO	DES.ESTANDAR
FDT (2019)	9,85	10,97	12,03	9,33	10,43	10,73	10,40	9,37	9,41	11,01	10,35	0,88

Escala García (2006) 14,56±3,21 m/s	**Frecuencia Jugadores**	**Porcentaje %**
Dentro	1	10
Valor min	9	90
Valor máx.	0	0
Total	10	100

Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Grafico 3: Frecuencia Vel. Max. Rodilla "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006)"



Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Análisis: La cinemática lineal correspondiente a la velocidad máxima de rodilla, establece valores de 14,56±3,21m/s. De una muestra de 10 jugadores correspondientes al 100% se encontró que el 10% de jugadores se encuentra dentro de la escala; el 90% de jugadores se encuentra debajo de los valores mínimos de la escala. Los valores encontrados establecen un promedio y desviación estándar de 10,35±0,88 m/s.

Tabla 4: Frecuencia Vel. Max. Tobillo "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006)"

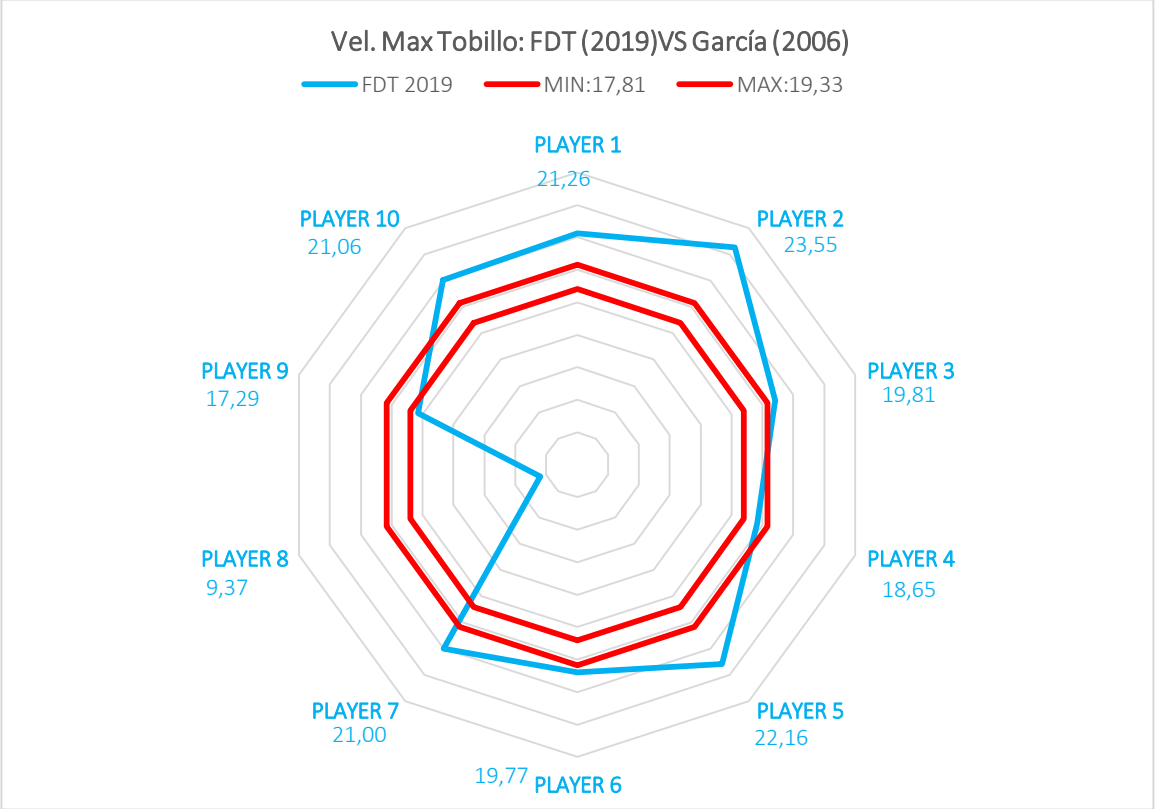
	Velocidad Máxima Tobillo m/s											
	PLAYER 1	PLAYER 2	PLAYER 3	PLAYER 4	PLAYER 5	PLAYER 6	PLAYER 7	PLAYER 8	PLAYER 9	PLAYER 10	PROMEDIO	DES.ESTANDAR
FDT 2019	21,26	23,55	19,81	18,65	22,16	19,77	21,00	9,37	17,29	21,06	19,39	3,94

Escala García (2006) 18,57±0,76 m/s	**Frecuencia Jugadores**	**Porcentaje %**
Dentro	1	10
Valor min	2	20
Valor máx.	7	70
Total	10	100

Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Grafico 4: Frecuencia Vel. Max. Tobillo "Jugadores sub 16 FDT que se encuentran dentro de la escala (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006)"



Fuente: Kinovea 0.8.27

Elaborado por: Mauricio Gavilánez

Análisis: La cinemática lineal correspondiente a la velocidad máxima del tobillo, establece valores de 18,57±0,76 m/s. De una muestra de 10 jugadores correspondientes al 100% se encontró que el 10% de jugadores se encuentra dentro de la escala; el 20% de jugadores se encuentra debajo de los valores mínimos, el 70% se encuentra sobre los valores máximos de la escala. Los valores encontrados establecen un promedio y desviación estándar de 19,39±3,94 m/s.

3.2 Discusión de los resultados

Con la aparición de nuevos softwares informáticos para el análisis del movimiento, se ha podido simplificar procesos que antes hubiese sido imposible estudiar sin la ayuda de laboratorios de alta tecnología (Ahedo Ruiz & Danvila del Valle, 2007). El tiro libre posee una caracteristica especial y debe ser entrenada en todas las categorias del fútbol; a lo largo de la historia han sido muchos los equipos que han podido conseguir una victoria tras un marcador ajustado utilizando de este recurso.

Con la utilizacion del software que analiza el movimiento kinovea, se logro establecer un tiempo promedio en los atletas de FDT durante la ejecucion del tiro libre T= 1,51±0,35min este valor sin embargo es susceptible a variaciones por aspectos externos(ambientales) e internos (preparación individual, distancia a portería, efecto del balón y su dirección) procesos mentales que se manifiestan en el deportista antes de la ejecución de su remate. En lo relacionado a la velocidad de salida del balón se registraron valores entre 22,14±2,68 m/s, al compararlos con los referentes teóricos establecidos entre 10-18 años y 14,9 hasta 22,2 m/s (Luhtanen, 1988). Se puede decir que los atletas de la categoria sub 16 se encuentran dentro de parámetros óptimos correspondientes; otro factor que podría beneficiar a los deportistas FDT es la experiencia de años 2 perteneciendo al club.

En lo referente a la cinemática lineal de velocidad máxima en los puntos anatómicos de cadera, rodilla, tobillo se encuentran valores de Vel. máx. cadera (m/s) 9,56±2,59; Vel. máx. rodilla (m/s) 14,56±3,21; Vel. máx. tobillo (m/s) 18,57±0,76 (García , Zabala, Lozano, Lozano, & Soto, 2006). En nuestro análisis se encontró valores de Vel. máx. cadera 5,41±0,68 m/s; Vel. máx. rodilla 10,35±0,88 m/s; Vel. máx. tobillo 19,39±3,94 m/s estos datos se registran en la Fase Unipodal del tiro libre (Torres Sanchez, 2015) pues es el momento de mayor flexión de la pierna de ataque; Así se observó que los valores analizados no se ajustan a los parámetros bibliográficos, aunque ambos son remates a portería existen diferencias significativas debido al tipo de metodología que se utiliza.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. Se cumple con el objetivo de la investigación ya que se logró analizar y registrar en video la biomecánica del tiro libre a puerta en el plano sagital derecho de los atletas de fútbol de la categoría sub 16 de FDT, mediante programas de análisis de movimiento.

2. Mediante el análisis de los referentes teóricos y metodológicos acerca de la biomecánica del tiro libre en el fútbol pudimos constatar que este juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz, puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento; se pudo verificar que la biomecánica es un conjunto de conocimientos interdisciplinares generados a partir de otras ciencias biomédicas pues con los conocimientos de la mecánica y distintas tecnologías, se llega a la comprensión del comportamiento de los sistemas biológicos.

3. Se comprobó que velocidad de salida del balón de los atletas de la FDT categoria sub 16 al ser comparadas con los referentes teoricos investigados; estos valores de velocidad, se encuentran dentro de los parámetros adecuados conforme a su edad actual. Se comprobó que la cinemática lineal correspondiente a la velocidad máxima en los puntos anatomicos cadera, rodilla, tobillo, se producen la Fase Unipodal del tiro libre y los valores encontrados se encuentran distantes a los referente teoricos investigados.

4.2 Recomendaciones

1. Adquirir un Sistema de Captura Automática del Movimiento en 3D VICON, para simplificar y optimizar el análisis de biomecánica.

2. Continuar con la recolección de información sobre la biomecánica del tiro libre, en todos los atletas de la categoria sub 16 de la Federación deportiva de Tungurahua para ampliar la biblioteca de información.

3. Analizar en próximos estudios, todos los planos anatómicos (lateral, frontal y transversal) con la ayuda de varias cámaras, con ello se conseguiría registrar los valores de rotación externa e interna, aducción, abducción, flexión y extensión.

4. Generar pautas o modelos graficos, con valores angulares de la pierna para que sean aprovechadas por otros deportistas.

5. Sería inadecuado intentar que todos los deportistas imiten la técnica deportiva de otro atleta, puesto que sería una limitante a la creatividad individual y capacidad de resolución de problemas, aspectos sumamente importantes en el futbol, no obstante, sería de gran beneficio si lo que se pretende es buscar especialistas en la ejecución del tiro libre.

BIBLIOGRAFÍA

Acero, J. (2006). The BIOMIN Model in Biomechanical Analysis of Athletes. *First International Congress on Sports Biomechanics.* Obtenido de https://g-se.com/modelos-biomecanicos-en-la-tecnica-deportiva-bp-L57cfb26d44a53

Aguado , J., & Izquierdo, R. (1995). Aplicaciones de la biomecánica al fútbol . *Dialnet*.

Ahedo Ruiz, J., & Danvila del Valle, I. (2007). LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS COMO HERRAMIENTAS QUE FACILITAN LA EDUCACIÓN FORMATIVA EN LA EDUCACIÓN. *redalyc*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiUpsv1_fzmAhUk11kKHe9ZAVEQFjACegQIBRAB&url=https%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Fpdf%2F4959%2F495950225001.pdf&usg=AOvVaw1-zUBVuEBZ02oDRm7WZWEG

Bartlett, R. (1997). *Introduccion a Biomecanica Deportiva.*

Bolaños, M. (2009). Aplicaciones de la biomecánica al fútbol. *EfDeportes*.

BRICEÑO, G., & Gómez, M. (2011). Estudio biomecánico de la fase activa del cobro de tiro libre golpeando el balón con el borde interno del pie en el fútbol de campo. *EFDeportes.com*. Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd161/estudio-biomecanico-del-tiro-libre-en-el-futbol.htm

Córdova , E. (2012). *La Biomecánica aplicada al fútbol y su incidencia en la técnica del golpe de balón.* Universidad Tecnica de Ambato, Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5584/1/TESIS%20EDWIN%20CORDOVA.pdf

Day, P. (1987). A biomechanical analysis of the development of the mature kicking pattern in soccer. *Researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/258432377_Diferencias_Cinematicas_Del_Golpeo_De_Futbol_Entre_Futbolistas_Expertos_e_Inexpertos/citation/download

Donskoi, & Zatsiorski. (1997). La biomecanica una herramienta para la evaluacion de la tecnica. *Apuntes de la Educación Fisica y deportes*.

Fifa. (1982). *La Fifa*. Obtenido de Historia de las Reglas del Juego: https://es.fifa.com/about-fifa/who-we-are/the-laws/

Fung, Y. C. (1993). Biomechanics: mechanical properties of living tissues. *Springer Verlag*.

García , E., Zabala, M., Lozano, L., Lozano, J., & Soto, V. (2006). Análisis de los golpeos de empeine y puntera en jugadores de elite de fútbol-sala. *Federación Española de Medicina del Deporte*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2058043&orden=267390&info=link

Garcia, O., & Suarez, T. (2004). Análisis de los factores que condicionan la eficacia en el golpeo a balón. *EFDeportes.com*. Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd69/futbol.htm

Gonzalez, J., & Muñoz, A. (2012). Diferencias Cinemáticas Del Golpeo De Fútbol Entre Futbolistas Expertos e Inexpertos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jose_Gonzalez-Jurado/publication/258432377_Diferencias_Cinematicas_Del_Golpeo_De_Futbol_Entre_Futbolistas_Expertos_e_Inexpertos/links/00b49534822111e74c000000/Diferencias-Cinematicas-Del-Golpeo-De-Futbol-Entre-Futbolis

Gutierrez, & Martinez, C. (1999). Método matemático para la sincronización de lascámaras mediante la utilización de algoritmos DDT. (U. d. Granada, Ed.) *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gutierrez_Davila/publication/39431745_Metodo_matematico_para_la_sincronizacion_de_las_camaras_mediante_la_utilizacion_de_algoritmos_DDT/links/56939a0008ae0f920dcea97a/Metodo-matematico-para-la-sincronizacion-de-las-cam

Gutiérrez, M. (1998). *Biomecánica Deportiva.*

Hamill, J., & Knutzen. (2015). *Components of biomechanical and kinesiological movement analysis.*

Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques by James G. Hay.*

IFAB. (2018). Reglas del Juego.

Iparraguirre, L. (2009). *Mecánica Básica.* Buenos Aires.

Isokawa, & Lees . (1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. *Science and football*.

Joan Charman. (2004). *Kinovea.org*. Obtenido de https://www.kinovea.org/

Konigsberg, I. (2004). *Diccionario técnico Akal de cine.*

Lozano, L., & Zabala, M. (2002). Perspectiva biomecánica del golpeo en fútbol una revisión a modo de recorrido histórico. *efdeportes.* Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd45/golpeo.htm

Luhtanen, P. (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking. *International Journal of Sport Science*. Obtenido de https://www.cafyd.com/REVISTA/01903.pdf

Medina, A. (2010). *Física I*. (U. d. Salamanca, Ed.) España: Departamento de Física Aplicada.

Meniel, & Shnabel. (1988). Análisis de las fases en relación al gesto técnico del cabeceo en el fútbol en edades formativas desde una perspectiva biomecánica. *Efdeportes*. Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd202/gesto-tecnico-del-cabeceo-en-el-futbol.htm

Milanca, R., & Montiel, J. (2017). Análisis biomecánico de la técnica del golpe de balón en el fútbol. *efdeportes*. Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd224/analisis-biomecanico-del-golpe-de-balon-en-futbol.htm

Montoro, R., Zapata, G., Quizhpe, V., & Espinoza, I. (2018). ADECUACIONES ESPECÍFICAS PARA LA FASE DE ESFUERZO FINAL EN LA IMPULSIÓN DE LA BALA, DE LOS ATLETAS DE LA CATEGORÍA SUB 16 SEXO MASCULINO DE LA FEDERACIÓN DEPORTIVA DE TUNGURAHUA. *Ciencia Digital, 2*.

Olson, J. (1985). Anatomic and biomechanical analyses of the soccer style free kick. *Strength and conditioning Journal*. Obtenido de https://journals.lww.com/nsca-scj/Citation/1985/12000/Sports_Performance_Series__Anatomic_and.1.aspx

Pearsall, R. (1994). *Kinetics of Human Motion.*

Prandanoff, F. (2002). *Fisica Unidad 4.*

Quirós, R. E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil.*

Repetto, A. (2005). *Bases biomecanicas para el analisis del movimiento humano.*

Romero, A. (1999). La transformación lineal directa metodo de fotogrametría convergente de bajo costo. *Fundacion dialnet*.

Sanabria Arguello, Y., & Agudelo Velásquez, C. (2017). Analisis cinemático y dinámico en el pateo en el fútbol sala. *Actividad Fisica y desarrollo humano*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Agudelo_Velasquez/publication/319854228_ANALISIS_CINEMATICO_Y_DINAMICO_EN_EL_PATEO_EN_EL_FUTBOL_SALA/links/5c05c04ba6fdcc315f9ad942/ANALISIS-CINEMATICO-Y-DINAMICO-EN-EL-PATEO-EN-EL-FUTBOL-SALA.pdf

Santos, D., Lopez, C., Mallo Sainz, J., & Navarro, E. (2010). Análisis del golpeo de balón y su relación con el salto vertical en futbolistas juveniles de alto nivel. *REVISTA INTERNACIONAL DE CIENCIAS DEL DEPORTE*.

Sarango Masache, D. (2017). *Análisis biomecánico del gesto técnico en el golpeo en futbol y sus relativos dominios de fuerzas y velocidades.* Universidad Técnica de Machala, Machala.

Torres Sanchez, V. (2015). Revisión de variables cinemáticas en el tiro libre de fútbol. *Dialnet*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/

Valencia, W., & Gaviria Alzate, J. (2018). Gesto técnico del pateo a balón detenido en fútbol: estudio de caso, un análisis comparativo en 3d. *Revista de Educación Física*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwiO6-X2zfTmAhUCZKwKHVcjAWMQFjABegQIAhAH&url=http%3A%2F%2Faprendeenlinea.udea.edu.co%2Frevistas%2Findex.php%2Fviref%2Farticle%2Fdownload%2F334948%2F20790711&usg=AOvVaw0HN0iMYnL1XcZ5U

Waterhouse, R., & Fairhurts, E. (2005). Circadians rythms in sport. *Dialnet*.

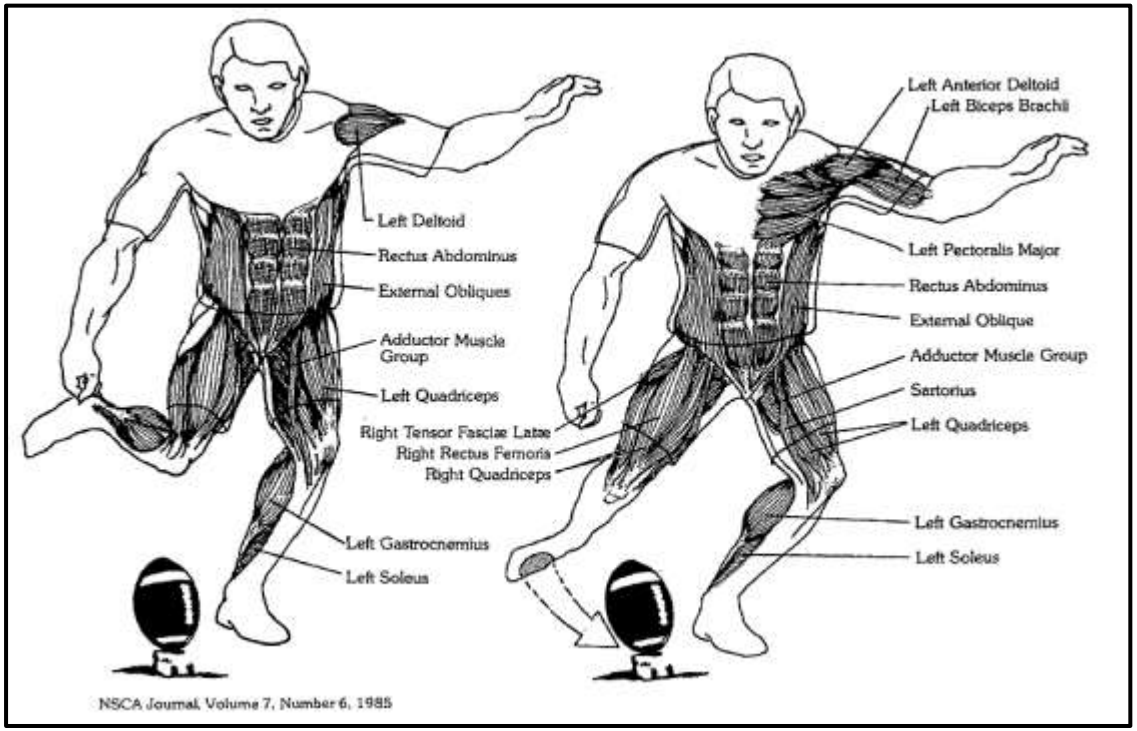
Weineck, E. (1995). Análisis de los factores que condicionan la eficacia en el golpeo a balón parado en el fútbol. *efdeportes*. Obtenido de https://www.efdeportes.com/efd69/futbol.htm

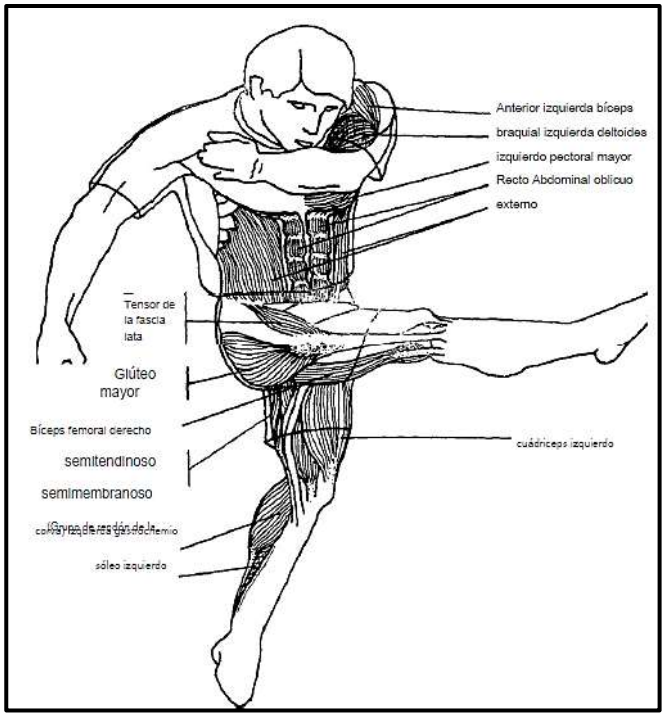
William, M., & Hodges, N. (2005). Practice, instruction and skill adquisition on soccer. *Journal Sport sciences*.

ANEXOS

Anexo 1: Músculos que intervienen en el tiro libre

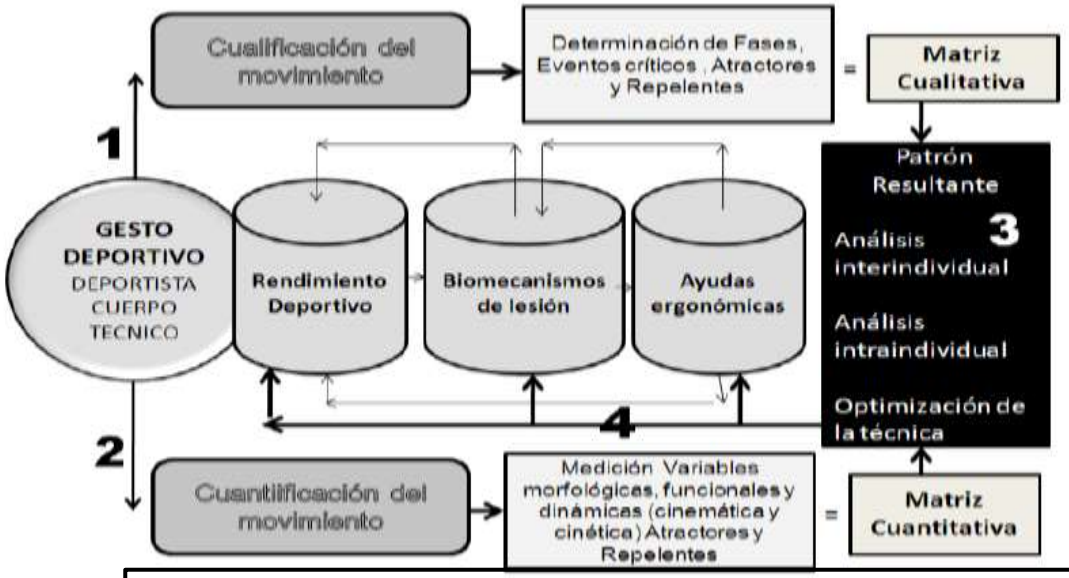
Fuente: (Olson, 1985)





Anexo 2: Modelo tradicional de la enseñanza y nuevo modelo biomecánico (BIOMIN-VAR)

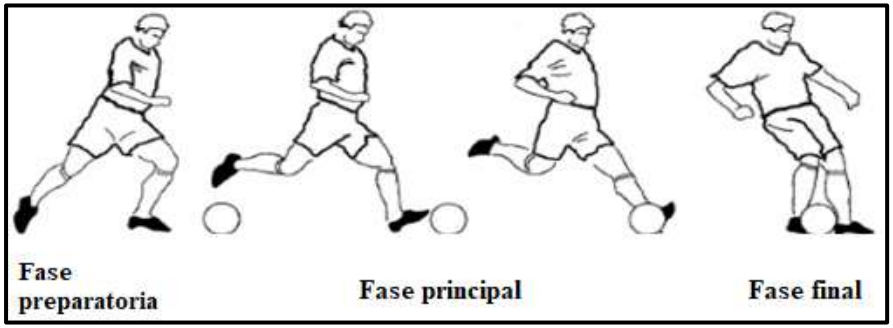
Fuente: (Acero, 2006)



Modelo biomecánico (BIOMIN-VAR) de edición, análisis e intervención en el gesto deportivo y en el control de su entrenamiento basado en estudios de variabilidad.

Anexo 3: Fases del tiro

Fuente: (Meniel & Shnabel, 1988)



Anexo 4: Fases del tiro libre

Fuente: (Milanca & Montiel, 2017)

Anexo 5: Fases del tiro libre

Fuente: (BRICEÑO & Gómez, 2011)

Anexo 6: Fases del tiro libre

Fuente: (Torres Sanchez, 2015)

Anexo 7: Kinovea 0.8.27

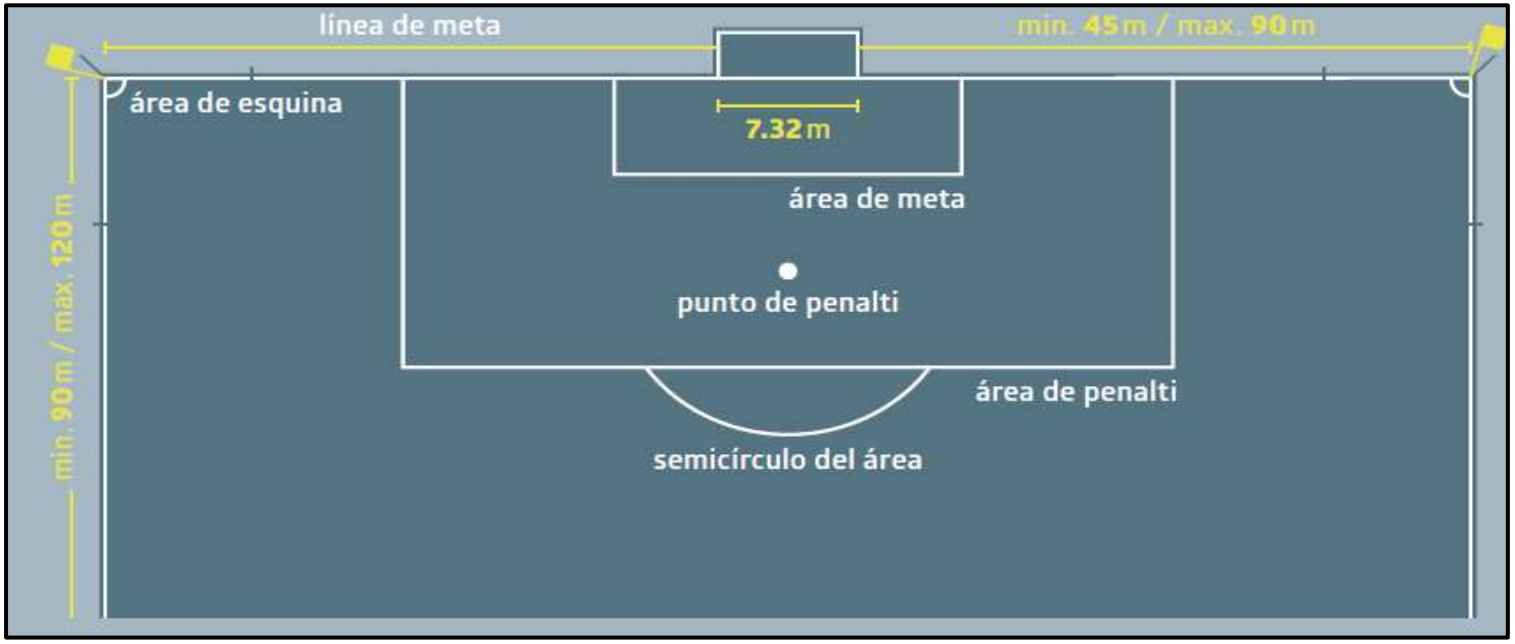
Fuente: (Joan Charman, 2004)

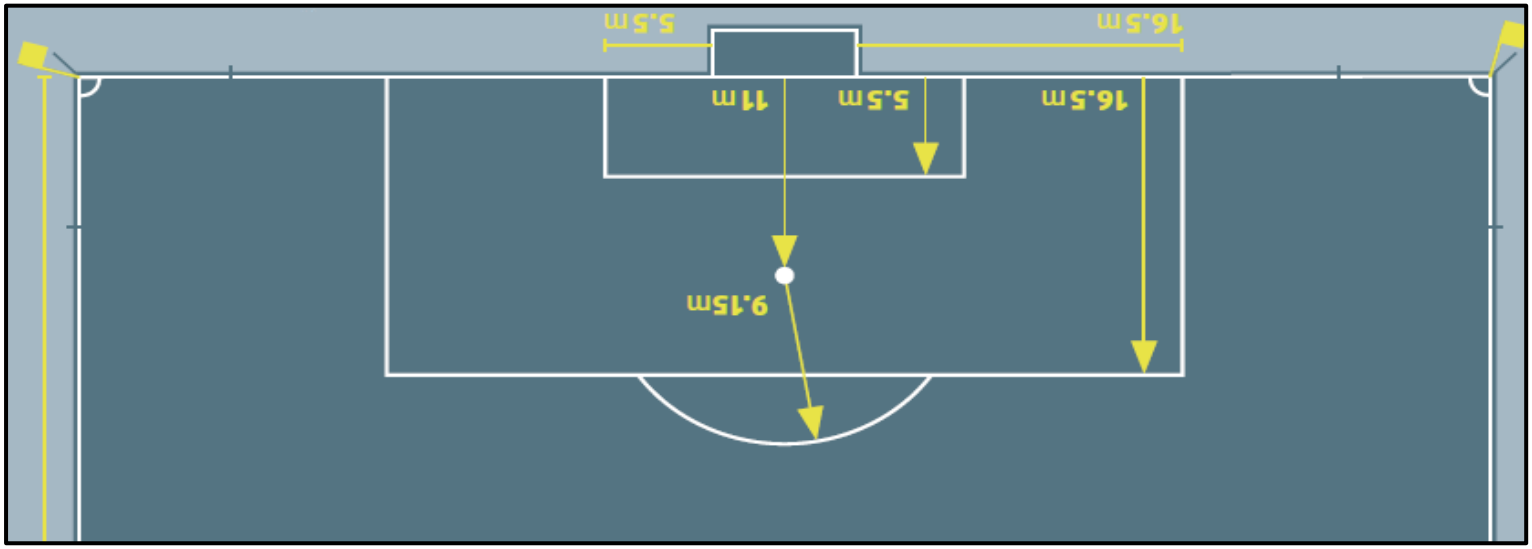
Anexo 8: Cámara Eken H9r tipo GoPro 1080p 60fps

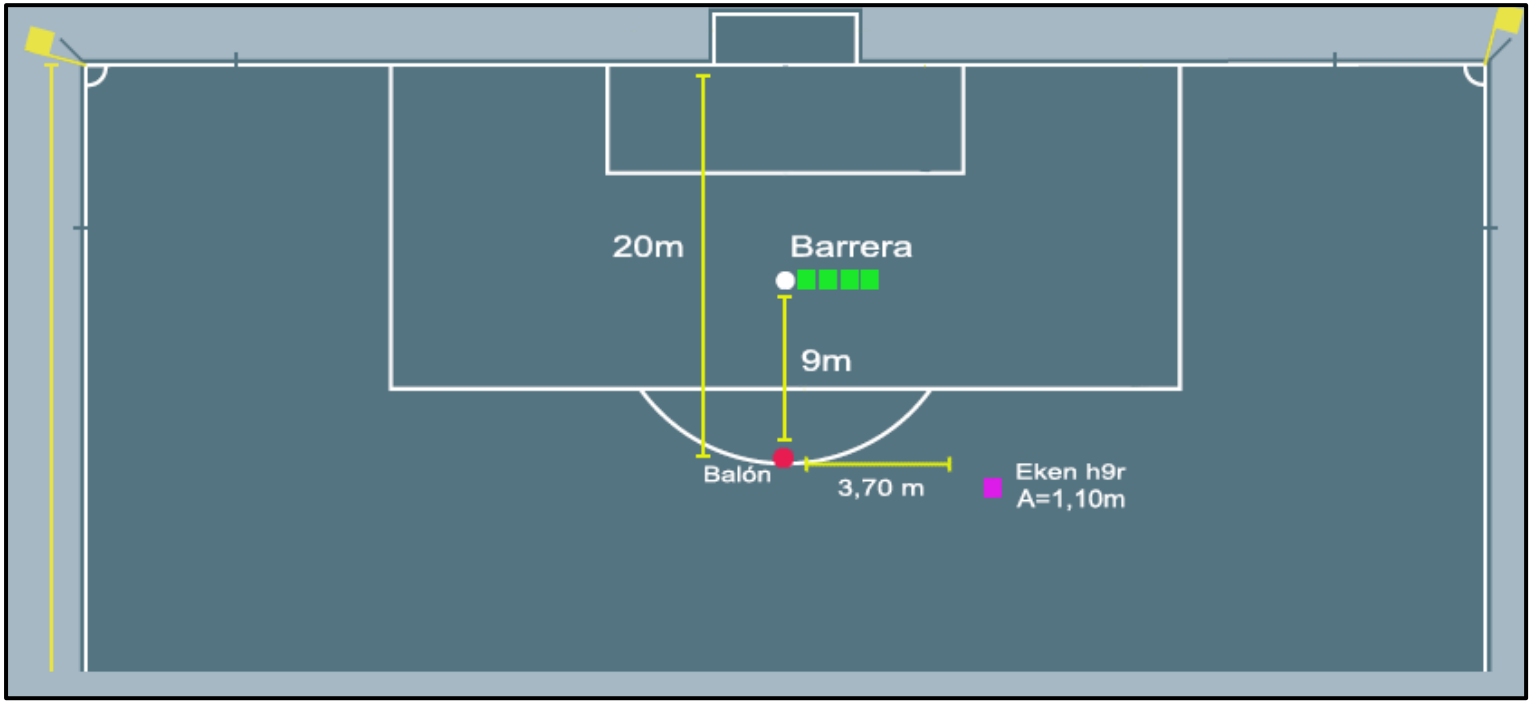
Anexo 9: Materiales adicionales

Trípode de aluminio expansible	Flexómetro	Balon N5	Platos de entrenamiento

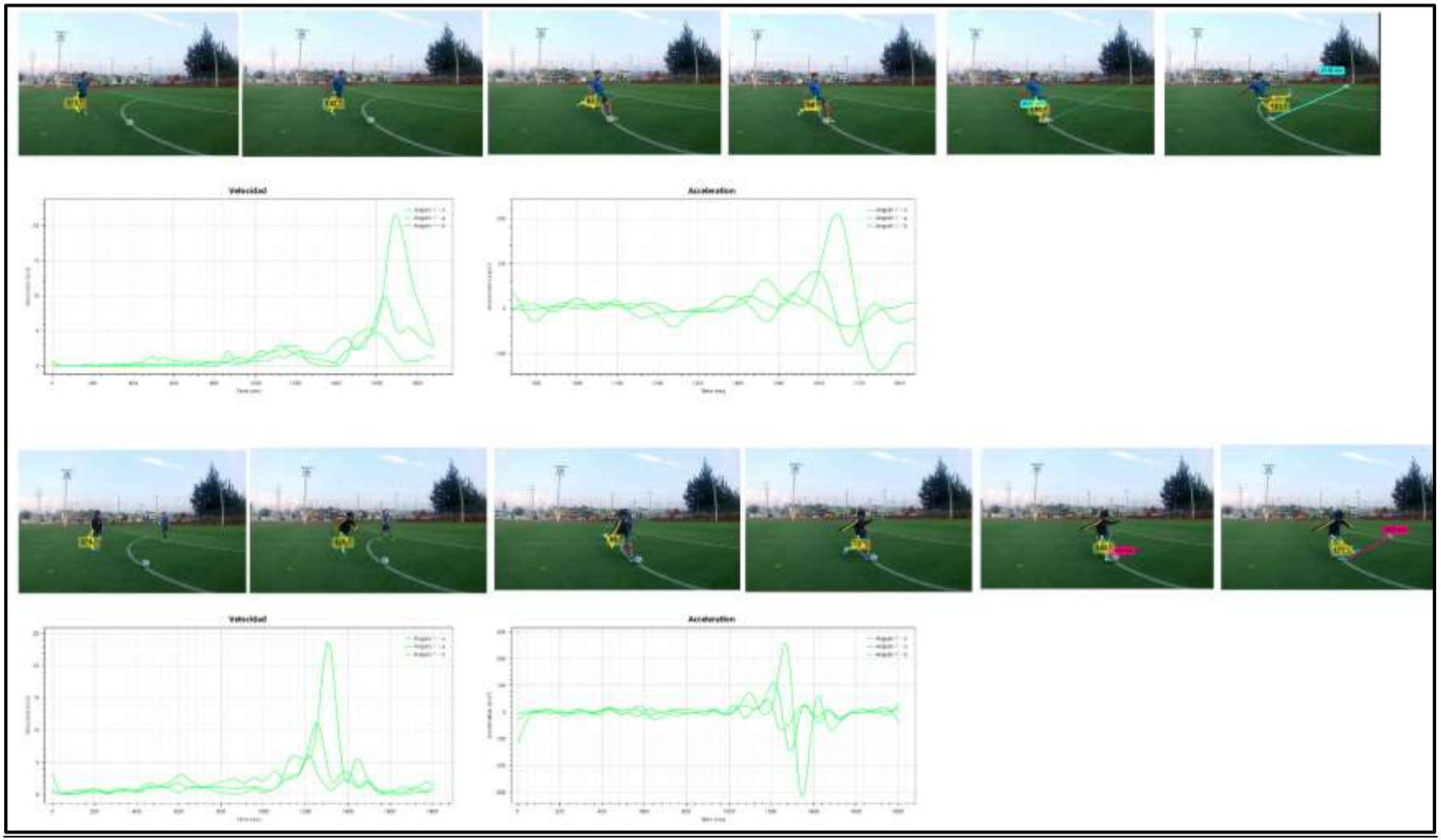
Anexo 10: Ficha de datos, Ubicación de los materiales e instrumentos

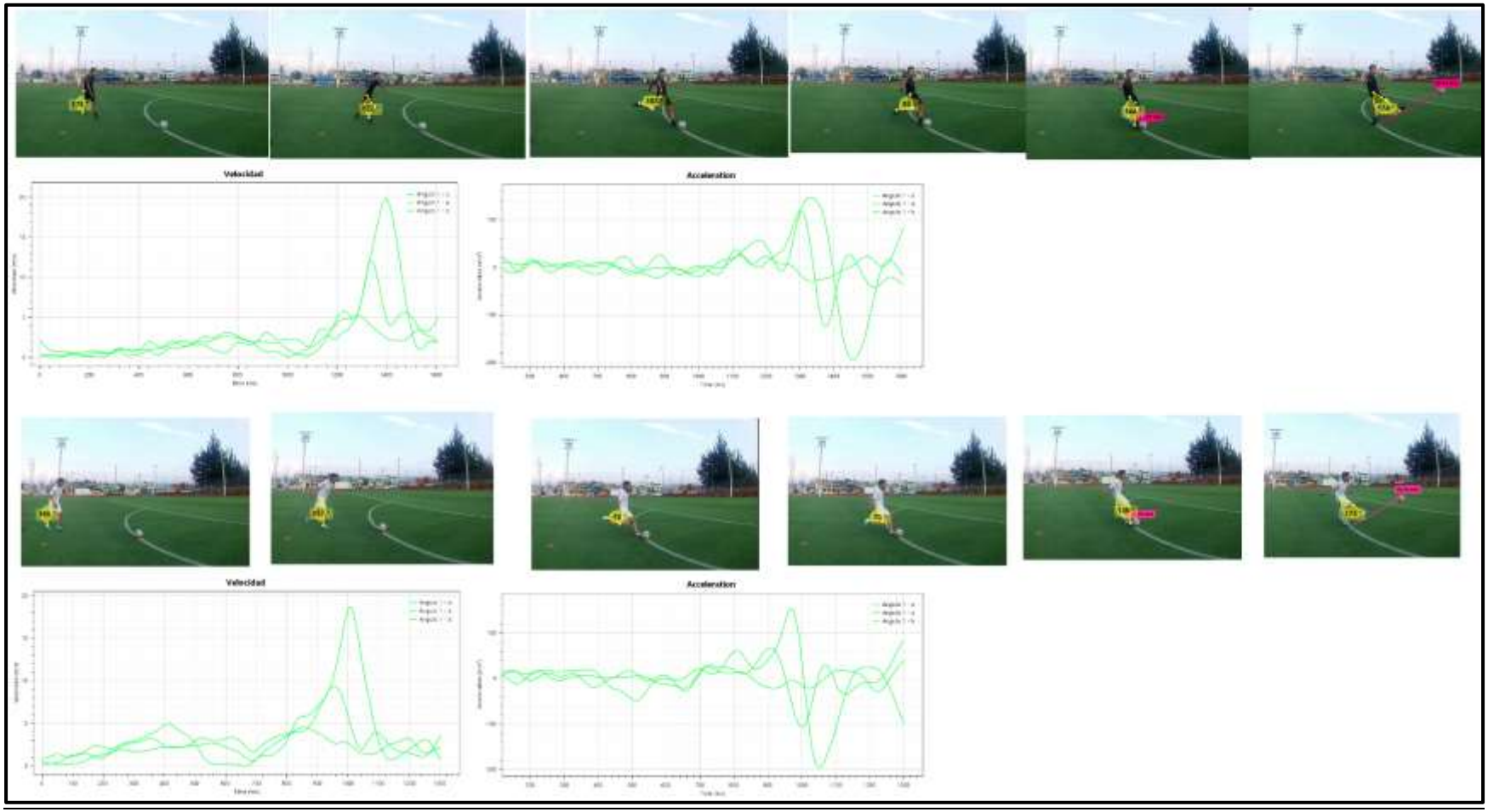


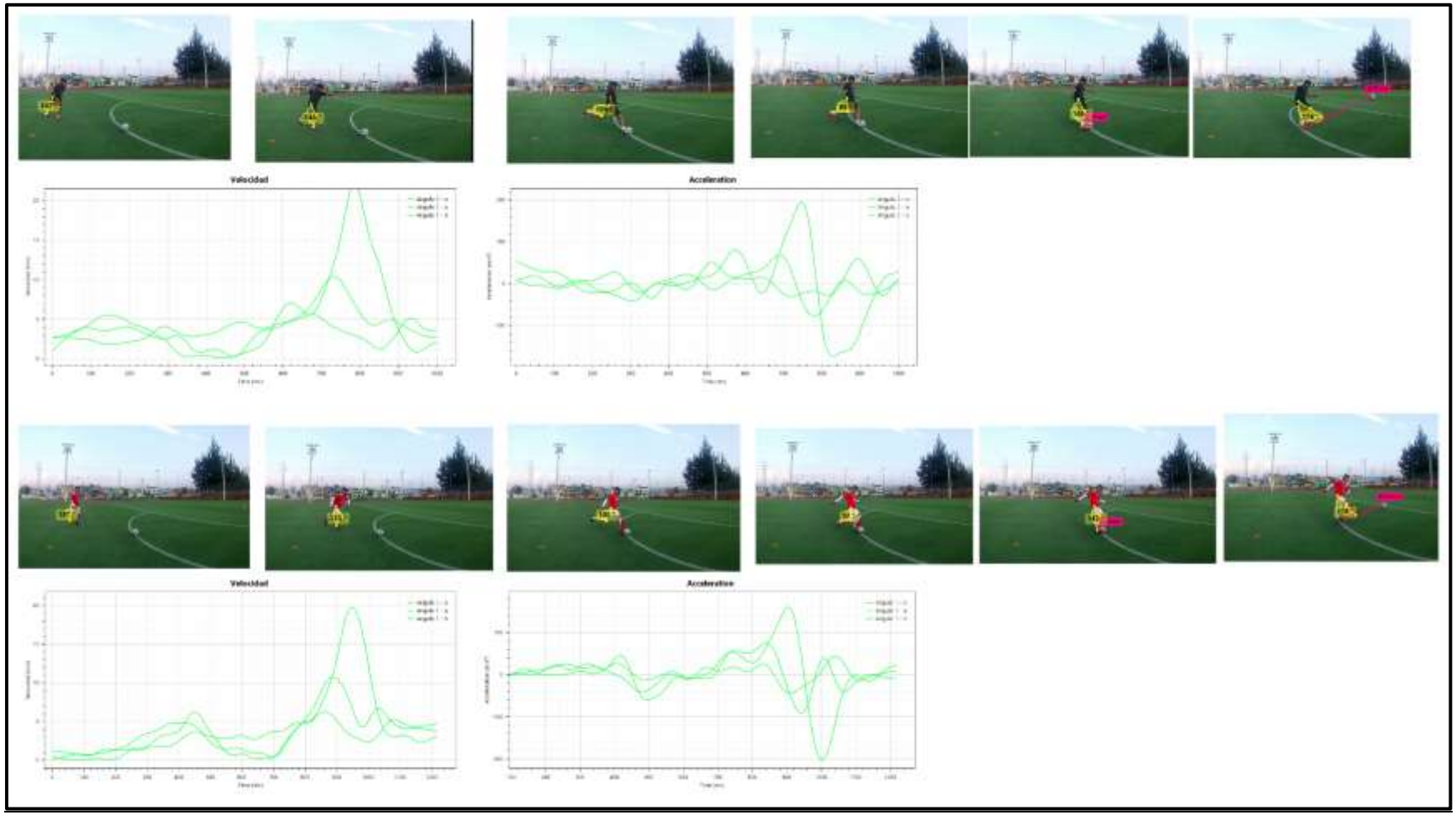

5.5m
16.5m
11m
5.5m
16.5m
9.15m

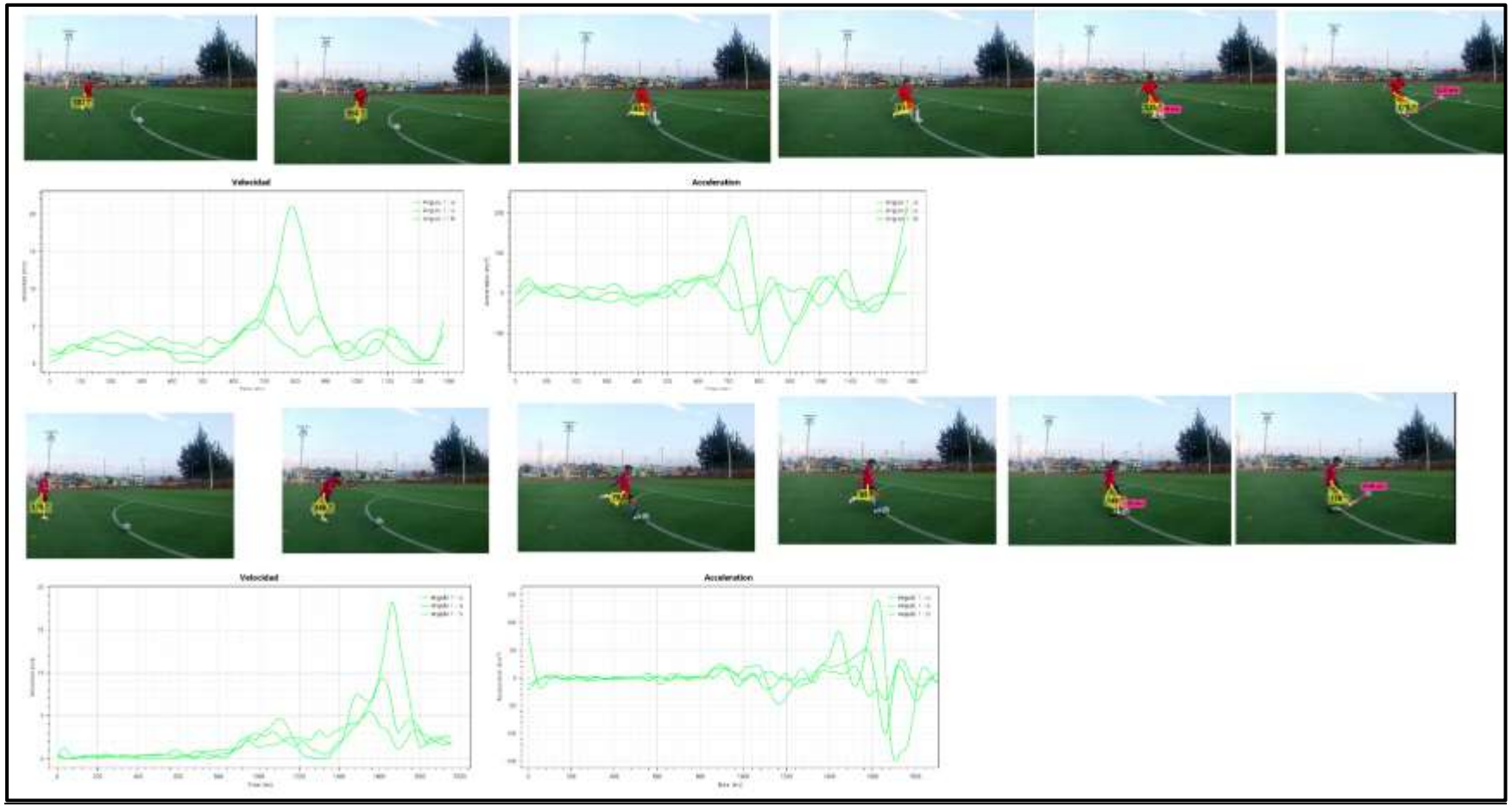

20m
Barrera
9m
Balón
3,70 m
Eken h9r
A=1,10m

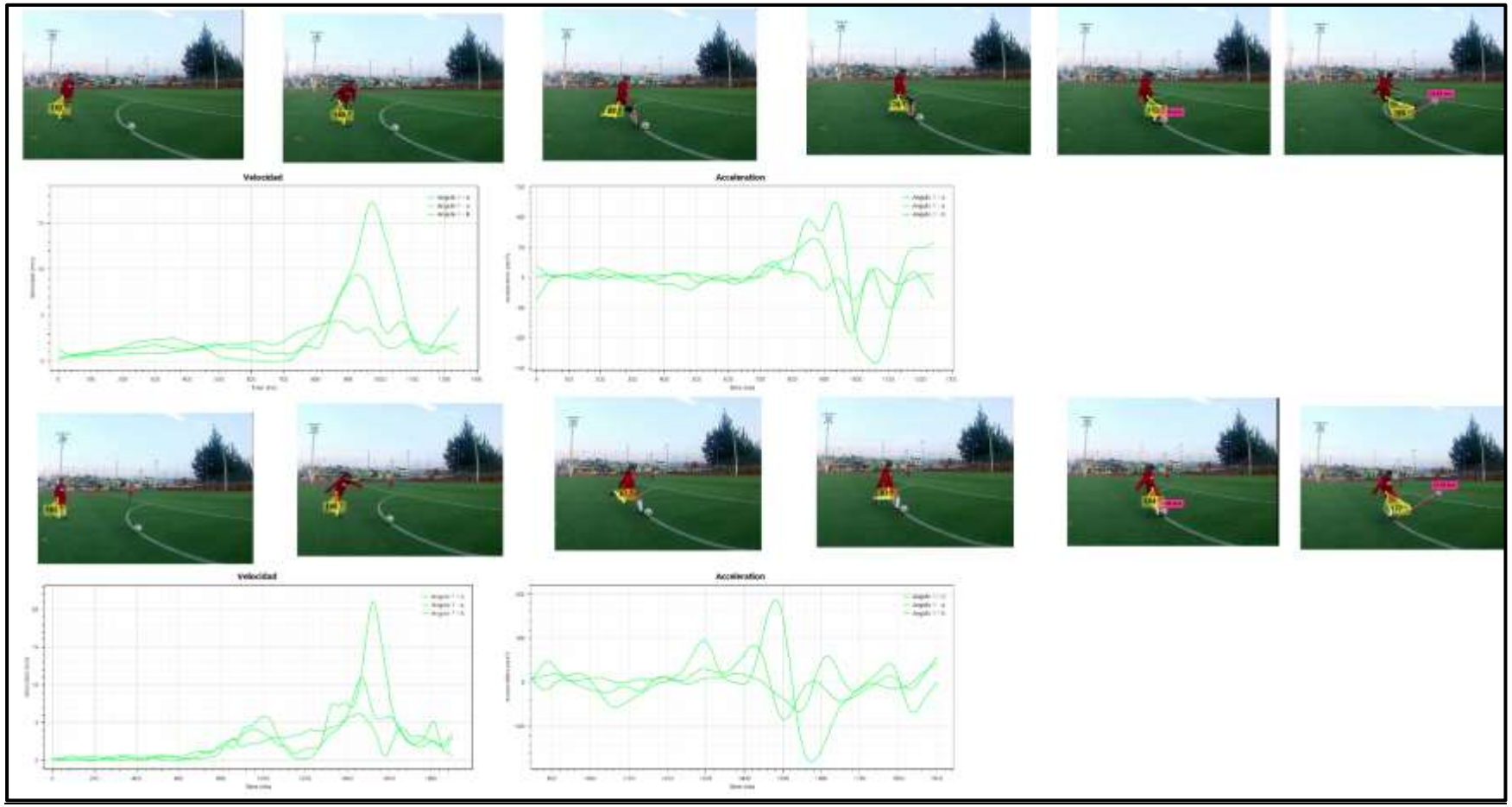
Anexo 11: Análisis y registro de la biomecánica de la categoría sub 16 FDT mediante Kinovea 0.8.27




Velocidad
Aceleration
Velocidad
Aceleration


Velocidad
Aceleration
Velocidad
Aceleration


Velocidad
Aceleration
Velocidad
Aceleration


Velocidad
Acceleration
Velocidad
Acceleration

					Fases tiro libre αPierna								CINEMATICA		
	Nombre	Edad	Peso kg	Altura cm	Posicion Inicial	carrera aproximacion	Postura unipodal	Balanceo pierna ataque	contacto balon	post impacto	Velocidad salida balón m/s	Tiempo duracion ms	CADERA VELmax m/s	RODILLA VELmax m/s	TOBILLO VELmax m/s
1	PLAYER 1	17	70	175	173	132	83	94	140	181	21,56	1883	4,68	9,85	21,26
2	PLAYER 2	16	65	170	174	125	65	72	142	177	25,89	1808	6,04	10,97	23,55
3	PLAYER 3	16	72	178	178	122	107	92	144	174	20,83	1608	5,19	12,03	19,81
4	PLAYER 4	15	62	172	165	157	78	70	139	173	18,35	1267	4,56	9,33	18,65
5	PLAYER 5	16	55	162	142	140	104	89	146	174	20,77	1000	5,55	10,43	22,16
6	PLAYER 6	16	70	175	187	123	100	97	142	178	27,12	1217	6,25	10,73	19,77
7	PLAYER 7	15	62	165	153	156	85	91	125	178	23,33	1283	5,78	10,40	21,00
8	PLAYER 8	16	73	170	170	146	79	85	149	178	22,40	1958	5,47	9,37	9,37
9	PLAYER 9	16	61	165	162	140	99	78	112	186	19,89	1242	4,40	9,41	17,29
10	PLAYER 10	15	60	165	182	166	67	87	164	177	21,30	1900	6,19	11,01	21,06
	PROMEDIO	16	65	170	169	141	87	86	140	178	22,14	1517	5,41	10,35	19,39
	DES.ESTANDAR	1	6	5	14	15	15	9	14	4	2,68	352	0,68	0,88	3,94