



Análisis de criterios técnicos-biomecánicos para optimizar el lanzamiento del pitcher en beisbol

Analysis of technical-biomechanical criteria to optimize the baseball pitching

Colina, AJ^{1FDA}; Camacaro, MC^{2AFBC}

¹ Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela. albertocolina04@gmail.com

² Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela.
marelvycamacaro20@gmail.com

Responsabilidades. (A Diseño de la investigación; B Recolector de datos; C Redactor del trabajo; D Tratamiento estadístico; E Apoyo económico; F Idea original y coordinador de toda la investigación)

Recibido el 15 de diciembre de 2024

Aceptado el 21 de abril de 2025

DOI: 10.24310/riccafd.14.1.2025.20995

Correspondencia: Marelvyc Camacaro. marelvycamacaro20@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de Analizar criterios técnicos-biomecánicos en el Lanzamiento del Pícher en Béisbol, para optimizar la técnica. Estudio de caso descriptivo con un sujeto de 17 años segregado del Béisbol por dolor crónico en el codo y consecuente disminución de rendimiento. Según criterios técnicos-biomecánicos se generó una descripción de 4 fases del lanzamiento, considerando Fase 1: "Preparación"; Fase 2: "Paso de Impulso" y como aporte específico de este estudio; Fase 3 "Formación de los ejes cruzados" y Fase 4 "Formación de L invertida hacia liberación de pelota". Se utilizó el método fotogramétrico con el apoyo en videografía tridimensional (3D) empleando enfoque cualitativo (escala Likert) y cuantitativo (programa "Human v 5.0"). Se cuantificaron las variables cinemáticas en un pre y postest. Resultados: La intervención optimizó el lanzamiento, en cuanto al proceso (geometría del movimiento) evidenciando aumento de la velocidad de traslación y rotacional del cuerpo derivando un incremento de las millas: pre-test: 76,05 millas/horas a pos-test: 84,64 millas/horas). Adicionalmente, los correctivos aplicados sobre la base de los criterios claves establecidos, derivaron en una acción menos lesiva para hombro y codo, evidenciándose cese del dolor aunado a la mejora en la ejecución y rendimiento.

PALABRAS CLAVE: béisbol, lanzamiento rápido, biomecánica.

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of Analyzing technical-biomechanical criteria in the Baseball Pitching to optimize the technique. Descriptive case study with a 17-year-old subject segregated from Baseball due to chronic elbow pain and consequent decrease in performance. According to technical-biomechanical criteria, a description of 4 phases of the launch was generated, considering Phase 1: Preparation; Phase 2 Impulse Step and as a specific contribution to this study; Phase 3 "Formation of the crossed axes" and Phase 4 "Inverted L formation towards ball release". The photogrammetric method was used with the support of three-dimensional (3D) videography using qualitative (Likert scale) and quantitative approaches ("Human v 5.0" program). Kinematic variables were quantified in a pre- and post-test. Results: The intervention optimized the launch, in terms of the process (geometry of movement), showing an increase in the translational and rotational speed of the body, resulting in an increase in miles: pre-test: 76.05 miles/hour to post-test: 84.64 miles/hour). Additionally, the correctives applied based on the established key criteria resulted in a less harmful action for the shoulder and elbow, demonstrating cessation of pain coupled with improvement in execution and performance.

KEY WORDS: baseball, pitching, biomechanical.

INTRODUCCIÓN

El lanzamiento a gran velocidad y precisión, es una habilidad motora característica del ser humano, cuya efectividad derivó de adaptaciones estructurales evolutivas que confirieron elevada capacidad de potencia al complejo escapulo humeral, útil para la supervivencia a través de la caza, aunado a los beneficios para el desarrollo cerebral de nuestra especie [1].

En la actualidad la acción de lanzar con alta velocidad y control, sigue presente en las prácticas deportivas. En el caso del Béisbol, es uno de los indicadores de rendimiento más valorados [2], además de ser el gesto técnico principal en el desempeño del pitcher, cuya efectividad disminuye la ofensiva.

Al respecto ha de observarse que se trata de fuerzas explosivas que aumentan la susceptibilidad del hombro y el codo a lesiones, resultando en una problemática de reconocida prevalencia en el Beisbol y en todos los deportes que dependen de movimientos de lanzamiento por encima de la cabeza en todos los niveles de juego, desde el recreativo hasta el profesional [3.4], comprometiendo la salud del tren superior más el retiro temprano del practicante, incluso el cese súbito.

En consecuencia, lanzadores y entrenadores invierten esfuerzos para mejorar este gesto técnico, considerado como una de las más potentes y mecánicamente dinámico, alcanzando niveles de fuerza de hasta 5 veces el peso corporal de un lanzador [5].

Al respecto ha de observarse que se trata de fuerzas explosivas que aumentan la susceptibilidad del hombro y el codo a lesiones, resultando en una problemática de reconocida prevalencia en el Beisbol y en todos los deportes que dependen de movimientos de lanzamiento por encima de la cabeza en todos los niveles de juego, desde el recreativo hasta el profesional [3].comprometiendo la salud del tren superior más el retiro temprano del practicante, incluso el cese súbito.

Ahora bien, una práctica efectiva y saludable del lanzamiento rápido del pítcher en Béisbol, desde el punto de vista biomecánico, implica el aprendizaje motor o entrenamiento sistemático de toda la secuencia de acciones y posiciones implícitas en las fases de ejecución, observando la cadena de fuerzas e impulsos generados sinérgicamente, tras el objetivo de lograr el strike.

El strike, depende a su vez de, la velocidad de la pelota en la llegada al home, el tiempo de vuelo y la precisión, variables establecidas a partir de los Modelos Biomecánicos de las Destrezas Deportivas planteados por Hay [6] , Zissu [7].Camacaro, Colina y Zissu [8].y Blanco [9].

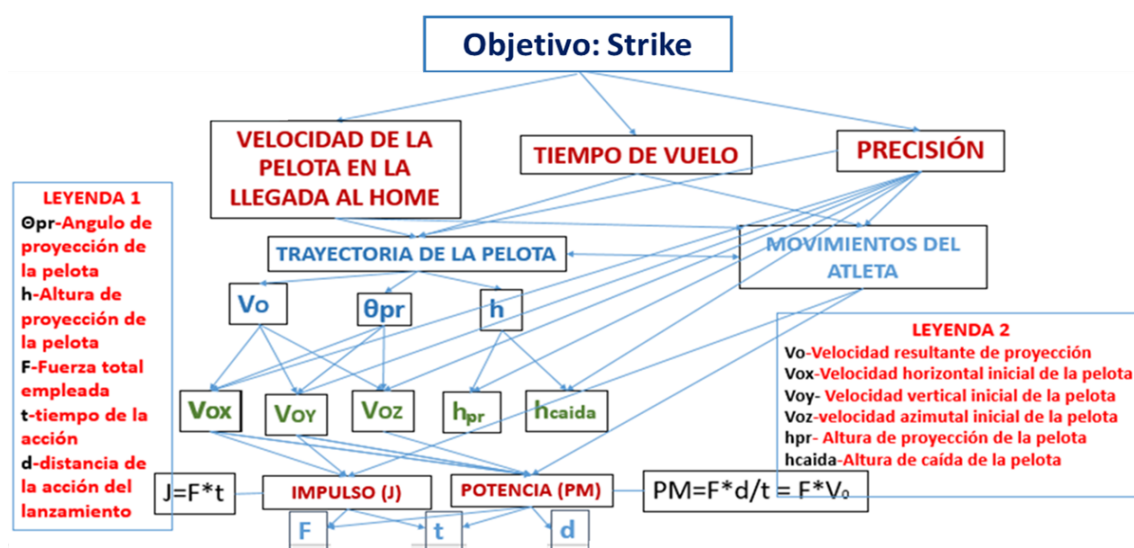


Figura 1. Modelo Biomecánico del Lanzamiento en Béisbol. (Recta: pelota rápida) de Zissu (7) con permiso del autor.

Adicionalmente, el lanzamiento además de alcanzar la zona de strike, debe imprimir en el vuelo de la pelota un efecto que dificulte al bateador la efectividad del contacto. En concordancia López y López [10] , señalan que el lanzador debe aplicarle un efecto de rotación a la pelota para introducir una desviación en su trayectoria que confunda e impida un buen contacto al batearla. En este orden, observan que la bola rápida (fastball de 4 o 2 costuras -estas modifican las fuerzas que inciden en el móvil-), alcanza mayor rapidez, siendo su rotación predominante hacia atrás (backspin).

Ahora, optimizar todo este sistema, desde la postura inicial que asume el pítcher hasta el soltar la pelota -incluyendo el vuelo de la misma-, amerita un

entrenamiento o aprendizaje motor de la técnica que contemple los principios biomecánicos de Hochmuth [11]: a) Fuerza inicial: para conseguir alta velocidad en la proyección de un objeto, todo movimiento ha de ser precedido por un movimiento de impulso contrario a la dirección deseada (relación impulso de frenado-aceleración) para acumular energía potencial elástica hacia la energía cinética, por ende, el movimiento inicia hacia la dirección deseada con un nivel superior de fuerza; b) Curso óptimo de aceleración: en una acción para la que se precisa una gran velocidad final, se debe aprovechar la longitud óptima de la trayectoria de la aceleración, observando la ejecución técnica adecuada en el tránsito del movimiento lineal hacia el movimiento angular; c) Coordinación de impulsos parciales: todos los segmentos corporales del practicante actúan como agentes de aceleración, imprimiendo impulsos desde el tren inferior hacia el tren superior y desde éste último hacia el móvil (pelota), en el cual la suma de estos impulsos parciales, permite que cada segmento alcance su pico máximo de velocidad sincronizadamente; d) Principio de reacción: cualquier fuerza que actúa sobre una superficie rígida provoca una fuerza de reacción ; e) Principio de conservación del impulso: cualquier movimiento que implique un giro, sí se mantiene la cantidad de movimiento de rotación constante, cambiando la posición de los segmentos, aproximando o alejando la parte más distal de dicho segmento al eje de giro, puede modificar su velocidad angular.

Sobre estas bases, resulta esencial la comprensión sistemática de la técnica, observando el modelo biomecánico referencial de movimiento, cuyo contraste con la ejecución del practicante, permita caracterizar los aspectos biomecánicos implícitos en cada fase del lanzamiento, a partir del análisis de las posiciones y acciones y sus transiciones, observando los referidos principios, garantizando una secuencia cinemática y cinética eficiente (economía de esfuerzos), eficaz (tiempo adecuado) y efectiva (logro del objetivo), además de reducir la susceptibilidad a lesiones.

Siguiendo esta línea, los autores establecieron los siguientes criterios y objetivos biomecánicos claves a cumplir en la técnica del lanzamiento en béisbol, aportando la siguiente descripción por fase:

1. **Preparatoria:** Una vez que el miembro inferior pendulante (MIP) se eleva oblicuamente, orientando la rodilla hacia la dirección del hombro posterior, cruzando la línea vertical, se logra el 1er objetivo de esta fase: alargar trayectoria del eje de las caderas (vista desde el plano trasversal), teniendo en cuenta la ligera rotación interna del pie pivot hacia el área de lanzamiento para disminuir el tiempo de recorrido de dicho pie. Luego, el beisbolista, manteniendo el tronco erguido, realiza un descenso de las caderas (diagonal) hacia la dirección del lanzamiento, con flexión de la rodilla del miembro inferior de apoyo (MIA), igual o cercano al ángulo recto, 90°, evitando que dicha rodilla durante el descenso de las caderas, se desplace hacia adelante sobre pasando la punta del pie del MIA. En este instante de máxima flexión de la rodilla del MIA, previo al paso de impulso, el eje de las caderas debió haber ganado espacio de recorrido (visto desde el plano trasversal), facilitando una posición óptima para responder eficazmente (tiempo adecuado) al segundo objetivo específico:

acumular máxima energía potencial elástica posible, traducándose ambas acciones en un impulso de frenado.

2. **Paso de impulso:** Servido el impulso de frenado por la fase precedente, tras el objetivo de optimizar la longitud del paso con respecto a la estatura, inicia esta fase con un movimiento enérgico del pie pivot seguido de la acción enérgica de la cadera hacia el área del lanzamiento (dicha acción representa el impulso de aceleración), manteniendo el tronco erguido, logrando una separación entre ambos pies igual al ancho de las caderas en el plano frontal y una separación de los pies (plano sagital) con relación a la estatura corporal, al instante del contacto del MIP con la superficie. Dicha separación, se sugiere sea equivalente al 75% - 85% o al 100% de la estatura corporal [12].
3. **Formación de Ejes cruzados:** Denominación acuñada por los autores, para referir el cruce que se forma imaginariamente entre el eje de los hombros y el eje de las caderas al instante del contacto del pie MIP sobre la superficie, posición que permite la acumulación de energía potencial elástica, efecto clave para la efectividad de la técnica ya que representa hasta un 80% de la velocidad alcanzada del lanzamiento [12].

Esta fase debe iniciar, con la orientación enérgica y sincrónica de la punta de ambos pies, con las caderas paralelas hacia la dirección del lanzamiento acción en simultáneo con la flexión de la rodilla del MIP al instante del contacto con la superficie (plano sagital), igual o ligeramente mayor al ángulo recto. Mientras la rodilla del MIA, alcanza su máxima extensión al instante del contacto del MIP con la superficie, con el pie en una máxima flexión plantar.

Simultáneamente, antebrazo y brazo asumen una posición en “L”, mientras que el eje de los hombros debe mantenerse perpendicular al área de lanzamiento y la mirada al catcher.

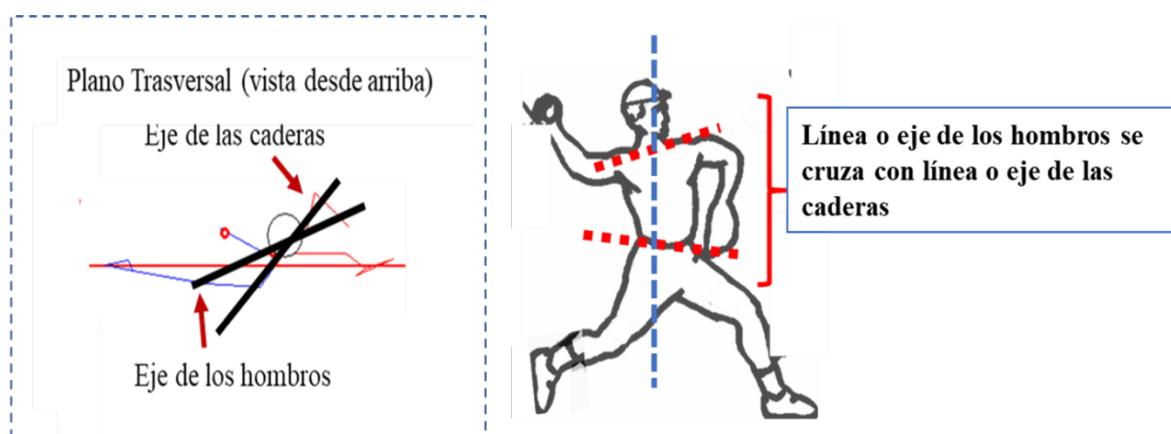


Figura 2. Fase III Formación de ejes cruzados: Esquema de postura visto desde planos sagital y transversal, énfasis en este último. Se destacan acciones y posiciones claves. Creación de los autores

- 4. Formación de la L invertida y liberación de la Pelota:** Luego del momento de ejes cruzados, -donde brazo y antebrazo del MSL forman una L vista desde el plano sagital, y otra L en el brazo contrario visto desde plano transversal-, ahora en esta fase, es necesario una acción enérgica de los hombros en el eje vertical (velocidad angular) con una leve elevación del codo del brazo lanzador hacia la máxima rotación externa del hombro, donde debe formarse una nueva, L, ahora invertida vista desde el plano sagital, ocasionando un impulso de frenado, mientras el miembro superior contrario conserva posición L –traída de la fase precedente-, vista sagital.

Seguidamente la mano se adelanta con respecto al codo, iniciando el impulso de aceleración (rotación interna del hombro). Luego, el codo extiende al máximo para aumentar el radio y con ello la velocidad tangencial al instante de la liberación, concordando con la extensión enérgica de la rodilla del MI delantero seguido de un efecto de rotación aplicado por la mano (efecto mágnun), favoreciendo la velocidad de proyección del móvil, dando cumplimiento al objetivo: transferir la energía acumulada hacia la pelota.

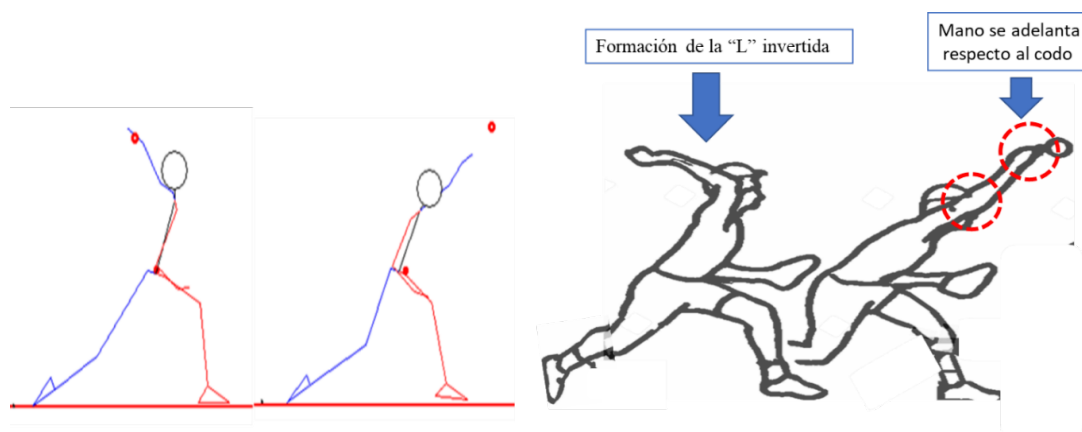


Figura 3. Fase IV: Formación de la L invertida y liberación de la Pelota: Esquema de postura. Elaboración de los autores.

Considerando estos planteamientos, los autores encauzaron la reeducación y/o reconfiguración de la técnica del picheo en un joven segregado de la práctica beisbolista por una lesión del codo, advirtiéndolo en su ejecución debilidades en cada fase a la luz de los criterios técnicos biomecánicos establecidos. El presente artículo, sintetiza el trabajo realizado cuyo objetivo fue: Analizar criterios técnicos-biomecánicos para optimizar el Lanzamiento Rápido del Pícher en Béisbol.

MATERIAL Y MÉTODOS

Participante

Adolescente masculino, 17 años, peso 82 kg, 1.93 m de estatura. Quien fue excluido de tres organizaciones de Béisbol, por presentar dolor crónico codo derecho, exacerbado al lanzar. Posterior a rehabilitación y reposo, los autores

evaluaron su técnica de lanzamiento, estimando la necesidad de optimizarla según criterios biomecánicos.

El joven y sus representantes, expresaron por escrito su consentimiento informado de participación voluntaria, el cual fue validado por el Núcleo de Investigación en Educación Física (NIEF) y la línea de Investigación en Biomecánica Aplicada a la Actividad Física, Educación Física y el Deporte (Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela).

Instrumentos

Para evaluación cualitativa y cuantitativa, previa y posterior a la intervención para reconfigurar la técnica, se emplearon los siguientes instrumentos:

- Dos cámaras de videos de alta velocidad (Casios Exilim ZR100), para registro en plano sagital y frontal a una distancia horizontal de 15 metros y a una altura de 1,20 metros. Velocidad de grabación: 120 fps.
 - Dos trípodes (marca Manfrotto).
 - Software Human v 5.0 y editor de video MPEG Streamclip.
 - Test para evaluación cualitativa elaborado por los autores considerando el contenido de las fases expuestas en la introducción. Instrumento validado por 3 profesores de Educación Física, 2 especialistas en béisbol y 2 Biomecánicos. Se aplicó, correlación de Pearson obteniéndose 0, 80.

El Instrumento original cuenta con más de 26 indicadores. A continuación, se ofrece una muestra reducida ofreciendo los correspondientes a las fases 1 y 2.

Tabla 1. Evaluación Cualitativa Técnica del Picheo en Béisbol. Muestra con un resumen de 9 indicadores, únicamente Fases 1 y 2, extraídos del instrumento original. Elaboración de los autores.

Fase/ Sub fase	Indicador	Muy Favorable (3)	Favorable (2)	Desfavorable (1)
FASE I PREPARATORIA Sub-fase Impulso de Frenado	Posición instantánea de máxima altura de la rodilla del MI pendulante. Primer Objetivo específico: Alargamiento de la trayectoria del eje de las caderas.			
	1. Posición del pie del MIA (pívot) respecto al área de lanzamiento (plano sagital)	Pie del MIA (pívot) en ligera rotación interna hacia el área de lanzamiento. ()	Pie del MIA (pívot) paralelo hacia el área de lanzamiento. ()	Pie del MIA (pívot) en rotación externa hacia el área de lanzamiento. ()
	2. Orientación de la rodilla del MIP hacia el hombro posterior, con relación a la línea vertical (plano frontal)	La rodilla del MIP, cruza la línea vertical ()	La rodilla del MIP, coincide con la línea vertical ()	La rodilla del MIP, no coincide con la línea vertical ()
	3. Posición del tronco con respecto a la línea vertical	Coincide con línea vertical ()	Delante de la línea vertical ()	Detrás de la línea vertical ()
	Posición instantánea de máxima flexión de la rodilla del MIA. Segundo Objetivo específico: Acumulación de energía potencial elástica.			
	4. Flexión de la rodilla del MIA, (plano frontal)	Igual al ángulo recto 90° ()	Ligeramente mayor al ángulo recto 90° ()	Excesivamente mayor al ángulo recto 90° ()
	5. Ubicación de la rodilla del MIA con relación al antepie respectivo (plano frontal)	Detrás del antepie ()	Coincide con el antepie ()	Delante del antepie ()
	Acción de la fase del paso de impulso. Objetivo específico: Aprovechamiento del principio de fuerza inicial			
	6. Rotación del pie pívot (MIA) en el eje vertical hacia el área de lanzamiento	Rotación enérgica del pie pívot ()	Rotación poco enérgica del pie pívot ()	Ausencia de rotación enérgica del pie pívot ()
	7. Rotación de las caderas, en el eje vertical hacia área de lanzamiento	Rotación enérgica de las caderas ()	Rotación poco enérgica de las caderas ()	Ausencia de rotación enérgica de las caderas ()
FASE II PASO DE Sub-fase Impulso de Aceleración	8. Separación de los pies con relación a lo ancho de las caderas, al instante de los ejes cruzados (plano frontal)	Separación entre los pies equivalente o mayor al ancho de las caderas ()	Separación entre los pies ligeramente menor al ancho de las caderas ()	Ausencia de separación de los pies con respecto al ancho de las caderas ()
	9. Separación de los pies con relación a la estatura corporal, al instante del contacto del MIP con la superficie (plano sagital)	Separación entre los pies equivalente a su estatura ()	Separación entre los pies en un rango de 75% a 85%, de su estatura ()	Separación entre los pies menor a 75%, de su estatura ()

PROCEDIMIENTO

El procedimiento comprendió: Pretest; Reeducción de la técnica y Post test. Se utilizó evaluación tridimensional (3D).

Pretest: Itinerario:

1. Video grabación: Se ubicaron dos cámaras. Firme; altura: 1.20 metros; distancia: 15 metros. Una cámara sagital al plano de movimiento, para registrar los movimientos lineales, (verticales y horizontales), y la otra en el plano frontal para captar movimientos de rotación en el eje antero-posterior. El beisbolista realizó tres lanzamientos. Se tomó el mejor.
2. Posterior a video grabación: Bajo enfoque cualitativo las tomas se analizaron aplicando el instrumento mencionado en la sección precedente, aunado a evaluación cuantitativa con apoyo en el Software Human v 5.0, cumpliendo los siguientes pasos:
 - Elaboración del Modelo Espacial: con 22 puntos anatómicos del lanzador, más 1 punto para la pelota; cálculo del centro de gravedad; ángulos relativos y absolutos.
 - Determinación de la escala de conversión de unidades gráficas a reales a través de la digitalización de la escala de 12 puntos.
 - Selección, edición y digitalización.
 - Para suavizar la curva se aplicó el procedimiento de Buterworth de 5 Hz.
 - Se cuantificaron las variables biomecánicas temporales (tiempo de la fase, sincronía antepiés, otros), espaciales (ángulo absolutos desplazamientos angulares), espacio temporales (velocidades angulares promedios, otros)

Reeducación de la técnica

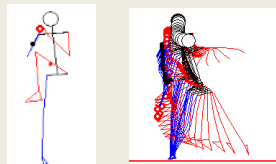
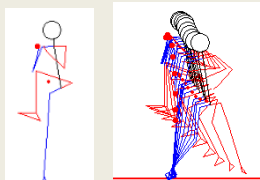
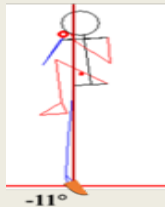
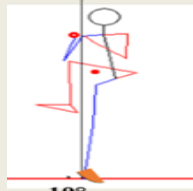
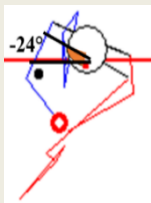
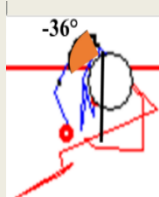
Según los criterios y objetivos biomecánicos establecidos, más resultados pretest, aunado a la condición de dolor en el codo del participante, se planificó el siguiente plan:

Tabla 2. Reconfiguración y/o reeducación de la técnica. Creación de los autores.

Etapas	Objetivos	Duración	Estrategias para la reconfiguración técnica
1.Reconfiguración de la técnica	Sustituir el patrón de posiciones y acciones inadecuado por una secuencia efectiva, eficaz y eficiente. Dosificar progresivamente las cargas en atención a la lesión en el codo Nota: Dolor disminuyó progresivamente.	4 meses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicios para entendimiento cognitivo y corporal de las posiciones y acciones en cada fase. ▪ Ejercicios para la reconfiguración de la posiciones y acciones. ▪ Ejercicios para la sincronización. ▪ Ejercitar el paso de impulso hasta los ejes cruzados ▪ Ejercitar formación L invertida con los criterios técnicos establecidos
2.Estabilización de la técnica reconfigurada	Reforzar el nuevo patrón de posiciones y acciones	4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicios propioceptivos ▪ Repetición de patrones de movimientos básicos y complejos.
3.Consolidación de la técnica reconfigurada	Afianzar la conciencia de la posiciones y acciones (comparación antes y después) Automatizar el gesto reconfigurado	4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retroalimentar la reconfiguración. ▪ Repeticiones del lanzamiento en situaciones variadas ▪ Práctica del lanzamiento en situaciones reales

Post Test: Se repitió el itinerario descrito en el pretest y se sistematizaron los resultados.

Tabla 3. Resultados Fase I Preparatoria: Pre y post test.

FASE I: PREPARATORIA	INDICADOR CUALITATIVO	PRETEST CUALITATIVO	POST TEST CUALITATIVO	INDICADOR CUANTITATIVO	PRETEST CUANTITATIVO	POST TEST CUANTITATIVO
	1.			Tiempo de la fase preparatoria (s):	Tiempo de la fase preparatoria desde la altura máxima MIP hasta la máxima flexión del MIA (tfp) = 0,53 s	Tiempo de la fase preparatoria a desde la altura máxima MIP hasta la máxima flexión del MIA (tfp) = 0,50 s
						
	2. Posición del pie MIA (pívor), respecto al área de lanzamiento (plano sagital)	Pie del MIA (pívor) en ligera rotación externa contrario al área del lanzamiento.	Pie del MIA (pívor) en ligera rotación interna hacia el área del lanzamiento.	Ángulo absoluto del pie pívor, respecto a la línea horizontal, plano transversal.	Ángulo absoluto del pie: -11° 	Ángulo absoluto del pie: 10° 
	3. Orientación de la rodilla del MIP hacia el hombro posterior, con relación a la línea vertical (plano sagital).	La rodilla del MIP, coincide con la línea vertical	La rodilla del MIP, cruza la línea vertical	Ángulo absoluto del eje de la cadera derecha (°) (plano trasversal)	 Trayectoria de recorrido del eje de las caderas (-24°)	 Trayectoria de recorrido del eje de las caderas (-36°)

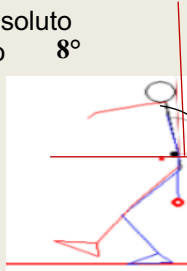
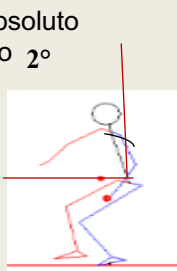
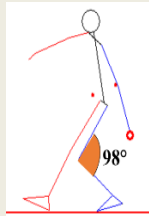
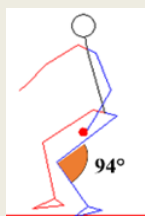

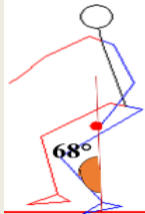
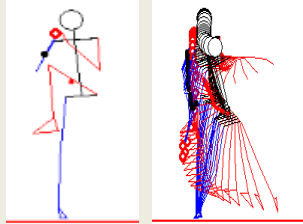
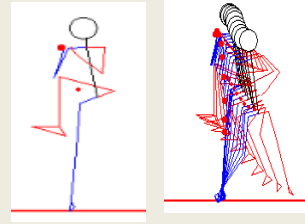
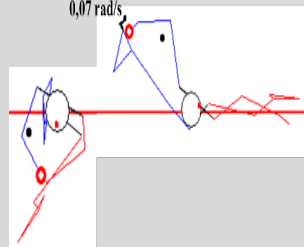
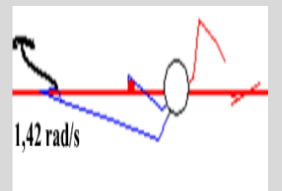
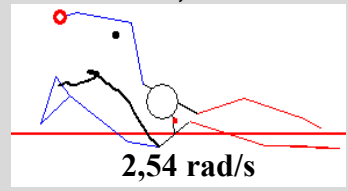
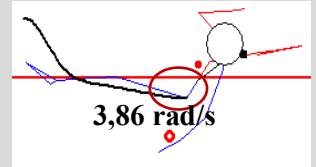
4.	Posición del tronco con respecto a la línea vertical	Delante de la línea vertical	Delante de la línea vertical	Ángulo absoluto del tronco respecto a la línea vertical, al instante de la máxima flexión para el paso de impulso hacia ejes cruzados (plano frontal)	Ángulo absoluto del tronco 8°	Ángulo absoluto del tronco 2°
						
5.	Flexión de la rodilla del MIA, (plano frontal)	Ligeramente mayor al ángulo recto (90°)	Ligeramente mayor al ángulo recto (90°)	Ángulo relativo de la rodilla del MIA, hacia el paso de impulso de los ejes cruzados (plano frontal)	Ángulo relativo de la rodilla del MIA 98°	Ángulo relativo de la rodilla del MIA 94°
						
6.	Ubicación de la rodilla del MIA con relación al antepié respectivo, al instante de su máxima flexión (plano frontal)	Rodilla delante del antepié respectivo	Rodilla coincide con antepié respectivo	Ángulo absoluto de la pierna con respecto a la línea vertical, al instante de la máxima flexión de la rodilla del MIA (plano frontal). (Grados)	Ángulo absoluto de la pierna del MIA 50°	Ángulo absoluto de la pierna del MIA 68°
						

Tabla 4. Resultados Fase II Fase de Impulso: Pre y post test.

FASE II: IMPULSO DE IMPULSO	INDICADOR CUALITATIVO	PRETEST CUALITATIVO	POST TEST CUALITATIVO	INDICADOR CUANTITATIVO	PRETEST CUANTITATIVO	POST TEST CUANTITATIVO
	7.			Tiempo de la fase Paso de Impulso (s):	Tiempo de la fase Paso de Impulso (tfpi) = 0,31 s	Tiempo de la fase Paso de Impulso (tfpi) = 0,32 s
						
	8. Rotación del pie pivot (MIA) en el eje vertical hacia el área del lanzamiento (plano transversal)	Ausencia de una rotación enérgico del pivot en el eje vertical	Rotación enérgica del pivot en el eje vertical	Velocidad angular promedio del pie pivot, en el eje vertical hacia el área del lanzamiento (rad/s). (plano transversal)	Velocidad angular pie pivot 0,07 rad/s 	Velocidad angular pie pivot: 1,42 rad/s 
	9. Rotación de las caderas, en el eje vertical hacia área del lanzamiento. (plano transversal)	Rotación poco enérgica de las caderas en el eje vertical	Rotación enérgica de las caderas en el eje vertical	Velocidad angular promedio del eje de las caderas, en el eje vertical hacia área del lanzamiento (rad/s). (plano transversal)	Velocidad angular del eje de las caderas: 2,54 rad/s 	Velocidad angular del eje de las caderas 3,86 rad/s 

10. Separación de los pies con relación a lo ancho de las caderas, al instante de los ejes cruzados (plano frontal)	Ausencia de separación de los pies, respecto a lo ancho de las caderas	Separación entre los pies ligeramente menor al ancho de las caderas	Distancia horizontal entre los pies con relación al ancho de las caderas, al instante de los ejes cruzados (m).	Distancia horizontal entre los pies, (plano frontal) -0,47 m	Distancia horizontal entre los pies (plano frontal) 0,05 m
11. Separación de los pies con relación a la estatura corporal, (m)	Separación entre los pies mayor a 75%, de su estatura	Separación entre los pies equivalente o mayor a su estatura	Distancia horizontal entre los pies con relación a la estatura corporal, al instante de los ejes cruzados (m). Plano sagital	Distancia horizontal entre los pies, con relación a la estatura 1,74 m	Distancia horizontal entre los pies, con relación a la estatura 2,00 m

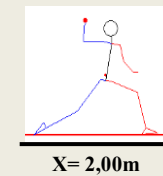
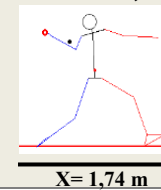
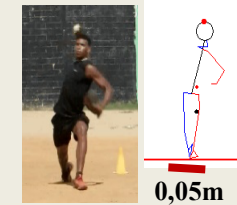
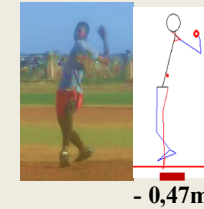
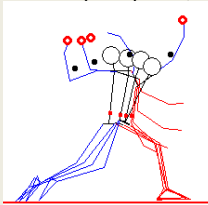
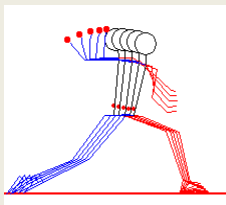
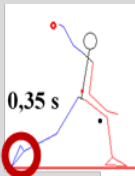
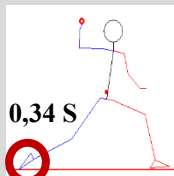
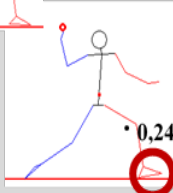
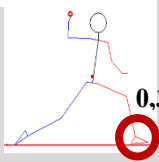

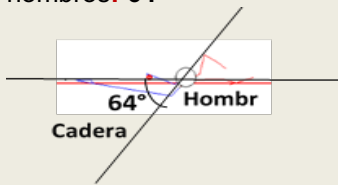
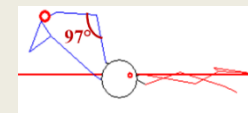
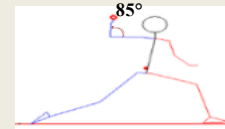
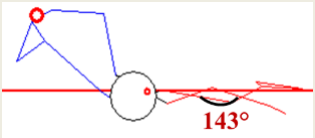
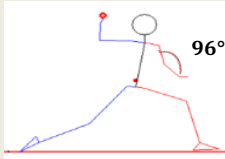
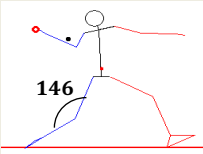
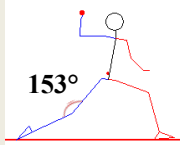


Tabla 5. Resultados Fase III Ejes Cruzados: Pre y post test.

FASE III: FORMACIÓN DE EJES CRUZADOS	INDICADOR CUALITATIVO	PRETEST CUALITATIVO	POST TEST CUALITATIVO	INDICADOR CUANTITATIVO	PRETEST CUANTITATIVO	POST TEST CUANTITATIVO
				Tiempo de la fase eje cruzados (s):	Tiempo de la fase eje cruzados (tfec) = 0,10 s	Tiempo de la fase eje cruzados (tfec) = 0,06 s
						
	12. Ambas puntas de pie, se orientan sincronizadamente hacia el área de lanzamiento, al instante del contacto del MIP sobre superficie (ejes cruzados)	No coinciden ambos pies en la sincronización, ni en la orientación	Coinciden ambos pies en sincronización y orientación	Patrón temporal para la coincidencia de ambas puntas de pies, orientado hacia el área de lanzamiento, al instante del contacto del MIP sobre la superficie (ejes cruzados)	Patrón temporal	Patrón temporal
						
						

13.Posición de los hombros respecto al eje de las caderas, orientados hacia el área de lanzamiento	Perpendicular con respecto al eje de las caderas, sin orientación hacia el área de lanzamiento	Perpendicular con respecto al eje de las caderas, orientados hacia el área de lanzamiento	Ángulo absoluto del eje de los hombros, respecto al eje de las caderas, orientados hacia el área de lanzamiento (Grados)	Ángulo absoluto del eje de los hombros: 61° 	Ángulo absoluto del eje de los hombros: 64° 
14.Flexión del codo MSL (plano sagital y/o transversal)	Mayor al ángulo recto (90°)	Igual al ángulo recto (90°)	Ángulo relativo del codo del MSL, instante del contacto del MIP con la superficie (plano sagital)	Ángulo relativo del codo del MSL 97° 	Ángulo relativo del codo del MSL 85° 
15.Flexión del codo MS contrario (plano sagital y/o transversal)	Mayor al ángulo recto (90°)	Mayor al ángulo recto (90°)	Ángulo relativo del codo del MS contrario, instante del contacto del MIP con la superficie (plano sagital y/o transversal)	Ángulo relativo del codo del MS contrario 1,43° 	Ángulo relativo del codo del MS contrario 96° 
16. Extensión de la rodilla del MIA, instante del contacto del MIP con la superficie en los ejes cruzados (plano sagital)	Ausencia de extensión de la rodilla del MIA	Extensión incompleta de la rodilla del MIA	Ángulo relativo de la rodilla del MIA, instante del contacto del MIP con la superficie en los ejes cruzados (plano sagital y/o transversal)	Ángulo relativo de la rodilla del MIA: 146° 	Ángulo relativo de la rodilla del MIA: 153° 

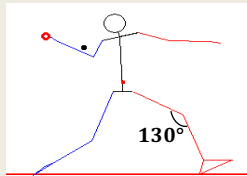
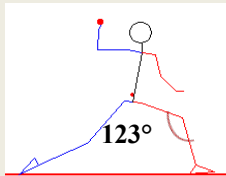
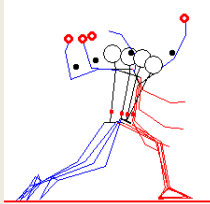
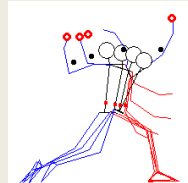
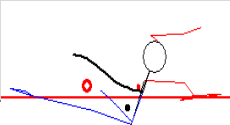
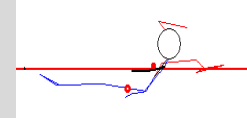
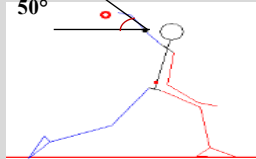
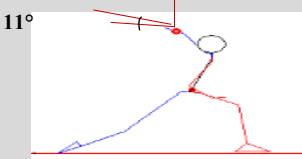
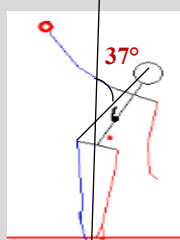
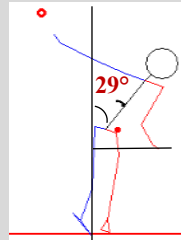


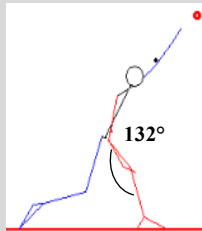
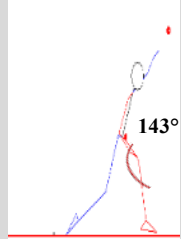
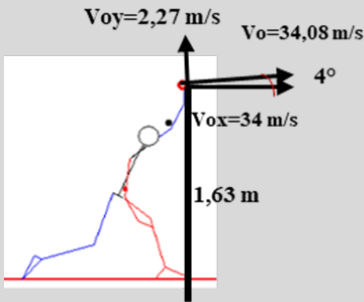
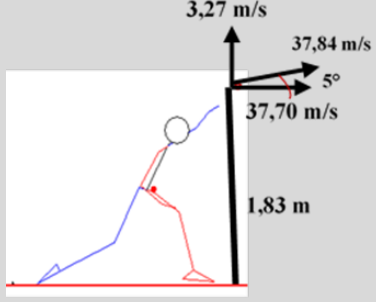
17. Flexión de la rodilla del MIP, instante del contacto del MIP con la superficie en los ejes cruzados (plano sagital).	Excesivamente mayor al ángulo recto 90°	Ligeramente mayor al ángulo recto 90°	Ángulo relativo de la rodilla del MIP, instante del contacto del MIP con la superficie en los ejes cruzados (plano sagital)	Ángulo relativo de la rodilla del MIP: 130°	Ángulo relativo de la rodilla del MIP: 123°
					

Tabla 6. Resultados Fase IV: Formación de L invertida y liberación de la pelota. Pre y post test.

FASE IV: FORMACIÓN DE LA "L" INVERTIDA HACIA LA LIBERACIÓN DE LA PELOTA	INDICADOR CUALITATIVO	PRETEST CUALITATIVO	POST TEST CUALITATIVO	INDICADOR CUANTITATIVO	PRETEST CUANTITATIVO	POST TEST CUANTITATIVO
				18. Tiempo de la fase transición hacia la liberación de la pelota (s):	Tiempo de la fase transición hacia la liberación de la pelota (tfyl) = 0,15 s	Tiempo de la fase transición hacia la liberación de la pelota (tfyl) = 0,12 s
						
	19. Rotación de los hombros en el eje vertical, hacia el área de	Rotación enérgica de los hombros	Rotación poco de los hombros	Velocidad angular promedio de los hombros, en el eje vertical, hacia área del lanzamiento. (rad/s) (Plano trasversal)	Velocidad angular promedio eje de los hombros= 10,19 rad/s	
						

lanzamiento (plano frontal)			Velocidad angular promedio eje de los hombros= 11,12 rad/s		
					
21.Posición del ante brazo respecto al suelo ("L" invertida) (plano sagital)	Ante brazo diagonal al suelo	Ante brazo no paralelo al suelo	Ángulo absoluto del ante brazo respecto a la línea horizontal imaginaria invertida) ("L" sagital)	Ángulo absoluto del ante brazo respecto a la línea horizontal 50°	Ángulo absoluto del ante brazo respecto a la línea horizontal 11°
					
					
22. Rotación del tronco en el eje anteroposterior, con respecto a la línea vertical. (plano sagital)	Excesiva rotación del tronco con respecto a la línea vertical	Excesiva rotación del tronco con respecto a la línea vertical	Ángulo absoluto del tronco, con respecto a la línea vertical. (plano sagital)	Ángulo absoluto del tronco: 37°	Ángulo absoluto del tronco: 29°
					
					
23. Extensión del codo del MSL, al instante de la liberación de	Extensión incompleta del codo del MSL	Extensión total del codo del MSL	Ángulo relativo del codo del MSL, al instante de la liberación de la pelota. (plano sagital)	Ángulo relativo del codo del MSL: 166°	
					

PROYECCION DE LA PELOTA	la pelota. (plano sagital)		<p>Ángulo relativo del codo del MSL: 155°</p> 		
	24. Extensión de la rodilla del MI delantero, al instante de la liberación de la pelota.	Mayor al ángulo recto (90°)	Mayor al ángulo recto (90°)	<p>Ángulo relativo de la rodilla del MI delantero, al instante de la liberación de la pelota. (plano sagital)</p> <p>Ángulo relativo de la rodilla del MI delantero: 132°</p> 	<p>Ángulo relativo de la rodilla del MI delantero: 143°</p> 
	25.Velocidad inicial de Proyección de la Pelota (m/s) (Vo) 26.Velocidad inicial horizontal (m/s) (Vox) 27.Velocidad inicial vertical (m/s) (Voy) 28.Altura de liberación de la Pelota (h) 29.Angulo inicial de Proyección (°)			 <p>76,05 millas</p> <p>1,10 s</p>	 <p>84,64 millas</p> <p>0,99 s</p>
30.Tiempo total del Lanzamiento Rápido					

DISCUSIÓN

Lograr el strike y minimizar la respuesta efectiva de la acción ofensiva, depende de la velocidad de la pelota, el tiempo de vuelo y la precisión. Para ello es esencial que las posiciones y acciones en cada una de las fases del lanzamiento, funcionen sinérgicamente como sistema cinemático. Partiendo de estas premisas, se discute a continuación el comportamiento de las variables biomecánicas antes y después de las estrategias desarrolladas, conforme a los criterios técnicos establecidos, destacando la secuencia cinemática con énfasis en las fases 3 y 4.

Fase I Preparatoria

Considerando que la velocidad angular del pie y el eje de las caderas en los movimientos rotacionales, depende del desplazamiento angular, en el menor tiempo posible, se planteó como primer objetivo en la fase preparatoria: el alargamiento de la trayectoria del eje de las caderas y disminución del tiempo de recorrido de la punta del pie pivot hacia el área de lanzamiento (ligera rotación interna), -principios de fuerza inicial, curso óptimo de aceleración y reacción-, para lograr acumulación de la energía potencial elástica, como 2do objetivo. Para ello, la estrategia se orientó a disminuir el recorrido del pie pivot (-11° a 10°), logrando así el incremento de la velocidad angular del mismo (pretest: 0,07 rad/s y posttest: 1,42 rad/s) y con ello la velocidad angular del eje las caderas (pretest: 2,43 rad/s y posttest: 3,34 rad/s).

Adicionalmente se logró el alargamiento de recorrido del eje de las caderas (pretest: -24° y posttest: -36°), en contra posición al lanzamiento y consecuente incremento de la velocidad angular del cuerpo durante la rotación en su propio eje vertical, debido al recorrido alcanzado por el MIP, al realizar el péndulo cruzando la línea vertical en búsqueda del hombro posterior.

Al respecto, Floría y Ferro [13], coinciden en destacar que, para incrementar la velocidad de liberación del implemento, es importante alargar el recorrido del mismo proporcionando un óptimo recorrido de aceleración, durante la rotación en su propio eje vertical.

Así mismo, se observó un descenso de las caderas que permitió él logró de un óptimo ángulo relativo de la rodilla del MIA (pretest: 98° y posttest: 94°), lo cual favoreció la acumulación de la energía potencial elástica en el MIA.

Fase II Paso de Impulso

Considerando el objetivo de esta fase: optimizar la longitud del paso con respecto a la estatura (principio de fuerza inicial) la estrategia se orientó a lograr la acción enérgica del pie pivot seguido del movimiento enérgico de la cadera,

incrementando el post test a 2 m equivalente al 103,6 % respecto a su estatura corporal en comparación al pretest 1,74 m, equivalente al 90%.

Nuevamente, se coincide con Floria y Ferro [13], quienes señalan en su estudio, que en esta fase II, la energía viene subiendo en reacción a la fuerza desplegada en el apoyo, desde la punta de los dedos del pie de pivot, de este a los brazos, y de este a la mano de la bola.

Así, cobra importancia la acción enérgica del p pivot y el eje de las caderas en búsqueda de un paso de impulso optimo que prepara la siguiente fase.

Otra coincidencia se aprecia en el estudio de López, Tolano y Toledo [14], quienes advirtieron deficiencias derivadas de una inadecuada longitud de zancada, perjudicando el inicio y ejecución efectiva de la fase 3. En línea similar, Escobar⁽¹⁵⁾ observó que las deficiencias en esta fase II, restarán equilibrio y velocidad en las subsiguientes y pondrán sobrecarga en el brazo lanzador.

Lo anterior permite reafirmar que debe cumplirse una secuencia cinemática con los eslabones actuando en sinergia, por ende, el entrenador debe estar atento a todo el sistema biomecánico.

Fase III Formación de Ejes Cruzados

Considerando que el objetivo de esta fase, es acumular energía potencial elástica, a partir de la separación caderas-hombros o disociación de tren superior respecto al tren inferior. Mecánicamente favorece que ambas puntas de pie sincronicen y coincidan en la orientación hacia el área de lanzamiento, instante en el que el MIP hace contacto con la superficie, quedando las caderas paralelas y los hombros perpendiculares hacia el área de lanzamiento, simultáneamente brazos y antebrazos formando una posición “L”, visto desde el plano sagital MSL y el MS contrario otra formación “L” vista desde plano transversal.

En el pretest (tabla 6) se observó: puntas de los pies no coincidieron en sincronización ni orientación hacia el área de lanzamiento; hombros ubicados perpendicularmente con respecto al eje de las caderas (ángulo 61°) sin orientación hacia el área de lanzamiento, en consecuencia antebrazo y brazo del MSL formó la “L”, pero en el plano transversal para ambos MS, pero el MS contrario debido al excesivo ángulo del codo (143°), evidenció poca apreciación de la formación “L”, hecho que evidenció una diferencia importante entre los ángulos relativos de los codos (pretest: MSL 97° y MS contrario 143°), restando efectividad en la coordinación y secuencia técnica.

Adicionalmente, la rodilla del miembro inferior delantero adoptó un ángulo desfavorable (excesivo, 130°) y la rodilla del miembro inferior posterior MIA no completó extensión (146°), resultando desfavorable para conseguir más

alcance (reducir distancia del home) con menor aprovechamiento en la aplicación de la fuerza.

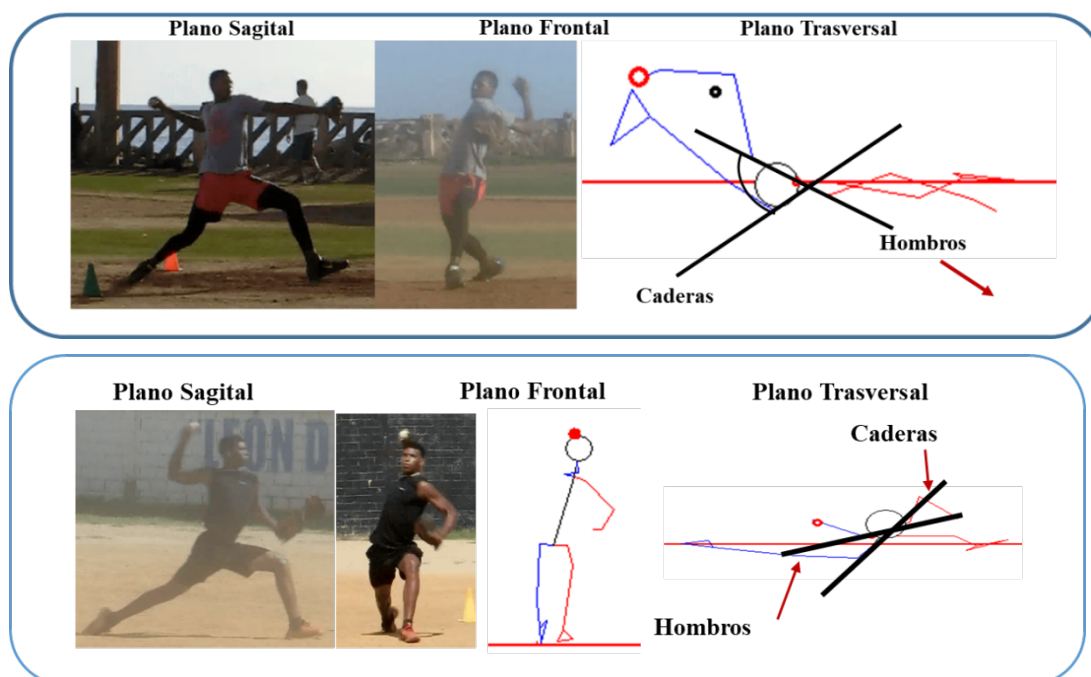


Figura 4. Formación de ejes cruzados (hombros-caderas). Imagen del sujeto protagonista del presente estudio: Pretest. Posttest

Todo ello ocasionó una formación parcial de los ejes cruzados afectando negativamente el patrón temporal e impidiendo la acumulación de energía potencial, debido a una rotación simultánea de cadera hombro en el eje vertical hacia la dirección del lanzamiento con el codo por debajo del nivel del hombro.

Aplicadas las estrategias para reconfigurar la técnica en esta fase, se lograron ajustes técnicos claves, tales como: punta de ambos pies coincidieron en sincronía y en orientación (patrón temporal ambos pies: 0,34 s); los hombros se ubicaron perpendicularmente con respecto al eje de las caderas, (ángulo de 64°) orientado hacia el área de lanzamiento, favoreciendo la formación de ejes cruzados, condición esencial para que las acciones y posiciones de la fase subsiguiente -ya directamente determinante en la liberación del móvil-, se organicen cinéticamente, favoreciendo la continuidad de la transferencia de la energía potencial acumulada (principio fuerza inicial, coordinación de impulsos parciales, curso óptimo de aceleración), la cual representa el 80% de la velocidad de liberación de la pelota, por ende, optimizando el patrón temporal.

Fase IV: Formación de la L invertida y liberación de la pelota

En esta fase final, para garantizar la continuidad de la transferencia de energía acumulada en cada uno de los eslabones de la cadena cinemática del cuerpo hacia el implemento (principio de fuerza inicial, coordinación y conservación de impulsos parciales), fue necesario introducir correctivos para optimizar la

técnica a fin de garantizar la transición de la posición “L” servida en los ejes cruzados hacia la “L invertida”.

Los correctivos se establecieron considerando que en el pretest el sujeto alcanzó una velocidad angular del eje de los hombros, de 10,19 rad/s; posición el antebrazo diagonal al suelo (50°); una excesiva rotación del tronco respecto a línea vertical en el eje anteroposterior sobre el plano frontal (37°); con extensión incompleta del codo (155°) y de la rodilla (132°), ocasionando con todo ello una velocidad de proyección de 34,08 m/s, considerándose un valor desfavorable equivalente a 76,05 millas, debido a la edad (17 años), lo que se tradujo en un tiempo total del lanzamiento de 1,10 s, sumado a reporte de dolor por parte del sujeto.

Luego de la intervención, al aplicarse el post test, se alcanzó una velocidad angular de los hombros en el eje vertical sobre el plano trasversal, de 11,12 rad/s; con una posición del antebrazo casi paralelo al suelo (11°); disminución favorable de la rotación del tronco respecto a línea vertical (29°); aumento favorable de la extensión codo (166°) y de la rodilla (143°), ocasionando con todo ello, un incremento favorable de velocidad de proyección de 37,85 m/s, equivalente a 84,66 millas, lo que se tradujo en un tiempo total del lanzamiento de 0.99 s. Sumado a la ausencia total de dolor.

Con atención a estos hallazgos, conviene observar que beisbolistas de alta maestría deportiva, evidencian una calidad técnica-biomecánica de extraordinario desempeño en la transición de la fase 3 hacia la fase 4, caso del virtuoso beisbolista Aroldis Chapman.

Adicionalmente, los criterios técnicos establecidos en las fases 3 y 4, garantizan que, durante la rotación interna del hombro previo a la liberación de la pelota -impulso de aceleración- el codo no se adelante con respecto a la mano, ya que ello dificulta el posicionamiento óptimo al instante de la máxima rotación del hombro (señalado en la descripción de la fase).

En consecuencia, el brazo se traslada a la altura o ligeramente por debajo del hombro, junto con un pronunciamiento valgo del codo, con un excesivo ángulo absoluto del tronco respecto a la línea vertical gravitatoria (pretest: 37° y post test: 29°), aunque hubo mejoría en el post test igualmente sigue siendo excesiva la inclinación del tronco, conduciendo a una pronación brusca del antebrazo a razón de toda la energía acumulada que trae con repercusiones desfavorables en la integridad de codo y hombro, ya que lo más favorable mecánicamente para el MSL, como movimiento natural del mismo, sería la rotación interna del hombro y continua extensión con una ligera pronación al instante de la liberación de la pelota, en este caso para el lanzamiento rápido.



Figura 5. Beisbolista protagonista del presente estudio en fase: Formación de la L invertida hacia la liberación de la pelota.

En esta línea, la lesión “Tommy John” es atribuida a la problemática descrita. En concordancia con Valdés⁽¹⁶⁾ señala que la mano no debe supinar antes de tiempo cuando va hacia adelante, ya que ello ocasiona que el ligamento que protege la línea articular se distienda. Así acota, que la solución, radica en darle la vuelta al brazo hacia atrás, hasta que llegue arriba y funcione naturalmente como una bisagra.

Al respecto, puede complementarse que ciertamente el codo debe efectuar una acción circular pasando por encima del hombro para darle continuidad a la extensión del mismo hasta la liberación de la pelota.

CONCLUSIONES

La comprensión biomecánica de un gesto técnico deportivo observando posiciones, acciones y las transiciones entre estas, en continuum biomecánico, permite caracterizar las variables cinemáticas y cinéticas implícitas en cada fase del movimiento, accediendo a la lógica interna del gesto, lo que permite al educador deportivo detectar en qué fase y/o segmento, hay debilidades o fortalezas que afecten la sinergia y por ende el cumplimiento de los principios biomecánicos.

En el caso del sujeto en estudio, la intervención optimizó el lanzamiento, en cuanto al proceso (geometría del movimiento) y el resultado (incremento de millas. Pre-test: 76,05 millas/horas a pos-test: 84,64 millas/horas).

Con relación al proceso, resalta como aporte de este estudio los elementos claves focalizados en las fases 3 y 4, determinantes en el aumento de la velocidad de traslación y rotacional del cuerpo (pie pivot, eje de las caderas), hacia la dirección del lanzamiento, al incrementar los desplazamientos angulares, con la disminución del tiempo de recorrido de la punta de ambos pies sincronizadas y orientadas hacia el área del lanzamiento, en la fase de los ejes cruzados.

Adicionalmente, los correctivos aplicados sobre la base de los criterios claves establecidos, especialmente en las fases 3 y 4, derivaron en una acción menos lesiva para hombros y codos.

DISCUSIÓN

Lograr el strike y minimizar la respuesta efectiva de la acción ofensiva, depende de la velocidad de la pelota, el tiempo de vuelo y la precisión. Para ello es esencial que las posiciones y acciones en cada una de las fases del lanzamiento, funcionen sinérgicamente como sistema cinemático. Partiendo de estas premisas, se discute a continuación el comportamiento de las variables biomecánicas antes y después de las estrategias desarrolladas, conforme a los criterios técnicos establecidos, destacando la secuencia cinemática con énfasis en las fases 3 y 4.

Fase I Preparatoria

Considerando que la velocidad angular del pie y el eje de las caderas en los movimientos rotacionales, depende del desplazamiento angular, en el menor tiempo posible, se planteó como primer objetivo en la fase preparatoria: el alargamiento de la trayectoria del eje de las caderas y disminución del tiempo de recorrido de la punta del pie pivot hacia el área de lanzamiento (ligera rotación interna), -principios de fuerza inicial, curso óptimo de aceleración y reacción-, para lograr acumulación de la energía potencial elástica, como 2do objetivo. Para ello, la estrategia se orientó a disminuir el recorrido del pie pivot (-11° a 10°), logrando así el incremento de la velocidad angular del mismo (pretest: 0,07 rad/s y posttest: 1,42 rad/s) y con ello la velocidad angular del eje las caderas (pretest: 2,43 rad/s y posttest: 3,34 rad/s).

Adicionalmente se logró el alargamiento de recorrido del eje de las caderas (pretest: -24° y posttest: -36°), en contra posición al lanzamiento y consecuente incremento de la velocidad angular del cuerpo durante la rotación en su propio eje vertical, debido al recorrido alcanzado por el MIP, al realizar el péndulo cruzando la línea vertical en búsqueda del hombro posterior.

Al respecto, Floría y Ferro [13], coinciden en destacar que, para incrementar la velocidad de liberación del implemento, es importante alargar el recorrido del mismo proporcionando un óptimo recorrido de aceleración, durante la rotación en su propio eje vertical.

Asimismo, se observó un descenso de las caderas que permitió él logró de un óptimo ángulo relativo de la rodilla del MIA (pretest: 98° y posttest: 94°), lo cual favoreció la acumulación de la energía potencial elástica en el MIA.

Fase II Paso de Impulso

Considerando el objetivo de esta fase: optimizar la longitud del paso con respecto a la estatura (principio de fuerza inicial) la estrategia se orientó a lograr la acción enérgica del pie pivot seguido del movimiento enérgico de la cadera, incrementando el post test a 2 m equivalente al 103,6 % respecto a su estatura corporal en comparación al pretest 1,74 m, equivalente al 90%.

Nuevamente, se coincide con Floria y Ferro [13], quienes señalan en su estudio, que en esta fase II, la energía viene subiendo en reacción a la fuerza desplegada en el apoyo, desde la punta de los dedos del pie de pivot, de este a los brazos, y de este a la mano de la bola.

Así, cobra importancia la acción enérgica del p pivot y el eje de las caderas en búsqueda de un paso de impulso optimo que prepara la siguiente fase.

Otra coincidencia se aprecia en el estudio de López, Tolano y Toledo [14], quienes advirtieron deficiencias derivadas de una inadecuada longitud de zancada, perjudicando el inicio y ejecución efectiva de la fase 3. En línea similar, Escobar⁽¹⁵⁾ observó que las deficiencias en esta fase II, restarán equilibrio y velocidad en las subsiguientes y pondrán sobrecarga en el brazo lanzador.

Lo anterior permite reafirmar que debe cumplirse una secuencia cinemática con los eslabones actuando en sinergia, por ende, el entrenador debe estar atento a todo el sistema biomecánico.

Fase III Formación de Ejes Cruzados

Considerando que el objetivo de esta fase, es acumular energía potencial elástica, a partir de la separación caderas-hombros o disociación de tren superior respecto al tren inferior. Mecánicamente favorece que ambas puntas de pie sincronicen y coincidan en la orientación hacia el área de lanzamiento, instante en el que el MIP hace contacto con la superficie, quedando las caderas paralelas y los hombros perpendiculares hacia el área de lanzamiento, simultáneamente brazos y antebrazos formando una posición “L”, visto desde el plano sagital MSL y el MS contrario otra formación “L” vista desde plano trasversal.

En el pretest (tabla 6) se observó: puntas de los pies no coincidieron en sincronización ni orientación hacia el área de lanzamiento; hombros ubicados perpendicularmente con respecto al eje de las caderas (ángulo 61°) sin orientación hacia el área de lanzamiento, en consecuencia antebrazo y brazo del MSL formó la “L”, pero en el plano trasversal para ambos MS, pero el MS contrario debido al excesivo ángulo del codo (143°), evidenció poca apreciación de la formación “L”, hecho que evidenció una diferencia importante entre los ángulos relativos de los codos (pretest: MSL 97° y MS contrario 143°), restando efectividad en la coordinación y secuencia técnica.

Adicionalmente, la rodilla del miembro inferior delantero adoptó un ángulo desfavorable (excesivo, 130°) y la rodilla del miembro inferior posterior MIA no completó extensión (146°), resultando desfavorable para conseguir más alcance (reducir distancia del home) con menor aprovechamiento en la aplicación de la fuerza.

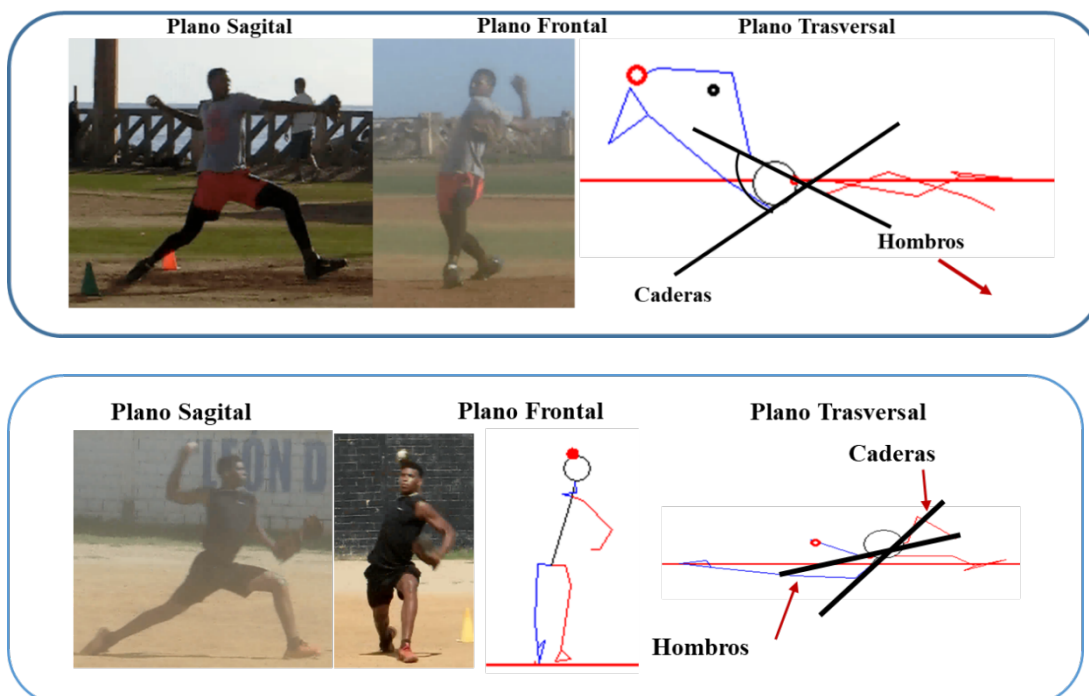


Figura 4. Formación de ejes cruzados (hombros-caderas). Imagen del sujeto protagonista del presente estudio: Pretest. Posttest

Todo ello ocasionó una formación parcial de los ejes cruzados afectando negativamente el patrón temporal e impidiendo la acumulación de energía potencial, debido a una rotación simultánea de cadera hombro en el eje vertical hacia la dirección del lanzamiento con el codo por debajo del nivel del hombro.

Aplicadas las estrategias para reconfigurar la técnica en esta fase, se lograron ajustes técnicos claves, tales como: punta de ambos pies coincidieron en sincronía y en orientación (patrón temporal ambos pies: 0,34 s); los hombros se ubicaron perpendicularmente con respecto al eje de las caderas, (ángulo de 64°) orientado hacia el área de lanzamiento, favoreciendo la formación de ejes cruzados, condición esencial para que las acciones y posiciones de la fase subsiguiente -ya directamente determinante en la liberación del móvil-, se organicen cinéticamente, favoreciendo la continuidad de la transferencia de la energía potencial acumulada (principio fuerza inicial, coordinación de impulsos parciales, curso óptimo de aceleración), la cual representa el 80% de la velocidad de liberación de la pelota, por ende, optimizando el patrón temporal.

Fase IV: Formación de la L invertida y liberación de la Pelota

En esta fase final, para garantizar la continuidad de la transferencia de energía acumulada en cada uno de los eslabones de la cadena cinemática del cuerpo hacia el implemento (principio de fuerza inicial, coordinación y conservación de impulsos parciales), fue necesario introducir correctivos para optimizar la técnica a fin de garantizar la transición de la posición “L” servida en los ejes cruzados hacia la “L invertida”.

Los correctivos se establecieron considerando que en el pretest el sujeto alcanzó una velocidad angular del eje de los hombros, de 10,19 rad/s; posición el antebrazo diagonal al suelo (50°); una excesiva rotación del tronco respecto a línea vertical en el eje anteroposterior sobre el plano frontal (37°); con extensión incompleta del codo (155°) y de la rodilla (132°), ocasionando con todo ello una velocidad de proyección de 34,08 m/s, considerándose un valor desfavorable equivalente a 76,05 millas, debido a la edad (17 años), lo que se tradujo en un tiempo total del lanzamiento de 1,10 s, sumado a reporte de dolor por parte del sujeto.

Luego de la intervención, al aplicarse el post test, se alcanzó una velocidad angular de los hombros en el eje vertical sobre el plano trasversal, de 11,12 rad/s; con una posición del antebrazo casi paralelo al suelo (11°); disminución favorable de la rotación del tronco respecto a línea vertical (29°); aumento favorable de la extensión codo (166°) y de la rodilla (143°), ocasionando con todo ello, un incremento favorable de velocidad de proyección de 37,85 m/s, equivalente a 84,66 millas, lo que se tradujo en un tiempo total del lanzamiento de 0.99 s. Sumado a la ausencia total de dolor.

Con atención a estos hallazgos, conviene observar que beisbolistas de alta maestría deportiva, evidencian una calidad técnica-biomecánica de extraordinario desempeño en la transición de la fase 3 hacia la fase 4, caso del virtuoso beisbolista Aroldis Chapman.

Adicionalmente, los criterios técnicos establecidos en las fases 3 y 4, garantizan que, durante la rotación interna del hombro previo a la liberación de la pelota -impulso de aceleración- el codo no se adelante con respecto a la mano, ya que ello dificulta el posicionamiento óptimo al instante de la máxima rotación del hombro (señalado en la descripción de la fase).

En consecuencia, el brazo se traslada a la altura o ligeramente por debajo del hombro, junto con un pronunciamiento valgo del codo, con un excesivo ángulo absoluto del tronco respecto a la línea vertical gravitatoria (pretest: 37° y post test: 29°), aunque hubo mejoría en el post test igualmente sigue siendo excesiva la inclinación del tronco, conduciendo a una pronación brusca del antebrazo a razón de toda la energía acumulada que trae con repercusiones desfavorables en la integridad de codo y hombro, ya que lo más favorable mecánicamente para el MSL, como movimiento natural del mismo, sería la

rotación interna del hombro y continua extensión con una ligera pronación al



Figura 5. Beisbolista protagonista del presente estudio en fase: Formación de la L invertida hacia la liberación de la pelota.

instante de la liberación de la pelota, en este caso para el lanzamiento rápido.

En esta línea, la lesión “Tommy John” es atribuida a la problemática descrita. En concordancia con Valdés⁽¹⁶⁾ señala que la mano no debe supinar antes de tiempo cuando va hacia adelante, ya que ello ocasiona que el ligamento que protege la línea articular se distienda. Así acota, que la solución, radica en darle la vuelta al brazo hacia atrás, hasta que llegue arriba y funcione naturalmente como una bisagra.

Al respecto, puede complementarse que ciertamente el codo debe efectuar una acción circular pasando por encima del hombro para darle continuidad a la extensión del mismo hasta la liberación de la pelota.

CONCLUSIONES

La comprensión biomecánica de un gesto técnico deportivo observando posiciones, acciones y las transiciones entre estas, en continuum biomecánico, permite caracterizar las variables cinemáticas y cinéticas implícitas en cada fase del movimiento, accediendo a la lógica interna del gesto, lo que permite al educador deportivo detectar en qué fase y/o segmento, hay debilidades o fortalezas que afecten la sinergia y por ende el cumplimiento de los principios biomecánicos.

En el caso del sujeto en estudio, la intervención optimizó el lanzamiento, en cuanto al proceso (geometría del movimiento) y el resultado (incremento de millas. Pre-test: 76,05 millas/horas a pos-test: 84,64 millas/horas).

Con relación al proceso, resalta como aporte de este estudio los elementos claves focalizados en las fases 3 y 4, determinantes en el aumento de la velocidad de traslación y rotacional del cuerpo (pie pivot, eje de las caderas), hacia la dirección del lanzamiento, al incrementar los desplazamientos angulares, con la disminución del tiempo de recorrido de la punta de ambos

pies sincronizadas y orientadas hacia el área del lanzamiento, en la fase de los ejes cruzados.

Adicionalmente, los correctivos aplicados sobre la base de los criterios claves establecidos, especialmente en las fases 3 y 4, derivaron en una acción menos lesiva para hombros y codos.

REFERENCIAS

1. Roach , Madhusudhan , Rainbow , Lieberman. Elastic energy storage in the shoulder and the evolution of high-speed throwing in Homo. *Nature*. 2013; 498(7455).
2. Erickson , Atlee , Chalmers , Bassora , Inzerillo , Beharrie , et al. Training with Lighter Baseballs INcreases Velocity Without Increasing the Injury Risk. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2020; 8(3).
3. Kuenzer , Flores , Damer , Huang. Shoulder and Elbow Injuries in Adult Overhead Throwers: Imaging Review. *Radiographics*. 2023; 43(12).
4. Popchak , Burnett , Weber , Boninger. Factors related to injury in youth and adolescent baseball pitching, with an eye toward prevention. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015 Mayo; 94(5).
5. Albiero , Kokott , Dziuk , Cross. Hip Strength and Pitching Biomechanics in Adolescent Baseball Pitchers. *Journal Athletic Training*. 2023; 58(3).
6. Hay. *The biomechanics of sports Techniques* New York: Prentice Hall; 1978.
7. Zissu. *Modelo Biomecánico del Pateo del Balón desde el Área Grande (Guía de Estudio IPC)* Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador; 2017.
8. Camacaro , Colina , Zissu. Análisis de las variables cinemáticas en la técnica del pateo en el fútbol a partir de criterios de eficiencia biomecánicos. *SPORT TK-Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*. 2021; 10(2).
9. Blanco. *Biomecánica del Control Orientado del Balón en Fútbol Sala, Categoría Sub-14*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador - Instituto Pedagógico de Caracas. 2024.
10. López , López. *acading.org.ve*. [Online].; 2022 [cited 2024 12 10. Available from: <https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/06/Boletin-59-2023-LIBRO-LA-FISICA-DEL-BEISBOL-J.L.Lopez-O.A.Lopez-1.pdf>.
11. Hotchmuth. *Biomecánica de los movimientos deportivos* Madrid: INEF de Madrid; 1973.
12. Berra , House. *teammstrd.com*. [Online].; 2021 [cited 2024 12 10. Available from: https://teammstrd.com/the-11-mechanical-variables-of-the-pitching-delivery/?_x_tr_sl&_x_tr_tl&_x_tr_hl.

13. Floria , Ferro. Biomecánica de la tecnica de lanzamiento de disco: Influencia de la trayectoria del disco en la velocidad de liberación. Revista Internacional de Ciencias del Deporte (RYCYDE). 2006; 2(5).
14. López , Tolano , Toledo. Análisis por videografía 2d de la técnica de pitcheo de la categoría 13-16 años de la academia de beisbol de Itson. Retos. 2024; 51.
15. Escobar. Sistema de ejercicios para la enzeñanza de la mecánica de lanzamiento en jugadores de béisbol. 2018. (Tesis de Pregrado) Universidad de Guayaquil - Ecuador.
16. Valdés. Instagram. [Online].; 2024 [cited 2024 12 10. Available from: https://www.instagram.com/reel/C5_v7igOOnq/?igsh=MXJudnVtcGkwchFiMQ%3D%3D.
17. Wong , Lin , Ayyala , Kazam. Elbow Injuries in Adult Overhead Athletes. American Journal of Roentgenology. 2017 Marzo; 208(3).